

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA PETROLERA**



PROYECTO DE GRADO

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL
CONTROL AMBIENTAL Y NO IMPACTO EN LOS POZOS
EXPLORATORIOS DEL ÁREA SARA-BOOMERANG**

POSTULANTE: UNIV. PRISCILLA ANDREA TÉLLEZ BEJARANO

TUTOR: ING. MARCO ANTONIO MONTESINOS MONTESINOS

LA PAZ - BOLIVIA

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a todos quienes lo hicieron posible, a Dios por darme la bendición de tener a personas tan maravillosas dentro de mi vida, ya que nada se mueve sin que sea su voluntad. A cada integrante de mi familia a mi mamá Lilian Reyna Bejarano Villalta quien no solo me dio la vida sino luchó día a día para darnos amor y sobre todo mucha SEGURIDAD Y CARÁCTER, gracias por ser una gran mujer a pesar de tu corta edad luchaste contra toda adversidad ,gracias por haber confiado siempre en mí A Eloy Bejarano por no solo haber cumplido el rol de ser mi abuelo por ser mi mentor y quien me hizo amar los números y me brindó toda su paciencia tiempo, amor, amanecidas e inculcarme el valor de la responsabilidad, a Ana Elia Villalta por ser mi segunda mamá quien con su amor, cuidado y protección, me dio paz para continuar mi camino, a mi maravillosa hermana Analía Ferrufino Bejarano por ser mi mayor ejemplo a seguir, por enseñarme que no existe el no se puede, por enseñarme la responsabilidad de mis acciones y por ser mi heroína, a mi hermana Nicole Venegas Bejarano por ser mi mejor amiga y estar siempre para mí, por sus abrazos, sus consejos y apoyo a pesar de su corta edad, a mi hermanito Ramiro Venegas Bejarano quien con su cariño, sinceridad y buen humor me hace sentir feliz, mi tío Arsin Bejarano por haber sido mucho más que un tío quien con su apoyo y cariño me brindó valores y mucho amor tuve una infancia feliz, a mi tío Iván Bejarano quien estuvo presente con sus consejos y buen humor..Jorge por ser un integrante de la familia y ser un hermano para mí eres una linda persona ,son el tesoro más preciado mi fuerza y quienes estoy segura estarán para mí en los buenos y malos momentos

Hubieron muchas personas en este transcurso universitario que me brindaron su apoyo amigos que llevaré por siempre en mi mente y corazón, es por este motivo que agradezco mucho el apoyo de Diego Apaza quien fue un gran impulso en mi vida estuviste en los buenos y malos momentos de mi vida fue un gusto haber aprendido tantas cosas a tu lado eres una persona genial a quien nunca olvidaré,

me llevo recuerdos lindos para siempre los cuales jamás cambiarán, gracias por TODO.

Cristhian Álvarez por haber estado en momentos felices y difíciles de mi vida por todo tu apoyo y paciencia, agradezco mucho cada momento que compartimos, aprendimos muchas lecciones en el largo camino que me convirtió en una mejor persona, jamás olvidaré todos los gestos lindos que hiciste en mi vida.

Gracias también a Julio Bobarin por ser un apoyo y haberme guiado como un gran amigo y poder acompañarme en momentos cruciales de mi vida.

Amigos en general que forman parte de mi vida y quiero mucho Rubencito, Luchito ,Chapaquito, Loquito, César, Nazhi, Vane, Henry, Tuco,, Manu, Cahuis, Javier y Sergio

Agradezco a cada uno, por dedicarme su tiempo y apoyo en todo este largo camino, me comprendieron, me dieron amor y me enseñaron a través de su ejemplo a nunca rendirme.

A mi tutor, a mis tribunales, quienes brindaron su tiempo para revisar mi proyecto.

A todos quienes tengan sueños y metas. ¡¡ TODO PUEDE LOGRARSE!!, DIOS LOS BENDIGA.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es fruto de la enseñanza de nuestros docentes dentro de nuestra casa de estudios

(UMSA) Universidad Mayor de San Andrés por ser mi segundo hogar.

A mis docentes como: Mi tutor Ing. Marco Montecinos, a mis revisores Ing. Ayala, Ing. Marín, Ing. Cuevas

Para finalizar, agradezco a todas las personas como compañeros, docentes y amigos que compartieron su conocimiento para que este camino no sea largo y difícil. Agradezco especialmente a mi familia por su apoyo, confianza, paciencia y amor lo cual fue el motor para no desistir y lograr mi meta.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Planteamiento del Problema	3
1.3.1. Formulación del Problema.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación del Proyecto.....	5
1.5.1. Justificación Técnica.....	5
1.5.2. Justificación Económica	5
1.5.3. Justificación Ambiental	6
1.6. Alcance	6
1.6.1. Alcance Temático	6
1.6.2. Alcance geográfico	6
1.6.3. Alcance temporal	6
1.7. Metodología	6

CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Ley de Medio ambiente 1333	8
2.2. Reglamento ambiental para el sector de hidrocarburos de Bolivia DS 24335	8
2.3. Norma ISO 14001 Gestión del medio ambiente	9
2.4. Generación de hidrocarburos	9
2.4.1. Contenido orgánico total (TOC).....	13
2.4.2. Madurez termal.....	15
2.4.3. Pirolisis Rock Eval	16
2.4.4. Porosidad	17
2.4.5. Petrofísica y registros eléctricos	19
2.4.6. Volúmenes y capacidad de gas.....	22
2.5. Impactos durante la exploración sísmica en la industria de los hidrocarburos	23
2.5.1. Prospección sísmica.....	23
2.5.1.1. Tipos de sísmica	24
2.5.1.2. Fases de la prospección sísmica	26
2.6. Impactos de la exploración sísmica con explosivos	27
CAPITULO III	32
IMPACTOS DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS	32
3.1. Introducción.....	32
3.2. Perforación exploratoria	33
3.2.1. Etapas del proyecto	33
3.2.1.1. Planeación	33

3.2.1.2.	Construcción y adecuación de la vía de acceso	34
3.2.1.3.	Construcción de la locación	34
3.2.1.4.	Desarrollo de la perforación	35
3.2.1.5.	Desmantelamiento y restauración.....	36
3.3.	Perforación de pozos de desarrollo.....	37
3.3.1.	Etapas del proyecto	38
3.3.1.1.	Planeación	38
3.3.1.2.	Construcción y adecuación de la vía de acceso	39
3.3.1.3.	Construcción de la locación	40
3.3.1.4.	Construcción de bodegas y adecuación de áreas para los equipos 40	
3.3.1.5.	Perforación y completamiento.....	40
3.3.1.6.	Desmantelamiento y restauración.....	43
3.4.	Impactos producidos por la perforación de pozos.....	44
3.4.1.	Origen y características de los desechos de perforación	46
3.4.1.1.	Fluidos de perforación.....	47
3.4.1.2.	Cortes de perforación.....	48
CAPITULO IV	51
MARCO PRÁCTICO Y PROPOSITIVO	51
4.1.	Introducción.....	51
4.2.	Evaluación de impactos ambientales en la región la región Sara - Boomerang	52
4.2.1.	Criterios de evaluación de impactos ambientales.....	53
4.3.	Influencia directa e indirecta del proyecto de pozo exploratorio	60
3.3.1.	Impactos	60

4.4. Programa de optimización ambiental en pozos exploratorios de la región Sara - Boomerang.....	71
4.4.1. Objetivos.....	71
4.4.2. Esquema del plan de manejo ambiental.....	72
4.4.3. Coordinaciones generales.....	72
4.4.4. Política de empleo.....	72
4.4.5. Entrenamiento del personal.....	73
4.4.6. Disposiciones generales.....	74
4.4.7. Plan de relaciones comunitarias.....	75
4.4.8. Seguimiento ambiental (Supervisión ambiental).....	75
4.4.9. Guía básica de medidas de mitigación.....	76
4.5. Plan de contingencias.....	76
4.5.1. Plan de contingencias en incendio/fuego de combustibles fuera del área de trabajo.....	78
4.5.2. Plan de abandono.....	79
4.5.2.1. Objetivo.....	79
4.5.2.2. Restauración de áreas disturbadas.....	81
4.5.2.3. Campamento base logístico.....	82
4.6. Gestión integral de exploración.....	82
4.6.1. Gestión inmobiliaria.....	84
4.6.2. Gestión de seguridad física.....	85
4.6.3. Gestión social.....	90
CAPITULO V.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1. Conclusiones.....	93

5.2. Recomendaciones.....	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Madurez del Kerógeno	11
Figura 2. Transformación térmica de kerógeno	12
Figura 3. Relación de Gamma Ray y TOC	15
Figura 4. Escala de madurez térmica	15
Figura 5. Fluidos y porosidad en un Shale	18
Figura 6. Imágenes SEM y EDX	19
Figura 7. Registro convencional en la formación Shale	20
Figura 8. Registros convencionales, resonancia magnética, acústico, mineralógico y de imágenes	21
Figura 9. Isoterma de Langmuir	22
Figura 10. Imagen de interpretación sísmica	24
Figura 11. Arreglo de malla sísmica 2D vs 3D	25
Figura 12. Planificación y gestión ambiental de proyectos de exploración sísmica	26
Figura 13. Explosión en medio poroso – diaclasas creadas	28
Figura 14. Cargas sísmicas sin detonar proyectos sísmicos	30
Figura 15. Impactos ambientales de la exploración sísmica con explosivos	31
Figura 20. Elementos del proceso administrativo	82
Figura 21. Estructura del sistema de Gestión integral de exploración	83
Figura 18. Proceso de la gestión del riesgo	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Kerógenos	10
Tabla 2. TOC y el potencial de generación	14
Tabla 3. Químicos utilizados en la perforación de pozos	48
Tabla 4. Metales pesados extraídos del subsuelo mezclados con hidrocarburo...	49
Tabla 5. Criterios genéricos ambientales	54
Tabla 6. Valores para el estudio de impacto ambiental	58
Tabla 7. Severidad de impactos pozos exploratorios	59
Tabla 8. Descripción de las operaciones.....	77
Tabla 9. Plan de abandono	80

ABREVIATURAS

AA	Auditoría Ambiental.
AAC	Autoridad Ambiental Competente.
AC	Corriente Alterna.
Aut	Área de la Unidad de Tratamiento.
ASP	Actividades con Sustancias Peligrosas.
BBL	Barriles.
BTEX	Benceno, Tolueno, Etil Benceno y Xileno.
CCA	Control de la Calidad Ambiental.
Cd	Cádmio.
DAA	Declaratória de Adecuación Ambiental.
DIA	Declaratória de Impacto Ambiental.
DTI	Desorción Térmica Indirecta.
EEIA	Estúdio de Evaluación de Impacto Ambiental.
EEUU	Estados Unidos de Norte América.
EIA	Evaluación de Inpacto Ambiental.
FA	Ficha Ambiental.
FC	Factor de Corrección.
Ha	Hectárea
HAP	Polución Peligrosa de Aire.
Harc	Altura de la Arcilla.
HCl	Acido Clorhidrico.
HPDE	Polietileno de Alta Densidad.
H _z di	Altura de la Zona de Incorporación.
H ₂ O	Água.
H ₂ S	Acido Sulfhidrico.
Km ²	Kilómetros Cuadrados.
LPG	Libras por Galón.
m	Metros.
MA	Manifiesto Ambiental.
Mm	Milímetros.
Mrt	Masa de Recortes Tratados.
M ²	Metros Cuadrados.

N	Nitrógeno.
OSC	Organismo Sectorial Competente.
O ₂	Oxígeno Gaseoso.
Ph	Potencial de Hidrogeno.
PPM-PASA	Programa de Prevención y Mitigación – Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental
RENCA	Registro Nacional de Consultores Ambientales.

RESUMEN EJECUTIVO

El éxito en cualquier operación concerniente a la industria petrolera y su continuo avance, deben ir ligados a la protección y conservación del medio ambiente mediante el fomento de la responsabilidad social y ambiental en sus operaciones, así como mediante la implementación de buenas prácticas y tecnologías.

En este trabajo se definen los procesos que se llevan a cabo en las etapas de exploración, perforación, producción y transporte de hidrocarburos, con el fin mostrar los impactos ambientales generados en cada una de las etapas del UPSTREAM de la industria.

El trabajo se fundamenta en investigación realizada por medio de documentación científica adquirida, experiencias de campo de distintos expertos, informes presentados por diferentes entes como la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

Se destaca que los estudios referentes a este tema están en aumento debido a la preocupación mundial por el desarrollo sostenible, definido como aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”. Con los resultados obtenidos se espera que las empresas petroleras, generen un sentido más amplio de responsabilidad social y ambiental, a fin de llevar a cabo la explotación de nuestros recursos hidrocarburíferos, de una forma íntegra y responsable, generando valor agregado, y bienestar tanto para las empresas, como para las comunidades presentes en las zonas intervenidas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

El desarrollo de las actividades y operaciones propias de la Industria Petrolera, implican una gran interacción con el medio ambiente, así mismo, con las comunidades en donde se lleva a cabo estos trabajos, todas las actividades involucradas en el UPSTREAM del negocio, como lo son: la Exploración, Perforación, Producción y Transporte del crudo, generan efectos sobre los ecosistemas, el medio, y las poblaciones que hacen parte de las llamadas zonas petroleras, estos efectos pueden ser más, o menos adversos, en la medida que se tomen y respeten las pautas necesarias para no generar un desequilibrio o un daño al entorno natural y social.

En Bolivia y en el mundo, actualmente se realizan grandes esfuerzos, con el fin de desarrollar nuevas tecnologías y procedimientos, que permitan encontrar nuevas reservas de hidrocarburos, las cuales suplan la demanda energética global. Este hecho, sumado al inconformismo y rechazo de algunas comunidades que se sienten afectadas por la industria, de no permitir el desarrollo y avance de la locomotora mineroenergética del país, plantea la necesidad de revisar los diferentes impactos ambientales, generados por la actividad de la Industria petrolera en la sociedad boliviana y medio ambiente, a su vez, presentar soluciones que se ajusten a la normatividad ambiental existente y a los avances tecnológicos disponibles. La afectación generada por la industria petrolera sobre el medio ambiente y sobre la sociedad presente en las zonas petroleras, puede llegar a ser devastador, al no respetarse la normatividad ambiental existente, o al ser esta tan flexible sobre ciertos aspectos, de igual manera, al no contar con diseños e implementaciones de planes de manejo adecuados ante alguna actividad a desarrollar o alguna emergencia que se presente, llevando a la degradación del entorno natural y riqueza ambiental del país.

1.2. Antecedentes

La exploración de hidrocarburos en la nación, es un proceso complejo y de vital importancia, que incluye el manejo de la responsabilidad y compromiso social y ambiental del hombre en la búsqueda de recursos naturales energéticos no renovables (petróleo y gas) con el fin de preservar el capital natural y el mantenimiento de la diversidad en Bolivia.

Actualmente y debido a muchos desafortunados desastres y cambios ambientales, el aumento y expansión desproporcionado del territorio nacional y la problemática presentada con comunidades étnicas y protección de áreas de reserva forestal, hoy, somos conscientes de que uno de los factores de gran influencia en la permanencia de la humanidad en el planeta resulta del éxito que se tenga en la ejecución de actividades exploratorias para la extracción de recursos naturales no renovables ,es decir, de nuestra interacción con la naturaleza y el entorno que hemos originado.

La industria petrolera, está demostrando que la ejecución de prácticas y creación de herramientas de gestión de alta calidad que permiten mitigar el impacto socioambiental que el desarrollo de las actividades de exploración y explotación puedan generar; para esto tiene en cuenta las preocupaciones e intereses que cada una de las partes involucradas presenta, es decir, Gobierno, Industria, Comunidades y Ambiente.

Es por ello que el presente trabajo pretende mostrar y explicar, las bases sobre las cuales se deben realizar operaciones de exploración en Área Sara-Boomerang, mediante la optimización del control ambiental en el área de Gestión Integral de Exploración, desarrollando y formulando estrategias para la toma de decisiones sobre bloques evaluados para la extracción de recursos naturales no renovables en la ejecución de proyectos de exploración, desde la demarcación del área de interés (bloque) y la caracterización social del área hasta la zonificación ambiental y el manejo de la actividad, siempre de la mano del marco normativo vigente ambiental (permisos y licencias ambientales, entre otros) estructurando el

cumplimiento de los compromisos que Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos ha asumido en su política ambiental y de gestión integral en el país.

1.3. Planteamiento del Problema

De continuar el avance acelerado de la Industria Petrolera, y al no llevarse a cabo buenas prácticas de exploración, explotación, producción y transporte de los recursos hidrocarburíferos del país, teniendo como base la responsabilidad social ambiental, el respeto y protección del medio ambiente y sociedad, se incurrirá en el detrimento de los recursos naturales, y afectación irreversible del medio y sociedad.

Este proyecto de investigación, tiene como finalidad realizar un estudio y evaluación de los impactos generados por la Industria Petrolera sobre el medio ambiente, se presentará un estudio actualizado de los impactos ocasionados durante todas las etapas que conforman el UPSTREAM del negocio, como es la: exploración de los hidrocarburos, de igual manera se presentarán soluciones a los inconvenientes detectados, a fin de generar un sentido de responsabilidad social y ambiental, en todas las operaciones realizadas por la Industria, teniendo como base la protección de los recursos naturales.

Esta investigación sirve como fuente de consulta e información para posteriores estudios a realizar sobre temas ambientales relacionados con la Industria Petrolera. Tanto empresas operadoras, así como las comunidades se verán beneficiadas con este trabajo, debido a que se convierte en una herramienta valiosa de información actualizada y veraz, permitiendo adoptar medidas con el fin de solucionar conflictos generados entre Industria, comunidades y medio ambiente dentro de las zonas petroleras.

Los presupuestos mínimos ambientales son pautas de protección ambiental que dan una base desde donde no se pueden afectar ciertos bienes ambientales. Dan una serie de límites a los desarrollos industriales y extractivos los cuales no pueden ser superados.

Asimismo, se toma como referencia la Ley 1333 de medio ambiente del país que plantea una serie de herramientas para la protección del ambiente en Bolivia.

Esta ley viene de la mano de un concepto constituido dentro de la comunidad internacional, a partir de las preocupaciones ambientales, que se viene trabajando desde la década de 1970, este es el concepto del desarrollo sustentable.

Un aspecto fundamental de este trabajo y que brinda un desarrollo conceptual en Bolivia, es el caso “testigo” utilizado para este proyecto de grado que se constituye en la formación de Petaca y Yantata en el Área Sara-Boomerang.

1.3.1. Formulación del Problema

Para el presente proyecto se formula la siguiente interrogante:

¿El diseño de un programa de optimización para el control ambiental en los pozos exploratorios del área Sara-Boomerang permitirá evitar y mitigar posibles impactos ambientales?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar el diseño de un programa de optimización para el control ambiental y no impacto en los pozos exploratorios del área Sara-Boomerang.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los impactos que se suscitan durante la perforación de pozos
- Evaluar los impactos ambientales en la región Sara Boomerang
- Realizar el tratamiento de los riegos
- Realizar un programa de optimización ambiental para pozos exploratorios futuros en el área Sara Boomerang.
- Proponer un sistema de Gestión integral de exploración para pozos exploratorios futuros en el área Sara - Boomerang

1.5. Justificación del Proyecto

1.5.1. Justificación Técnica

A través de la ley 1333 de medio ambiente, y asociada a la normativa internacional ISO 14000 como guías para la realización del Diagnóstico Ambiental permitirán establecer cómo interactúan las actividades de los pozos exploratorios y de producción tanto activos como inactivos del área Sara - boomerang en relación al medio ambiente y la comunidad y como trabajar en beneficio del medio en el que se realizan sus actividades, esto sin dejar de lado el máximo aprovechamiento de los recursos.

El diseño de un programa de optimización para el control ambiental en los pozos exploratorios del área Sara – Boomerang a través de un sistema de gestión del riesgo ambiental Principios y Procesos es de gran importancia debido a que ésta se basa en el proceso de gestión del riesgo desarrollado en la Norma Técnica Bolivia, (Ley 1333, ISO 14000) que involucra el establecimiento de un contexto, la identificación de los riesgos, seguida del análisis, la evaluación y el tratamiento de los riesgos.

1.5.2. Justificación Económica

La afectación que puede causada al medio ambiente la industria petrolera por no implementar planes de manejo adecuados puede ser considerable. Los daños ambientales en la mayoría de los casos, se deben principalmente a la falta de conocimiento e investigación por parte de las entidades involucradas en el manejo del medio ambiente intervenido lo que conlleva a pérdidas por remediación que incurren en costos elevados.

Al contar con un programa de control ambiental se evitan impactos ambientales indeseados y gastos generados por dichos impactos.

1.5.3. Justificación Ambiental

Resaltando que la evaluación de un daño ambiental no es un requisito administrativo, es una verdadera necesidad técnica en la que no se deben escatimar recursos.

La contaminación involucra todas las operaciones relacionadas con la explotación y transporte de hidrocarburos, que conducen inevitablemente al deterioro gradual del ambiente. Afecta en forma directa al suelo, agua, aire, y a la fauna y la flora.

La protección del ambiente y la salud deben ser compromisos éticos de todo ser humano.

1.6. Alcance

1.6.1. Alcance Temático

La aplicación de este proyecto está dirigido hacia el área de control ambiental, donde se podrá demostrar las ventajas que presenta el contar con un programa de optimización para el control ambiental en pozos exploratorios y en desarrollo.

1.6.2. Alcance geográfico

La presente investigación será respecto al área de la región del Sara - Boomerang específicamente en las formaciones petaca y Yantata.

1.6.3. Alcance temporal

La presente investigación, se desarrollará desde el mes de Septiembre hasta mayo de la gestión 2021, se realizará la recolección de información para su posterior análisis, evaluación y propuesta.

1.7. Metodología

El presente proyecto se caracteriza por ser de tipo descriptiva. En lo que respecta a la metodología, se seleccionó una metodología cualitativa. Específicamente, se

analizaran documentos de distinto tipo. Para el análisis de los documentos se consideraron incorporaciones de conceptos, definiciones, vacíos de información y modificaciones sustantivas. Por otro lado. El método de análisis resulta clave para la investigación en función de la temática de estudio.

Asimismo, durante el desarrollo del trabajo se realizarán tareas generales y específicas. Entre las tareas generales se destacan las siguientes: recopilación y selección de las fuentes a ser analizadas, descripción y análisis de las temáticas propuestas en base a lo indicado en el objetivo general y objetivos específicos descritos en el proyecto de grado y, por último, elaboración de conclusiones y recomendaciones. Las tareas específicas, incluirán: estudio de los antecedentes con relación a la temática bajo análisis, estudio de la publicación de la Academia Nacional de Ingeniería titulada "Aspectos ambientales en la producción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales. El caso particular para el análisis de las formaciones Petaca y Yantata en el departamento de Santa cruz que corresponde al área Sara - Boomerang, recopilación y análisis de informes de características similares, consideración y estudio de la metodología relativa a la toma de decisiones, y determinación de actores clave en el proceso.

El método de recolección de datos se basó en la recopilación de material considerado primordial a los efectos de la argumentación del trabajo. En lo que respecta a las fuentes consultadas, se consideraron fuentes primarias como bibliografía general y específica, así como documentos y sitios web de organismos oficiales, artículos publicados en sitios especializados. También, se consideraron fuentes secundarias las cuales incluyeron artículos periodísticos y presentaciones de expertos y países productores de hidrocarburos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Ley de Medio ambiente 1333

ARTÍCULO 1º.- La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 2º.- Para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

ARTÍCULO 3º.- El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

ARTÍCULO 4º.- La presente Ley es de orden público, interés social, económico y cultural.

2.2. Reglamento ambiental para el sector de hidrocarburos de Bolivia DS 24335

El presente Reglamento tiene por objeto regular y establecer los límites y procedimientos para las actividades del sector hidrocarburos que se lleven a efecto en todo el territorio nacional, relativas a: exploración, explotación, refinación e industrialización, transporte, comercialización, mercadeo y distribución de petróleo crudo, gas natural y su respectiva comercialización, cuyas operaciones produzcan impactos ambientales y/o sociales en el medio ambiente y en la organización socioeconómica de las poblaciones asentadas en su área de

influencia. El presente cuerpo legal se halla sujeto a las disposiciones contenidas en los Arts. 73 y 74 de la Ley del Medio Ambiente N° 1333, de 27 de abril de 1992, sus reglamentos aprobados por D.S. N° 24176 del 8 de diciembre de 1995 y en el art. 7 de la Ley de Hidrocarburos N° 1689, de 30 de abril de 1996.

2.3. Norma ISO 14001 Gestión del medio ambiente

Esta norma de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) consigue que las empresas puedan demostrar que son responsables y están comprometidas con la protección del medio ambiente. Anteriormente hemos mencionado que lo consiguen a través de la gestión de los riesgos medioambientales que puedan surgir del desarrollo de la actividad empresarial.

Podrán imaginarse que seguir una norma ISO puede presentar una dificultad añadida en la actividad de la empresa a la hora de implantarla, ya que podría modificar alguno o varios de los procedimientos frecuentes que sigue la empresa para cumplir con los requisitos exigidos. Sin embargo, también presenta una serie de beneficios. Además de proteger el medio ambiente, cumplir con esta norma permite a las empresas reforzar su imagen comercial de empresa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, aumentando así la posibilidad de realizar ventas o prestar servicios en un futuro. Pues, como podemos apreciar, la tendencia actual de las empresas se basa en la preocupación por el medio ambiente y no solo en obtener beneficios.

2.4. Generación de hidrocarburos

La materia orgánica que consiste principalmente en restos de plantas y animales se deposita en el fondo de lagos y océanos. A medida que se acumula más material y el lodo subyacente se va compactando los sedimentos se van hundiendo a mayores profundidades y quedan sometidos a presiones y temperaturas más elevadas.

La materia orgánica se cocina lenta y parcialmente y se transforma en kerógeno, materia insoluble del cual se pueden generar los hidrocarburos tanto

petróleo como gas. Los diferentes materiales orgánicos generan diferentes tipos de kerógeno. Cuando están expuestos a calor y presión, cada tipo de kerógeno es más propenso a generar productos específicos: petróleo, gas húmedo, gas seco y elementos no hidrocarbúrferos. El kerógeno puede clasificarse en cuatro tipos basados en su procedencia, como lo indican en la tabla a continuación:

Tabla 1. Tipos de Kerógenos

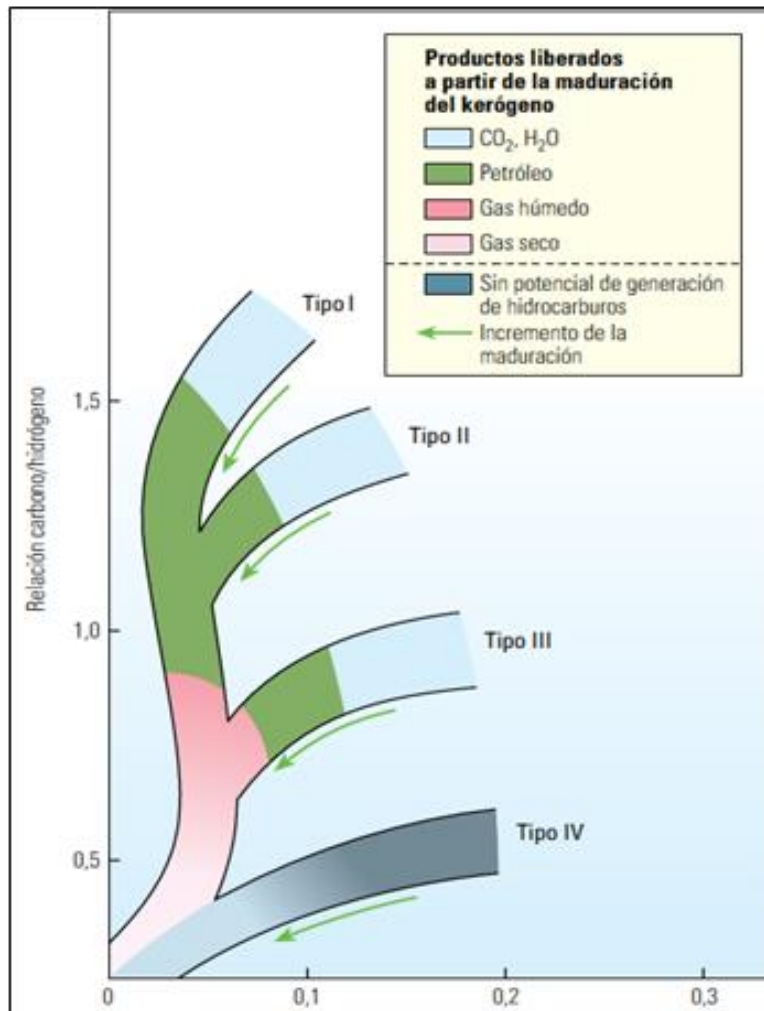
TIPO DE KEROGENO (Cantidad de HCs; IH)	MACERAL DE KEROGENO	ORIGEN	POTENCIAL GENERADOR
TIPO I (Alto; > 600)	ALGINITA	Algas	OIL
	AMORFO	Restos sin estructura de origen algal	
TIPO II (Moderado; 300- 600)		Material planctónico sin estructura y de origen marino	
	EXINITA	Piel de esporas y polen cutículas de hojas y plantas herbáceas	
TIPO III (Bajo; 50- 300)	VITRINITA	Restos leñosos y fibrosos y materia húmica coloidal sin estructura	Gas / Petróleo
			Gas
TIPO IV (Muy bajo; < 50)	INERTINITA	Restos leñosos oxidados y reciclados	No generador

Fuente: Optimized Shale Resource Development using proper placement of Wells and Hydraulic Fracture Stages, SPE

- El kerógeno tipo I es generado predominantemente en ambientes lacustres y en ciertos casos de ambientes marinos y proviene de materia algacea, plantónica o de otro tipo. Rico en contenido de hidrogeno y bajo en oxígeno, es potencialmente petrolífero pero puede producir gas, este tipo de kerógeno no es común, un ejemplo de kerógeno tipo I se encuentra en la formación Green River en EEUU.
- El kerógeno tipo II es generado habitualmente en ambientes marinos de profundidad moderada, proviene principalmente de restos de plancton, rico en contenido de hidrogeno y bajo contenido de carbono, puede generar petróleo o gas al aumentar progresivamente la temperatura y grado de maduración. Algunos ejemplos son la formación Kimmeridge del mar del norte y *Bazhenov* de Siberia. Tiene una variación el tipo II-S, que en

algunos ambientes depositacionales favorecen la incorporación de compuestos de azufre, como la formación Monterrey en California y la Luna en Venezuela.

Figura 1. Madurez del Kerógeno

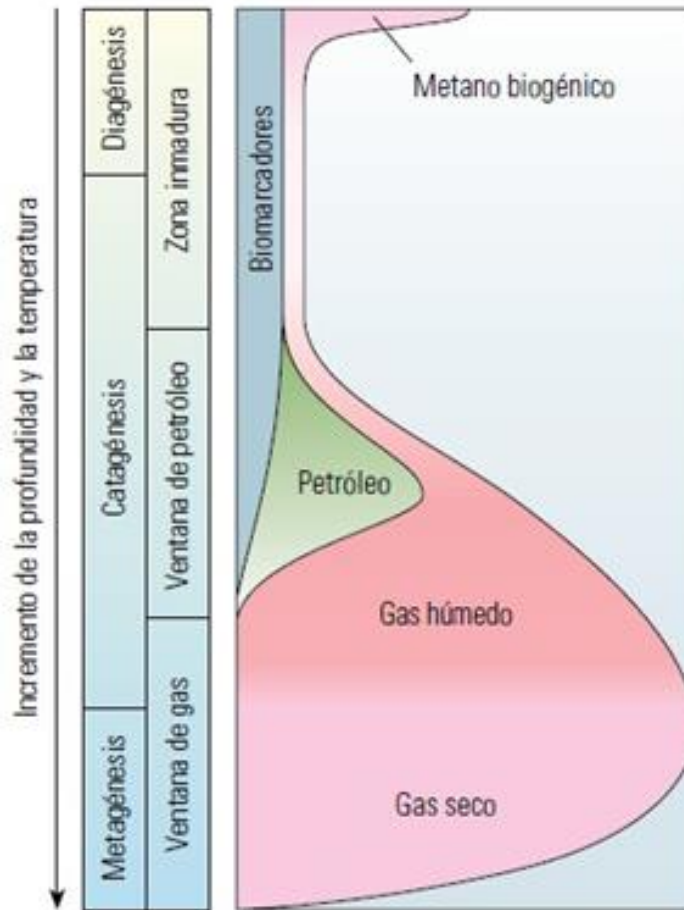


Fuente: Revolución del gas de lutitas, SLB, 2011

- El kerógeno tipo III proviene principalmente de restos vegetales terrestres depositados en ambientes marinos o no marinos someros a profundos. Contiene menor contenido de hidrogeno y mayor contenido de oxigeno que los tipo I y II y en consecuencia genera mayormente gas seco. La mayoría de los carbones contienen kerógeno tipo III.

- El kerógeno tipo IV es generado a partir de materia orgánica residual presente en sedimentos más antiguos. Este tipo de kerógeno posee al contenido de carbono y falta de hidrogeno, sin potencial para la generación de hidrocarburo.

Figura 2. Transformación térmica de kerógeno



Fuente: Revolución del gas de lutitas, SLB, 2011

En general, los kerógenos ricos en contenido de hidrogeno son responsables de la generación de petróleo e hidrocarburos gaseosos; los que contienen menos cantidades de hidrogeno general principalmente hidrocarburos gaseosos. La tendencia general en la transformación térmica del kerógeno en hidrocarburo se caracteriza por la generación de hidrocarburos no gaseosos; luego se transforma en petróleo, gas húmedo y gas seco. Durante esta progresión, el kerógeno

pierde principalmente oxígeno a medida que libera CO_2 y H_2O ; posteriormente comienza a perder más hidrogeno conforme libera hidrocarburos.

Asimismo el proceso de generación de hidrocarburos es controlado principalmente por la temperatura, conforme el kerógeno pasa de carbono reactivo a carbono muerto. Este proceso de madurez asociado a la temperatura se puede dividir en tres etapas.

- **Diagénesis:** Inicio de transformación de la materia orgánica, ocurre en profundidades someras donde se desarrollan los procesos de alteración biológica, física y química, ocurriendo la pérdida principal de los productos oxigenados por lo que se genera principalmente CO_2 , NH_3 , H_2O y CH_4 biogénico. Durante la diagénesis y bajo condiciones reductoras a temperaturas relativamente bajas ($< 50\text{ }^\circ\text{C}$) se realizan las primeras reacciones químicas y biológicas para la formación de hidrocarburos (Formación del Kerógeno).
- **Catagénesis:** Es la etapa principal de rompimiento térmico del Kerógeno, para la formación de hidrocarburos líquidos de C_{15} a C_{30} . Se encuentra en un rango de temperaturas de $60\text{ }^\circ\text{C}$ a $175\text{ }^\circ\text{C}$, dentro del cual ocurre la generación principal de hidrocarburos líquidos, mientras que entre 175° a $225\text{ }^\circ\text{C}$ se tiene la generación principal de gases húmedos.
- **Metagénesis:** Es la etapa tardía de alteración de la materia orgánica, posterior a la generación de los hidrocarburos líquidos, la que se caracteriza por la formación principal de metano metagenético (gas seco) y un enriquecimiento de carbono que constituye un kerógeno residual. La metagenésis ocurre a temperaturas entre 225° a 250° C ; a estas temperaturas la relación H/C es menor de 0.4.

2.4.1. Contenido orgánico total (TOC)

El contenido de materia orgánica conocido como TOC es expresado en porcentaje en peso (%w). El TOC es usado para proyectar el potencial de almacenamiento de hidrocarburos en las lutitas por esta razón la medición del

TOC es una prioridad en la evaluación de las rocas generadoras. Los valores de TOC se pueden obtener utilizando técnicas de combustión directa con muestra de rocas (núcleos) o se puede medir con registros eléctricos.

Tabla 2. TOC y el potencial de generación

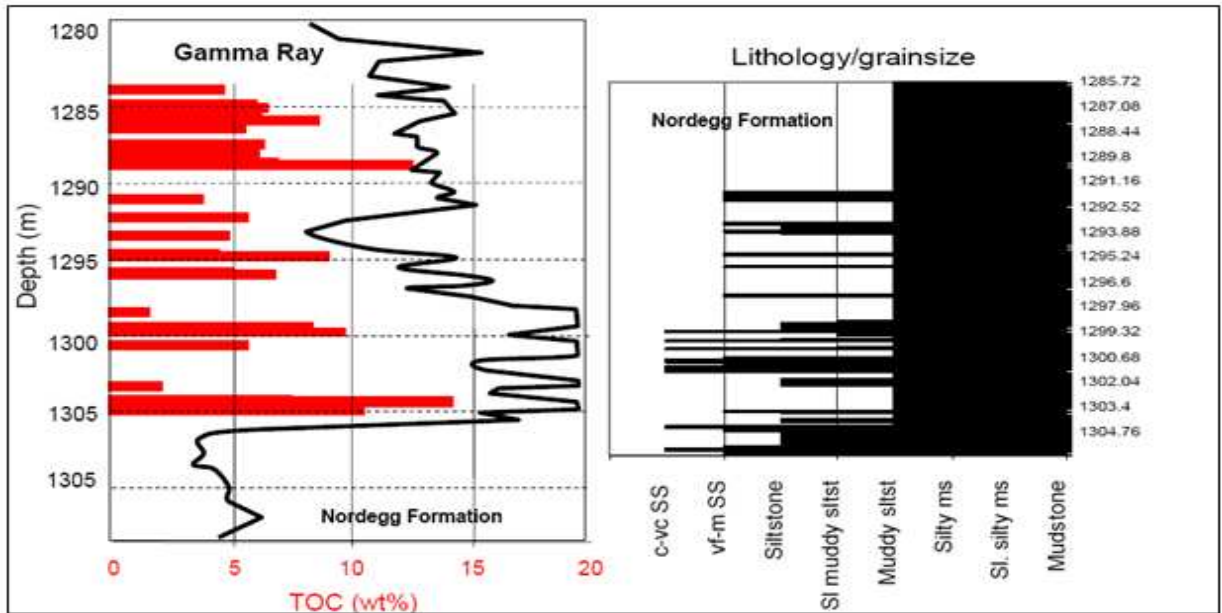
Carbono orgánico total, % en peso	Potencial de los recursos
< 0,5	Muy pobre
0,5 a 1	Pobre
1 a 2	Medio
2 a 4	Bueno
4 a 10	Muy Bueno
> 10	Desconocido

Fuente: La geoquímica básica del petróleo para la evaluación de las rocas generadoras , SLB, 2011.

Para validar los modelos utilizados para la medición del TOC los científicos calibran los datos petrofísicos con los valores de los núcleos. El contenido de materia orgánica presente en una muestra de roca permite determinar la calidad del kerógeno (tabla 2). Las rocas con mayores valores del TOC son más ricas en materia orgánica, Los objetivos de exploración tienen valores de TOC en el rango de 2 a 10%. Las rocas con valores del TOC superiores a 10% generalmente son demasiado inmaduras para el desarrollo.

Los valores del TOC pueden variar significativamente a través de una sección de yacimiento. Pero debido a que no es posible adquirir y luego analizar núcleos en intervalos de gran longitud, los petrofísicos generalmente utilizan los datos de fondo de pozo de los registros convencionales y geoquímicos para cuantificar el volumen de kerógeno en la roca y luego calcular los valores del TOC a partir de estos datos.

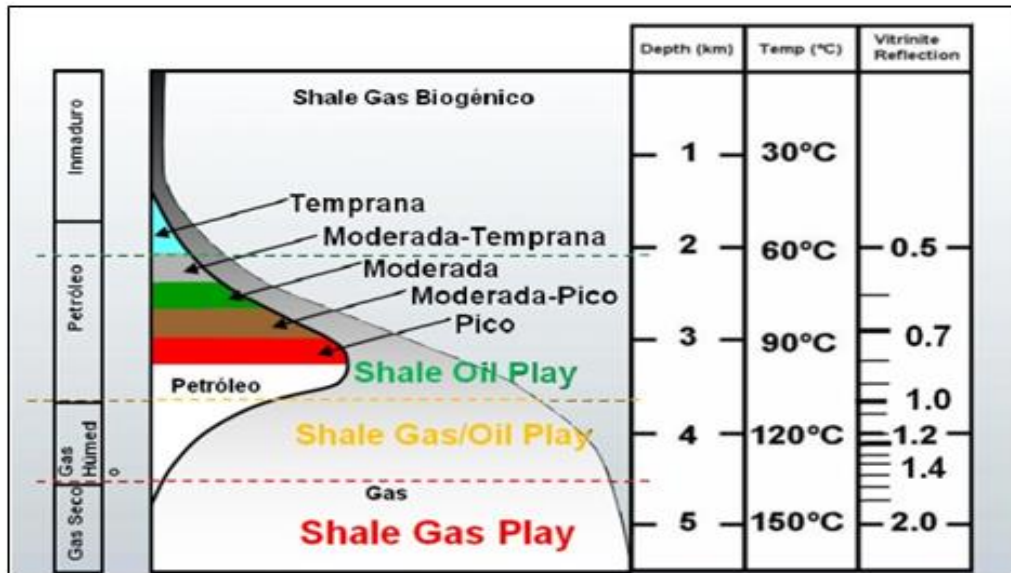
Figura 3. Relación de Gamma Ray y TOC



Fuente: ARI EIA Intl Gas Shale APR 2011

2.4.2. Madurez termal

Figura 4. Escala de madurez térmica



Fuente: Plan Exploratorio para Activos de Hidrocarburos No Convencionales Cuenca Neuquina, YPF, 2012

El valor de TOC indica la cantidad pero no la calidad, de la materia orgánica. Si los análisis indican que existe suficiente contenido orgánico la roca debe someterse a pruebas adicionales para establecer la calidad y la madurez de la materia orgánica. La madurez térmica es una función de la historia depositacional.

A medida que el kerógeno se expone a temperaturas cada vez más elevadas a lo largo del tiempo, la vitrinita, material de la pared celular y tejidos leñosos de los vegetales preservados en la roca, experimenta alteraciones irreversibles y desarrolla mayor reflectancia. La medición de la reflectancia de la vitrinita (R_o) se desarrolló originalmente para clasificar la madurez del carbón.

La reflectancia R_o se determina mediante mediciones con microscopio de la reflectividad de por lo menos 30 gramos de vitrinita de una muestra de roca: los valores generalmente varían de 0% a 3%. Las mediciones mayores que 1.5% son un signo de rocas madres generadoras de gas seco, un indicador positivo de lutitas gasíferas. Los valores de R_o entre 0.6% y 0.8% indican petróleo y entre 0.8% y 1.1% indican gas húmedo. Un valor de reflectancia menor que 0.6% es un indicador de kerógeno inmaduro.

2.4.3. Pirolisis Rock Eval

La prueba de pirólisis Rock-Eval se ha convertido en un estándar industrial en materia de evaluación de rocas generadoras. Consiste en someter las muestras de rocas a altas temperaturas, lo que permite a los investigadores lograr resultados cuya obtención habría requerido millones de años en una cuenca sedimentaria.

A partir de este estudio se obtienen los picos S1, S2, S3, Tmax (Figura 15) y los parámetros derivados: HI, OI, PI y PC. El programa del procedimiento de obtención de picos se describe a continuación:

1. El horno se mantiene isotérmicamente a 300°C por 3 min y los hidrocarburos libres son volatilizados y medidos como el pico S1. $S1 > 1.0$ mg HC/g Roca: Bueno.

2. La temperatura se aumenta de 300°C hasta 550°C (25°C/min). Esta es la fase de volatilización de los compuestos de hidrocarburos más pesados (>C40) así como del craqueo de la materia orgánica no volátil. Los hidrocarburos generados de este craqueo térmico son medidos como el pico S2. S2>5.0 mg HC/g Roca: Bueno.
3. La temperatura a la cual S2 alcanza el máximo punto depende de la naturaleza y la madurez del kerógeno y se denomina Tmax.
4. El CO₂ liberado del craqueo del kerógeno es capturado en un contenedor entre 300°C-390°C. El contenedor se calienta y se libera el CO₂ y este es medido durante el enfriamiento del horno (Pico S3). Este valor es proporcional al oxígeno presente en el kerógeno.

Los parámetros derivados se describen a continuación:

- HI: Índice de Hidrógeno [$HI = (S2/TOC) \times 100$]. La relación de Hidrógeno de S2 (en mg HC/g roca) y el Carbono Orgánico Total (TOC), en gramos.
- OI: Índice de Oxígeno [$OI = (S3/TOC) \times 100$]. La relación de S3 (mg CO₂/g roca) y el TOC, en gramos.
- PI: Índice de Producción [$PI = S1 / [S1 + S2]$]. La relación de hidrocarburo ya generado y el potencial de hidrocarburos por generar. Valores bajos de PI indican que la materia orgánica es inmadura o que esta es extremadamente post-madura. El PI aumenta consistentemente con la profundidad y la generación de hidrocarburos asociada.
- PC: Carbón Pirolizado [$PC = 0.083(S1+S2)$]. Corresponde al contenido de carbón de los hidrocarburos volatilizados y pirolizados durante el análisis.

2.4.4. Porosidad

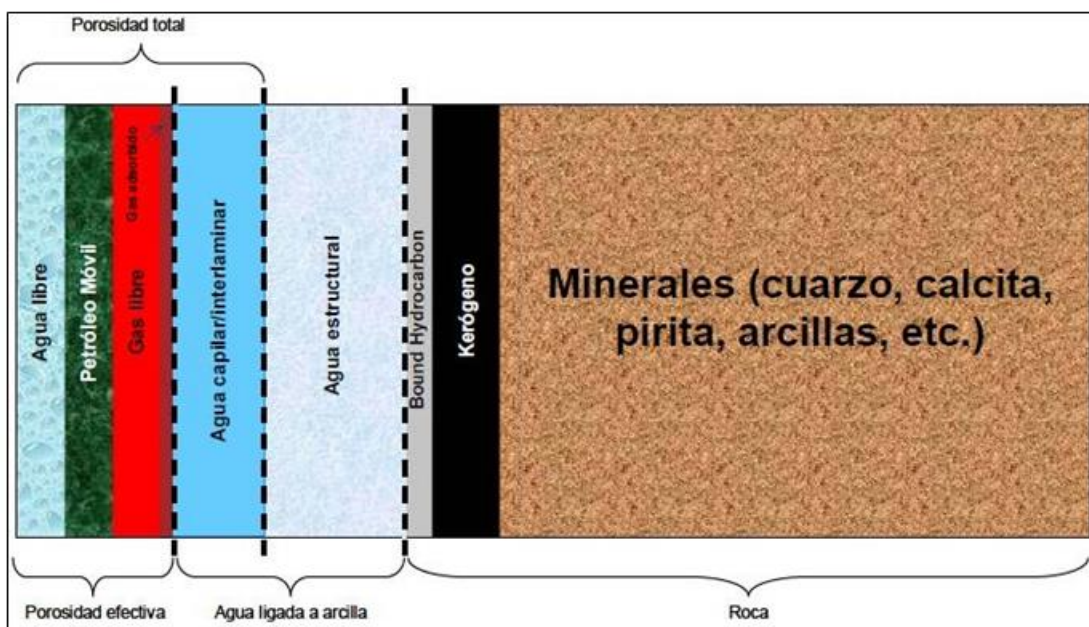
El gas libre puede estar almacenado en la porosidad de matriz, en la microporosidad en granos minerales y material orgánico, o en fracturas. El tamaño de los poros se presenta a continuación:

- De matriz (< 3 μm)

- Nanoporosidad en la materia orgánica (< 1 μm)
- Intragranular o intrapartícula (< 10 μm), e
- Intergranular o interpartícula (< 10 μm).

Los valores de porosidad en yacimientos arcillosos están típicamente en valores de 2 a 15 %. Las lutitas productivas requieren una porosidad mínima de 2% a 3%. En la Figura 5 se muestran los fluidos que ocupan la porosidad total y porosidad efectiva, junto a todos los componentes de un *Shale* genérico.

Figura 5. Fluidos y porosidad en un Shale

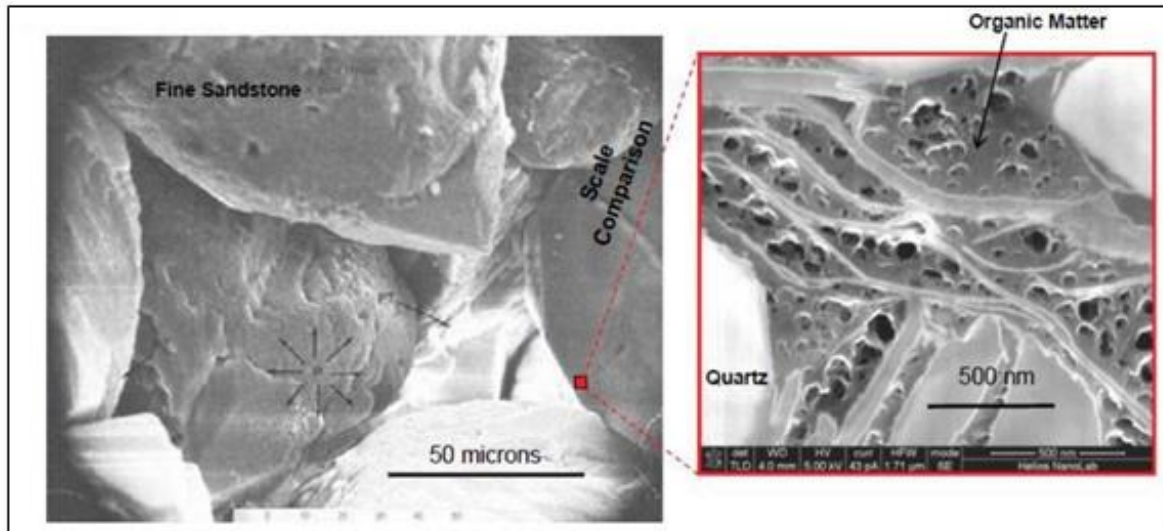


Fuente: Optimized Shale Resource Development using proper placement of Wells and Hydraulic Fracture Stages, SPE

La medición de la porosidad y la permeabilidad con técnicas estándar son complicadas debido al tamaño de grano pequeño, garganta poral y que a menudo es difícil adquirir un núcleo intacto. Sin embargo la obtención de datos de porosidad y conectividad pueden observarse mediante muestras estándar de SEM (Scanning Electron Microscopy), resolución de imágenes por microscopio electrónica de barrido. Además la morfología y composición de granos se determinan a partir del análisis de energía dispersa de rayos-x, EDX (Energy

dispersive X- ray) que es una técnica usada para análisis de caracterización química de una muestra.

Figura 6. Imágenes SEM y EDX

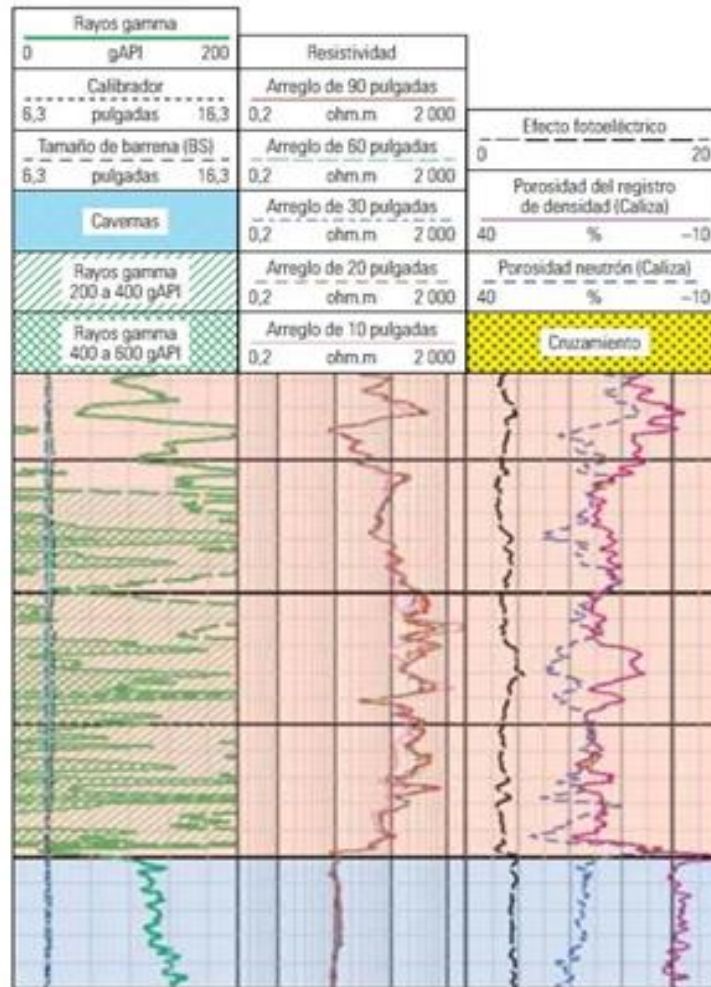


Fuente: Plan Exploratorio para Activos de Hidrocarburos No Convencionales Cuenca Neuquina, YPF, 2012

2.4.5. Petrofísica y registros eléctricos

Los principales datos utilizados para los análisis petrofísicos de las formaciones de lutitas son los mismos que los utilizados en yacimientos convencionales: rayos gamma, resistividad y datos acústicos; y de neutrones. Las lutitas con potencial de producir hidrocarburos muestran características específicas que las diferencian de las lutitas con poco o ningún potencial. El registro de rayos gamma, puede proporcionar uno de los primeros indicadores de la presencia de lutitas ricas en contenido orgánico. Estas lutitas muestran cuentas de rayos gamma de más de 150 Gapi. Las sargas de herramientas conocidas como triple combo, proporcionan mediciones de resistividad y porosidad. Por ejemplo las mediciones de resistividad en las lutitas gasíferas son más elevadas que en las lutitas circundantes que no tienen potencial de gas.

Figura 7. Registro convencional en la formación Shale



Fuente: Revolución del gas de lutitas, SLB, 2011

Las lutitas ricas en contenido orgánico con potencial para la producción de hidrocarburos muestran mayor variabilidad, mayor porosidad derivada del registro de densidad y menor porosidad neutrón. Esta respuesta se debe en parte a las presencia de gas en la roca, la cual disminuye el índice de hidrogeno y la porosidad neutrón resultante. También puede darse una menor porosidad neutrón debido al menor contenido de minerales arcillosos.

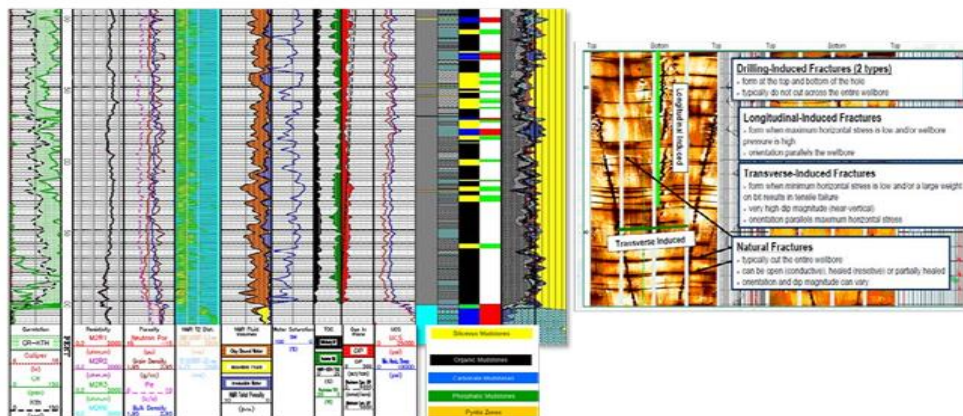
En cuanto a la medición del registro de densidad, el material constituyente que conforman las lutitas generalmente tiene mayores densidades aparentes, en contraste el kerógeno tiene una densidad aparente menor (1.2 g/cm^3) que la de las

areniscas o calizas. La información que brindan los registros eléctricos proviene de mediciones indirectas. Es por ello que son necesarios una interpretación cuidadosa y ajustes a partir de mediciones directas en muestras de roca.

Si esto se hace adecuadamente, el valor de la información obtenida aumenta resultando indispensable para una buena caracterización y evaluación del *play*. Los registros con herramientas de espectroscopios permiten calcular datos de litología (tipos de lutita para determinar la fracturabilidad) y mineralogía.

Las mediciones acústicas proporcionan datos para mejorar los modelos geomecánicos y así optimizar la perforación y estimulación. La porosidad sónica también es otra medición que facilita el análisis de las lutitas. Cuando la porosidad sónica es mucho mayor que la porosidad neutrón puede indicar presencia de gas y cuando las porosidades sónicas y neutrón son similares puede ser propensa a acumular petróleo. También se utilizan los registros de imágenes para identificar la presencia de fracturas naturales e inducidas por la perforación y definir su orientación y concentración. Y los registros de resonancia magnética para calcular saturaciones y porosidad.

Figura 8. Registros convencionales, resonancia magnética, acústico, mineralógico y de imágenes



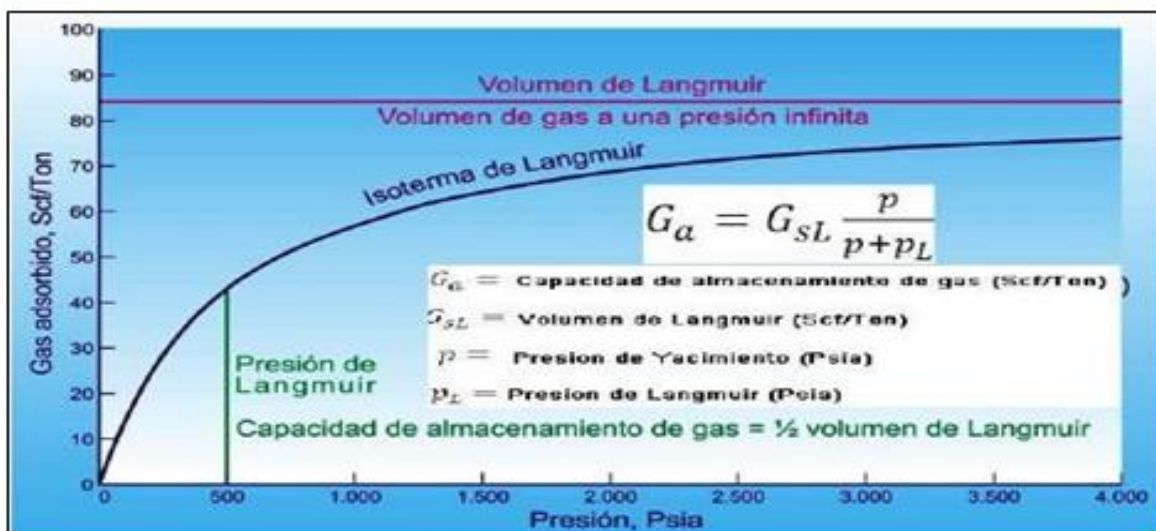
Fuente: Optimized Shale Resource Development using proper placement of Wells and Hydraulic Fracture Stages, SPE

2.4.6. Volúmenes y capacidad de gas

El gas se encuentra absorbido en la superficie del kerógeno en la lutita y también distribuido libremente en las porosidades primaria y secundaria. El volumen total de gas en sitio (GIP) es la combinación del gas absorbido y el gas libre. Dependiendo de la presión inicial y se produce el gas libre y la presión en los poros se reduce, el gas absorbido será liberado (desorbido), desde la superficie del kerógeno. Sin embargo, investigaciones recientes indican que la desorción también es una función del tamaño de poro de la lutita. A veces se usa las pruebas de desorción mediante cámaras filtrantes para determinar el GIP total a partir de núcleos, sin embargo este análisis es sensible al tiempo que se tarda en recuperar los núcleos desde el fondo de pozo.

Para determinar el volumen de absorbido de las lutitas, se utilizan las relaciones de presión que estiman el potencial de adsorción de la roca. Una muestra se pulveriza y se calienta para eliminar el gas absorbido, luego se expone a metano a presiones cada vez más elevadas mientras la temperatura se mantiene constante. El volumen de gas absorbido se presenta en unidades de pc/ton y se describe mediante una curva de isoterma de Langmuir.

Figura 9. Isoterma de Langmuir



Fuente: Revolución del gas de lutitas, SLB, 2011

2.5. Impactos durante la exploración sísmica en la industria de los hidrocarburos

2.5.1. Prospección sísmica

La Sísmica es un método Geofísico que permite determinar en profundidad la forma y disposición de las diferentes unidades litológicas o capas de la tierra, mediante la detección de ondas acústicas, producidas por una fuente artificial (martillo, vibro, sismigel, etc.), propagadas a través del subsuelo según la elasticidad de las capas, que se detectan en la superficie tras reflejarse o refractarse usando sensores (geófonos).

La finalidad de los programas de exploración sísmica, es la de localizar las rocas porosas que almacenan los Hidrocarburos (Petróleo y Gas)¹⁰. Con la información obtenida se producen imágenes del subsuelo donde aparecen las diversas estructuras presentes en el área objeto de estudio, incluidas aquellas que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos, información fundamental a la hora de tomar la decisión en donde perforar.

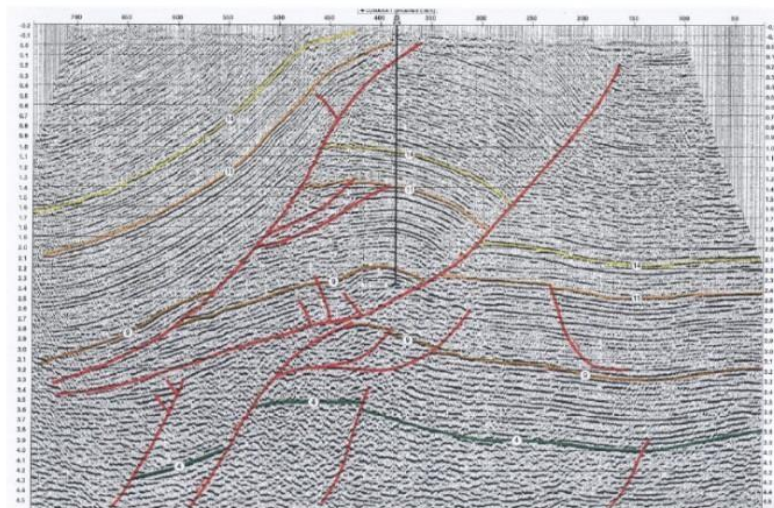
Aunque el resultado del estudio es una radiografía del subsuelo tal como se observa en la figura 10, el método empleado para obtenerla (Sísmica con Explosivos), no es nada inofensivo y puede llegar a generar impactos significativos, principalmente en zonas y ecosistemas sensibles como los que se presentan. En muchos casos las explosiones en el medio poroso han causado problemas en diferentes sistemas naturales, no obstante; los impactos ocasionados, no pueden ser generalizados, estos dependerán del tipo e intensidad de carga, de las condiciones geológicas y estabilidad del terreno, tipo de roca presente en la zona intervenida y de cómo estén estructurados los canales de flujo de aguas subterráneas.

Los geólogos hacen un diseño de la malla sísmica. Ya en el terreno, se abren trochas, que son caminos por donde pasarán los cables eléctricos y donde se realizarán las perforaciones. Las trochas pueden tener un ancho entre los 2 y los 10 metros. Para el diseño de la malla sísmica se precisa la identificación de las

zonas pobladas, pozos, nacimientos de agua, líneas de flujo y vías de acceso, así como del conjunto de líneas fuente y receptoras que entre sí conforman una cuadrícula bien definida. Se perforan pozos de poca profundidad, desde los 5 hasta los 20 metros, sobre una línea recta, con el fin de introducir los explosivos para generar la onda acústica. Su diámetro oscila entre 5 y 10 centímetros, y la distancia entre uno y otro varía de 15 a 100 metros.

En estos pozos se deposita material explosivo (Sismigel) en el caso de Bolivia, que se tapa con el material extraído durante la perforación. Al detonarse ese material genera las ondas requeridas. Se extienden cables que unen todo el sistema de la sísmica y se instalan los geófonos, que son aparatos para „escuchar“ o registrar las ondas que provoca la explosión de las cargas en los pozos. Esas ondas viajan por el subsuelo y se reflejan desde las profundidades de la tierra al chocar con los diferentes tipos de rocas o de estructuras.

Figura 10. Imagen de interpretación sísmica



Fuente: Sísmica, Mitos y Realidades, Presentación ACGGP

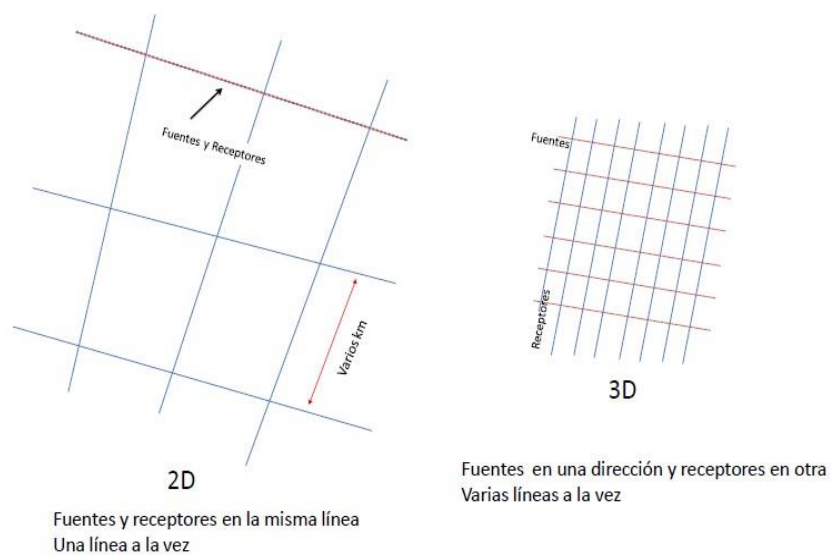
2.5.1.1. Tipos de sísmica

Existen diferentes métodos de prospección sísmica, los cuales son utilizados para conocer el subsuelo, algunos de ellos generan mayores impactos al medio, otros pueden llegar a ser más amigables con el medio ambiente, como la sísmica

satelital o OFT (Oil and Gas Finder Technology). En cuanto a los métodos de prospección sísmica convencionales, existen básicamente dos tipos de sísmica que son muy utilizadas actualmente: la sísmica 2D o en dos dimensiones y 3D o tridimensional. La sísmica 2D permite obtener imágenes en dos dimensiones: las capas de la tierra, sus formas y sus estructuras. En cambio la sísmica 3D genera gráficos tridimensionales que permiten mayor detalle para verificar la presencia o no de hidrocarburos.

En principio, un tipo de sísmica se diferencia del otro por la distancia entre las líneas sísmicas o densidad de la malla, la cual es mayor en la sísmica 3D pues requiere aumentar el área de impacto con el fin de generar el cubo sísmico como se observa en la figura 11. Conseguir esa mayor densidad significa que las labores de la sísmica son mucho más intensas y por ello todas las afectaciones al entorno natural son mayores. Actualmente se utiliza la sísmica 3D, pues mientras la sísmica 2D aporta información solo en un plano vertical, ésta entrega muchos más datos al ser en tres dimensiones.

Figura 11. Arreglo de malla sísmica 2D vs 3D



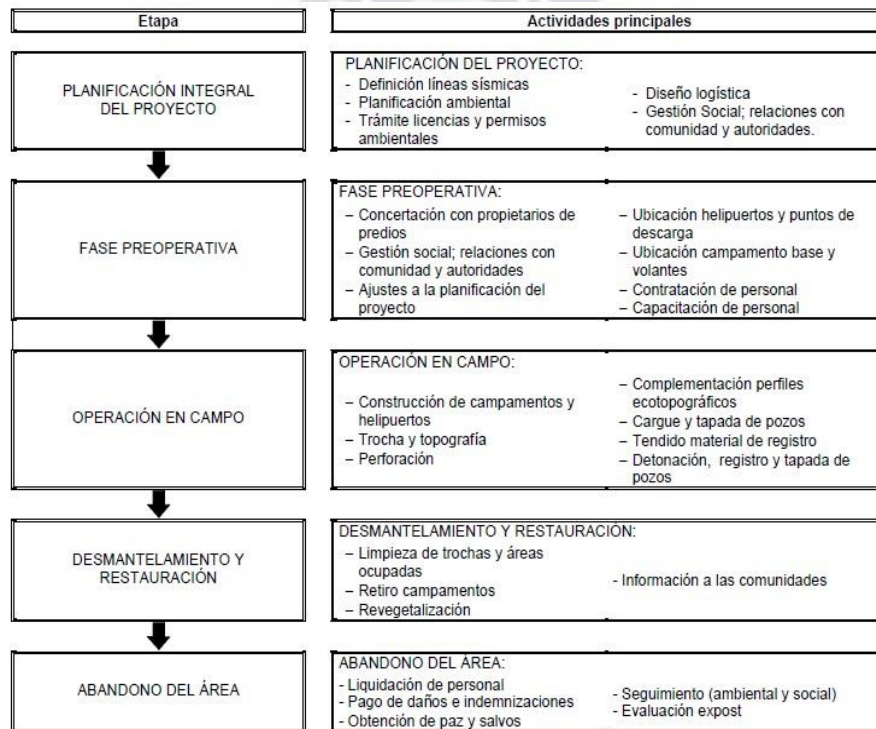
Fuente: Sísmica, Mitos y Realidades, Presentación ACGGP

Para la sísmica 2D, en Bolivia como en el resto del mundo, se usan dos tipos de líneas: Sparse y Stack Array. Las líneas 2D tipo Sparse son aquellas donde

hay mayor densidad de receptores que de fuentes. Mientras que las líneas Stack Array son aquellas en las que el intervalo de receptores es igual al de las fuentes. A su vez para la sísmica 3D los métodos más usados son: ortogonal o diagonal. En Bolivia se usan más los modelos ortogonales, ya que la limitante para usar los modelos diagonales se debe a que las distancias se alargan en comparación con el modelo ortogonal.

2.5.1.2. Fases de la prospección sísmica

Figura 12. Planificación y gestión ambiental de proyectos de exploración sísmica



Fuente: Sísmica, Mitos y Realidades, Presentación ACGGP

Sobre la base de las fases presentadas en la figura 12, las empresas operadoras del contrato tienen la obligación de presentar al Ministerio del Medio Ambiente la descripción de cada una de ellas, los impactos que se generan y así mismo, las acciones de prevención, mitigación y/o resarcimiento, en un Documento de Evaluación y Manejo Ambiental (DEMA) y en un Plan Manejo Ambiental (PMA).

2.6. Impactos de la exploración sísmica con explosivos

La sísmica con explosivos sigue siendo la principal actividad de exploración en muchos países del mundo, aunque ya existen algunos otros desarrollos tecnológicos de menor impacto como los carros vibradores (vibroseis) y la exploración satelital (Tecnología OFT), los cuales han demostrado ser muy efectivos en la detección de trampas de hidrocarburos, sin generar efectos adversos al medio ambiente, en comparación con el uso de explosivos para conocer el subsuelo.

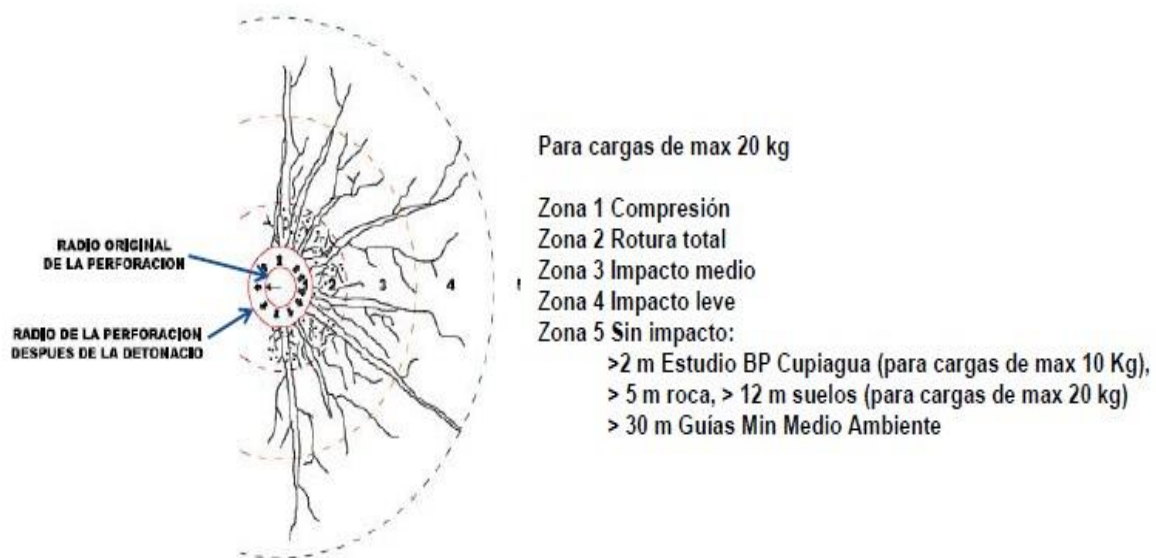
La actividad sísmica con explosivos genera impactos negativos en el medio natural, pues interviene directamente sobre éste, ya sea porque se están preparando las condiciones para su ejecución (construcción de vías, trochas, helipuertos, locaciones, etcétera) o porque se está realizando (perforación, explosiones, vertimientos, etcétera). Los impactos varían de acuerdo a las condiciones ambientales y sociales de los territorios, pueden provocar impactos como la deforestación, la pérdida de nacimientos de aguas, el ruido, la contaminación de las aguas y del aire, la desestabilización de los suelos y, por ende, podría afectar la salud de todos los seres vivos.

La sísmica con explosivos ha generado daños al medio ambiente al producir diaclasas radiales en el punto de la detonación como las que se observan en la figura 13, desviando el curso de las aguas subterráneas, afectando el nivel freático. Las fracturas generadas por las detonaciones, luego de un tiempo se saturan con agua, en las noches cuando la temperatura baja estas aguas pueden llegar a sufrir congelación, lo que se traduce en una expansión del agua, produciendo que las fracturas se sigan propagando.

Pasado el tiempo estas fracturas pueden llegar a interconectarse, generando derrumbes, subsidencia, fenómenos de remoción en masa y otros graves impactos en el medio. Igualmente, la sísmica con explosivos ha fracturado sellos base de los acuíferos libres, profundizándolos; y ha roto los acuíferos confinados, generando flujos de agua naturales permanentes que inundan los terrenos. El

fracturamiento de la capa superficial del terreno en las zonas de ladera ha generado erosión y deslizamiento en las fincas en época de invierno¹⁵. Ejemplos: Vereda los kioscos, Puerto Gaitán Meta; Acacias Meta diferentes veredas afectadas Pradera, loma del Piedemonte, Vista Hermosa, La Unión, Lorito, etc. Normalmente una explosión en el medio poroso aumenta la permeabilidad del mismo, generando diaclasas, creando fracturas que cambian o desvían la corriente al agua subterránea desapareciendo a veces nacederos o apareciendo alguno nuevo a causa de la explosión. Mientras no se altere el equilibrio no habrá efecto alguno.

Figura 13. Explosión en medio poroso – diaclasas creadas



Fuente: Impactos Ambientales de la Industria Petrolera, Oscar Vanegas

Las condiciones del agua subterránea que se encuentran en el terreno natural y que pueden ser modificadas por la construcción de obras o los estudios de exploración sísmica con la utilización de explosiones, deben ser parte esencial de un estudio geotécnico llevado a cabo en el área a intervenir, se deben conocer mediante pruebas de laboratorio y de campo las características del suelo, tales como porosidad, grado de saturación y permeabilidad.

Se deben determinar el contacto entre la zona de aireación y la de saturación, el nivel freático, la presencia y localización de acuíferos, acuitardos, acuíferos colgados, acuíferos confinados y manantiales. Actualmente la sísmica 3D se rige bajo una normatividad elaborada en los años 1996 y 1997 para la sísmica 2D (anteriormente se exigía licenciamiento ambiental), donde el volumen de explosivo utilizado no superaba los 1.000 gramos, y las distancias entre explosiones no eran inferiores a 100 metros.

De acuerdo a los datos proporcionados por la ANH, se calcula un promedio de 1800 gramos de sismigel por detonación y una separación entre disparos de 60 metros que resultan en que para cuatro municipios de Casanare (Paz de Ariporo, Pore, Hato Corozal y Trinidad) se han aplicado aproximadamente 500 toneladas de sismigel en 16.700 kilómetros de línea sísmica 2D (esto sin contar las líneas 3D) y de 45.000 km de líneas 2D solamente en Casanare. Es importante anotar que la principal diferencias entre los programas 2D y 3D, radica en que los últimos ejecutan un mayor número de puntos de disparo, con mayor cantidad de carga de fondo, lo que implica una mayor cantidad de toneladas de explosivo disparado en profundidad.

Las distancias de localización de los pozos o perforaciones de carga, igualmente dependen del diseño, necesidades y condiciones particulares de campo de cada programa de exploración sísmica, así los disparos pueden presentar distancias entre 15 a 100 metros entre ellos, siendo las más comunes las distancias de 25 a 50 metros entre cargas, con cantidades de explosivo que varían entre 500 a 5000 gramos para cada pozo o punto de disparo. De acuerdo con los datos del programa sísmico en los 28 días de la fase de registro se efectuaron 9331 disparos, cada uno de 1800 gramos de sismigel, con una separación entre puntos de disparo de 60 metros, para un total de explosivo detonado de 16,78 toneladas a una profundidad de 10 metros a partir de la superficie del terreno.

Impactos importantes generados por los proyectos de exploración sísmica tienen que ver con la afectación de recursos hídricos, tal es el caso de los Llanos Orientales, se han detectado zonas, en donde se han irrespetado las distancias

mínimas recomendadas para puntos de disparo cerca de cuerpos de agua, violando la normatividad y llevando al secado de morichales, humedales, jagüeyes y esteros presentes en la zona como se evidencia en la figura 14. Un impacto poco mencionado lo constituyen las cargas explosivas que no detonan; puntos de disparo pueden quedar sin detonar, convirtiéndose posteriormente en trampas peligrosas para los habitantes y fauna de las zonas intervenidas, estos booster pueden permanecer activos luego de varios años siendo propensos a causar algún accidente.

Figura 14. Cargas sísmicas sin detonar proyectos sísmicos



Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2021

Así mismo se han detectado inconvenientes con las tarjetas utilizadas durante los estudios de prospección las cuales son abandonadas en los diferentes sitios, llevando a problemas de contaminación, los animales también han muerto tratando de ingerir estas tarjetas, otro problema tiene que ver con las perforaciones mal selladas las cuales se convierten en trampas para los

animales y lugareños de la zona los cuales ya se han visto afectados esto se evidencia en las figuras a continuación:

Figura 15. Impactos ambientales de la exploración sísmica con explosivos



Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2021

CAPITULO III

IMPACTOS DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS

3.1. Introducción

La perforación es un proceso que consiste en realizar en el subsuelo un hueco vertical, inclinado u horizontal, alcanzando profundidades que van en promedio de 3 a 6 Kilómetros de extensión con el objetivo de llegar a sitios conocidos como formaciones posiblemente productoras que puedan tener hidrocarburos (crudo, gas, condensados o una mezcla de estos) ²⁷. Lo que se pretende con la perforación de los pozos exploratorios es confirmar la existencia de estructuras que sean prospectivas como yacimientos, en esta actividad se puede establecer si la reserva es comercialmente explotable. Si el pozo realizado no contiene ningún hidrocarburo es considerado como seco, pero si lo contiene, se llama productor.

Cerca al pozo productor se perforan otros pozos, también exploratorios que se conocen como pozos de extensión, con éstos se pretende determinar qué tan grande es el yacimiento. Después de determinada la extensión del yacimiento, en el campo petrolero se perforan otros pozos llamados pozos de desarrollo. La perforación de un pozo puede durar varios meses.

Para tener una idea de lo que esto significa, en un pozo petrolero pueden estar trabajando simultáneamente más de 200 personas, que viven en sus campamentos y que manipulan desde sustancias químicas, hasta sustancias radiactivas. Por medio de la perforación se ubica con certeza los sitios donde se realizarán las siguientes perforaciones apoyándose en la información obtenida en la fase de exploración. Una vez realizado el diseño y la ubicación de las perforaciones se inicia la construcción de las vías de acceso a los pozos.

3.2. Perforación exploratoria

La perforación exploratoria es la que se realiza en una zona cuyo potencial productor es desconocido y su principal objetivo es el de determinar la existencia de hidrocarburos en la secuencia litoestratigráfica en estudio. El proyecto de perforación exploratoria se lleva a cabo en varias etapas, cada una de las cuales consta de varias actividades que van a generar impactos sobre el medio físico, biótico y socioeconómico.

3.2.1. Etapas del proyecto

- Planeación
- Construcción y adecuación de la vía de acceso
- Construcción de la locación
- Desarrollo de la perforación
- Desmantelamiento y restauración del área afectada.

3.2.1.1. Planeación

Durante esta etapa se busca confrontar sobre el terreno las condiciones del entorno con el sitio ideal establecido por los resultados de la exploración sísmica. Para el desarrollo de esta etapa se deben incluir las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de información
- Información a la comunidad
- Ubicación física de los pozos
- Adquisición de predios (vía de acceso y locación).

Para seleccionar la mejor alternativa de ubicación de los pozos se debe contar con un grupo interdisciplinario de profesionales, que debe incluir como mínimo un coordinador de grupo, un geólogo, un ingeniero ambiental, un ingeniero civil, un profesional del área social, y un abogado experto en negociación de tierras y servidumbres. Este grupo califica las alternativas de

acuerdo con la información sísmica y ambiental existente, y de esta manera escogerá la alternativa de menor afectación al entorno y riesgo para el proyecto.

3.2.1.2. Construcción y adecuación de la vía de acceso

Esta etapa consiste en construir y/o adecuar una vía de acceso que permita el paso de vehículos y personal hacia la locación, tratando de minimizar el impacto ambiental.

La construcción de la vía consiste en descapotar el material orgánico del derecho de vía y disponer de él; realizar los cortes o excavaciones necesarias, recebar y afirmar con material de arrastre y/o de cantera; construir las obras necesarias en la vía, tales como drenajes, alcantarillas, cruces por quebradas, cunetas, para controlar los procesos erosivos producidos por la remoción de cobertura vegetal y el agua de escorrentía sobre la banca.

Para el desarrollo de esta etapa son necesarias las siguientes actividades:

- Descapote y desmonte
- Cortes y excavaciones
- Estabilización de taludes
- Extracción de material de cantera para sub -base y afirmado
- Construcción de obras necesarias
- Construcción de botaderos
- Movilización de maquinarias y equipos

3.2.1.3. Construcción de la locación

Esta etapa consiste en la adecuación de una superficie plana para la ubicación del taladro de perforación, los dormitorios, casino, talleres, oficinas, plataforma y demás equipos necesarios para la perforación.

Para la construcción de la explanación se requiere remover la capa vegetal, corte y relleno de gran cantidad de tierra, adecuar la localización de cunetas, drenajes, muros de contención para estabilizar taludes; también adecuar un pozo séptico, campo de infiltración, hueco de basuras, construir piscinas de lodos y el contrapozo. Se instalará un campamento con todas las comodidades y servicios básicos necesarios para albergar el personal involucrado en la operación.

Las actividades que mayor grado de incidencia pueden ejercer sobre el entorno son:

- Remoción de suelo (descapote) y cobertura vegetal (desmonte)
- Excavaciones y construcción de taludes y bermas
- Explanación, rellenos y terraplenes
- Disposición de sobrantes
- Construcción del campamento, piscinas, campo de infiltración y pozo séptico
- Movilización y montaje de equipos y maquinaria.

3.2.1.4. Desarrollo de la perforación

El proceso de perforación exploratoria de un pozo tiene como finalidad determinar la existencia o no de hidrocarburos en cantidades comerciales, en un área identificada por medio de sísmica o por correlaciones con otros pozos cercanos para ello se taladrará un hueco con el sistema de perforación rotatoria, en varias etapas, a determinada profundidad. Se utilizarán brocas que al rotar por medio de una sarta de tubería corten los estratos para esto se utiliza también un fluido (lodo de perforación), que pasa a través de ellas y transporta los cortes a superficie. A medida que se profundiza el hueco se reviste con tubería de acero (casing) y se soporta con cemento alrededor. Cuando se alcanza la zona de interés se realiza el perfilado del pozo, actividad que consiste en la toma de registros eléctricos, sínicos o radioactivos para determinar el tipo de roca y fluidos que finalmente determinan las características del yacimiento.

La prueba de producción consiste en determinar la productividad del pozo de tal forma que se evalúen los horizontes productores, la potencialidad del yacimiento y las propiedades de los fluidos encontrados, para ello se acondiciona el pozo ya revestido , con base en los registros, se baja una sarta de cañoneo con la que se abren pequeños orificios al revestimiento y al cemento para que la formación prospectada como productora quede en contacto con la superficie, se deja fluir midiendo la producción de líquido y gas, los cuales posteriormente son conducidos a un quemadero alejado del maquinaria y equipos para su incineración. Esta fase de la perforación exploratoria, es la más crítica en razón del volumen, toxicidad y diversidad de los elementos contaminantes que pueden llegar al ambiente en el área de influencia de la locación. En el desarrollo de esta etapa se ejecutan las siguientes actividades:

- Perforación
- Disposición de cortes de perforación
- Residuos sólidos (empaques, bolsas, maderas)
- Residuos líquidos (agua, aceite, productos químicos)
- Prueba de producción
- Generación de volúmenes de crudo y/o gas
- Generación de emisiones atmosféricas por la incineración del crudo y del gas
- Abandono del campamento o instalación de infraestructura de producción.

3.2.1.5. *Desmantelamiento y restauración*

Esta etapa tiene como meta la restauración de las áreas afectadas, que incluye la recuperación ambiental y paisajista del sitio. Incluye no solo las acciones de recuperación, sino también el seguimiento de su eficacia en el tiempo, lo que implica la visita periódica al sitio de perforación, todas las veces que sea necesario, hasta el momento en que se pueda garantizar la plena recuperación del área.

Debe comenzar a ejecutarse con la realización de las obras civiles de la vía de acceso y continuarse hasta lograr estabilizar las áreas intervenidas. Si el pozo es productor se procederá a instalar el equipo de producción de superficie y enmallar el contrapozo en un radio de quince metros, recuperándose el resto del área afectada y en caso de que no lo sea, se procederá a colocar un tapón de cemento y a cubrir el pozo en la superficie dejando una placa, recuperándose toda el área afectada.

Las actividades que se realizarán en esta etapa son las siguientes:

- Levantamiento de las instalaciones
- Abandono y cierre de piscinas
- Retiro de equipos y materiales
- Remoción de desechos y escombros
- Recubrimiento del área de la plataforma con el material de descapote almacenado
- Aplicación de controles de erosión
- Nivelación y reforestación.

3.3. Perforación de pozos de desarrollo

Una vez se hayan realizado los estudios geológicos y geofísicos y habiendo establecido las posibles trampas o estructuras favorables para el almacenamiento de hidrocarburos se toma la decisión del sitio donde perforar el pozo.

Las compañías operadoras poseen ingenieros de perforación quienes tienen a su cargo establecer los objetivos geológicos y cumplir esos objetivos con un costo mínimo. Además es necesario para el ingeniero, desarrollar una experiencia en todas las fases de la perforación que puedan mejorar la operación disminuyendo costos. Si el pozo a perforar se encuentra dentro de un yacimiento ya plenamente identificado y cerca de un pozo en perforación, este se llamará pozo de desarrollo y su objetivo es el de aumentar la producción del yacimiento.

3.3.1. Etapas del proyecto

Las etapas que se desarrollan para un proyecto de perforación son:

- Planeación
- Construcción y adecuación de la vía de acceso
- Construcción de la locación
- Construcción de una bodega y adecuación de áreas para los equipos
- Perforación y completamiento
- Desmantelamiento y restauración del área afectada.

3.3.1.1. Planeación

El primer paso para planear la perforación de un pozo es la recopilación de todos los datos posibles relacionados con pozos perforados antes, cerca de la zona de interés. Respecto a lo anterior es importante una familiarización completa con todas las fuentes de información y su evaluación. El ingeniero encargado de la operación debe realizar un bosquejo general sobre los objetivos del trabajo teniendo en cuenta una gran cantidad de factores entre los que se pueden enumerar los siguientes:

- Determinar la naturaleza de la estructura a utilizar
- Determinar si el acceso al lugar de operaciones está plenamente determinado o si por el contrario hay necesidad de construir carreteras que permitan el transporte tanto de equipos como de personal.
- Establecer la existencia de agua necesaria en cercanías de las locaciones de interés tanto para operaciones industriales como para el consumo humano.

En ocasiones hay necesidad de perforar pozos de agua antes de empezar las operaciones de perforación de pozos de petróleo, así mismo es importante disponer de bombas capaces de conducir agua cuando las locaciones están retiradas de las fuentes abastecedoras (ríos, lagunas, quebradas, etc.).

Luego de haber elegido el sistema de perforación debe determinarse el tamaño óptimo de la subestructura, para esto se debe tener en cuenta varios factores tales como: profundidad total programada, programa de revestimiento, tamaños de broca, tipo de formaciones a perforar, etc.

Para el desarrollo de esta etapa se deben incluir las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de información
- Información a la comunidad
- Ubicación física de los pozos
- Adquisición de predios (vía de acceso y locación).

3.3.1.2. Construcción y adecuación de la vía de acceso

Esta etapa consiste en construir y/o adecuar una vía de acceso que permita el paso de vehículos y personal hacia la locación, tratando de minimizar el impacto ambiental. La construcción de la vía consiste en descapotar el material orgánico del derecho de vía y disponer de él; realizar los cortes o excavaciones necesarias, recebar y afirmar con material de arrastre y/o de cantera; construir las obras necesarias en la vía, tales como drenajes, alcantarillas, cruces por quebradas, cunetas, para controlar los procesos erosivos producidos por la remoción de cobertura vegetal y el agua de escorrentía sobre la banca.

Para el desarrollo de esta etapa son necesarias las siguientes actividades:

- Descapote y desmonte
- Cortes y excavaciones
- Estabilización de taludes
- Extracción de material de cantera para sub-base y afirmado
- Construcción de obras necesarias
- Movilización de maquinarias y equipos

3.3.1.3. Construcción de la locación

Esta etapa consiste en la adecuación de una superficie plana para la ubicación del taladro de perforación, los dormitorios, casino, talleres, oficinas, plataforma y demás equipos necesarios para la perforación.

Las actividades que mayor grado de incidencia pueden ejercer sobre el entorno son:

- Remoción de suelo (descapote) y cobertura vegetal (desmonte)
- Excavaciones y construcción de taludes y bermas
- Explanación, rellenos y terraplenes
- Disposición de sobrantes
- Construcción del campamento, piscinas, campo de infiltración y pozo séptico
- Movilización y montaje de equipos y maquinaria.

3.3.1.4. Construcción de bodegas y adecuación de áreas para los equipos

Esta etapa consiste en la adecuación de una superficie para el almacenamiento de algunos de los equipos necesarios para la perforación, que necesitan ser removidos o cambiados con cierta frecuencia y la adecuación de las áreas donde se montaran los equipos en uso.

3.3.1.5. Perforación y completamiento

Durante la perforación de un pozo se realiza el entubado del mismo con tuberías de protección, intermedias y/o de producción, y la posterior cementación de las mismas, acción denominada como completamiento.

En la perforación de un pozo se establecen cuatro operaciones fundamentales:

- Debe rotar la columna de perforación y la broca.
- La broca debe bajar a medida que avanza la perforación.

- Los rípios de roca cortados deben ser transportados hasta la superficie para permitir que la broca siga avanzando.
- Se introduce y cementa la tubería de revestimiento.

Para producir la rotación, el cuadrante va enroscado a la tubería de perforación y pasa a través de un buje que está alojado en la mesa rotatoria y tiene la misma forma que la del cuadrante. Al girar la mesa rotatoria (debido al movimiento rotacional originado por los motores mediante una transmisión), gira el buje, el cuadrante, la sarta de perforación y la broca.

El centro de control del equipo se encuentra en el tambor del malacate. El tambor gira en su eje horizontal desenrollando el cable el cual pasa por la corona y la polea viajera el cual junto con la unión giratoria y el cuadrante descienden, permitiendo a la columna de perforación y la broca bajar lentamente. A medida que la broca baja rotando, va produciendo rípio de la roca cortada el cual debe ser transportado a superficie por medio del lodo de perforación. El lodo es bombeado pasando por la tubería parada, manguera, unión giratoria y desciende por el cuadrante, tubería de perforación, collares, llega a la broca saliendo en forma de chorro produciendo la limpieza del fondo. Ascende por el espacio anular hasta superficie transportando los rípios, pasando por la rumba la cual los separa; luego pasa a los desarenadores cayendo finalmente a los tanques de decantación.

En el desarrollo de esta etapa se ejecutan las siguientes actividades:

- Perforación
- Disposición de cortes de perforación
- Residuos sólidos (empaques, bolsas, maderas)
- Residuos líquidos (agua, aceite, productos químicos)
- Prueba de producción
- Generación de volúmenes de crudo y/o gas
- Generación de emisiones atmosféricas por la incineración del crudo y del gas

- Abandono del campamento o instalación de infraestructura de producción

El completamiento de un pozo se realiza instalando más de una sarta de entubado o tubería de revestimiento, debido a las diferentes funciones que cada una realiza.

La selección de la tubería de revestimiento debe hacerse antes de que el equipo de perforación entre en el sitio. La razón es que el tamaño de la tubería de revestimiento gobierna el tamaño de las brocas. Luego de esto, se debe cementar la tubería de revestimiento; la cementación de pozos petrolíferos es el proceso de mezclado y desplazamiento de lechada de cemento por medio de equipos especiales de mezclado, el final es bombear la lechada a través del casing hacia puntos críticos del anular formado entre el pozo y el casing, o también pozo abierto en una sección preestablecida.

Para los trabajos de cementación se deben atender especialmente las características de los cementos, aditivos, ensayos, planificación del trabajo y la operación en sí de una cementación primaria, cementación de liners, cementación a presión o tapones de abandono. También deberán tenerse en cuenta los equipos de bombeo, mezcladores, sistemas de transporte a granel, y varias herramientas y accesorios de fondo de pozo utilizados en las cementaciones.

Una vez montado el equipo de completamiento, se procede en primer lugar a la limpieza del pozo y al acondicionamiento del fluido, para luego, mediante los llamados "perfiles a pozo entubado", generalmente radiactivos y acústicos, precisar la posición de los estratos productivos, los cuales fueron ya identificados por los "perfiles a pozo abierto", así mismo se revisa la posición de las cuplas de la tubería de entubación y por otra parte la continuidad y adherencia del cemento, tanto a la tubería como a la formación.

En el desarrollo de esta etapa se deben incluir las siguientes actividades:

- Movilización de maquinarias y equipos
- Instalación de la tubería de revestimiento
- Cementación

- Instalación del cabezal del pozo.

Una vez finalizadas las tareas de perforación y desmontado el equipo, se procede a la terminación y re-equipamiento del pozo que consiste en una serie de tareas que se llevan a cabo mediante el empleo de una unidad especial que permite el ensayo y posterior puesta en producción del mismo.

La prueba de producción consiste en determinar la productividad del pozo de tal forma que se evalúen los horizontes productores, la potencialidad del yacimiento y las propiedades de los fluidos encontrados, para ello se acondiciona el pozo ya revestido, con base en los registros, se baja una sarta de cañoneo con la que se abren pequeños orificios al revestimiento y al cemento para que la formación prospectada como productora quede en contacto con la superficie, se deja fluir midiendo la producción de líquido y gas, los cuales posteriormente son conducidos a un que madero alejado del maquinaria y equipos para su incineración.

3.3.1.6. Desmantelamiento y restauración

Esta etapa tiene como meta la restauración de las áreas afectadas, que incluye la recuperación ambiental y paisajista del sitio. Incluye no solo las acciones de recuperación, sino también el seguimiento de su eficacia en el tiempo²⁹, lo que implica la visita periódica al sitio de perforación, todas las veces que sea necesario, hasta el momento en que pueda garantizar la plena recuperación del área.

Si el pozo es productor se procederá a instalar el equipo de producción de superficie y enmallar el contrapozo en un radio de quince metros, recuperándose el resto del área afectada y en caso de que no lo sea, se procederá a colocar un tapón de cemento y a cubrir el pozo en la superficie dejando una placa, recuperándose toda el área afectada.

3.4. Impactos producidos por la perforación de pozos

Cada año miles de pozos de petróleo y gas son perforados alrededor del mundo, este proceso genera millones de barriles de residuos, principalmente los cortes y lodos de perforación; el manejo de estos residuos es un problema ambiental y económico para las compañías operadoras de explotación y producción de petróleo. Cuando se utilizan fluidos base aceite en las operaciones de perforación, los cortes de rocas transportados por el fluido de perforación a lo largo del pozo son revestidos con una capa residual de aceite. Aun cuando se perfora con lodo a base agua, cortes de lutitas y areniscas ricas en contenido de petróleo son transportados a la superficie. En los últimos años el manejo apropiado de estos materiales se ha convertido en una de las prioridades en la planeación de las operaciones de perforación, puesto que se debe seguir las regulaciones existentes en cada país para disponer de estos desechos de una manera segura y aceptable para el medio ambiente. La combinación de concientización ambiental creciente, nuevas regulaciones en materia de vertidos y situaciones de perforación desafiantes, condujo a la industria del petróleo y gas a desarrollar nuevas tecnologías de fluidos de perforación y manejos de residuos para respaldar estos diseños de pozos avanzados, fomentando al mismo tiempo el cuidado al medio ambiente. Aun así, problemas e impactos ambientales se pueden generar en el proceso de perforación de pozos petroleros, si se llevan a cabo malas prácticas por parte de las industrias.

En Bolivia se descapotan aproximadamente entre 3 y 7.2 hectáreas en el sitio donde se desarrolla la perforación. Además, se construyen vías de acceso, piscinas para el depósito de materiales residuales de hidrocarburos, campamentos, etc. Esto genera problemas de deforestación, afectación de recursos biológicos, erosión y de deterioro de los recursos hídricos. Los lodos que se utilizan para hacer las perforaciones se almacenan en piscinas, las cuales no siempre están recubiertas para evitar la contaminación del suelo y aguas subterráneas. Cuando no se recubren perfectamente las paredes de los pozos, se

presentan problemas de contaminación de aguas subterráneas con los fluidos de perforación y aguas salinas.

De igual manera si las cementaciones de los revestimientos quedan mal realizadas puede presentarse fugas de fluidos a través del anular que conlleven a contaminación de ecosistemas sensibles. Una vez que se inicia la perforación, se comienzan a generar desechos contaminantes, siendo los más importantes los cortes y lodos de perforación. Durante la perforación básicamente se tritura la roca, a profundidades que pueden llegar hasta unos 6 kilómetros, produciendo un tipo de desechos llamados cortes de perforación. Los cortes de perforación son una mezcla heterogénea de rocas y minerales cuya composición depende de la estratología local.

Entre mayor es la profundidad a la que se perfora, se genera mayor cantidad de desechos y estos pueden contener niveles más altos de toxicidad. En el proceso se utilizan lodos de perforación, los cuales pueden ser base aceite o agua. Desde la década de 1990 hasta la actualidad, la industria de perforación ha revolucionado en el manejo de fluidos de perforación y residuos de petróleo, lodos base aceite ha ido reemplazándose por los lodos a base de sintéticos (SBM) menos tóxicos. En la región de la Orinoquia, más exactamente en el piedemonte donde por cuestiones geológicas la mayoría de los yacimientos se encuentra a profundidades considerables, es claro que la generación de estos residuos es un problema mayor.

El mayor inconveniente en este caso no se produce por el volumen de sólidos que se generan, sino por la toxicidad de estos, ya que estuvieron en continuo contacto con el fluido de perforación y la misma formación. Es muy común tener cortes con impregnaciones de aceites o cualquier otro contaminante proveniente de la misma formación. (Navarro, A. (1995). "Environmental Safe Drilling Practices"). Durante la perforación del pozo, se pueden llegar a contaminar con lodo los acuíferos dulces someros, estos lodos contienen químicos que son dañinos para las aguas subterráneas. Igualmente, si la cementación de las tuberías de revestimiento no es óptima, se puede presentar canalización de flujos por el anular

entre la tubería y la pared del pozo, por donde pueden migrar los hidrocarburos o el agua salada, desde la profundidad (yacimiento) hacia las formaciones superiores que contienen agua potable.

También, durante la perforación se pueden presentar derrames de lodos, contaminando caños, morichales, humedales, ríos y pastizales. Finalmente, al terminarse la perforación, el abandono de la plataforma o locación puede ser poco amigable con el medio ambiente, dejando la zona descapotada, o con pastos impactados que mueren al poco tiempo. Otro impacto se genera al dejar los sobrantes del lodo de perforación dentro de las piscinas construidas en el suelo, quedando como pasivos ambientales de alto impacto, por los químicos dañinos que contienen.

3.4.1. Origen y características de los desechos de perforación

La actividad de perforación de pozos petroleros genera desechos líquidos y sólidos que por sus características física-químicas constituyen una fuente de contaminación para el ambiente en el cual se desarrollan. Los desechos generados durante la actividad de perforación presentan dos fases, una líquida constituida por lodo de perforación y otra sólida, formada por los cortes de perforación. Los cortes adquieren muchas de las características del lodo y formación por ende constituyen un desecho de difícil manejo y disposición al medio ambiente.

El lodo de perforación, pasa a ser desecho una vez que culmina su vida útil, cuando se descarta por tasa de dilución diaria o por derrame en la localización. Los desechos generados poseen características físico-químicas que se derivan básicamente del tipo de fluido de perforación utilizado; en Bolivia, en su mayoría, los lodos se clasifican en base agua y base aceite y los mismos son el principal contaminante de las aguas y los sólidos generados durante la perforación.

Desechos contaminados con lodos base agua. Los desechos contaminados con los lodos base agua, como el Agua-Gel, son inocuos al ambiente, ya que sus características físico-químicas no superan los límites establecidos en las normas ambientales. En la mayoría de los casos estos fluidos son agua más bentonita y soda cáustica, en cuyo caso debe ser controlada, cloruros, unidades de pH y los sólidos totales en las aguas para descarga. Se caracterizan por ser de fácil manejo y económicos.

Desechos contaminados con lodos base aceite. Este tipo de desecho corresponde a sólidos de formación impregnados de fluidos base aceite que posee entre sus características químicas un alto contenido de hidrocarburos y algunos metales pesados como: plomo, cadmio, níquel, etc. En los efluentes líquidos el contenido de aceite, grasa e hidrocarburos queda, en su mayoría, en forma flotante por no ser líquidos miscibles en agua. De igual modo, la materia orgánica le aporta al efluente niveles elevados en la demanda química y bioquímica de oxígeno. Los fluidos a base aceite son los de mayor cuidado debido al impacto que ellos generan.

3.4.1.1. Fluidos de perforación

El lodo o fluido de perforación es un líquido preparado con gran cantidad de aditivos químicos, que se bombea al pozo productor para actuar como lubricante y refrigerante a la broca o como herramienta, para levantar la roca cortada por la broca (conocida como cortes de perforación) hasta la superficie, evitar el derrumbe de las paredes del pozo y controlar los líquidos en las diferentes formaciones del subsuelo (aguas de formación, crudo o gas) fluyan sin control hacia la superficie. Los lodos y fluidos son altamente contaminantes, contienen los cortes de perforación, metales pesados y otros fluidos del pozo, como se observa en las tablas 3 y 4.

3.4.1.2. Cortes de perforación

Los cortes de perforación son partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del hueco, dichas partículas son creadas por la acción de las fuerzas de compresión y rotatoria del taladro. Desde el momento en que los cortes de perforación son desprendidos de las paredes del hueco hasta que llegan a la superficie, sufren una continua reducción de tamaño debido a la abrasión con otras partículas y la acción de triturar que ejerce la tubería de perforación, es por eso que el área superficial se incrementa en forma exponencial debido a la degradación de los cortes.

Los lodos solubles en agua tienen como componente principal la barita y el carbonato de calcio, a los que se añade compuestos inorgánicos como la bentonita y otras arcillas que aumentan la viscosidad. Estos lodos incluyen varios metales pesados tóxicos, sales inorgánicas, detergentes, polímeros orgánicos, inhibidores de la corrosión y biosidas, como lo muestran las tablas 3 y 4. La generación de lodos y cortes de perforación representa el mayor volumen de desechos que se generan durante la actividad de perforación.

Tabla 3. Químicos utilizados en la perforación de pozos

Químicos usados en la perforación de pozos	
Químicos usados	Efectos a la salud
Bentonita (Silicato de Aluminio)	Irritante de ojos y de vías respiratorias.
Mil-Ex (Poliacrilamida aniónica)	Irritante de ojos, vías respiratorias y piel.
Hidróxido de Potasio (Potasa caustica)	Irritante de ojos, vías respiratorias, fuertemente corrosivo de piel (ulceroso) y tóxico por ingestión. Produce cáncer.
Polypac/Polipacul	Irritante de ojos y vías respiratorias.
(celulosa) Soda ASH (Carbonato de sodio)	Irritante de ojos, vías respiratorias y piel. Muy tóxico a la ingestión.

Barita (Sulfato de Bario)	Muy irritante en la inhalación (puede producir silicosis) e irritar ojos y piel. Es muy tóxico ingerido.
Benex/Gelex (Poliacrilato de Sodio)	Irritante de ojos y vías respiratorias
Carbón- Plate (Uintahita- Gilsonita)	Irritante de ojos y piel. Puede producir neumonías. Irritante con la ingestión.
Cal viva (Oxido de calcio)	Irritante de ojos y piel es tóxico en ingestión
XCD Polímero (policloruro de sodio)	Irritante de ojos
Barofibre	Irritante de ojos y vías respiratorias. Tóxico. Produce muerte de peces.
Mica	Irritante de ojos y vías respiratorias.
Milpar MD (detergente)	Irritante de ojos, vías respiratorias y piel.
Soda Caustica (Hidróxido de sodio)	Altamente irritante de ojos, vías respiratorias y piel.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de de YPFB Corporación 2021

Tabla 4. Metales pesados extraídos del subsuelo mezclados con hidrocarburo

Cadmio: Se recomienda cantidades inferiores a 1ppm.	Es un metal absorbido rápidamente por las plantas que presenta un gran riesgo potencial a la salud humana y la vida silvestre. La intoxicación aguda con cadmio incluye: náusea, vómito, dolores abdominales. Los efectos crónicos incluyen enfermedades renales que pueden llevar a una mala filtración renal, a piedras en el riñón y a la insuficiencia renal.
Plomo: La Concentración máxima es de 50 microgramos/litro y de 150 microgr/m3 en la atmósfera. Según la OMS.	Es tóxico para la mayoría de organismos vivos por sus efectos sobre el sistema nervioso. Se acumula en el organismo hasta que alcanza niveles tóxicos y produce sus efectos. La intoxicación aguda produce vómitos, dolores abdominales, problemas renales, convulsiones, coma y muerte en 3-4 días. La intoxicación crónica puede tardar 10 años en aparecer, primero comienza con señales vagas como problemas gastrointestinales, fatiga, depresión, irritabilidad, y disminución de la capacidad mental para el razonamiento, la concentración, memoria.

Mercurio	La intoxicación aguda produce gastroenteritis, inflamación de las encías, vómitos e irritación de piel con dermatitis que pueden llegar a úlceras. Puede morir porque los riñones dejan de funcionar. La intoxicación crónica produce irritación de las encías hasta sangrar, sabor metálico y caída de dientes; pero la señal más característica y grave es el temblor, que empieza por los dedos, los párpados, la lengua y los labios, extendiéndose por todo el cuerpo hasta impedir la marcha.
Arsénico Se acepta presencia de 200 microgr/l	Síntomas de intoxicación aguda son: dolores abdominales, diarrea y deshidratación, y arritmia cardíaca que llevan al coma. Exposiciones crónicas pueden causar lesiones graves de piel (vesículas, úlceras, verrugas, dermatitis de contacto y cáncer), ojos (conjuntivitis) nervios (sensaciones extrañas en las extremidades y debilidad muscular), hígado (puede dar cirrosis).
Cobalto Cobre Hierro Manganeso Antimonio, Bario Plata, Estaño Zinc, Cromo.	Todos estos metales tienen la capacidad de acumularse en seres vivos y entrar a formar parte de las cadenas de alimentos. Aparecerán lesiones de piel, con dermatitis de contacto, eccemas, enrojecimientos con vesículas, (y conjuntivitis en ojos), hasta úlceras. Respiratorias (desde molestias hasta neumonías y asma). Digestivos (gastroenteritis, con dolores abdominales, ulceraciones, problemas de hígado). Cardiacos (arritmias). Lesiones nerviosas con trastornos del movimiento de las extremidades

Fuente: Elaboración propia en base a datos de de YPFB Corporación 2021

CAPITULO IV

MARCO PRÁCTICO Y PROPOSITIVO

4.1. Introducción

En este capítulo se describe el conjunto de impactos ambientales directos y potenciales a generarse a consecuencia de las actividades propias de la perforación en el área de la región del Sara - Boomerang específicamente en las formaciones petaca y Yantata. Se califica de impactos aquellos efectos, alteraciones, modificaciones y cambios de carácter positivo o negativo, inducido en forma directa o indirecta por la acción humana sobre el entorno general.

En este sentido, el EIA realizado esta referido a las actividades de exploración petrolera en la locación mencionada y que involucra, básicamente, la construcción de la plataforma, perforación del pozo exploratorio, y ambientes complementarios, tales como geología de campo, limpieza y mantenimiento de vías de acceso existente y línea para prueba larga de formación.

Los impactos generados por dicha actividad petrolífera varían en función de la sensibilidad o fragilidad del recurso natural que se trate. A este respecto, un mismo impacto tiene un grado de perturbación diferente respecto a las características o atributos del recurso frágil que concierne. Por otro lado, dada la interrelación estrecha de los recursos frágiles en todo ecosistema, el impacto sobre uno de ellos compromete al resto de la cadena de interdependencia. Así mismo, el grado y la magnitud del impacto sobre determinado componente medio ambiental permite establecer el conjunto de medidas orientadas a mitigar la alteración ecológica, con la finalidad de lograr la adecuada estabilidad que no comprometa la integridad de los recursos frágiles íntimamente eslabonados, es decir, el ecosistema en su conjunto. Finalmente, sobre la base de lo arriba expuesto, una adecuada practica o técnica de atenuación del impacto sobre un determinado recurso conlleva, también, un

proceso mitigador y hasta mejorador del resto de los recursos comprometidos por la alteración ambiental inicial.

A partir de lo indicado, se requiere una armonización entre la necesaria actividad petrolífera en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas fósiles, de importancia económica tanto regional como nacional, y los recursos naturales renovables. Por tal motivo, se debe establecer una política de exploración racional y coherente sin comprometer mayormente la integridad de los ecosistemas y de los recursos naturales que compone.

Para tal efecto, de ser positivo el hallazgo de hidrocarburo y pasar a la etapa de explotación se desarrollara un sistema de monitoreo ambiental, con el objeto de registrar en forma periódica los cambios probables a producirse sobre las características de los componente ambientales de los medios boscosos de trópico húmedo.

4.2. Evaluación de impactos ambientales en la región la región Sara - Boomerang

La evaluación de impactos ambientales implica establecer, en primera instancia, la identificación de impactos directos y potenciales como resultado de la interacción entre las actividades de la referida exploración y los aspectos o atributos de los componentes ambientales.

A este respecto, se han seleccionado actividades de mayor relevancia referidas a la prospección y que son de mayor relevancia con potencial impacto ambiental:

- Geología de campo
- Vía de acceso existente
- Campamento base logístico (Zona intervenida)
- Perforación de pozo
- Deforestación o despeje de la vegetación en la locación
- Movimiento de tierras
- Campamento temporal en locación

- Construcción de la plataforma
- Prueba de formación
- Línea para prueba larga de formación
- Tráfico Humano
- Lodos y desechos de perforación
- Trafico de equipo y maquinaria
- Desplazamiento Fluvial

Cada actividad específica e integrante de la prospección petrolífera genera un impacto con sus consiguientes efectos sobre los atributos de cada componente ambiental. El impacto puede ser objetivizado en forma cualitativa o cuantitativa o en forma combinada con la finalidad de establecer el grado o intensidad del impacto en particular. En cualquiera de los casos, toda matriz de esta naturaleza y elaborada para el estudio de impacto ambiental (EIA) debe ser considerada aproximativa y, forzosamente, con cierto sesgo subjetivo. Incuestionablemente, debe conocerse el carácter y naturaleza de cada actividad involucrada dentro de la prospección y su probable incidencia sobre los atributos o elementos ambientales. Por otro lado, los atributos ambientales seleccionados deberán ser sustantivos y reflejar, en lo posible, la realidad ecológica (física, biológica, socioeconómica y cultural) del ámbito del estudio y donde se realizaran las actividades, en este caso particular, del desplazamiento y la perforación del pozo exploratorio.

Para llegar a establecer una valoración de los impactos se recurre, normalmente, al empleo de varios parámetros con adaptaciones, según los casos, para la estructuración de este tipo de matrices para fines de impacto ambiental.

4.2.1. Criterios de evaluación de impactos ambientales

- **Componentes ambientales y atributos**

Para la configuración de las matrices sobre identificación e interacción y Evaluación de impactos (cuantitativa) se ha recurrido para facilidad del usuario,

en primera instancia, la definición de varios criterios estipulados para cada componente ambiental y sus atributos (elementos o aspectos).

Finalmente, dentro de la estructuración de la matriz se ha señalado aquellos atributos que están expuestos a un mayor grado de intensidad como magnitud por efecto de los impactos, con el objetivo de facilitar al usuario, entre ellos, al supervisor ambiental, la priorización o atención que exige el componente ambiental para su manejo futuro. Asimismo, para encauzar acciones directas y concretas de mitigación sobre las alteraciones probables que afrontan los atributos o aspectos comprometidos por la acción prospectiva del referido pozo. Resumiendo, el criterio que debe primar es la puntualización de impactos significativos o relevantes, dejando a un lado aquellos irrelevantes.

A continuación, se expone los criterios genéricos empleados para cada componente ambiental así como sus atributos seleccionados.

Tabla 5. Criterios genéricos ambientales

Componente Ambiente Físico	Atributos o Elementos
A. Fisiografía	A1 Morfología
	A2 Drenaje
	A3 Procesos
B. Micro Clima	B1 Temperatura
	B2 Precipitación
C. Suelos	C1 Capa orgánica Mineral
	C2 Calidad
	C3 Pérdida de función ecológica (Bioproducción)
D. Aguas Superficiales	D1 Cuerpos Lóticos
	D2 Cuerpos Lénticos
E. Aguas Subterráneas	E1 Napa Freática
	E2 Profundas
F. Aire	F1 Atmósfera
	F2 Ruido

Componente Ambiente Biológico	Atributos o Elementos
G. Flora Silvestre	G1 Vegetación terrestre (foresta)
	G2 Vegetación terrestre (pastos)
	G3 Vegetación acuática
	G4 Biomasa
H. Fauna Silvestre	H1 Fauna terrestre
	H2 Fauna acuática e hidrobiológica
	H3 Avi fauna
I. Ecosistema	I1 Zonas silvestres
	I2 Áreas protegidas
	I3 Áreas antrópicas

Componente Ambiente Antrópico (Socioeconómico-Cultural)	Atributos o Elementos
J. Uso de la tierra	J1 Superficie
	J2 Densidad
K. Población	K1 Nativa
	K2 Colonos
	K3 Otros
L. Cultural	L1 Recurso visual
	L2 Arqueología
	L3 Otros Valores

Fuente: Elaboración propia 2020 en base a datos de YPFB Corporación 2021

- **Criterios de Calificación (Evaluación)**

Los parámetros de calificación para establecer la valoración de los impactos derivados de las actividades de la construcción de la plataforma y perforación del pozo exploratorio así como los componentes complementarios señalados (geología de campo, vía de acceso existente, etc) sobre los atributos o elementos ambientales en la matriz sobre Evaluación de Impactos son los siguientes:

1. Carácter del impacto:

Se refiere a su incidencia ya sea perjudicial y dañina o benéfica, por tanto se considera negativo o positivo respectivamente. Dentro del contexto global de desarrollo, el proyecto en sí tiene un impacto positivo en el probable hallazgo de hidrocarburos, que es el objetivo fundamental de la prospección y su contribución en el corto plazo para el desarrollo de la región. En cambio, las alteraciones específicas y locales derivadas de las propias actividades que exige la prospección conlleva impactos que son generalmente de carácter negativo, principalmente a los componentes físicos y biológicos ambientales.

Símbolo

- Impacto Positivo = +
- Impacto Negativo = -

2. Magnitud del impacto:

Se refiere, básicamente, a la importancia e incidencia que compromete el posible impacto causado por las operaciones petrolíferas de prospección. Representa el grado del impacto como medida de cambio cuantitativo o cualitativo de un parámetro ambiental.

3. Extensión del impacto:

Representa el área o espacio comprometida o afectada por la acción de la actividad. Por tanto, califica al impacto de acuerdo al ámbito de influencia de su efecto. En este sentido, se tiene la siguiente clasificación:

Puntual: Área pequeña dentro de la locación

Local: Área de locación

Circunvecino: Área al entorno de locación (área de 0.5 km de radio aproximadamente)

4. Duración del impacto:

Se refiere a la duración del efecto generado por las actividades de la referida prospección. En este sentido, existen impactos que tienen una duración vinculada al periodo de la actividad petrolífera. Mientras que otros sobrepasan el periodo de duración del proyecto. Su valoración puede ser temporal: horas, días (<30días), meses (periodo de duración del proyecto), años y permanente. Su clasificación obedece a lo siguiente:

- Muy Baja: horas
- Baja: < 30 días
- Moderada: meses
- Alta: años
- Muy Alta: permanente

5. Ocurrencia del impacto:

Se refiere al grado de certidumbre o certeza (probabilidad de ocurrencia) de los impactos y que permite establecer los siguientes calificativos:

- Cierto: Alto
- Muy probable: Moderadamente alto
- Probable: Moderada
- Poco probable: Baja
- Ninguno: Nulo
- Desconocido : Incierto

• Criterios de Calificación Cuantitativa

Grado de alteración a nivel de parámetros ambientales: Se refiere al nivel de perturbación que generan las diversas actividades involucradas por la prospección sobre los atributos ambientales seleccionados. Este criterio de calificación conforma una medida (dentro de un marco subjetivo) de valores cuantitativos. Los valores establecidos y que aparecen indicados en la matriz del presente EIA son:

Tabla 6. Valores para el estudio de impacto ambiental

GRADO	VALOR	TRANSICIONALES *
Nula	0	-
Ligera	1	1,5
Moderada	2	2,5
Fuerte	3	3,5
Muy Fuerte	4	4,5
Extrema	5	5,5
Extrema irreversible	6	-

Fuente: Elaboración propia 2020 en base a norma ISO 14001

Clasificación intermedia entre lo grados

Aquellos grados de impacto que presentan valores a partir de 2.5. La finalidad de ello es facilitar al usuario que focaliza su atención en dichos grados de impacto y, por consiguiente, conferir prioridad a las acciones necesarias de mitigación que afrontan los parámetros ambientales por incidencia de la actividad prospectiva.

Sobre la base de lo expuesto, una matriz así concebida debe cumplir dos propósitos fundamentales. Primero, la valoración de los impactos ambientales motivados, como se ha indicado, por la interferencia o alteración de las actividades con los parámetros ambientales del entorno en general. El segundo propósito, representa el aspecto más sustantivo y novedoso, de orientar en forma fácil, clara y objetiva al usuario, permitiéndole encauzar las acciones necesarias para preservar la estabilidad ecológica del medio y la vida armónica del proyecto instalado.

- **Intensidad o Severidad a nivel de acciones del Proyecto (Pozo exploratorio)**

Este criterio ofrece una valoración cuantitativa determinando cuál de las actividades propias de dicha prospección genera las mayores alteraciones, es decir, su nivel de severidad o intensidad. Para su determinación se recurre a multiplicar la suma de los valores de las alteraciones ambientales comprometidas por la actividad petrolífera específica por el número total de interacciones de dicha actividad específica. En este sentido, si se tiene una acción cuya suma

de alteraciones es de 40 (valores ambientales) X 15 (número de interacciones por parte de la acción específica) = 600 (puntaje o índice de severidad): moderado. Sobre el particular, se ha consignado la siguiente escala:

Severidad o intensidad

- Muy alta: >1 000
- Alta: 700 – 1 000
- Moderada: 400 - 700
- Moderadamente Baja : 200 - 400
- Baja: 100 - 200
- Muy Baja: < 100

Tabla 7. Severidad de impactos pozos exploratorios

Actividad	Numero de Interacciones	Suma de los valores de Alteraciones Ambientales	Severidad o Intensidad
Construcción de Plataforma	18	57,5	1035
Movimiento de tierra	18	57,5	1035
Campamento Temporal Locación	18	43	774
Perforación de pozo	14	44	616
Eliminación de Cobertura Vegetal	15	32,5	487,5
Lodos y desechos de perforación	12	37	444
Línea de prueba de formación	11	31	341
Tráfico Humano	13	25	325
Trafico de equipos y maquinaria	12	25	300
Desplazamiento Fluvial y Terrestre	11	22	242
Prueba larga formación	10	21	210
Geología de campo	10	16,5	165
Vía de Acceso existente	8	13	104
Campamento base logístico	6	7,5	45

Fuente: Elaboración propia 2020 en base a la norma ISO 14001

4.3. Influencia directa e indirecta del proyecto de pozo exploratorio

Un aspecto significativo en la prospección de hidrocarburos, en este caso particular, es su impacto o influencia directa e indirecta global al medio ambiente. Para su análisis se tiene las siguientes áreas definidas:

Área de influencia Directa

Focal: Representa el espacio a modificarse totalmente en la locación, la locación representa la zona de mayor alteración y, por dispositivo legal, permite hasta un espacio máximo de 2,0 ha. (Espacio central) el emplazamiento para la construcción de la plataforma petrolera, ambientes y otros espacios anexos que exige el prospecto. Por tanto es el mismo sitio que establece un límite preciso de alteración. Aquí es donde se produce el desbosque, movimiento de tierra y nivelaciones, ruido por motores, personal, luz nocturna y otros.

Circunvecino: Seguidamente, se establece un espacio circunvecino de influencia también directa al área de locación estipulado en 100 m. Aprox. Representa el espacio (parte inferior del talud de la colina), el tránsito del personal limitado y de funciones específicas para el monitoreo de aguas, extracción de brizanales e hijuelos de especies forestales para el vivero a establecerse in – situ, así como el espacio de la toma y descarga de aguas, entre otros.

Acceso terrestre: Representa la vía de acceso (trocha carrozable existente) entre las locaciones.

3.3.1. Impactos

En los párrafos siguientes, se pormenoriza los impactos más significativos que afectan en diferente grado los atributos o aspectos de cada componente ambiental en función al rubro de actividad básica. En este sentido, para su análisis y caracterización se ha subdividido en cuatro grupos de impactos principales:

➤ **IMPACTOS POR GEOLOGÍA DE CAMPO**

En términos generales, se puede adelantar que el estudio geológico de campo debido a su naturaleza y modalidad de trabajo que compromete a 4 Km² (400 ha) no genera mayores impactos calificándose dentro de un contexto general de *ligero*.

Geomorfología: las geoformas sujetas a ser evaluadas en cuanto a estratos, espesor, mediciones (distancias) y extracción de material rocoso correspondiente. Las pequeñas y puntuales alteraciones están vinculadas al sitio de muestreo de rocas. Ello genera una modificación muy ligera a la morfología del sitio de muestreo. Se estipula 20 sitios de muestreo en el suminsitro de rocas. Además, ligera compactación en los sitios seleccionados para el probable campamento volante (no mayor de 50m²).

Suelos: Las modificaciones al componente suelo está directamente vinculado a la compactación ligera de la capa u horizonte orgánico – mineral en el probable campamento volante. Asimismo, la remoción local de la referida capa orgánica– mineral superficial y alteración parcial de las capas inferiores del suelo hasta 50 – 60 cm de profundidad a consecuencia de la apertura de la letrina, que compromete un área del orden de 0,25 m² en dicho campamento volante. El impacto al factor edáfico en general se califica de ligero y puntual

Agua: El habilitamiento de un campamento volante no generara obstrucción del sistema de drenaje superficial natural (irrupción o modificación). El impacto al parámetro aguas se califica de muy ligero.

Atmosfera (aire): El componente atmosférico se puede alterar en lo pertinente a la calidad del aire y manifestaciones por ruido. La calidad de aire puede alterarse temporalmente y localizado por efecto de las emisiones gaseosas proveniente de la cocina y el campamento volante. Su impacto es ligero, puntual y de duración muy baja (horas) en cuanto al ruido su impacto es irrelevante ya que el desplazamiento del personal es silencioso (terrestre).

Vegetación Natural (Flora – Forestales): La alteración a la vegetación natural está circunscrita al campamento volante y localizado exclusivamente al piso del bosque (vegetación baja o rastrera). Además, el espacio destinado a la letrina por efecto del pisoteo si puede alterar a la flora que la rodea. Evidentemente, el movimiento humano conlleva mediante el pisoteo modificaciones ligeras y temporales a la cubierta vegetal (herbáceas). No hay daños a la vegetación arbustiva del sotobosque y menos la de carácter leñoso (arbórea alta) ya que no se requiere realizar cortes. El impacto a la vegetación en general se clasifica de ligero, temporal y centrado al único campamento volante programado (50 m²).

Vida Silvestre (fauna): La alteración de la fauna está vinculada al campamento volante y desplazamiento terrestre (pedestre). A este respecto, se tiene lo siguiente:

- Pérdida temporal del hábitat de la fauna terrestre y avifauna en el campamento volante.
- Probable muerte de individuos de especies de invertebrados o vertebrados de corto o lento desplazamiento en los sitios de la carpa, toldo y letrina (campamento volante).

Los impactos previsibles para dicho componente biológico se clasifican de ligero y de duración corta.

Uso de la tierra: No se estipula impactos directos y previsibles en el rubro del uso de la tierra, ya que no se efectuarán alteraciones significativas al bosque secundario que domina el área de estudio.

Sociedad: La naturaleza del estudio geológico de campo explicado está conformado por un grupo pequeño de personas (no mayor de 6). Así mismo, la obtención de víveres, materiales y medicinas serán traídas fuera del lote 100. por tanto, se prevee impactos pocos significativos tanto de orden social como económico. Sin embargo, la actitud y norma ambiental recomendada es mantener el mínimo y necesario contacto con la población existente en el lote 100.

Recurso Cultural (Arqueología): El recorrido del área y la estadía en el campamento volante está sujeto a la probabilidad de encontrar sitios no identificados o evidencias arqueológicas así como de carácter paleontológico. El daño a dichas evidencias es muy remota por la misma naturaleza y cuidado con que se realiza el estudio de geología de campo.

➤ **IMPACTOS EN LOCACION**

Geomorfología: Este parámetro ambiental, cuya estabilidad geomorfológica incide en el grado de vulnerabilidad, interactúa con las actividades propias de la construcción de la plataforma y pozo exploratorio así como aspectos relacionados. El área de locación donde se emplaza en unidades geomorfológicas de colina baja, con altura de <40m sobre el nivel de base y pendientes entre 20 y <45%. Y está considerada como de una estabilidad moderada condicionada por los procesos de escurrimiento difuso y formación de surcos y escarpaduras si el medio se denuda (perdido de la cobertura vegetal). Los impactos a generarse así como aquellos considerados potenciales respecto a la configuración geomorfológica dominante involucran lo siguiente:

Cambio de forma de la unidad geomorfológica cuneiforme a tronco de cono por efectos del movimiento y nivelaciones de tierra, es decir, por el emplazamiento de la plataforma y de espacios de ambiente staff y obrero, entre otros (corte y relleno). El movimiento de tierra para el emplazamiento de la plataforma alcanza aproximadamente un volumen de < 1,000 m³ Alteración del patrón de drenaje por efectos de la eliminación de la cobertura vegetal arbórea, movimiento de tierra, construcción de la plataforma y ambientes conexos.

Incremento del relieve a consecuencia del acondicionamiento de una de las pozas de lodo para la prueba de formación.

Suelos: El área de emplazamiento de la locación presenta suelos moderadamente profundos (<100 cm), franco arcillosos de pH > 7,0. Moderadamente empinada (20 - <50%) de pendiente; aptos para forestales de producción asociado a tierras de protección. (Biodiversidad), así como cultivos permanentes. Los impactos

primarios a generarse así como aquellos considerados potenciales al recurso suelo involucran lo siguiente:

Perturbación total del suelo y subsuelo y, en consecuencia, pérdida de la función ecológica (bioproducción).

Disturbio parcial o pérdida de la capa superficial orgánica- mineral (top soil).

- Erosión e incremento de sedimentos al sistema de corriente de agua
- Compactación de los suelos
- Disminución de la productividad.
- Contaminación.

A continuación, se establece el conjunto de perturbaciones más significativas y directas por efecto de las operaciones requeridas para el habilitamiento del espacio físico en locación.

El sitio o locación para el emplazamiento de la plataforma compromete una superficie edáfica máxima, según Proyecto de 20,000 m² (2.0 ha). Sin embargo, se utilizara menos de 1,0 ha. Involucra una perturbación total, en extensión e intensidad, afectando la naturaleza original del suelo por la supresión temporal de sus funciones ecológicas como medio bioprodutivo, dando paso a su función no ecológica como soporte para infraestructura.

Perturbación total de la morfología del suelo (suelo superficial orgánico mineral y subsuelo), derivada de cortes y rellenos para el acondicionamiento de la plataforma principalmente y espacios conexos. Ello involucra el enterramiento y mezclado del suelo original abarcando una superficie aproximada de 3,500 m².

Exposición al impacto directo de la lluvias, incrementándose el proceso de la compactación de los suelos y encharcamientos. Asimismo, se incrementara la incidencia de la radiación solar (aumento térmico) y, por tanto, un aumento del λ_{cm^2} . En los trópicos húmedos bajo foresta el promedio diaria es de 300

lagley/cm² y que pasaría, por estar el área totalmente sin cobertura vegetal, a un poco más de 500 lagley/cm².

Contaminación potencial por derrames de químicos y combustibles, y de residuos no biodegradables. Asimismo, impactos potenciales o previsibles por efecto de los lodos y desechos de perforación.

La temporalidad de las alteraciones se estipula a un (1) año si el prospecto es negativo. En cambio, si el hallazgo es positivo está vinculado a la vida del proyecto en su etapa de producción (años).

Agua y Calidad: Las quebradas cercanas a la locación disponen de agua todo el año los cauces alrededor de la región del Sara - Boomerang. Los análisis reportan resultados por debajo de los LMP de LGA para Bario, Cromo, Cadmio, Mercurio y Plomo. El recurso agua es el que más fácilmente puede sufrir los impactos negativos de las actividades petroleras en la fase de exploración. En el área de estudio las características de alta pluviosidad, descargas de los ríos muy propensos a elevar sus niveles de inundación y con ellos comprometer gran parte de la flora y fauna, propenden a que cualquier contaminación de las diversas actividades pueda expandirse rápidamente aguas abajo. Conviene indicar que para el caso presente, son los cauces o quebrada aledañas la más propensa a posible contaminaciones. Los principales impactos que inciden sobre el recurso agua por efecto de las actividades son las siguientes:

Modificación o irrupción del sistema local de drenaje de las aguas superficiales loticas por efectos del área de las plataformas exploratorias.

Modificaciones potencial de la calidad del agua superficial por el incremento de la sedimentación debida a la erosión causada por la eliminación total de la cubierta vegetal en la construcción de la referida plataforma y espacios relacionados.

Probable contaminación de las aguas superficiales, principalmente las existentes en el área de las locaciones y circunvecina por efecto de derrames de

combustibles y químicos durante las operaciones de construcción de la plataforma, así como de lodos en la etapa de perforación del referido pozo de prueba. Así mismo, riesgos por contaminación de del agua por acción de hidrocarburos durante la prueba de formación.

Posible reventón en el pozo conllevaría que fluidos portando hidrocarburos comprometería el área circunvecina a la plataforma y su eventual contacto con los cursos de agua. Asimismo, basura y desperdicios generados por la alimentación del personal que labora.

Atmosfera (Aire): El componente atmosférico se puede modificar temporalmente por efecto de las operaciones del pozo exploratorio en lo que concierne a la calidad de aire y a las manifestaciones por ruido. Se indican los siguientes impactos directos y potenciales.

La calidad del aire puede alterarse por efecto de las emisiones gaseosas provenientes de los equipos maquinarias, y vehículos que utilizan combustibles derivados de hidrocarburos, como los generadores de electricidad, compresoras de aire y motosierras, que producen emisiones de carácter nocivo. Los gases a generarse son NO_x, SO₂ y CO, además de HC y PM.

El volumen total de las emisiones gaseosas a producirse y centradas en el área de la locación será escaso y temporal (impacto ligero a mediano), sin alcanzar niveles de concentración ambiental. El ruido es otra manifestación de contaminación atmosférica generado por la presencia de equipo y maquinarias. Asimismo, la fauna terrestre y aves en general se verían afectadas. La etapa de ejecución de perforación del pozo exploratorio ocasiona la generación continua (día y noche) de un ruido sordo (<80 decibeles).

Vegetación Natural (Flora y Recurso Forestal)

Notación Ambiental: En el ámbito de la región del Sara - Boomerang se encuentra dominada al 100% por una foresta latifoliada de bosque secundario ralo, de intervención antropica pasada.

A continuación, se indica los impactos puntuales generados por la construcción de la plataforma en la locación.

- Eliminación total de la cobertura vegetal en la locación sobre una extensión máxima de 10,000 m² (1 ha)
- Incremento de la temperatura; incremento del proceso erosivo e invasión rápida de maleza competitiva ante la pérdida de las cualidades favorables del suelo, aspecto que es importante considerar para la futura regeneración y recuperación vegetativa de área deforestada. La duración del impacto varía en años por el tiempo de recuperación vegetal a su condición original de bosque.

Vida Silvestre

Notación Ambiental: la diversidad biológica en el área de la locación está afectada por su condición de bosque secundario ralo asociado a purmas. Sin embargo, existirá un descenso (migración) temporal respecto a la pérdida de hábitat por la actividad petrolífera temporal y deforestación respectiva.

En términos generales, los impactos primarios que afectan a la vida silvestre derivados de la mencionada actividad petrolera inciden en 4 aspectos fundamentales:

- ✓ Pérdida temporal o permanente del hábitat por eliminación de la vegetación existente
- ✓ Presencia humana creciente
- ✓ Residuos o desechos contaminantes
- ✓ Ruido

A continuación, se indica los impactos más sustantivos de carácter puntual:

1. Posible muerte de algunos individuos de fauna vertebrada y principalmente invertebrada, en particular aquella de movimientos cortos y limitados de hábitat muy localizado, así como subterráneos (reptiles e invertebrados).

2. Eliminación de la micro fauna y micro flora (hongos, bacterias y algas) por la perturbación de la capa orgánica – mineral superficial (mantillo) del suelo.
3. Fraccionamiento del hábitat para la fauna específica vinculada a la flora establecida (fauna de colinas: tierra firme).
4. Incidencia a la fauna por contaminación potencial (derrames y desechos contaminados) de las aguas, así como los de carácter doméstico. Los lodos de perforación y desechos de los mismos incidirán en la fauna. La prueba de formación incidiría temporalmente a la fauna vertebrada. En cambio, especies de invertebrados serían comprometidos.
5. La modificación temporal de los hábitats y conducta animal del entorno circunvecino a la locación generados por el ruido de maquinarias, perforación del pozo, desplazamiento humano terrestre provocaría el abandono temporal de la fauna de sus territorios o el cambio de su conducta de agregación, reproducción y traslado.
6. La presencia temporal de predadores (animales cazadores) asociada a los desechos de alimentos alrededor del campamento temporal dentro de la locación
7. El empleo de materiales no degradables, representados por los detergentes, plásticos y fosforados, constituye un constante potencial de contaminación de los cursos de agua.
8. la iluminación durante la noche en la locación podría generar irrupción de los hábitats y cambios de conducta de especies de vida nocturna.

La duración de los impactos varía entre meses (duración del proyecto) a años por recuperación del medio como hábitat para la fauna. Esto se realiza si el pozo fuera negativo, y si retornase a su condición de silvestre.

Uso de la Tierra

Notación Ambiental: Zona de bosque secundario ralo asociado a purmas debido a la explotación forestal pasada. Biodiversidad disminuida y exploración de hidrocarburos.

Los impactos primarios vinculados a los diversos usos de la tierra se relacionan específicamente con:

- Disminución de la productividad de la tierra.
- Disminución del área
- Presión Humana

A continuación, se anota los principales impactos puntuales que afectan el uso general de la tierra dentro de la locación petrolera.

1. Cambio de uso probable del área dedicada exclusivamente para propósitos forestales a una situación compartida en el uso de recursos, es decir, si se encontrase fuentes de hidrocarburos dentro de márgenes económicos.
2. Disminución del área, básicamente, de especies arbóreas y palmeras comprometiendo una extensión de 2,25 ha máximo (0,75 ha por locación).
3. Disminución de la productividad de la tierra por alteración significativa del suelo en materia de pérdida de la capa superficial orgánica mineral y compactación incidiendo, principalmente, en la recuperación del medio a sus condiciones naturales.
4. Contaminación potencial de las aguas y suelos que consecuentemente incidirán negativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como de ciertas especies arbóreas.

La duración de los impactos varia de meses (duración del proyecto exploratorio) a años (indeterminado) si pasa a la etapa de producción de hidrocarburos.

➤ **IMPACTOS POR VIA DE ACCESO EXISTENTE**

En el área de la región del Sara – Boomerang hay vías de acceso debido a la actividad petrolera que data de los años 80 y 90. Dicha vía de acceso en la actualidad es utilizada por la población asentada en el área dentro de un estado regular de conservación.

Los impactos que se derivan de la actividad petrolera se reducen a lo siguiente:

- Limpieza y corte del material herbáceo y arbustivo que pueda obstaculizar el tráfico humano, equipo y vehicular.
- Incremento del tráfico humano y vehicular durante el tiempo de la prospección.
- Ello conlleva un incremento del ruido y presencia humana asignada al referido prospecto.

De lo expuesto anteriormente el impacto a derivarse en la actividad prospectiva se califica de ligera.

➤ **IMPACTOS POR LINEA DE PRUEBA DE FORMACIÓN**

Este impacto está referido al tendido de la línea para llevar acabo la prueba de formación de larga duración entre las locaciones, estipulado en seis (06) meses de duración aproximadamente.

Los impactos previsibles por dicha línea adjunta y alineada con la vía de acceso existente señalada se reduce a lo siguiente:

- Compactación de la superficie geomorfica en el tramo de 7.0 km y un ancho <50cm.
- Alteración de la vegetación herbácea rastrera y arbustiva en el espacio señalado, impidiendo su desarrollo normal.
- Alteración e incluyendo muerte de individuos principalmente de fauna de invertebrados
- Modificación de la cobertura en el espacio que compromete dicha línea de prueba.

En general, los impactos a producirse se califican de ligero a moderado, transitorio y de carácter lineal.

4.4. Programa de optimización ambiental en pozos exploratorios de la región Sara - Boomerang

Para la protección del medio ambiente se requiere la acción preventiva y la aplicación concreta de medidas de manejo ambiental encaminadas a establecer un desarrollo sostenible, capaz de combinar la preservación con la explotación de recursos.

El plan de manejo ambiental PMA, que se expone, detalla los procedimientos específicos y guías para asegurar el cumplimiento del compromiso para que las actividades de emplazamiento de pozos exploratorios del área Sara - Boomerang, sean ejecutadas de manera armónica con el medio ambiente, procurando que los impactos sean limitados o minimizados.

4.4.1. Objetivos

El objetivo está dirigido al usuario para la puesta en práctica de un conjunto de medidas de protección en concordancia con las características medio ambientales del ecosistema; en este sentido dichas medidas están destinadas a:

- Prevenir
- Controlar
- Atenuar
- Compensar los daños o alteraciones que eventualmente inciden en la estabilidad del ecosistema, asimismo inferir la debida protección a las áreas de alto valor ecológico, social y cultural.

El Programa de Manejo Ambiental ha sido estructurado en función de aquellos impactos directos y potenciales más sustantivos en cuanto a grado e intensidad, como se ha iniciado exclusivamente dirigidos a las actividades de la perforación del pozo de exploración y de la infraestructura requerida.

4.4.2. Esquema del plan de manejo ambiental

Aquí se expone el esquema o perfil del plan de manejo ambiental para las actividades vinculadas directamente a la construcción de la plataforma y la perforación del pozo de exploración en la locación indicada, además el Programa de Manejo Ambiental tiene alcances en el mediano plazo tendientes a la preservación y la estabilidad del ecosistema en el caso que los resultados del pozo de exploración fueran negativos.

En caso contrario dicho plan será ampliado, perfeccionado y proyectado para la fase de producción a largo plazo.

4.4.3. Coordinaciones generales

El PMA deberá aplicarse mediante mecanismos directos y /o mediante coordinaciones interinstitucionales mediante convenios

Primero establecer comunicaciones con las autoridades locales competentes poniendo en conocimiento el plan de trabajo haciendo la comunicación extensiva a la comunidad nativa.

4.4.4. Política de empleo

- Fuerza laboral (no técnica) proveniente de la zona
 - Mantenimiento
 - Limpieza
 - Reforestación
 - Otras actividades relacionadas
- Misma política será solicitada a empresas contratistas
- Examen médico a todo el personal (incluidos los contratistas) antes de iniciar los trabajos
- Vacunas principalmente
 - Fiebre amarilla
 - Tétano

- Hepatitis B
- Medidas para evitar que surjan expectativas de empleo
- Todo el personal (no calificado) deberá completar el entrenamiento esencial en materia de seguridad, salud y protección ambiental.

4.4.5. Entrenamiento del personal

Entrenamiento en:

- Salud
- Seguridad
- Protección ambiental

Charlas frecuentes de inducción y reinducción temática de acuerdo al trabajo a realizarse.

Folletos de información e inclusión serán entregados a todos respecto de la siguiente temática

- Políticas ambientales de la compañía
- Importancia del estudio ambiental
- Daños o impactos que ocasionan la actividad
- Normas básicas de protección medio ambiental
- Medidas de control de mitigación

A. Prácticas ambientales relativas al trabajo en plataforma

- Legislación ambiental
- Metodología de la perforación y descripción del material vegetal
- Manejo y disposición de residuos
- Manejo de lodos
- Trafico de equipos y materiales
- Manejo de combustibles y almacenaje
- Control de derrames de petróleo

B. Lineamientos y practicas generales para salud, seguridad y ambiental

- Equipos de protección personal
- Higiene personal
- Manejo de agua
- Manejo de alimentos, preparación y almacenaje
- Manejo de desperdicios
- Sobre drogas y fumar
- Primeros auxilios
- Control de enfermedades
- Control respuesta a incendios
- Seguridad en el transporte
- Manejo de botes y transporte en río
- Manejo de combustibles y materiales peligrosos
- Mantenimiento de viviendas
- Entrenamiento de supervivencia
- Manejo apropiado de los equipos
- Conocimiento y difusión del plan de contingencias

C. Charlas y reinducción en SSAC (Seguridad, Salud, Ambiente y Comunidad) : Dirigidas a todo el personal de labor y mandos medios acerca de:

- Trabajos a realizar
- Reportes
- Actos y condiciones inseguras
- Normas y procedimiento de trabajo, etc.
- Guías ambientales serán elaboradas y distribuidas

4.4.6. Disposiciones generales

A continuación se señala las disposiciones generales de carácter ambiental que se aplicaran a las actividades de prospección

A. De orden general

- La no construcción de nuevas carreteras
- Minimización de las alteraciones de todas las operaciones en el campamento base y en locación
- Minimización en el empleo de equipo pesado
- Consultas y coordinación con las comunidades locales informando o involucrando a los residentes
- Restauración ambiental de los sitios disturbados

B. De orden específico

- Prohibición de caza y pesca
- Prohibición de recolección de flora y fauna
- Prohibición de introducción de mascotas y tener animales en cautiverio
- Prohibición del trueque de especies con gente nativa
- Prohibición de posesión de armas (excepto personal de seguridad)

4.4.7. Plan de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias es un documento estratégico parte del PMA y es considerado como medio de mitigación de impactos negativos sobre el medio ambiente social.

1. Programa de reconocimiento de campo
2. Programa de comunicación con la población local
3. Programa de capacitación para el personal de campo
4. Programa de acuerdos con la población local
5. Programa de ejecución de compensaciones e indemnizaciones
6. Carta de compromiso Ambiental (se adjunta modelo)

4.4.8. Seguimiento ambiental (Supervisión ambiental)

1. Seguimiento Ambiental: supervisión y vigilancia
2. Supervisión ambiental
 - Instrucción ambiental (inducción y reinducción)

- Supervisión de cumplimientos de recomendaciones y atenuaciones
- Mantener presencia
- Mantener y realizar coordinaciones periódicas
- Documentos
- Toma de muestras
- Reportes semanales

4.4.9. Guía básica de medidas de mitigación

1. Monitoreo de agua
2. Monitoreo de aire
3. Monitoreo de suelos
4. Monitoreo de ripsos de perforación

4.5. Plan de contingencias

Todo plan de contingencias debe contener básicamente los siguientes elementos

- a) **Objetivos:** El plan de contingencias debe ser estructurado para la toma de acciones rápidas en casos de derrames, fugas, escapes, explosiones, accidentes, evacuaciones, desastres naturales, además debe contener y describir los procedimientos, recursos humanos, el equipamiento y materiales con que se debe contar para prevenir, controlar, coleccionar y/o mitigar las fugas, escapes y derrames de hidrocarburos o productos químicos, así como para rehabilitar las áreas afectadas, atender a las poblaciones afectadas, almacenar temporalmente y disponer los residuos generados durante la actividad. Asimismo se deben indicar los equipos y procedimientos para establecer una comunicación sin interrupción entre el personal, los representantes de Ministerio de hidrocarburos, la ANH y YPF, otras entidades gubernamentales y la población que pudiera verse afectada.

- b) Descripción de las operaciones: Las actividades de perforación involucra una serie de actividades principales que se describen a continuación en orden secuencial.

Tabla 8. Descripción de las operaciones

ETAPA	ACCIONES ANTROPICAS
1.-Geología de campo	recolección de muestras en el campo
2.-Limpieza y rehabilitación	Talado de arbustos, desbroce de malezas, nivelación y compactación del terreno y rehabilitación de cunetas para el drenaje del agua de lluvia
3.-Construcción	Construcción de la plataforma de perforación, trampa para hidrocarburos y contaminantes, poza de lodos y cortes de perforación e instalación de facilidades en las plataformas
4.-Traslado	Traslado de materiales, equipo y personal hasta el punto de perforación
5.-Perforación	Programa de perforación, Completación y prueba de pozos, prueba larga de formación, programa de cementación
6.-Retorno	Desarmado y traslado de equipo y materiales

Fuente: Elaboración propia, 2020, en base a norma ISO 14001

- c) Estudio de riesgo: Los análisis y evaluaciones de amenaza y vulnerabilidad permitirán la zonificación del riesgo, en sus distintos grados o niveles.

El adecuado manejo de los factores de vulnerabilidad presentes en la operación constituye la base para una eficiente gestión de los riesgos. Al evaluar la posibilidad de riesgos o estimación de la gravedad se asignara un valor único para el frente de trabajo.

- d) Plan de contingencias: El plan constituye una guía de respuesta para los diferentes tipos de emergencias, desde el inicio del suceso hasta el momento de la solución; en los diversos niveles de gravedad. Además identifica los recursos disponibles para afrontar y sobrellevar las emergencias (contratistas, servicios internos y externos, equipos y materiales, entre otros).

4.5.1. Plan de contingencias en incendio/fuego de combustibles fuera del área de trabajo

➤ Posibles Focos de Incendios

- Incendios en combustibles aislados.
- Incendios en motobombas.
- Incendios en vehículos.
- Incendios en helicópteros.
- Incendios en bladders y tanques.

➤ Procedimiento

- Se dará la alarma a viva voz y con alarma (2 toques, cada toque de 4 segundos).
- Se comunicará al Supervisor de Seguridad.
- El supervisor organizará las brigadas contra incendios.
- El Jefe de Cuadrilla apoyará al Supervisor de Seguridad en la dirección de su labor de lucha contra incendios.
- Todas las áreas de los campamentos volantes, campamentos logísticos y campamento base logístico cuentan con el equipamiento necesario y, ubicado estratégicamente para la lucha contra incendios.
- El personal de la compañía de Helicópteros está entrenado para el uso del método adecuado de acuerdo al tipo de fuego.
- El Jefe de Cuadrilla dará aviso al responsable del Departamento y se iniciará el proceso de comunicación de emergencia.

a) Proceso de comunicación de emergencias: En toda contingencia el proceso de comunicación es muy importante, en toda operación siempre se debe designar un responsable en caso de presentarse una contingencia, el cual se hará cargo de todas las medidas necesarias para solucionar cualquier contingencia, todos los supervisores deberá estar involucrados,

apoyando siempre para una rápida solución al problema y asegurando que la información sea comunicada oportunamente.

- b) Procedimientos para el manejo de la salud: Se debe establecer puntos básicos sobre requerimientos y cuidados de la salud de los trabajadores para evitar los riesgos asociados a los trabajos realizados durante la perforación. Como las vacunas para la fiebre amarilla, antitetánica, antirrábica, vacunados obligatoriamente, para lo cual se debe obtener de las autoridades de salud, el reporte epidemiológico del área donde se va a trabajar, del mismo modo se debe hacer un saneamiento ambiental, con fumigaciones periódicas, desratizaciones de ser necesario, control de la calidad de agua potable, manejo adecuado de residuos y adecuados ambientes para los trabajadores.

4.5.2. Plan de abandono

4.5.2.1. Objetivo

El objetivo del plan de abandono, es establecer los procedimientos que serán cumplidos durante la fase de restauración de todas las áreas del proyecto afectadas.

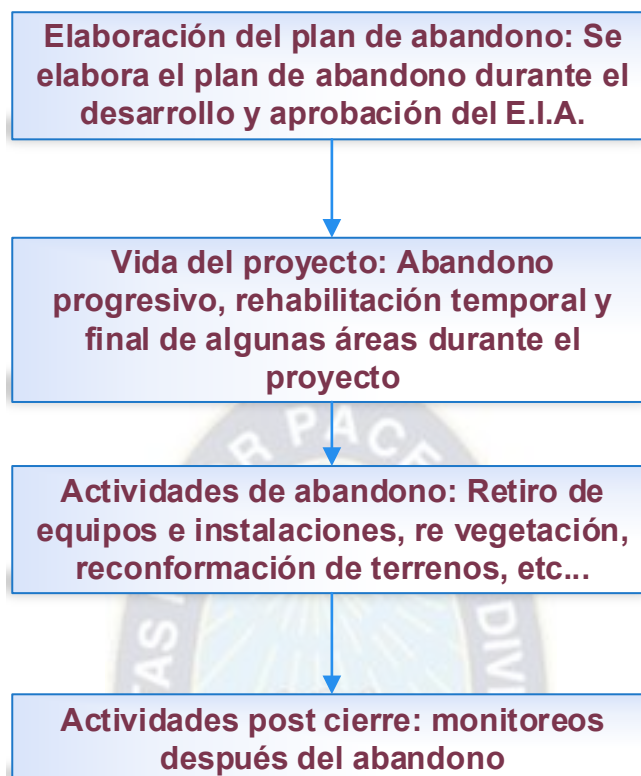
La restauración de las áreas disturbadas busca devolver dichas áreas a una condición lo más parecida a su condición original.

Los objetivos de este plan son los siguientes:

- Restaurar la topografía, en la medida de lo posible a su estado original, así como la estabilidad del suelo, control de erosión y cobertura vegetal, considerando los patrones de drenaje, estabilidad de pendientes y paisaje.
- Retirar las instalaciones de los campamentos y otros.
- Minimizar los impactos a los propietarios de tierras y comunidades aledañas
- Minimizar el impacto a los cuerpos de agua atravesados por el Derecho de Vía (DDV).

El plan de abandono se efectúa en 4 etapas:

Tabla 9. Plan de abandono



Fuente: Elaboración propia, 2020, en base a norma ISO 14001

De las actividades de mayor relevancia que se han determinado, las mismas que se evaluaron anteriormente, y son las que se toman de punto de partida, para la elaboración del plan de abandono. Las catorce actividades importantes se detallan a continuación.

- Geología de campo
- Vía de acceso existente
- Campamento base logístico (Zona intervenida)
- Perforación de pozo
- Deforestación o despeje de la vegetación en la locacion
- Movimiento de tierras
- Campamento temporal en locación
- Construcción de la plataforma
- Prueba de formación

- Línea para prueba larga de formación
- Tráfico Humano
- Lodos y desechos de perforación
- Trafico de equipo y maquinaria
- Desplazamiento Fluvial

Luego de la perforación del pozo, y de realizadas la pruebas de formación, tenemos dos posibles escenarios.

1. El primer escenario, se da si es que las pruebas de formación resultarán positivas, de ser ese el caso, se tendría que elaborar un nuevo Estudio de Impacto Ambiental para la siguiente fase, que vendría a ser la de desarrollo del proyecto, dependiendo de los resultados de la perforación y prueba de formación, se programara nuevos trabajos de evaluación y ampliación, los mismos que requerirán una nueva evaluación ambiental de los impactos que se generarían si el proyecto continuase.
2. El segundo escenario seria si es que las pruebas resultaran negativas, en este caso se tendría que dar por concluido el proyecto, por lo tanto se tendría que abandonar la zona de trabajo, y restaurar las áreas disturbadas en busca de devolver dichas áreas a una condición lo más parecida a su condición original. En ese sentido se tendrían que programar trabajos de restauración y manejo de residuos.

4.5.2.2. Restauración de áreas disturbadas

Todas las actividades que se desarrollaran, durante el proyecto generaran impactos ambientales luego de terminada la perforación y posteriormente la prueba de formación quedaran áreas disturbadas, las mismas que deben ser restauradas para devolverlas a una condición lo más parecida a su condición, la restauración se realizara en 04 zonas o puntos principales que son los siguientes:

- Trocha carrozable
- Plataforma de perforación

- Campamento Base logístico
- Línea de prueba

4.5.2.3. Campamento base logístico

Las instalaciones del campamento base logístico, como campamento temporal, serán retirados en su totalidad, asimismo la poza séptica será adecuadamente clausurada y cerrada como parte del plan de abandono, el relleno sanitario en el campamento base de 2 etapas, de una dimensión de 2.0m X 3.0m X 2m (12 metros cúbicos aproximadamente), en el cual se deposita solamente materia orgánica (desperdicios de alimentos y de cocina), el mismo que es tratado diariamente será cubierto con una capa de tierra por ser material orgánico. Respecto del incinerador será retirado.

4.6. Gestión integral de exploración

Figura 16. Elementos del proceso administrativo

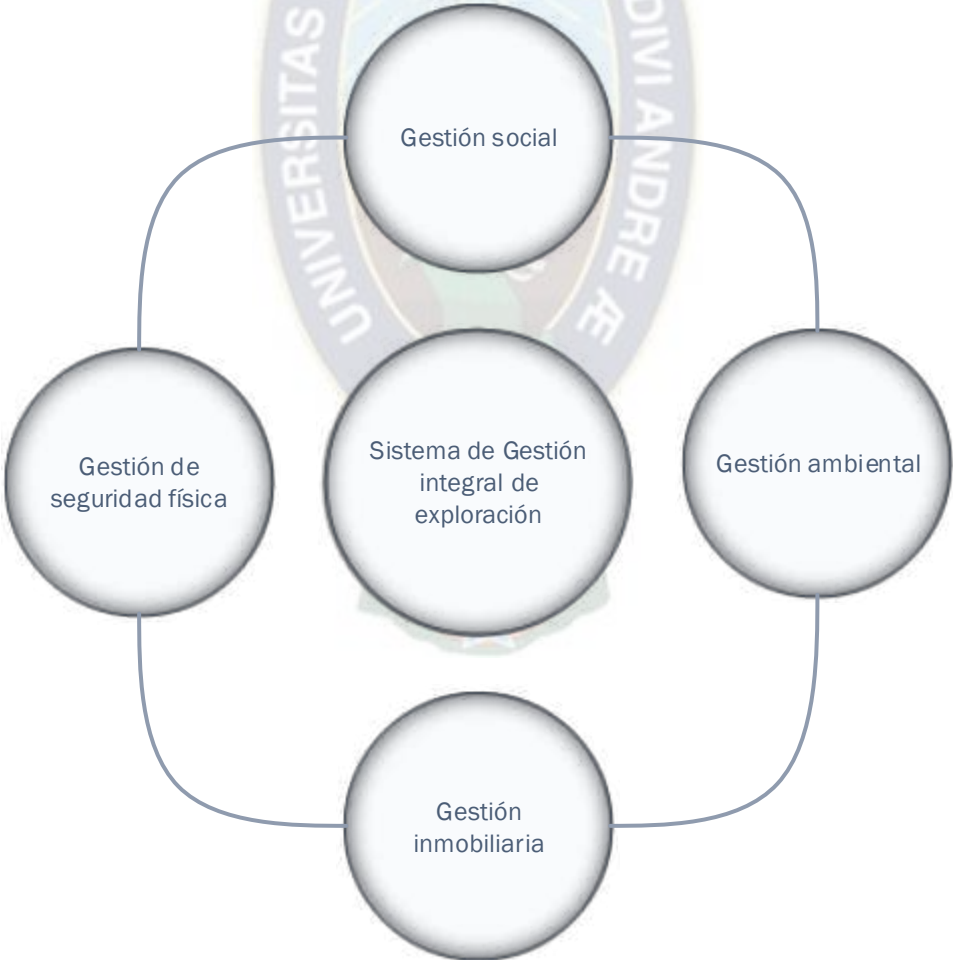


Fuente: Elaboración propia en base a Norma ISO 14001

La Gestión Integral de Exploración (GIE), como su nombre lo indica, tiene como misión gestionar, es decir, propiciar la interacción de las áreas de soporte requeridas para llevar a cabo los proyectos exploratorios desde su fase conceptual, ejecución y cierre de los mismos de acuerdo a las necesidades de la Empresa.

Es por esto que se implementa una secuencia lógica, de un proceso administrativo, el cual permite el continuo funcionamiento de las actividades técnicas y, lineamientos claros, que rigen las políticas y acciones de las personas que hacen parte de los equipos de trabajo y que permiten en conjunto llegar a la toma de decisiones firmes y acertadas.

Figura 17. Estructura del sistema de Gestión integral de exploración



Fuente: Elaboración propia en base a Norma ISO 14001

En el caso particular la GIE, se integran de manera armónica y complementaria las diferentes áreas de soporte, las cuales son fundamentales para realizar cada una de las actividades requeridas por Exploración para dar cumplimiento a los contratos con el estado. Las áreas que se integran desde la GIE son: Medio Ambiente, Responsabilidad Social, Gestión Inmobiliaria y Seguridad Física como se puede apreciar en la figura a continuación.

4.6.1. Gestión inmobiliaria

La exploración y extracción de hidrocarburos en el país; resulta de interés o conveniencia para el bien colectivo y la masa de individuos que componen el Estado, ya que gracias a las regalías que dicha industria ofrece al país, beneficia y subsidia grandes sectores como la educación, infraestructura y salud, siendo igualmente una fuente importante de generación de empleo. El petróleo y gas ubicados dentro del territorio boliviano, son propiedad de la Nación, quien tiene derecho a explorar y aprovechar dichos recursos no renovables; en pro de la sociedad boliviana y la industria nacional, supliendo necesidades energéticas cada vez con mayor demanda por la humanidad y su continuo crecimiento. La gestión inmobiliaria, comprende todo un complejo proceso de evaluación y análisis, en el que actúan de la mano diferentes áreas dentro de la compañía; potenciando el uso racional del suelo y brindando tranquilidad en las operaciones realizadas sobre terrenos, adquiriendo legítimos derechos según lo determinan las normas. La negociación, adquisición y acceso a los terrenos para la ejecución de obras de infraestructura de hidrocarburos mediante las servidumbres petroleras es responsabilidad del área de gestión inmobiliaria, aunque también existen otro tipo de derechos como el de propiedad, el cual se puede adquirir mediante un proceso de negociación directa o por vía de expropiación. Para que las actividades desarrolladas por la industria de hidrocarburos puedan llevarse a cabo sobre una zona potencialmente productora se debe cumplir dos requisitos esenciales para el ejercicio de dichas actividades:

1. Vínculo contractual con el Estado: Contrato TEA y/o contrato E&P

Entendiendo por Contrato TEA (Contrato de evaluación técnica), aquel cuya finalidad es evaluar el potencial hidrocarburífero de un área e identificar prospectos para celebrar un contrato E&P, sobre una porción o la totalidad del área contratada. El evaluador puede hacer actividades de exploración superficial de geología, pozos estratigráficos, aerofísica, etc., según el programa de trabajo aplica para áreas libres y áreas especiales, en algunos casos, cuando así se disponga en los Términos de Referencia, para procesos competitivos o contratación directa.

Para los contratos tipo E&P se tendrá derecho a explorar el área contratada y a producir los hidrocarburos convencionales de propiedad del Estado que se descubran, teniendo el contratista derecho a la parte de producción que le corresponda. El Periodo de Exploración tendrá una duración de seis (6) años con prórrogas de 0 a 4 años. El período de producción tendrá una duración de veinticuatro (24) años por yacimiento, con prórroga, contados a partir de la fecha en que la ANH reciba del contratista la Declaración de Comercialidad.

2. Licencia ambiental

El proceso para realizar la planeación y administración de proyectos que aseguran que las actividades humanas y económicas sean ajustadas a las restricciones ecológicas y de recursos, constituyen un factor clave para mantener el desarrollo sostenible, mediante la asignación de la respectiva Licencia Ambiental, expedida por la autoridad competente (Ministerio de medio ambiente y aguas) la cual llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, dando autorización ambiental para la ejecución de un proyecto.

4.6.2. Gestión de seguridad física

El fin de la Gestión de Seguridad Física de la compañía, busca crear un mecanismo mediante el análisis exhaustivo de la región de interés y el

comportamiento de su población y gobierno, que sea capaz de prevenir y minimizar las amenazas y los riesgos a las personas, bienes, instalaciones y procesos de la actividad petrolífera y obtener medidas preventivas a las acciones y reacciones de la comunidad, controlando y monitoreando el normal desarrollo de los procesos de la empresa, volviendo confiables y seguras las operaciones realizadas. La política de seguridad debe buscar crear un entorno operacional confiable para el desarrollo de las actividades hidrocarburíferas, a través del área de Gestión de Prevención de Pérdidas, Riesgos y Seguridad, para ello se fundamenta en la Estrategia Integral de Seguridad Física, cuyo propósito “es enfrentar las amenazas y los riesgos que atenten contra los intereses de la corporación y sus Unidades de Negocio; propendiendo por minimizar el impacto que las acciones delictivas puedan ocasionar a la operación”.

La gestión de seguridad en los procesos de exploración y perforación representa un alto grado de compromiso por parte de las personas que conforman su equipo de trabajo, ya que la industria petrolera al ser motor de desarrollo económico del país, generar fuentes de empleo, regalías y aumentar significativamente los ingresos al PIB de la nación, también genera una división de ideales e intereses personales, y beneficios propios, afectando la integridad de las personas y los procesos. Bolivia cuenta actualmente con regiones de ambientes políticos fuertemente marcados, problemáticas socioeconómicas agudas, entre otros factores, que generan riesgos y amenazas a las actividades que la industria petrolera desea llevar a cabo, para el normal desempeño de sus funcionarios y sus procesos. La Estrategia Integral de Seguridad Física busca dinamizar la política corporativa de seguridad propendiendo por la creación de las condiciones que permitan llevar a cabo las operaciones de la compañía entre ellas, las de exploración, a través del desarrollo y mejoramiento continuo de un Sistema de Seguridad, que provee en forma razonable la protección de los empleados, propiedades, información, intereses y contratistas. La gestión del riesgo que se desarrolla en cada compañía puede variar de acuerdo al diseño e implementaciones de los planes y marcos de referencia que se consideren, sus

objetivos particulares, contextos, estructuras, operaciones, procesos, proyectos, productos y servicios.

Figura 18. Proceso de la gestión del riesgo



Fuente: Elaboración propia en base a Norma ISO 45001

Con la aplicación de esta norma, se logra:

- Aumentar la probabilidad de alcanzar objetivos
- Mejorar las relaciones de confianza y honestidad entre las partes involucradas.
- Establecer una base confiable para la toma de decisiones y planificación
- Mejorar controles y monitoreos
- Mejorar la prevención de pérdidas y la disminución de incidentes.
- Minimizar las pérdidas.

El proceso que realiza la Gestión de Seguridad Física, se concibe como un conjunto de tres fases sucesivas, recurrentes e interrelacionadas entre sí, dentro de la organización, interviniendo los procesos de comunicación y consulta, así

como los de monitoreo y revisión, documentos que dan fundamento al proceso de seguridad de exploratorios.

1. Apreciación de la situación

Recibir e iniciar el proceso de un Bloque petrolífero con fines Exploratorios y de Producción, no es tarea sencilla, ya que en primera instancia el cuerpo de trabajo de la Gestión de Seguridad Física, debe hacer un minucioso estudio a fin de obtener una actividad cronológica del área, que encierra diversos factores, característicos de la región, con el fin de resumir la situación de la zona de interés, es decir, la apreciación comentada, debe ser un examen lógico, completo y ordenado de todos aquellos factores de seguridad, que tengan incidencia directa e indirecta en las actividades exploratorias.

Este estudio enmarca ciertos pasos a seguir y los cuales deben presentarse en informes detallados a la compañía, entre los que encontramos:

- Información general del área: Idioma, área o superficie de la región, número de habitantes y características del tipo de población que se encuentra (comunidades, etnias, entre otros.), capital, clima, moneda, religión, gastronomía, turismo, etc.
- Economía del área: Saber cuáles son las actividades que se realizan en la región como fuentes de ingresos, aumento y mantenimiento de su PIB, es primordial para la gestión de la seguridad física.
- Cultura: Las costumbres, fiestas, eventos y demás actividades que se realicen en la región, brindan información valiosa sobre la forma como vive la región donde se desean realizar estudios y procesos por parte de la empresa.
- Estructura Gubernamental: El sistema de gobierno de una región no sólo en su estado actual sino su tendencia a lo largo del tiempo en la región, además de las tendencias políticas, partidos y campañas que se manejen, resultan de gran ayuda, a la hora de predecir movilizaciones o futuras reacciones por parte de los habitantes y líderes de las regiones.

- Seguridad Pública: Saber qué entidades manejan el orden público y la seguridad de la zona de interés, ya sean Ministerios de Seguridad, departamentos de Policía, Ejército, Fuerzas Armadas y estructuras de mando, entre otros, con el fin de establecer relaciones confiables y duraderas desde el inicio del proyecto y a lo largo de los acuerdos que se desarrollen.
- Normativa Legal: No pueden ejecutarse en ningún caso proyectos, actividades, procesos o tomas de decisiones si no se siguen los lineamientos legales establecidos por la región donde se desean desarrollar acciones por parte de la compañía. Violar los estándares normativos de la región, traería graves consecuencias para la compañía, así como la violación a los principios voluntarios y normas del Derecho Internacional Humanitario (DIH)
- Situación actual: ¿Cómo se encuentra la región actualmente?, ¿cómo fluye su diario vivir, y sus relaciones con países fronterizos?, permite el normal desarrollo de las actividades que quieran ser desarrolladas, por parte de la compañía, previniendo amenazas o riesgos futuros, para los procesos que se hagan?

2. Análisis de riesgos

Identificar las amenazas que provoquen riesgos futuros para las personas, bienes, instalaciones y procesos realizados por la compañía es la principal tarea de la Gestión de Seguridad Física ya que toda actividad petrolífera genera una expectativa en la comunidad que se manifiesta en diversas reacciones y acciones positivas y negativas, es decir, identificar las acciones que la comunidad pueda generar frente a la actividad petrolífera que se desarrolle dentro de su región o territorio, permite desarrollar acciones preventivas por parte de la empresa.

La actividad de exploración y explotación de hidrocarburos, conlleva la ejecución de muchas otras actividades, por ejemplo, transporte no sólo de fluidos, sino de materiales de diversas maneras, terrestre, aéreo o fluvial, uso de bodegas,

construcción de infraestructuras, entre otras, dichas actividades crean en la comunidad oportunidades de generar fuentes de ingresos para su familia y región, sin embargo, no todos aprovechan dichas oportunidades de formas responsables y legales.

Entre otras problemáticas que enfrenta la Gestión de Seguridad física, encontramos diversos factores influyentes en el tipo de riesgos que pueden ser identificados en éste análisis:

Riesgos operacionales

Riesgos sociales (Hurto, extorción, secuestro, delito contra la propiedad, etc.)

Amenazas (Fuentes que generen peligros: terrorismo, robo, etc.)

Los proyectos de exploración y extracción de petróleo, genera incremento de empleos en la región, oportunidades de negocio y desarrollo de la comunidad, aspectos bastante positivos, y provechosos para las personas que honradamente toman ventaja de estas situaciones de forma legal; otras por el contrario apoyadas por grupos de delincuencia común y organizada, buscan comprometer la integridad de los funcionarios y equipos de la compañía mediante robos, sobornos, extorciones y chantajes. A esto se le suma que en algunas regiones del país, la actividad petrolera se traslapa con otras actividades ilícitas asociadas al y distribución de mercancías ilícitas, poniendo en riesgo la reputación de la compañía y su personal de trabajo. Las visitas a organismos de seguridad del Estado, que regule la región de interés, permite la identificación de ésta delincuencia común y la organizada permite la implementación de acuerdos que posibilitan la prevención de acciones que afecten la integridad de las actividades de la empresa.

4.6.3. Gestión social

La Gestión Social, o Responsabilidad Social Corporativa, establece el cumplimiento de los compromisos de tipo ético y legal con el entorno, procurando

llevar a cabo las actividades de manera sustentable para producir un impacto positivo en las comunidades donde opera la compañía.

La gestión de RSC tiene como fin mantener el equilibrio entre el crecimiento económico de la compañía, el bienestar social y el aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente, para la exploración y producción de hidrocarburos.

Para poder llevar a cabo una determinada actividad, la empresa debe conocer detalladamente el entorno en el que opera o va a operar, no sólo en términos geográficos, políticos y comunitarios sino en el conjunto de leyes que rigen todas las actividades que directa o indirectamente se relacionen con la empresa y puedan verse afectadas por el desarrollo de las mismas, alterando el progreso de los habitantes del área, y comunidades allí presentes.

La Responsabilidad social abarca un conjunto de principios fundamentales, especificados basados en la NTC ISO-26000 la cual regula la Responsabilidad Social en las empresas públicas y privadas, siendo la base del buen desempeño de ésta área y así obtener los resultados esperados en los procesos que la empresa desea desarrollar, mediante la correcta toma de decisiones o para determinar el curso del proyecto que se quiera ejecutar. Es así como las empresas de sectores públicos y privados, y por la cual se deben respetar como mínimo 7 pilares fundamentales, siendo los más importantes y en su orden los siguientes:

Principio 1. Rendición de cuentas: La organización debe rendir cuentas ante las autoridades competentes, por los impactos que se generen a la sociedad, economía y medio ambiente y las acciones tomadas para prevenir la repetición de éstos impactos negativos involuntarios e imprevistos.

Principio 2. Transparencia: La empresa debe ser transparente en sus decisiones y actividades, las cuales generan un impacto en la sociedad y el medio ambiente, revelando de forma clara, precisa y detallada la información sobre políticas, decisiones y actividades de las que son responsables, incluyendo aquellos

impactos conocidos y probables sobre la comunidad y el medio ambiente, mediante información fácilmente disponible para todos los interesados.

Principio 3. Comportamiento ético: El comportamiento de la compañía debe basarse en valores de honestidad, equidad e integridad, lo cual implica el respeto y compromiso por las personas, animales y medio ambiente.

Principio 4. Respeto a los intereses de las partes interesadas: Aunque los objetivos de la organización pudieran limitarse sólo a sus dueños y socios, clientes o integrantes, otros individuos o grupos, pueden tener derechos, reclamaciones o intereses específicos que deben tenerse en cuenta.

Principio 5. Respeto al principio de legalidad: El principio de legalidad hace referencia a la supremacía del derecho, y en particular a la idea de que ningún individuo u Organización está por encima de la ley, por lo tanto el Gobierno se encuentra sujeto a la ley que rija la zona en la que se encuentre.

Principio 6. Respeto a la norma internacional de comportamiento (NTC-ISO 26000): Se debe respetar todas las normas internacionales, aun cuando su cumplimiento no salvaguarde los aspectos ambientales y sociales. La empresa debe evitar ser cómplice en las actividades de otra Empresa que no sean coherentes con la normatividad internacional de comportamiento.

Principio 7. Respeto a los Derechos Humanos: La empresa debe promover el reconocimiento y respeto de los derechos humanos en el desarrollo de las actividades que se lleven a cabo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El proyecto tiene áreas de influencia directa como la locación y las áreas de acceso terrestre y áreas de influencia indirecta como los corredores fluviales
- Los criterios de valoración de severidad de los impactos ambientales pueden variar respecto otros proyectos similares, o de un proyecto a otro, pero es función de evaluador, analizar concienzudamente los criterios aplicados al análisis de impactos que se utilizan para cada Estudio de Impacto Ambiental.
- Es importante en el desarrollo de un proyecto cualquiera que sea, ya sea este de desarrollo, exploración, ampliación u otro, tomar en cuenta los impactos que el proyecto generara en el medio ambiente, para de este modo planificar los trabajos a desarrollarse tratando de minimizar dichos impactos.
- La línea de base ambiental, es de suma importancia al momento de elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, y el detalle que esta línea de base ambiental tenga, le permitirá al evaluador analizar con una mejor fuente de información las severidades del impacto.
- Se realizó un análisis concerniente a la descripción del proyecto y colocar toda la información pertinente al proyecto, como materiales a utilizarse, personal que trabaja en el proyecto, etc, para hacer una programación adecuada de los mismos, pues la descripción del proyecto dentro del documento del Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) es la base de la evaluación del mismo.
- Luego de aprobado el E.I.A. las operaciones deben ceñirse al E.I.A. es por eso que hay que poner especial atención en los detalles al momento de elaborar descripción del proyecto dentro del E.I.A.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable para cualquier empresa asignada para la exploración petrolera tener una Gestión Ambiental en el marco de la responsabilidad que la empresa tiene con el país es una estrategia permanente de acción como un compromiso individual, profesional y comunitario, ya que la huella que puede dejar un proyecto exploratorio en una región de interés contribuye al avance y fortalecimiento de la región y el emprendimiento de cada comunidad involucrada.
- Se observa la dependencia entre cada una de las áreas involucradas en proyectos de tipo exploratorio, con el fin de generar herramientas que las integren y contribuyan al completo análisis, con el fin de tomar decisiones acertadas y las cuales disminuyan los posibles errores e impactos en aspectos de tipo social, económico y ambiental.
- El estudio de las herramientas generadas por el área de Gestión Integral de Exploración, permite mostrar diferentes aspectos a tener en cuenta para mejorar y potenciar los proyectos planeados. Las políticas de responsabilidad social y ambiental que maneja la compañía son lo suficientemente claras y transparentes a nivel profesional. Sin embargo el reto está en comprometer al resto de las partes involucradas en la conciencia social y ambiental.
- Las medidas de seguridad industrial deben seguir normas determinadas y ser estrictamente cumplidas para evitar el riesgo de exposición a accidentes y material nocivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, Miguel Angel. "Desarrollo Sustentable. Una propuesta ante la desilusión del Progreso". México. Página web de la Academia Nacional de Educación Ambiental: <http://www.ambiental.ws/anea/>, septiembre de 2003.
2. Duverges, Dolores. "Hidrocarburos no convencionales en Argentina: una actividad sin regulación ambiental". Buenos aires. Informe Ambiental Anual Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN). Año 2015.
3. Ferrante, Sandra Bettina y Giuliani Adriana. "Hidrocarburos no convencionales en Vaca Muerta (Neuquén): ¿Recursos estratégicos para el autoabastecimiento energético en la Argentina del siglo XXI?" Buenos Aires, Revista Estado y Políticas Públicas N° 3. Año 2014.
4. Gutiérrez Garza, Esthela. "De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario". Monterrey, Nuevo León, México. Trayectorias, vol IX, núm 25°, septiembre-diciembre, 2007. Universidad Autónoma de Nuevo León.
5. Pérez Roig, Diego. "Los hidrocarburos no convencionales en el escenario energético argentino". Buenos Aires. Revista Theomai, Número 25°. Primer semestre de 2012.
6. Svampa, Mariestella. "Movimientos Sociales, matrices socio-políticas y nuevos escenarios en América Latina". Working paper 2010. One world Perspectives.
7. Bercovich, Alejandro y Rebossio, Alejandro. "Vaca Muerta, El sueño de un boom petrolero argentino. Las historias detrás de los negocios, la corrupción y la amenaza de un desastre ambiental. Una investigación entre Texas y Neuquén". Editorial Planeta .Buenos aires, 1 de abril de 2015.
8. Equipo de Trabajo: Bertinat, Pablo; D'Elia, Eduardo; Observatorio Petrolero Sur; Ochandio, Roberto; Svampa, Maristella y Viale, Enrique. "20 Mitos y Realidades del Fracking" Colección Chico Mendes, Editorial el Colectivo. Buenos Aires, 2014.

9. Gudynas, Eduardo. "Buen vivir: Germinando alternativas al desarrollo". Publicación Internacional de la Agencia Latinoamericana para de Desarrollo (ALAI). Separata: Destaques del Foro Social Mundial. Febrero 2011. Página 4.
10. Dr. Legarreta, Leonardo y Lic. Villar, Héctor. "Las facies generadoras de hidrocarburos de la Cuenca Neuquina" Revista Petrotecnia, Año LII. Número 4/12, Agosto 2012.
11. Academia Nacional de Ingeniería. Instituto de Energía. "Aspectos ambientales en la producción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales. El caso particular de "Vaca Muerta" en la Provincia de Neuquén". Buenos Aires, Octubre de 2013.
12. Comisión Europea. "Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre la exploración y producción de hidrocarburos (como el gas de esquisto) utilizando la fractura hidráulica de alto volumen en la UE". Bruselas, 17 de marzo de 2014.
13. Departamento de Energía del Gobierno de los EEUU (US Energy Information Administration). "Las Reglas de Oro para la Era de Oro del Gas". Resumen Ejecutivo. Año 2015.
14. United States Environmental Protection Agency. "Assessment of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas on Drinking Water Resources". Executive Summary. Washington, D.C. United States Environmental Protection Junio, 2015
15. U.S. Department of Energy (Administración de Información de la Energía del Departamento de Energía del Gobierno de los EEUU). "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Argentina (Fuentes de Shale gas y Shale oil técnicamente recuperables). Washington, Distrito Federal. EEUU. Septiembre de 2015. Disponible en www.eia.gov

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de importancia de impactos ambientales

MEDIO	ELEMENTOS AMBIENTALES		FACTORES AMBIENTALES		ETAPA		ETAPA		ETAPA		OPERACIÓN				ETAPA		ABANDONO					
					1		2		3		4		5		6							
					ASPECTOS AMBIENTALES	MOVILIZACIÓN DEL PERSONAL, EQUIPOS, MAQUINARIAS Y MATERIALES	ASPECTOS AMBIENTALES	INSTALACIÓN DE LINEAS Y BOMBAS DE ALTA PRESION, TANQUES DE ANENA DE FRACTURAMIENTO Y TANQUES MEZCLADORAS	ASPECTOS AMBIENTALES	PREPARACIÓN DEL FLUIDO DE FRACTURAMIENTO, INYECCION DE AGUA DE FRACTURAMIENTO Y ACTIVO A ALTA PRESION	RETORNO DE AGUA DE FRACTURAMIENTO	ASPECTOS AMBIENTALES	DESARMADO Y RETIRO DE EQUIPOS DE FRACTURAMIENTO	DESMOVILIZACIÓN DEL PERSONAL, EQUIPOS DE FRACTURAMIENTO								
	MAGNITUD	IMPORTANCIA		MAGNITUD	IMPORTANCIA		MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA		IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	IMPORTANCIA				
MEDIO FISICO	A.	FISIOGRAFIA	A1.	MORFOLOGIA			Movimiento de tierra por acondicionamiento del terreno	1	-24													
			A2.	DRENAJE																		
			A3.	PROCESOS																		
	B.	MICROCLIMA	B1.	TEMPERATURA																		
			C1.	CAPA ORGANICA Y SUELO MINERAL					1	-24												
	C.	SUELOS	C2.	CALIDAD DEL SUELO	Inadecuada disposición de residuos	1.3	-27	Compactación de suelos, inadecuada disposición de residuos	1	-24	Derrames de combustibles líquidos, efluentes industriales, aditivos, etc. Inadecuada disposición de residuos	3.8	-54	3.8	-54	Derrames de combustibles líquidos, efluentes industriales, aditivos, etc. Inadecuada disposición de residuos	1.3	-28	1.3	-28		
			C3.	FUNCION ECOLOGICA (BIOPRODUCCION)																		
	D.	AGUA	D1.	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS DE AGUA																		
			D2.	AGUAS SUBTERRANEAS							Derrame de combustibles	3.8	-54	3.8	-54	Derrames de combustibles						
	E.	AIRE	E1.	CALIDAD DEL AIRE	Tránsito de vehículo y funcionamiento de maquinaria	1.3	-27	Inadecuada construcción, movimiento de tierra, funcionamiento de maquinarias	1.3	-27	Derrame de combustibles	2.3	-40	2.3	-40	Volatilización del combustible durante la recepción	1.3	26	1.3	-26		
E2.			NIVEL DE RUIDO	Funcionamiento de maquinaria, presencia de personas, tránsito de vehículo	1.3	-27	Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos, presencia de personas	3.5	-47		3.5	-52	3.5	-52	Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos, presencia de personas	1.3	-26	1.3	-26			
MEDIO BIOLÓGICO	F.	FLORA Y FAUNA TERRESTRE (Voladores y No voladores)	F1.	VEGETACION TERRESTRE			Acondicionamiento del terreno, limpieza del material	1.9	-33		1.9	-34	1.9	-34								
			F2.	AVES, MAMIFEROS Y REPTILES	Funcionamiento de maquinaria, presencia de personas, tránsito de vehículo	1.3	-27	Acondicionamiento de terreno, incremento de ruido (maquinarias, vehículos y personas)	1.9	-33		2.3	-36	2.3	-36		1.3	-26	1.3	-26		
	G.	FLORA Y FAUNA ACUÁTICA	G1.	PECES, PLANTACION Y BENTOS																		
MEDIO PERCEPTUAL	H.	PAISAJE – VALOR ESCENICO	H1.	RECURSO VISUAL (Paisajista)	Presencia de personas, tránsito de vehículo, inadecuada disposición de residuos	1.3	-27	Construcción de instalaciones y estructuras de tránsito de vehículos	1.3	-27	Tránsito de vehículos, camiones y vagones de tren	1.3	-28	1.9	-34	Tránsito de vehículos, camiones y vagones de tren	1.3	-27	1.3	-27		
MEDIO SOCIO ECONOMICO	I.	ECONOMICO	I1.	COMERCIO	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	1.7	28	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	1.7	28	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	1.7	28	1.7	28	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	1.7	28	1.7	28		
	J.	TERRITORIO	J1.	USO DE LA TIERRA CASERIOS Y CENTROS POBLADOS																		
			J2.	EMPLEO TEMPORAL LOCAL	Contratación de mano de obra local	1.7	28	Contratación de mano de obra local	1.7	28	Contratación de mano de obra local	1.7	28	1.7	28	Contratación de mano de obra local	1.7	28	1.7	28		
K.	POBLACION	K3.	SAUID	Generación de material particulado (polvo)					Volatilización del combustible durante la recepción despacho y mantenimiento incendios o explosiones, funcionamiento de maquinarias y tránsito de vehículos					Volatilización del combustible durante la recepción despacho y mantenimiento incendios o explosiones, funcionamiento de maquinarias y tránsito de vehículos								
		L.	CULTURAL	L1.	SITIOS ARQUEOLOGICOS																	

MEDIO	ELEMENTOS AMBIENTALES		FACTORES AMBIENTALES		ETAPA		MOVILIZACION		ETAPA		INSTALACION		OPERACION		ETAPA		ABANDONO			
					ASPECTOS AMBIENTALES		1		ASPECTOS AMBIENTALES		2		3		4		5		6	
					ASPECTOS AMBIENTALES		MOVILIZACION DEL PERSONAL, EQUIPOS, MAQUINARIAS Y MATERIALES		ASPECTOS AMBIENTALES		INSTALACION DE LINEAS Y BOMBAS DE ALTA PRESION, TANQUES DE ARENA DE FRACTURAMIENTO Y TANQUES MEZCLADORAS		PREPARACION DEL FLUIDO DE FRACTURAMIENTO, INYECCION DE AGUA DE FRACTURAMIENTO Y AITIVO A ALTA PRESION		RETORNO DE AGUA DE FRACTURAMIENTO		DESARMADO Y RETIRO DE EQUIPOS DE FRACTURAMIENTO		DESMOVLIZACION DEL PERSONAL, EQUIPOS DE FRACTURAMIENTO	
MEDIO FISICO	A.	FISIOGRAFIA	A1.	MORFOLOGIA					Movimiento de tierra por acondicionamiento del terreno			-34								
			A2.	DRENAJE																
			A3.	PROCESOS																
	B.	MICROCLIMA	B1.	TEMPERATURA																
			C1.	CAPA ORGANICA Y SUELO MINERAL																
	C.	SUELOS	C2.	CALIDAD DEL SUELO	Inadecuada disposición de residuos inorgánicos compactación de suelos	-35.1	Compactación de suelos, inadecuada disposición de suelos	-34		Derrames de combustibles líquidos, fluido de fracturamiento, aditivos, etc. Inadecuada disposición de residuos	-205.2	-205.2	-205.2	-205.2	Compactación del suelo, inadecuada disposición de residuos	-36.4	-36.4			
			C3.	FUNCION ECOLOGICA (BIOPRODUCCION)																
			D1.	CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS DE AGUA																
	D.	AGUA	D2.	AGUAS SUBTERRANEAS						Derrame de combustibles, líquidos, fluido de fracturamiento, aditivos, etc.	-205.2	-205.2	-205.2	-205.2						
			E1.	CALIDAD DEL AIRE	Tránsito de vehículos y funcionamiento de maquinarias	-35.1	Movimiento de tierra, funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos	-35.1		Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos	-92	-92	-92	-92	Movimiento de tierra, funcionamiento de maquinaria, tránsito de vehículos	-33.8	-33.8			
E.	AIRE	E2.	NIVEL DE RUIDO	Funcionamiento de maquinarias, presencia de personas, tránsito de vehículo	-35.1	Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos	-164.1		Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos, presencia de personas	-182	-182	-182	-182	Funcionamiento de maquinarias (trabajadores), tránsito de vehículos	-33.8	-33.8				
		F1.	VEGETACION TERRESTRE						Derrames de combustibles, líquidos, fluidos de fracturamiento, aditivos, etc.	-64.6	-64.6	-64.6	-64.6							
MEDIO BIOLOGICO	F.	FLORA Y FAUNA TERRESTRE (Voladores y No voladores)	F2.	AVES, MAMIFEROS Y REPTILES	Presencia de personas, funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículo	-35.1	Acondicionamiento de terreno, incremento de ruido (maquinarias, vehículos y personas)	-62.7	Funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos, inadecuada disposición de residuos	-82.8	-82.8	-82.8	-82.8	Presencia de personas (trabajadores), funcionamiento de maquinarias, tránsito de vehículos	-33.8	-33.8				
			G.	PECES, PLANTACION Y BENTOS																
	H.	FLORA Y FAUNA ACUATICA																		
MEDIO PERCEPTUAL	H.	PAISAJE – VALOR ESCENICO	H1.	RECURSO VISUAL (Paisajsta)	Presencia de personas, tránsito de vehículo, inadecuado disposición de residuos	-35.1	Instalación y construcción de estructuras, tránsito de vehículos, inadecuada disposición de residuos		Instalaciones de estructuras, tránsito de vehículos; inadecuada disposición de residuos	-36.4	-64.6	-64.6	-64.6	Presencia de personas (trabajadores), tránsito de vehículos, inadecuada disposición de residuos	-35.1	-35.1				
MEDIO SOCIO ECONOMICO	L.	ECONOMICO	L1.	COMERCIO	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	47.6	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	-35.1	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	47.8	47.8	47.8	47.8	Compra de insumos domésticos por parte de los trabajadores	47.8	47.8				
			J1.	USO DE LA TIERRA																
	K.	POBLACION	K1.	CASERIOS Y CENTROS POBLADOS																
			K2.	EMPLEO TEMPORAL LOCAL	Contratación de mano de obra local	47.6	Contratación de mano de obra local	47.6		Contratación de mano de obra local	47.8	47.8	47.8	47.8	Contratación de mano de obra local	47.8	47.8			
K3.	SALUD																			
MEDIO CULTURAL	L.	CULTURAL	L1.	SITOS ARQUEOLOGICOS																

Fuente: Elaboración propia, 2021

Anexo 2. Norma ISO 14001

ISO 45001:2018		ISO 14001:2004		ISO 9001:2000	
—	Introducción	—	Introducción	0 0.1 0.2 0.3 0.4	Introducción Generalidades Enfoque basado en procesos Relación con la Norma ISO 9004 Compatibilidad con otros sistemas de gestión
1	Objeto y campo de aplicación	1	Objeto y campo de aplicación	1 1.1 1.2	Objeto y campo de aplicación Generalidades Aplicación
2	Publicaciones para consulta	2	Normas para consulta	2	Normas para consulta
3	Términos y definiciones	3	Términos y definiciones	3	Términos y definiciones
4	Requisitos del sistema de gestión de la SST (título solamente)	4	Requisitos del sistema de gestión ambiental (título solamente)	4	Sistema de gestión de la calidad (título solamente)
4.1	Requisitos generales	4.1	Requisitos generales	4.1 5.5 5.5.1	Requisitos generales Responsabilidad, autoridad y comunicación Responsabilidad y autoridad
4.2	Política de SST	4.2	Política ambiental	5.1 5.3 8.5	Compromiso de la dirección Política de la calidad Mejora continua
4.3	Planificación (título solamente)	4.3	Planificación (título solamente)	5.4	Planificación (título solamente)
4.3.1	Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles	4.3.1	Aspectos ambientales	5.2 7.2.1 7.2.2	Enfoque al cliente Determinación de los requisitos relacionados con el producto Revisión de los requisitos relacionados con el producto

ISO 45001:2018		ISO 14001:2004		ISO 9001:2000	
4.3.2	Requisitos legales y otros requisitos	4.3.2	Requisitos legales y otros requisitos	5.2 7.2.1	Enfoque al cliente Determinación de los requisitos relacionados con el producto
4.3.3	Objetivos y programas	4.3.3	Objetivos, metas y programa	5.4.1 5.4.2 8.5.1	Objetivos de la calidad Planificación del sistema de gestión de la calidad Mejora continua
4.4	Implementación y operación (título solamente)	4.4	Implementación y operación (título solamente)	7	Realización del producto (título solamente)

4.4.1	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad	4.4.1	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad	5.1 5.5.1 5.5.2 6.1 6.3	Compromiso de la dirección Responsabilidad y autoridad Representante de la dirección Provisión de recursos Infraestructura
4.4.2	Competencia, formación y toma de conciencia	4.4.2	Competencia, formación y toma de conciencia	6.2.1 6.2.2	(Recursos humanos) Generalidades Competencia, toma de conciencia y formación
4.4.3	Comunicación, participación y consulta	4.4.3	Comunicación	5.5.3 7.2.3	Comunicación interna Comunicación con el cliente
4.4.4	Documentación	4.4.4	Documentación	4.2.1	(Requisitos de la documentación) Generalidades
4.4.5	Control de documentos	4.4.5	Control de documentos	4.2.3	Control de los documentos
4.4.6	Control operacional	4.4.6	Control operacional	7.1 7.2 7.2.1 7.2.2 7.3.1	Planificación de la realización del producto Procesos relacionados con el cliente Determinación de los requisitos relacionados con el producto Revisión de los requisitos relacionados con el producto Planificación del diseño y desarrollo

ISO 45001:2018		ISO 14001:2004		ISO 9001:2000	
				7.3.2	Elementos de entrada para el diseño y desarrollo
				7.3.3	Resultados del diseño y desarrollo
				7.3.4	Revisión del diseño y desarrollo
				7.3.5	Verificación del diseño y desarrollo
				7.3.6	Validación del diseño y desarrollo
				7.3.7	Control de los cambios del diseño y desarrollo
				7.4.1	Proceso de compras
				7.4.2	Información de las compras
				7.4.3	Verificación de los productos comprados
				7.5	Producción y prestación del servicio
				7.5.1	Control de la producción y de la prestación del servicio
				7.5.2	Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio
				7.5.5	Preservación del producto

4.4.7	Preparación y respuesta ante emergencias	4.4.7	Preparación y respuesta ante emergencias	8.3	Control del producto no conforme
4.5	Verificación (título solamente)	4.5	Verificación (título solamente)	8	Medición, análisis y mejora (título solamente)
4.5.1	Seguimiento y medición del desempeño	4.5.1	Seguimiento y medición	7.6 8.1 8.2.3 8.2.4 8.4	Control de los dispositivos de seguimiento y de medición (Medición, análisis y mejora) Generalidades Seguimiento y medición de los procesos Seguimiento y medición del producto Análisis de datos
4.5.2	Evaluación del cumplimiento legal	4.5.2	Evaluación del cumplimiento legal	8.2.3 8.2.4	Seguimiento y medición de los procesos Seguimiento y medición del producto

ISO 45001:2018		ISO 14001:2004		ISO 9001:2000	
4.5.3	Investigación de incidentes, no conformidad, acción correctiva y acción preventiva (título solamente)	—	—	—	—
4.5.3.1	Investigación de incidentes	—	—	—	—
4.5.3.2	No conformidad, acción correctiva y acción preventiva	4.5.2	No conformidad, acción correctiva y acción preventiva	8.3 8.4 8.5.2 8.5.3	Control del producto no conforme Análisis de datos Acción correctiva Acción preventiva
4.5.4	Control de los registros	4.5.4	Control de los registros	4.2.4	Control de los registros
4.5.5	Auditoría interna	4.5.5	Auditoría interna	8.2.2	Auditoría interna
4.6	Revisión por la dirección	4.6	Revisión por la dirección	5.1 5.6 5.6.1 5.6.2 5.6.3 8.5.1	Compromiso de la dirección Revisión por la dirección (título solamente) Generalidades Información para la revisión Resultados de la revisión Mejora continua