



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS DE HIDROCARBUROS QUE
MINIMIZARÁ EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA ASOCIACIÓN SMC.
PACIFPETROL INC. UBICADA EN LA PARROQUIA ANCÓN, PROVINCIA DE
SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Marcos Oswaldo Tomalá Ayala

TUTOR:

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano MSc.

La Libertad - Ecuador

2018

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS DE
HIDROCARBUROS QUE MINIMIZARA EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA
EMPRESA ASOCIACIÓN SMC. PACIFPETROL INC. UBICADA EN LA
PARROQUIA ANCÓN, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención de título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Marcos Oswaldo Tomalá Ayala

TUTOR:

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano MSc.

La Libertad - Ecuador

**-
2018**

La Libertad, Enero del 2018

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de titulación o graduación: **“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS DE HIDROCARBUROS QUE MINIMIZARÁ EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA ASOCIACIÓN SMC. PACIFPETROL INC. UBICADA EN LA PARROQUIA ANCÓN, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por quien suscribe la presente, declaro que los datos análisis opiniones y comentarios que constan en este trabajo de investigación son de exclusiva propiedad, responsabilidad legal y académica de autor. No obstante es patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente,

Marcos Oswaldo Tomalá Ayala

C.I. 0915968689

La Libertad, Enero del 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, **“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS DE HIDROCARBUROS QUE MINIMIZARÁ EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA ASOCIACIÓN SMC. PACIFPETROL INC. UBICADA EN LA PARROQUIA ANCÓN, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por el Sr. Marcos Oswaldo Tomalá Ayala, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado la aprobó en todas sus partes.

Atentamente,

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano MSc.

TUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis está dedicado a Dios por ser mi guía, y ayudarme a no desistir en mi meta.

A mi madre Judith que siempre me apoyó en el proceso.

A mi esposa Diana e hijos que estuvieron siempre a mi lado y fueron la base primordial de todo mi esfuerzo y dedicación.

Marcos Oswaldo Tomalá Ayala

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría, fortaleza para seguir adelante y sobretodo salud para cumplir mis metas.

A mi madre por el apoyo incondicional.

De manera especial a mi esposa por su comprensión y ayuda para lograr mi objetivo

De igual manera a mi tutor por haber guiado para desarrollar este proyecto.

Y Finalmente a la empresa Pacifpetrol por ayudarme con la investigación para el trabajo presentado.

Marcos Oswaldo Tomalá Ayala

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Juan Garcés Vargas Mgp.
**DECANO DE LA FACULTAD
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Ph.D. Rolando Calero Mendoza
**DIRECTOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano Msc.
PROFESOR TUTOR

Ing. Víctor Matías Pillasagua Msc.
PROFESOR DE ÁREA

AB. Lorena Villamar Morán Mgt
SECRETARIA GENERAL

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS DE
HIDROCARBUROS QUE MINIMIZARÁ EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA
EMPRESA ASOCIACIÓN SMC. PACIFPETROL INC. UBICADA EN LA
PARROQUIA ANCÓN, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

**AUTOR: MARCOS OSWALDO TOMALÁ AYALA
TUTOR: ING. FRANKLIN ENRIQUE REYES SORIANO Msc**

RESUMEN

El proyecto que se presenta a continuación es un diseño de un sistema para tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos, específicamente de petróleo la misma que es ocasionada por diferentes métodos de extracción que utiliza la empresa Pacifpetrol, el método a implementar es el de Plataforma reemplazará al método de Landfarming, con las mismas funciones para minimizará los tiempos de remediación, dependiendo del volumen del área a intervenir y la extracción del crudo que se realice que son alrededor de 1580 locaciones a esto sumado el gas natural y el servicio de mantenimiento que se realiza a las instalaciones subterráneas que existen.

Se hizo el estudio respectivo en la Empresa Pacifpetrol que está ubicado en la Parroquia de Ancón Provincia de Santa Elena, basado en la contaminación de los suelos con hidrocarburos y la manera de remediar y minimizar por los diferentes métodos que usa la empresa en la extracción del petróleo.

También se realizó una encuesta al personal de Medio Ambiente los mismos que se realizaron preguntas enfocado a los métodos de remediación de suelos que utilizan los actualmente y los métodos de remediación propuesto la importancia y el beneficio, la misma que si tuvo acogida por el personal operativo de este departamento y asimismo por el personal Administrativo de la Empresa Pacifpetrol.

**PENINSULA STATE UNIVERSITY OF SANTA ELENA FACULTY OF
INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER OF INDUSTRIAL ENGINEERING**

**“DEVELOPMENT OF A TECHNICAL STUDY FOR THE
IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR THE TREATMENT OF
POLLUTED SOILS OF HYDROCARBONS THAT WILL MINIMIZE THE
ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE SMC ASSOCIATION COMPANY.
PACIFPETROL INC. LOCATED IN THE ANCÓN PARISH, PROVINCE OF
SANTA ELENA”**

AUTHOR: MARCOS OSWALDO TOMALÁ AYALA

TUTOR: ING FRANKLIN ENRIQUE REYES SORIANO Msc

SUMMARY

The project presented below is a design of a system for the treatment of soils contaminated with hydrocarbons, specifically petroleum, which is caused by different extraction methods used by the company Pacifpetrol, the method to be implemented is that of the Plataforma that will replace the Landfarming method with the same functions to minimize remediation times, depending on the volume of the area to be intervened and the extraction of the oil that is made, which is around 1580 locations, added to this natural gas and the maintenance service that is enhanced to the underground facilities that exist.

The respective study was carried out in the Pacifpetrol Company located in the Parish of Ancón Province of Santa Elena, based on the contamination of the soils with hydrocarbons and the way to remedy and minimize them by the different methods used by the company in the extraction of the Petroleum.

A survey was also carried out to the Environment personnel, who asked questions focused on the soil remediation methods currently used and the remediation methods proposed, the importance and the benefit, the same as if it had been received by the operative personnel of this department and also by the Administrative staff of the Pacifpetrol Company.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	1
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
TRIBUNAL DE GRADO.....	vii
RESUMEN	viii
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
ÍNDICE DE TABLA.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II	7

DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA Y EL MARCO LEGAL AMBIENTAL	7
2.1. LA EMPRESA Y SUS ACTIVIDADES	7
2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	8
2.2.1 Climatología	9
2.2.2 Precipitación.....	9
2.2.3 Temperatura	9
2.3. BASE TEÓRICA	10
2.3.1. Clasificación de Tecnologías de Remediación	12
2.3.2. Tecnologías de Remediación Biológicas (Biorremediación)	14
2.4. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN E INSTALACIONES	15
2.4.1. Bombeo Mecánico	16
2.4.2. Swab.....	19
2.4.3. Producción por Gas Lift	21
2.4.4. Producción por Herramienta Local.....	22
2.5.1 Constitución de la República del Ecuador	25
2.5.2. Ley de Gestión Ambiental	26
2.5.3. Texto Unificado de la Legislación Secundario Medio Ambiente (TULSA).	27
2.5.4. Ley de prevención y control de contaminación ambiental.....	30
2.5.5. Normas Generales de Comportamiento Laboral.....	31
2.5.6. Contención de Derrames Pequeños y Métodos de Limpieza	32
2.5.7. Especificaciones para el Control de Emisiones Atmosféricas	33
CAPÍTULO III	36
IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROBLEMA	36
3.1. GENERALIDADES	36

3.2. ANÁLISIS DEL LANDFARMING	39
3.3. EL INVENTARIO AMBIENTAL EN TORNO AL PROBLEMA	43
3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO CONTAMINADO	47
3.5. COMPONENTE BIÓTICO	49
3.6. COMPONENTE SOCIO ECONÓMICO	51
3.8. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL	53
3.10. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA	55
3.10.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
3.9. DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA: ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	65
CAPÍTULO IV	66
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELO TIPO PLATAFORMA PARA BIORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS	66
4.1. DISEÑO VISUAL DEL PROYECTO	66
4.2. CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA	67
4.2.1. Preparación del área	67
4.2.2. Preparación del material concreto a depositar	67
4.2.3. Clasificación de los cementos	67
4.3. FUNDICIÓN	70
4.4. PLATAFORMA CONSTRUIDA	71
4.4.1. DETALLES DE CANAL PERIMETRAL Y TRAMPA DE GRASA DE PLATAFORMA	74
4.4.2. INSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE ÁREAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE LANDFARMING	75
4.4.3. DESIGNACIONES DE LUGARES ESTRATÉGICOS.	75
4.5. ACTIVIDADES OPERACIONALES	78

4.5.1. Implementación de un Sistema de Riego	78
4.5.2. Método de aireación del suelo	78
4.5.3. Control de PH del suelo	79
4.5.4. Aplicación de nutrientes y control de temperatura	79
4.6. PROCEDIMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL SUELO	79
4.7. DISPONIBILIDAD DEL SUELO: ANÁLISIS	83
CAPÍTULO V	85
ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA PROPUESTA	85
5.1. COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL DE LANDFARMING.....	85
5.1.1. COSTOS OPERACIONALES.....	87
5.2. ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO	88
5.3. FINANCIAMIENTO	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 COORDENADAS DE POZOS PETROLEROS DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN.....	9
CUADRO N° 2 VENTAJA Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN IN SITU Y EX SITU.....	13
CUADRO N° 3 CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS.....	15
CUADRO N° 4 RESUMEN DE ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO....	48
CUADRO N° 5 MATRIZ DE FACTORES INTERNOS.....	51
CUADRO N° 6 MATRIZ DE FACTORES EXTERNOS.....	52
CUADRO N° 7 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENALES.....	53
CUADRO N° 8 REQUERIMIENTOS FÍSICOS DEL CEMENTO.....	69
CUADRO N° 9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.	70
CUADRO N° 10 ÁREAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL LANDFARMING.....	75
CUADRO N° 11 PRESUPUESTO ORIGINAL DE INFRAESTRUCTURA DE LANDFARMING.	86
CUADRO N° 12 PRESUPUESTO GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DE PLATAFORMA.....	87
CUADRO N° 13 PROMEDIO PRESUPUESTAL.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1 JERARQUÍA DE LA LEGISLACIÓN	24
GRÁFICO N° 2 MÉTODO DE ARADO DE SUELO EN LANDFARMING	38
GRÁFICO N° 3 ÁREA DEL LAMDFARMING.....	41
GRÁFICO N° 4 ÁREA PROBLEMÁTICA DEL LANDFARMING	42
GRÁFICO N° 5 DIFERENCIA DE POBLACIÓN POR SEXO	51
GRÁFICO N° 6 MANEJO DE POLÍTICAS AMBIENTALES	55
GRÁFICO N° 7 TÉCNICA DE LAMFARMING ADECUADA	56
GRÁFICO N° 8 TÉCNICA DE LAMFARMING CUMPLE EXPECTATIVAS.....	57
GRÁFICO N° 9 ASPECTOS DEL PROCESO.....	58
GRÁFICO N° 10 MÉTODO DE BIOREMEDIACIÓN	59
GRÁFICO N° 11 MÉTODO DE PLATAFORMA	60
GRÁFICO N° 12 UTILIZACIÓN DE GEOMENBRANA.....	61
GRÁFICO N° 13 PROBLEMAS EN EL MÉTODO LAMFARMING	62
GRÁFICO N° 14 OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO	63
GRÁFICO N° 15 NORMAS DE SEGURIDAD	64
GRÁFICO N° 16 PLATAFORMA PARA SUELOS CONTAMINADOS	72
GRÁFICO N° 17 PLATAFORMA PARA SUELOS CONTAMINADOS VISTA LATERAL Y SUPERIOR	73
GRÁFICO N° 18 CANAL PERIMETRAL PARA FLUIDOS (PERFIL)	74
GRÁFICO N° 19 TRAMPA DE GRASA (PERFIL)	74
GRÁFICO N° 20 MOTOCULTOR	84

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N° 1 MAPA PETROLERO DEL ECUADOR UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL BLOQUE GUSTAVO GALINDO.....	8
IMAGEN N° 2 PROCESO DE EXTRACCIÓN	16
IMAGEN N° 3 UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE SWAB	19
IMAGEN N° 4 INSTALACIÓN EN POZO DE EXTRACCIÓN POR GAS LIFT ..	21
IMAGEN N° 5 HERRAMIENTA LOCAL.....	22
IMAGEN N° 6 SUELO CONTAMINADO	36
IMAGEN N° 7 SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS	43
IMAGEN N° 8 BOMBEO MECÁNICO.....	44
IMAGEN N° 9 EXTRACCIÓN POR SWAB	45
IMAGEN N° 10 MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR HERRAMIENTA LOCAL..	46
IMAGEN N° 11 RECOLECCIÓN DE SUELO CONTAMINADO.....	47
IMAGEN N° 12 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 67 - ANTES.	76
IMAGEN N° 13 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 69 - ANTES.	77
IMAGEN N° 14 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 73 – ANTES	77

ÍNDICE DE TABLA

TABLA N° 1 LÍMITES PERMISIBLES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS EN TODAS LAS FASES DE LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERAS.....	30
TABLA N° 2 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EMISIONES DE GENERADORES ELÉCTRICOS Y MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA..	34
TABLA N° 3 PUNTOS DE MONITOREOS	35
TABLA N° 4 RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELO CONTAMINADO	50
TABLA N° 5 POLÍTICAS AMBIENTALES.....	55
TABLA N° 6 TÉCNICA DE LAMFARMING ADECUADA.....	56
TABLA N° 7 TÉCNICA DE LAMFARMING CUMPLE EXPECTATIVAS	57
TABLA N° 8 ASPECTOS DEL PROCESO.....	58
TABLA N° 9 MÉTODO DE BIOREMEDIACIÓN.....	59
TABLA N° 10 MÉTODO DE PLATAFORMA.....	60
TABLA N° 11 UTILIZACIÓN DE GEOMENBRANA	61
TABLA N° 12 PROBLEMAS EN EL MÉTODO LAMFARMING.....	62
TABLA N° 13 OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO.....	63
TABLA N° 14 NORMAS DE SEGURIDAD.....	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1 BIOESTIMULACIÓN DE SUELOS	95
ANEXO N° 2 COLOCACIÓN DEL SUELO A TRATAR.....	95
ANEXO N° 3 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA.....	96
ANEXO N° 4 SUELO DISTRIBUIDO	96
ANEXO N° 5 APLICACIÓN DEL DETERGENTE.....	97
ANEXO N° 6 PREVIA APLICACIÓN DE AGUA	97
ANEXO N° 7 APLICACIÓN HOMOGÉNEA DEL DETERGENTE.....	98
ANEXO N° 8 ESTIMULACIÓN DE BACTERIAS	98
ANEXO N° 9 PREPARACIÓN DE BACTERIAS Y SIEMBRA.....	99
ANEXO N° 10 INGRESO DEL MULTIBAC PLUS Y NUTRIENTES	99
ANEXO N° 11 SIEMBRA.....	100
ANEXO N° 12 ARADO DEL SUELO CON EL MOTOCULTOR.....	100
ANEXO N° 13 ENCUESTA.....	101
ANEXO N° 14 RESULTADO DE PARÁMETROS QUÍMICO DE SUELO.....	103
ANEXO N° 15 PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS	104

INTRODUCCIÓN

Actualmente la contaminación ambiental ocasionada por los hidrocarburos tiene un efecto grande en los suelos, las distintas operaciones petroleras que se realizan en estos campos contaminan el entorno ambiental en el cual se requiere contrarrestar y minimizar los riesgos y las posibles secuelas de estos contaminantes.

En el país existen un gran número de pozos de los cuales extraen gran cantidad de petróleo donde debido a los mecanismos utilizados existen derrames de hidrocarburos que contaminan el suelo. Mediante estudios realizados para revertir este proceso contaminante se ha encontrado microorganismos que ayudan a la biodegradación del suelo, esto representa un mecanismo de recuperación de los suelos contaminados con petróleo.

Este proceso llamado Biorremediación se define como la manipulación de sistemas biológicos para efectuar cambios en el ambiente donde exista la disponibilidad de oxígeno, fosforo y otros nutrientes del suelo que son los que ayudaran a modificarlos a formas menos tóxicas.

Una de las técnicas que se utilizan en estas empresas dedicadas a la manipulación de hidrocarburos es la denominada Landfarming la cual consiste en tratar los suelos por medio de la aireación mecánica en capas poco profundas, por medio de esto se consiguen resultados favorables.

El diseño de este método del Landfarming, se utiliza un material especial como es el cemento hidráulico con las especificaciones del Instituto Ecuatoriano de Normalización, que son adecuadas para este proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, con un nivel deslizante en el canal para la circulación del flujo que finalizan en una trampa de grasa para la disposición final y se obtiene un suelo que cumple con los parámetros que exige la ley.

A continuación transcribimos los capítulos que vamos a tratar en este proyecto:

CAPÍTULO I: Conocimiento de la problemática, los objetivos que se han planteado para este proyecto y la justificación de la aplicación del proyectos

CAPÍTULO II: La descripción actual de la empresa, la ubicación geográfica del área donde se presenta el problema y la base teórica para el conocimiento del proceso del tema.

CAPÍTULO III: Identificación de los aspectos que tienen más impacto =en el medio ambiente y análisis del proceso que en la actualidad se está realizando.

CAPÍTULO IV: Descripción y detalle de la Implementación del sistema para el tratamiento del suelo tipo plataforma para los suelos contaminados por hidrocarburos.

CAPÍTULO V: Finalmente el análisis de los aspectos económicos del proyecto para cambio de método de biorremediación y recomendaciones para la futura implantación de este proyecto el cual sea factible y eficiente en el proceso de biorremediación.

CAPÍTULO I

1.1.ANTECEDENTES.

La extracción de petróleo a nivel mundial es conocida en épocas pasadas, en el año de 1859 en Estados Unidos el coronel Edwin L. Drake realizó la primera perforación de pozo de petróleo en el mundo, a unos 21 metros de profundidad, logrando por primera vez extraer petróleo, desde ese entonces se pudo dar utilidades del petróleo y comercializándolo al poder lograr la separación del kerosén del mismo y comercializarlo al mundo y así poder reemplazar el aceite de ballena que era utilizado en esa época como combustible para ser utilizadas en las lámparas, la misma que estaba provocando la extinción de las ballenas.

Como resultado de las constantes perforaciones y extracción de petróleo desde esa fecha poco eran los métodos de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos, se propone implementar un novedoso método de remediación de suelo llamado Landfarming tipo plataforma actualmente es usado a nivel mundial en países explotadores de petróleo como la petrolera estatal de Arabia Saudita, Saudi Aramco, en Irán la empresa Rusa Gazprom, en Estados Unidos la empresa Exxon-Mobil, y la empresa mexicana Pemex también utilizan este método de remediación por medio de Landfarming tipo plataforma, en Sudamérica específicamente en Brasil la empresa Petrobras que ocupa el tercer lugar en América Latina en explotación de petróleo.

Realizando una breve descripción histórica, no existía un ente de control de medio ambiente que regularice ni mucho menos alguna ley de Medio Ambiente que amparará el entorno ecológico en el país en los años 1972 los mismos que generaron pasivos ambientales que han degradado los espacios verdes con desenlaces negativos en tiempos vigentes.

En Ecuador el Petróleo se origina desde 1917 posteriormente al inicio de la explotación en el Oriente Ecuatoriano por una Empresa Pública Petrolera en el período de 1920 –

1970, que ha sido significativa para la industria del país que al mismo tiempo tomo posición de los campos de la Península a la salida de la empresa privada y por ende se han ido realizando los continuos tipos de remediación del suelo para contrarrestar la contaminación.

A partir del año 1911, la compañía ANGLO OIL COMPANY, realizo la primera perforación de petróleo en la Península de Santa Elena, la misma que se denominó ANCÓN 1 (ANC- 001), desde esta fecha se inicia la explotación del petróleo en el Ecuador y con ello efectos positivos donde también se utiliza este método de remediación teniendo excelentes resultados en suelo con la explotación de los pozos de petróleo en la Península de Santa Elena

El contagio al suelo es la más deplorable por existir gran cantidad de pozos que son explotados de manera antigua y aun de métodos manuales debido a la prueba de tecnologías que no resultan favorables para la extracción de este recurso no renovable tan valioso y obligatorio para el desarrollo en el país.

Rehabilitar las áreas afectadas: Según la normativa del “Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador” basado en el decreto Ejecutivo No. 1215 publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de Febrero de 2001, se inicia el cumplimiento de este decreto a medida que la empresa privada intervengan sus actividades en los pozos comprometiéndose a remediar el suelo a partir del inicio del contrato.

Una de las reglas obligatorias que menciona este reglamento comprende las medidas, estrategias y tecnologías a aplicarse en el proyecto para restablecer las áreas afectadas siendo estas restaurar la cobertura vegetal así como garantizar la duración y la permanencia del trabajo de remediación de los suelos contaminados, la misma se llama “Plan de Rehabilitación de áreas afectadas”.

1.2.JUSTIFICACIÓN

El proyecto se basa en promover la técnica tipo Plataforma para la remediación de suelos contaminados, obteniendo resultados efectivos que en la actualidad se lo realiza por el Método de Landfarming, donde intervienen la bioestimulación, biolabranza, que al final se concluye con la biorremediación donde intervienen bacterias para degradar el compuesto contaminante.

Este método posee falencia por lo cual se propone cambiar el diseño de Landfarming a una plataforma con un previo lavado antes del tratamiento de dosificación de bacterias.

Como beneficiario directo está considerada el medio Ambiente, la flora y fauna y la población en general que habita en la Parroquia Ancón y sus sectores aledaños donde se extrae el Petróleo.

Indirectamente se considera beneficiario la Empresa Asociación SMC, Pacifpetrol Inc. al realizar sus actividades de extracción de crudo o petróleo de una manera más eficiente y sabiendo que contara con un método de remediación de suelo.

El proyecto direcciona a la manera de tratar el suelo en un espacio destinado para tal fin, con la aplicación de lavado de tierra, participación de bacterias en un área de plataforma.

Como empresa se gestiona el control del impacto ambiental ocasionado por las operaciones de explotación, donde se disminuye el efecto contaminante, declarando los resultados con evidencias y sujetos al marco legal vigente.

Se presenta una efectiva alternativa en relación a la cantidad de suelo a tratar versus el tiempo de tratamiento, innovando la práctica a un costo aceptable.

1.3.OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Implementar un sistema de tratamiento de suelos contaminado por hidrocarburos mediante la elaboración de un estudio Técnico para minimizar el impacto ambiental negativo de la Empresa Asociación SMC. Pacifpetrol Inc.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Analizar la situación Actual de la Empresa.
- Identificar y evaluar los Impactos Ambientales.
- Implementar un sistema de tratamiento de suelo.
- Analizar los aspectos financieros.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA Y EL MARCO LEGAL AMBIENTAL

2.1. LA EMPRESA Y SUS ACTIVIDADES

La Empresa Pacifpetrol S.A. mantiene sus operaciones de explotación de crudo desde el 18 de Diciembre del 2001, con un convenio de contrato realizado con la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), para las actividades operacionales en el campo Gustavo Galindo Velasco.

La misma que opera en una extensión de 1200 m² y cuenta con un aproximado de 2900 pozos de petróleos divididos por sectores, Norte, Sur, Centro Este y Centro Oeste, los mismos se encuentran aproximadamente 1250 pozos productivos con una producción aproximada diaria de 1440 Lbs. de crudo con 36° grados API.

Promedio que son almacenados en Casa Bomba la misma luego de ser almacenada son bombeados por un oleoducto de 6” hasta la Refinería de La Libertad por un recorrido de 10 kilómetros, cuyos sistemas de extracción se lo realiza por medio de Bombeo Mecánico, Swab y Herramienta Local.

Pacifpetrol también cuenta con una planta de Gasolina Natural la misma que produce alrededor de 110 Lbs. diarios, estos son transportados entregados todos los días a la Refinería de La Libertad movilizandolo la gasolina natural por medio de auto tanque.

La Empresa Pacifpetrol S.A., ha desarrollado nuevos proyectos de estudio que en los actuales momentos están plasmados como Plan Piloto para la generación de Gas Natural Vehicular (GNV). Es la primera en el país que actualmente es utilizado para alimentación vehicular actualmente, Pacifpetrol cuenta con 34 unidades con el sistema

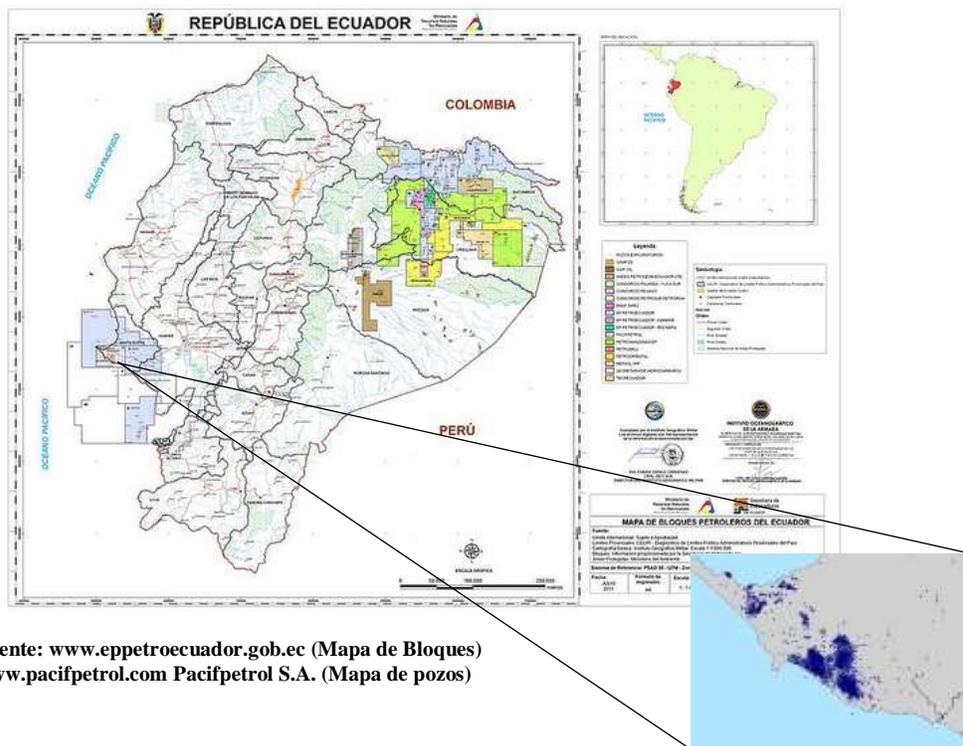
incorporado para uso de gas como combustible de esta manera reducen costo del presupuesto y contribuyendo al mejoramiento y conservación del ambiente y su entorno.

2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Los campos petroleros se encuentran localizado en América del Sur dentro de la República del Ecuador, dentro de la Parroquia rural de San José de Ancón ubicada específicamente en la Provincia de Santa Elena, limitada con el Cantón de Santa Elena por el norte, al sur con el océano Pacífico, al este con la Parroquia Atahualpa la Parroquia Anconcito y al oeste la Parroquia José Luis Tamayo.

Las coordenadas geográficas son 2° 19' 30.61" de latitud y 80°51' 18.01" de longitud a 563 pies sobre el nivel del mar, aproximadamente de a 130 kilómetros al oeste de la ciudad de Guayaquil, ubicado al suroeste de la República del Ecuador. (Gráfico N°1)

IMAGEN N° 1 MAPA PETROLERO DEL ECUADOR UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL BLOQUE GUSTAVO GALINDO



Fuente: www.eppetroecuador.gob.ec (Mapa de Bloques)
www.pacifpetrol.com Pacifpetrol S.A. (Mapa de pozos)

CUADRO N° 1 COORDENADAS DE POZOS PETROLEROS DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
ANCÓN	2° 19' 30.61”	80°51' 18.01”	563 pies

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica

2.2.1 Climatología

La descripción del clima de la zona de estudio se basó en información dada por el consorcio Espol – Pacifpetrol del año 2009, esto fue antes que la empresa Pacifpetrol realizara contrato con el gobierno Ecuatoriano.

2.2.2 Precipitación

En el Circulo de estudio se registra que los meses con más precipitación son: Enero con 61.50 mm aproximadamente, Febrero con 116.50 mm aproximadamente, Marzo con 105.70 mm aproximadamente, y Mayo con 380mm. Aproximadamente. Estos registros confirman la condición del área como una de las más secas del país.

2.2.3 Temperatura

La temperatura media mensual en la parroquia de Ancón en un período de 10 años (2000 – 2010), registra en la zona de Ancón para los meses de Enero la temperatura promedio es de 25.30 °C, Febrero con 26.2 °C, Marzo 26.4 °C, Abril 25.6 °C, Mayo 24,9 °C, estos constituyen los meses con mayor grados de temperatura, las temperaturas entre Junio a Diciembre es aproximadamente de 23.5 °C

2.2.4 Humedad Relativa

Un elemento muy importante es la humedad atmosférica ya que esta es importante para la formación de los fenómenos meteorológicos como son la lluvia, nubosidad, neblina, otros., conjuntamente con la temperatura determina la intensidad de la evapotranspiración, condicionando la velocidad de secamiento del suelo y presencia de la cubierta vegetal.

2.3. BASE TEÓRICA

Las empresas Operadoras de Petróleo como preservación del Medio Ambiente y los controles ejercidos por los entes del ramo, son obligados a ejecutar ciertas correcciones a las señales de contaminación producidos por sus actividades realizadas al extraer este producto.

Una investigación realizada en 1981 por el Instituto Americano de Petróleo (API) identifico las primeras y principales fuentes de contaminación que son las siguientes:

Lodos de perforación de tipo y recortes.- Estos lodos contienen un líquido muy parecido al diesel en concentraciones aproximadas al 10% y son arcillosos intensamente.

Este tipo de material se coloca en presas las cuales precedentes eran construidas con material permeable y destilaban gran cantidad de hidrocarburos al Medio Ambiente.

Suelos contaminados de hidrocarburo por operación y tuberías corroídas.- Existen campos petroleros alrededor de cincuenta años de antigüedad que se encuentran ubicados en zonas pantanosas, manglares u otras selvas inundables. Las tuberías se encuentran conectadas a los pozos individuales y estas a su vez a baterías de separación y desde ahí hasta las petroquímicas y refinerías, generándose corrosión anaerobia, debido principalmente a bacterias reductoras de sulfato, dando como resultado ductos corroídos y muchos rebosamientos. Los tipos de suelos afectados son de zonas bajas con altos contenidos de materia orgánica y arcillosa y los menos afectados, son por lo general los más aptos para la agricultura por poseer texturas menos finas y alta fertilidad. Los lugares que se encuentran en las planicies costeras, son los que más preocupan en estos casos de contaminación por el impacto que ocasionaría sobre los acuíferos debido a que los suelos son de alta absorción.

Tiraderos de desechos semisólidos aceitosos.- Son utilizados pozos antiguos que no originan y están tapados o que nunca produjeron petróleo, puesto que nunca fueron planteados para ese propósito y son levantados de materiales aislantes, muchas veces se termina el espacio disponible y se sigue depositando el relleno sobre la plataforma lo que resulta en escurrimientos e infiltraciones de hidrocarburos al medio ambiente contiguo.

Los resultados que se esperan de una remediación de suelos son los siguientes factores:

- Declaración de la reparación del impacto ejercido por las agilidades de la explotación del crudo.
- Impedir pagos de multas y sanciones a la empresa.
- Sensibilizar los efectos producidos a la naturaleza, al personal laboral de la empresa.
- Concientizar a la comunidad de las áreas de influencia, los cuidados y efectos que pueden ocasionar este recurso.
- Proveer responsabilidad Social de los directivos de las comunidades como voceros del cambio y el efecto
- Evitar el impacto general no solo en los suelos, sino también por los gases emitidos a la atmósfera y de correntias que pudieren direccionar a efluentes cercanos de la contaminación
- Cumplir con el Maco Legal Vigente del Ecuador.

El término “Tecnología de Tratamiento” involucra cualquier operación unitaria o serie de operaciones unitarias que altere la composición de una sustancia peligrosa o contamine a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que se

produzca una reducción de la toxicidad, movilidad o volumen del material contaminado (EPA 2001).

Las tecnologías de remediación representan una alternativa a la disposición en tierra de desechos peligrosos contaminantes que no han sido tratados, y sus capacidades o posibilidades de éxito, bajo las condiciones específicas de un sitio, pueden variar largamente.

2.3.1. Clasificación de Tecnologías de Remediación

Las tecnologías de remediación de los suelos se pueden clasificar de diferentes maneras, con base de los siguientes principios:

- Estrategia de remediación.
- Lugar donde se va a realizar el proceso de remediación
- Tipo de remediación o tratamiento

Es importante mencionar que cada una de estas clasificaciones proporciona diferente información acerca de las tecnologías de remediación de suelos. A continuación describiremos con detalles las clasificaciones antes mencionadas.

a) Estrategia de remediación: En este literal son tres estrategias básicas que pueden usarse de manera conjunta o separadas, para remediar la mayoría de los sitios contaminados:

- **Destrucción o modificación de los contaminantes.-** Este tipo de métodos busca alterar la estructura química del contaminante.
- **Extracción o separación.-** Los contaminantes se extraen y/o se apartan del medio contaminado, aprovechando sus propiedades física o químicas, usando volatilización, solubilidad o carga eléctrica.

- **Aislamiento o inmovilización del contaminante.-** Los contaminantes son estabilizados, solidificados o contenidos con el uso de métodos físicos o químicos.
- b) **Lugar donde se va a realizar el proceso de remediación.-** este método en general se distingue por dos tipos de tecnologías:
- **In situ:** Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado y removido de los contaminantes sin necesidad de excavar el sitio. Es decir el tratamiento del suelo contaminado se realiza en el mismo sitio sin removerlo.
 - **Ex situ:** La realización de este tipo de tecnología se requiere de excavación, dragado o cualquier otro método para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el sitio (on site) o fuera del mismo (off site).

A continuación se muestra las ventajas y desventajas que se encuentran al usar el tratamiento de remediación en el sitio (on site) o fuera del mismo (off site), así como esta explicado en la Cuadro N° 2

CUADRO N° 2 VENTAJA Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN IN SITU Y EX SITU

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN		
	IN SITU	EX SITU
Ventajas	Permite tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar el suelo. Potencial disminución en costos	Menor tiempo de tratamiento Más seguro en cuanto en uniformidad, es posible homogenizar y tomar muestras periódicamente
Desventajas	Mayores tiempos de tratamiento Puede ser inseguro en cuanto a la uniformidad: heterogeneidad en las características del suelo. Dificultad para verificar la eficiencia del proceso.	Necesidad de excavar el suelo. Aumento de costos e ingeniería para equipos. Debe considerarse la manipulación del material y las posibles exposiciones al contaminante.

Autor: Marcos Tomalá

- c) **Tipo de tratamiento.**- Esta clasificación se basa en el principio de la tecnología de remediación y se divide en tres tipos de tratamientos:
- **Tratamiento Biológico (Bio – remediación):** Se utilizan las agilidades metabólicas de ciertos organismos sean estas plantas, hongos, bacterias para poder degradar (destrucción), transformar o remover los contaminantes a productos metabólicos inocuos.
 - **Tratamiento fisicoquímico:** Este tipo de tratamiento, utiliza las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes o del medio contaminado para destruir, de esta manera separar o contener la contaminación.

2.3.2. Tecnologías de Remediación Biológicas (Biorremediación)

El termino biorremediación se utiliza para describir las variedades del sistemas que utilizan organismos vivos sean estos plantas, hongos, bacterias, y otros., para degradar, remover o transformar compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos. Esta estrategia biológica depende de las actividades catabólicas de los organismos y por consiguiente de una capacidad para utilizar los contaminantes como fuente de alimento y energía (Van Deurent et al. 1997).

La vía para la biorremediación de los contaminantes orgánicos, varían en función de la estructura química del compuesto y de las especies microbianas degradadoras. El proceso de biorremediación incluye reacciones de óxido-reducción, receso de absorción e intercambio iónico, e incluso reacciones de acomplejamiento y que la acción que resulten en la inmovilización de metales (Eweis et al 1998).

La biorremediación puede emplear organismos propios del sitio contaminado (autóctonos) o de otros sitios (exógenos), pueden realizarse in situ o ex situ, en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno) o anaeróbicas (sin oxígeno) (Eweis et al 1998). Aunque todos los compuestos orgánicos son susceptibles a la biorremediación, los procesos de biorremediación se han usado con éxito para tratar

suelos, lodos, sedimentos contaminados con hidrocarburos del petróleo (HTP), (Van Deurent et al. 1997, Semple et al. 2001).

Como resultado de decisión, las técnicas de métodos convenientes para la implementación de tratamiento de suelos, se los ha clasificado de la siguiente manera como lo muestra el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3 CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS

Técnicas tradicionales o establecidas	Técnicas innovadoras
Incineración	Extracción de vapores del suelo
Mesclar enterrar y cubrir	Aspersión del aire
Dispersión sobre el terreno	Desorción técnica
Solidificación	Desahalogación química
Rehusó y reciclado	Enjuague del suelo in situ
	Extracción con solvente
	Lavado del suelo
	Medidas fitocorrectivas
	Biorremediación

Autor: Marcos Tomalá

2.4. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN E INSTALACIONES

Pacifpetrol Inc. tiene un sistema de producción a través de 15 años, después de la reversión de la Empresa Petroecuador con su filial Petroproducción (1996), el campo mantenía una producción de 480 gls diarios por medio de tres sistemas de extracción de petróleo usando tres tipos de sistemas de producción:

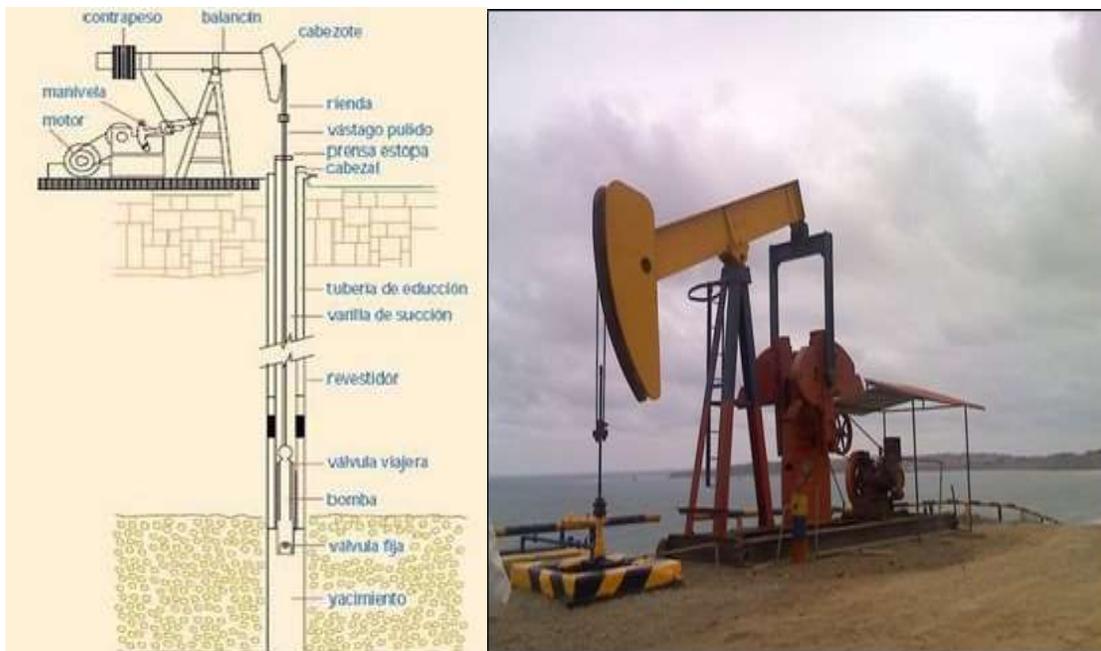
- Bombeo Mecánico
- Swab

- Gas Lift
- Herramienta Local

El proceso de extracción de Gas Lift posteriormente de un tiempo fue reemplazado por la extracción de crudo con herramienta local.

2.4.1. Bombeo Mecánico

IMAGEN N° 2 PROCESO DE EXTRACCIÓN



Fuente: Historia de la Perforación en Ancón – ESPOL
 Autor: Marcos Tomalá

Es un método de extracción o succión de petróleo consistente y transferencia casi continua del mismo hasta la superficie.

También conocido como Unidad de Bombeo Mecánico (AIB), conectada a una bomba mecánica conocida como bomba tubin que está en el subsuelo la misma que está conectada directamente a la sarta de varillas y que están conectadas al Balancín.

La unidad de superficie imparte el movimiento de sube y baja a la sarta de varillas que está conectada y mueve a un pistón de la bomba, colocada en la sarta de producción a cierta profundidad del fondo del pozo. Este método consiste fundamentalmente en una bomba de subsuelo, abastecida con energía suministrada a través de una sarta de varillas la misma que proviene de un motor eléctrico o un motor de combustión interna, la cual moviliza una unidad de superficie mediante un sistema de engranaje y correas.

El método de levantamiento artificial más común y antiguo del mundo es el bombeo mecánico, debido a su simplicidad y robustez, y es posible su aplicación en casi todos los tipos de pozos que requiere levantamiento.

Sin embargo, existen límites físicos para la aplicación en cuanto a su profundidad u caudales a levantar.

Tiene su principal aplicación en el ámbito mundial en la producción de crudos pesados y extra pesados, aunque también se los utiliza en producción de crudos medianos y livianos.

No se recomienda en pozos desviados y tampoco es recomendado cuando la producción de sólidos y/o la relación gas – líquido sea muy alta, ya que esta afecta considerablemente la eficiencia de la bomba.

El motor es el encargado de suministrar la energía necesaria a la unidad de bombeo para levantar los fluidos del pozo, estos motores pueden ser de dos tipos:

- Motor eléctrico: Este es económico tanto en costo y en mantenimiento.
- Motor de Combustión interna: Este es más utilizado el motor de 2 tiempos, y se puede tener el control de la velocidad de transmisión al balancín.

Este método de extracción de crudo es muy importante el dispositivo de reductor de velocidad la misma que la hace por medio de engranajes de alta velocidad angular entregado por el motor a un mayor torque y que es suficiente para permitir el movimiento del balancín, para llegar a una velocidad de bombeo adecuada.

El objetivo de la unidad de bombeo mecánico es Transferir la energía del motor principal, halarla sarta de varillas, convirtiendo el movimiento rotatorio del motor a uno recíprocamente u oscilatorio, reduciendo la velocidad del motor a una velocidad adecuada del bombeo y manteniendo la verticalidad de la varilla pulida.

Cabezal y Conexiones Superficiales.- En el cabezal del pozo se utilizan válvulas de control y manejo de fluidos, así como accesorios para la operación del equipo de bombeo mecánico y el aparejo de producción.

Varilla Pulida.- Es el eslabón entre la sarta de varillas de succión y el equipo superficial, está sometido a un momento de carga que son:

- Peso de fluido
- Peso de varilla
- Cargas de aceleración
- Cargas de vibración
- Fuerza de flotación fuerzas de fricción

Contra balanceos de la unidad.- Estos hacen su función de Reducir la torsión en el reductor de engranajes, haciendo el efecto de contra balanceos que se obtienen colocando contrapesos en el balancín, biela o manivela, tienen un peso aproximado o igual al peso de las varillas más la mitad del peso del fluido.

Este Sistema realiza un aporte de producción diaria del 52% considerando con las producciones de todas las unidades fijas y portátiles que se encuentran en el campo Gustavo Galindo.

2.4.2. Swab

El método de extracción de petróleo por método de SWAB consiste en extraer el fluido del pozo por medio de un conjunto de copas, las mismas que son haladas por medio de una cuerda de alambre. Estos equipos que se utilizan para limpiar y extraer petróleo incluyen un conjunto de hisopado lubricado y válvula de cierre del pozo.

El hisopado o método de Swabbing es una forma de controlar el pozo para liberar la presión del fondo del pozo petróleo hacia afuera.

Las plataformas de swabbing normalmente tienen una cabrestante con un cable y un mástil plegable con una polea en la parte superior, en esta plataforma se encuentra un operador para controlar la unidad, el mismo que debe elevar el mástil y lo mueve hasta quedar alineado con el centro del pozo, a continuación el operador baja el cable dentro y fuera del pozo junto con el conjunto de copas por medio del tambor cabrestante, aquí el operador debe ser capaz de mantener el control de la máquina, teniendo en cuenta el sonido y la profundidad del pozo.

IMAGEN N° 3 UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE SWAB



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

Esta actividad de Swabbing permite la eliminación de los líquidos dentro de los pozos, la cual podría eliminar hasta 6 barriles de petróleo, en los pozos del Campo Gustavo Galindo existen pozos que solo basta una sola carrera para poder achicar el petróleo, así mismo otros que requieren múltiples carreras para eliminar el fluido, los trabajadores almacenan lo extraído en tanques de almacenamiento controlado por medio de válvulas, luego de recopilar el líquido el pozo es dejado para que vuelva a fluir el petróleo para luego ser intervenido de manera periódica.

La acción de esta operación radica en pistonear el pozo utilizando un dispositivo de caucho que realiza el movimiento de sube y baja la misma que es soportado por un equipo que trabaja en el interior de una tubería dependiendo del diámetro de las tuberías, el movimiento realizado cuantas veces sea necesario hasta subir el cable conjuntamente con la presión del fluido del crudo, esta actividad es ejecutada dependiendo del nivel de crudo que tenga cada pozo.

Este método del Swab hace un aporte del 29% de la producción diaria, para esto se debe realizar una programación que el operador de la unidad de SWAB debe seguir diariamente:

- Se localiza el pozo a intervenir
- Se ubica la unidad o camión en posición de reversa alineado al pozo
- Se procede a realizar el levantamiento de la pluma
- Se instala la bomba de aceite y el lubricador
- Se procede a medir el nivel de fluido del pozo a intervenir (agua, petróleo y profundidad)
- Se procede a pistonear durante varias corridas
- Se obtiene el petróleo y es almacenado y transportado

2.4.3. Producción por Gas Lift

El gas Lift es el tipo de levantamiento artificial más económico utilizado por Pacipetrol S.A. y consiste en la inyección de gas a los pozos para elevar a superficie la columna de petróleo. El gas que ingresa se encuentra en una tercera etapa la cual es llamada de formación, por lo consiguiente luego pasa por los respectivos compresores donde emite alta presión.

Luego se selecciona el gas lift dependiendo de la producción a los pozos que son altamente productivos, es decir que tienen una inyección continua, también se selecciona los pozos que tienen inyectoros de gas intermitente los cuales corresponden a los pozos que se encuentran en niveles bajos de producción.

En los campos “Ing. Gustavo Galindo Velasco” la inyección de gas es una complementación del gas lift, esto se puede dar inyectando gas a través de los macarrones y produciendo crudo por medio del tubing como también inyectando gas de alta en el tubing y produciendo por la sarta de macarrones a los pozos, donde se lo conoce como pozos de gas lift directo y el gas lift inverso respectivamente.

IMAGEN N° 4 INSTALACIÓN EN POZO DE EXTRACCIÓN POR GAS LIFT



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

La producción diaria del gas Lift es aproximadamente del 7% lo cual es el sistema que tiene la producción más baja de todos los sistemas productivos en el campo mencionado.

2.4.4. Producción por Herramienta Local

Así mismo, el sistema de producción utiliza los mismos equipos que en Sistema de Swab, con la novedad que en el extremo del cable no lleva el caucho, ni porta copas, en este sistema es reemplazado por una botella de aproximadamente 16 ft y de diámetro 6", 4" o 3", donde la acción consiste en bajar la botella hasta el nivel de petróleo dejándolo reposar unos segundos hasta que se llene la botella, entrando por la parte superior de la misma.

IMAGEN N° 5 HERRAMIENTA LOCAL



Fuente: Pacifpetrol – Unidad N.002
Autor: Marcos Tomalá

Una vez llena, se levanta el cable obteniendo de esta manera la producción de crudo. Este sistema es el más antiguo que existe cuando el nivel y el yacimiento están aptos para producirlo, produce el 12% de la producción diaria total.

Los pasos a seguir que intervienen en los pozos son las siguientes actividades:

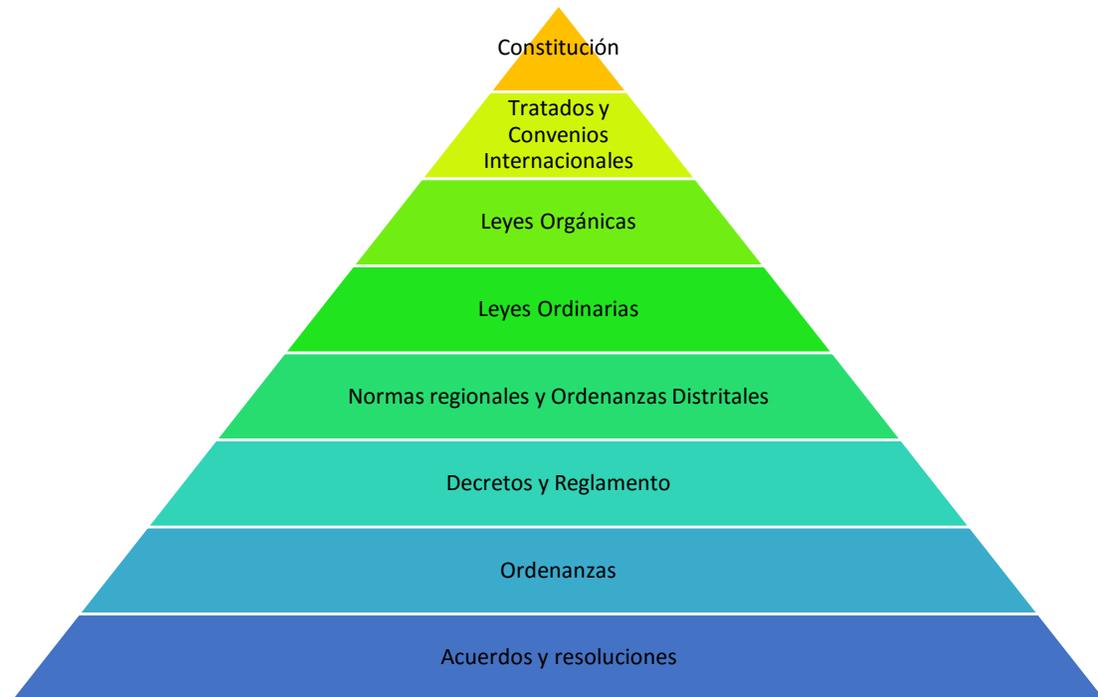
- Se localiza el pozo
- Se ubica el camión o equipo estacionario en posición (de retroceso alineado)
- Proceder a levantar la pluma o trípode para WL.
- Se instala la botella de recolección
- Se introduce la botella en el pozo alcanzando el nivel de petróleo para la operación.
- Se obtiene el producto final que es el petróleo.

La constitución de la República del Ecuador en 2008, en el capítulo segundo, Derecho del buen vivir, en el Art. 14 y 15, declara interés público la preservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integración del patrimonio genético del país, la preservación ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

En el Ecuador existen leyes que legislan el medio ambiente propiamente dichas y otras que contienen disposiciones Ambientales.

Para este proyecto se considera como base la jerarquía de las leyes que administran como tal, realizando un pequeño bosquejo de la aplicación de las actividades que se desarrollan demostrado en el gráfico N° 6.

GRÁFICO N° 1 JERARQUÍA DE LA LEGISLACIÓN



Fuente: www.clapam.com.ec
Autor: Marcos Tomalá

Las leyes Ambientales aplicadas a esta propuesta que podríamos mencionar son los siguientes:

- Constitución de la República del Ecuador de Octubre del 2008
- Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental, Decreto Supremo No. 374. RO/97 del 31 de Mayo de 1976.
- Ley de Gestión Ambiental del 10 de Agosto del 2004
- Texto unificado de la legislación secundaria medio Ambiental (TULSMA) del 31 de Marzo del 2003, ocho libros y siete anexos
- Reglamento ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador 1215

2.5.1 Constitución de la República del Ecuador

Aprobada en el año 2008 por medio de consulta popular, en referencia a los efectos que pueden surgir al medio ambiente como:

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de los ecuatorianos y ecuatorianas, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

El inciso 6: Manifiesta que se debe respetar los derechos de la naturaleza, Preservar un Ambiente Sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art.396.- El estado adoptará políticas y medidas oportunas que eviten los **impactos ambientales negativos**, cuando exista certidumbre de daño. En caso de una duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el estado adoptará medidas protectoras eficientes y oportunas.

Cada uno de los trabajadores en los procesos de producción, distribución y comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daño ambiental el estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración del ecosistema. Además de la sanción correspondiente, el estado repetirá con el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleven la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también

recaerá sobre los servidores o servidoras responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el estado se compromete a:

El inciso 2, manifiesta que se debe establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se deberá establecer un marco normativo para su protección y su uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

2.5.2. Ley de Gestión Ambiental

En el capítulo II de la evaluación de Impacto Ambiental y el control ambiental dicta lo siguiente:

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base, evaluación de impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo de riesgo; sistema de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono.

Una vez cumplida estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 22.- Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieren estudios de impacto ambiental y las actividades para que se hubiese otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas.

Art.25.- LA Contraloría General del Estado podrá, en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de estos, de acuerdo con la ley y su reglamento especial. También lo hará con respecto de la eficiencia, efectividad y economía de los planes de prevención, control y mitigación de impactos negativos de los proyectos, obras o actividades.

Igualmente podrá controlar personas naturales o jurídicas privadas para realizar los procesos de auditoría de estudios de impacto ambiental.

2.5.3. Texto Unificado de la Legislación Secundario Medio Ambiente (TULSA).

El TULSA es un extracto de normas relacionadas a la conservación del ambiente en el Ecuador, basado en ocho libros a continuación:

- Libro I: De la Autoridad Ambiental
- Libro II: De la Gestión Ambiental
- Libro III: Del Régimen Forestal
- Libro IV: De la Biodiversidad
- Libro V: De la Gestión de Recursos Costeros
- Libro VI: De la Calidad Ambiental

Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y descargas de fluentes, Recurso Agua

Anexo 2: Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios para remediación de los suelos contaminados.

Anexos 3: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión

Norma 4: Norma de Calidad del Aire Ambiental

Norma 5: Límites Permisibles de nivel de ruido ambiental para fuentes fija y fuentes móviles y para vibraciones.

Anexos 6: Normas de Calidad Ambiental para el manejo y disposiciones finales de desechos sólidos no peligrosos

Anexos 7: Listado Nacional de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utilizan en el Ecuador

- Libro VIII: Del instituto para el Eco-desarrollo Regional Amazónico ECORAE
- Libro IX: del sistema de Derecho o tasas por los servicio que presta el Ministerio del Ambiente

La participación de este compendio es primordial en toda actividad productiva en el Ecuador, en exclusiva en el ámbito petrolero se consideraba aportes específicos las cuales no se menciona en el Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.

Según las bases legales revisaremos:

“Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador”, basado en el Decreto Ejecutivo No. 1215 publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de Febrero de 2001.

En el Art. 41 de Guía Metodológica.- En la elaboración de los estudios de Impacto Ambiental se aplicaran, de conformidad con las características de cada proyecto y de la fase de operación de que se trate, los siguientes criterios metodológicos y guía general de contenido.

En el artículo de plan de Manejo Ambiental el Numeral 7 se manifiesta, que una vez que se ha identificado, analizado y cuantificado los Impactos Ambientales derivados de las actividades Hidrocarburíferas, para la preparación del plan de Manejo Ambiental se deben considerar los siguientes aspectos:

- Analizar las acciones posibles de realizar para aquellas actividades que según lo detectado en la valoración cualitativa de impactos, impliquen un impacto no deseado.
- Identificar responsabilidades institucionales para la atención de necesidades que no son de responsabilidad directa de la empresa y diseñar los mecanismos de coordinación.
- Describir las tecnologías, diseño, proceso, operación y otros que se hayan considerado para reducir los impactos negativos cuando corresponda.
- Sobre la base de estas consideraciones, el Estudio de Impacto Ambiental, propondrá los programas ambientales respectivos.

El plan de Rehabilitación de las áreas afectadas comprende las medidas, tecnologías y estrategias a aplicarse en el proyecto para rehabilitar las áreas afectadas (restablecer la cobertura vegetal, garantizar la estabilidad y duración de la obra, remediación de los suelos contaminados).

En este reglamento se menciona el Anexo 2 que establece parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental.

En cuyo interior la tabla #6 hace referencia a los límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria Hidrocarburiíferas, incluidas las estaciones de servicios.

Cuando la fiscalización tiene a resultados realizados por auditorias o bajo el diseño del reglamento de Operaciones Hidrocarburiíferas, se realiza bajo este formato.

TABLA N° 1 LÍMITES PERMISIBLES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS EN TODAS LAS FASES DE LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERAS.

Parámetros	Expresados	Unidad	Uso Agrícola	Uso Industrial	Ecosistemas	
Hidrocarburos	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/kg	<2	<5	<1	
Metales	Cadmio	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
	Níquel	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
	Plomo	Pb	mg/kg	<100	<500	<80

Fuente: Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador D.E. 1215
 Autor: Marcos Tomalá

2.5.4. Ley de prevención y control de contaminación ambiental

En el Art. 20 se considera la descarga sustancias contaminantes prohibido ya que pueda desencadenar consecuencias en el medio ambiente, que puede afectar a la salud humana, la flora, fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art 21.- Para los efectos de esta ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Pacifpetrol cuenta con un Plan de Manejo Ambiental el cual define las actividades y asegurar la correcta implantación del Plan de Manejo Ambiental durante el desarrollo de las actividades que se ejecutan en el Bloque 2, y verificar el cumplimiento de la reglamentación ambiental ecuatoriana vigente, especialmente el RAOHE (Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador) y TULAS (Texto

Unificado de Legislación Ambiental Secundaria), determinar la efectividad de las medidas de prevención y mitigación para los diferentes impactos ambientales.

Según el artículo 12 del RAOHE, “los sujetos de control deberán realizar el monitoreo ambiental interno de sus emisiones a la atmósfera, descargas líquidas y sólidas así como de la remediación de suelos y/o piscinas contaminadas”.

Para tal efecto la operadora, ha presentado a la Dirección Nacional de Protección Ambiental la identificación de los puntos de monitoreo según los Formatos No. 1 y 2 del Anexo 4 del RAOHE; la Dirección Nacional de Protección Ambiental aprobó los puntos de monitoreo.

Los análisis de dicho monitoreo interno se reportarán a la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente, cumpliendo con los requisitos de los Formularios N° 3 y 4 del Anexo 4 del RAOHE por escrito y en forma electrónica.

2.5.5. Normas Generales de Comportamiento Laboral

- Se prohíbe a los trabajadores de la operadora y Contratistas movilizarse fuera de las áreas de trabajo sin autorización de la Gerencia de Campo o supervisores responsable asignados a cada proyecto.
- Los trabajadores no podrán tomar posesión de terrenos aledaños a las áreas de trabajo.
- Se prohíbe a los trabajadores la pesca y caza en el área del Bloque y fuera de ésta.
- Se prohíbe el consumo de bebidas alcohólicas y/o drogas en campamentos y frentes de trabajo. Así como, la posesión y uso de armas.

- Los trabajadores no podrán realizar tráfico de fauna o flora silvestre y se controlará la presencia de animales domésticos en campamentos y facilidades.
- Está prohibido para los trabajadores hacer contactos o acercamientos con las comunidades sin previo consentimiento del Departamento de Relaciones Comunitarias.

2.5.6. Contención de Derrames Pequeños y Métodos de Limpieza

Todos los equipos y maquinaria pesada deberán ser inspeccionados periódicamente, al menos una vez al año con el fin de verificar que no existan liqueos o fugas de combustible o lubricantes.

En caso de que estas anomalías se presenten, los equipos y maquinaria deberán ser retirados y reemplazados o en su defecto llevados a mantenimiento antes de retomar los trabajos.

Para la contención de derrames pequeños se considerarán los siguientes aspectos:

La mayoría de los derrames pequeños pueden limpiarse utilizando materiales absorbentes como:

- Orgánico natural: paja, conchas de arroz o centros de maíz.
- Minerales: vermiculita, perlita, o arcilla.
- Sintéticos: polímeros. Los materiales sintéticos son los más efectivos, sin embargo, puede ser más difícil su disposición final.

Para poder responder ante un derrame pequeño en todas las instalaciones de Pacifpetrol se debe contar con equipo de contención y material absorbente.

Los suelos contaminados con hidrocarburos serán trasladados al sitio destinado como área para bio-remediación de suelos ó acopio temporal antes de ser enviados al gestor

autorizado y acreditado o a su vez previo a la aprobación del programa de remediación ambiental.

Los materiales contaminados (pañños absorbentes) de igual forma deberán ser depositados en los recipientes adecuados, transportados al sitio de almacenamiento temporal y luego recibir una disposición conforme lo estipulado en el plan de manejo de desechos sólidos, esto es ser entregados a un gestor calificado y que cuente con Licencia Ambiental correspondiente.

En cualquier caso, deberá verificarse la legalidad de las operaciones de la empresa seleccionada.

Para instalaciones temporales y/o provisionales, los cubetos de contención podrán ser protegidos con geomembrana o liner.

2.5.7. Especificaciones para el Control de Emisiones Atmosféricas

Los equipos recibirán mantenimiento y calibración periódica, y permanecerán en buenas condiciones de funcionamiento para evitar emisiones excesivas. Los equipos no serán modificados si como resultado de esto se produjera un incremento en los niveles de emisiones al aire.

Los ambientes donde se localizan los generadores serán ventilados para evitar altas temperaturas que puedan provocar el descenso de la eficiencia en la combustión y por tanto aumento en la emisión de los contaminantes atmosféricos.

Todo el gas producido en el campo será utilizado en el proceso, en caso de que este no pueda ser utilizado será quemado en teas verticales provistas de sus respectivos cunetas perimetrales.

Los valores de emisión individuales de los equipos instalados en las facilidades de Pacifpetrol deberán ser menores a los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial (AM) 091 del Ministerio de Minas y Petróleo.

TABLA N° 2 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EMISIONES DE GENERADORES ELÉCTRICOS Y MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Contaminante (mg/dsm ³)	Tipo de Combustible que se Utiliza		
	GLP o Gas	Diesel	Bunker ó Crudo
Material Particulado (MP)	N.A.	100	150
Óxidos de Carbono (CO)	N.A.	1.500	150
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	1400	2000	2000
Óxidos de Azufre (SO ₂)	30	700	1500
HAP's	0,1	0,1	0,1
COV's	5	10	10

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 091. Registro Oficial No. 430 de abril del 2007
Elaboración: Cardno ENTRIX,

2.5.8. Monitoreo de descargas líquidas

Es responsabilidad del supervisor ambiental del departamento de SSA verificar que el manejo de descargas líquidas de aguas de escorrentía, aguas industriales, negras y grises (de ser el caso) generadas tanto en las actividades constructivas como en las facilidades de este bloque, así como en los campamentos, se realice conforme lo establecido en el Plan de Manejo de Residuos de la operadora, en cumplimiento con el RAOHE, de ser el caso se reportará las no conformidades, con el fin de que se proceda a la disposición de las acciones correctivas que el caso amerite.

En actividades constructivas se debe verificar el cumplimiento del Art. 73 del RAOHE en lo referente a los ensayos hidrostáticos tanto de tuberías como de tanques.

Una vez implementada una nueva facilidad el Gerente del Campo deberá remitir al MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) los formularios de identificación de

efluentes y puntos de control (inmisión) sujetos a monitoreo, según el formato 2 especificado en el Anexo 4 del RAOHE, para que sean incluidos dentro del programa de monitoreo de la operadora.

Una vez que se han autorizado los puntos de monitoreo y haya asignado un código, el Superintendente SSA deberá incluir estos puntos en las campañas de monitoreo, para ello deberá contratar los servicios de un laboratorio especializado y calificado para la caracterización de descargas líquidas para que realice la caracterización de las mismas con la frecuencia indicada en el RAOHE.

En el caso de que en los monitoreos se determinen fuentes de emisión de contaminantes que tienen uno o varios parámetros fuera de la norma referidos en el Plan de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos; así como establecidos en el Anexo 2, Tablas 4 y 5 del RAOHE, se debe reportar el incumplimiento con el fin de que se dispongan de las acciones correctivas que el caso amerite.

Todos los reportes de monitoreo deberán ser mantenidos en formato físico y digital, ya que serán requeridos durante la realización de las auditorías externas.

Actualmente, los dos puntos de monitoreo de descargas líquidas son:

TABLA N° 3 PUNTOS DE MONITOREOS

Nombre de la empresa:	Asociación SMC Pacifpetrol S.A.
Bloque	Bloque # 2
A) Punto de descarga (efluente):	Laguna de Santa Paula # 1
Coordenadas (UTM):	E 508792 - N 9751645
Coordenadas geográficas:	Latitud Sur -2°-14'-48,867" Longitud Oeste 80°55'15,353"
Descripción:	Ninguna
Tipo de descarga:	Líquida
Caudal promedio:	0,017 M3/sg
Tratamiento previo a la descarga:	Trampa de grasas
Otras características	Ninguna

Autor: Marcos Tomalá

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROBLEMA

3.1. GENERALIDADES

La industria Petrolera específicamente en la zona Peninsular, se ha degradado gran parte de biodiversidad existente en este punto del Ecuador (Gráfico N°7), las Autoridades por mucho tiempo no dieron el valor cuantificado a la contaminación por estos hidrocarburos.

En la actualidad curar el suelo es una necesidad donde se deben tomar varias alternativas para renovar y devolverlo a la naturaleza en condiciones originales u óptimas.

IMAGEN N° 6 SUELO CONTAMINADO



**Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá**

El bloque Gustavo Galindo Velasco está fraccionado en tres zonas, Norte Central y Sur, cada una administrada por un grupo de técnicos encargados de analizar la información de los pozos para analizar y poder programar los trabajos de mantenimiento y reacondicionamiento de los mismos, actualmente la producción de los hidrocarburos se da por tres sistemas de levantamiento artificial la misma que da una producción aproximadamente de 1206 barriles de petróleo diariamente.

En la empresa Asociación SMC. Pacifpetrol Inc. se realizan diferentes actividades para la extracción de Petróleo ya sea esta por SWAB, Gas Lift o por Unidad de bombeo mecánico, los mismos que en sus procesos de extracción siempre se corre el riesgo de que exista algún derramamiento de petróleo al medio ambiente.

Se requiere promover técnicas y métodos de mejoramiento con resultados efectivos que en la actualidad se lo realiza por el Método de Landfarming, donde intervienen la bioestimulación, biolabranza, que al final se concluye con la biorremediación donde intervienen bacterias para degradar el compuesto contaminante, del cual se propone cambiar el diseño de Landfarming a una plataforma con un previo lavado antes del tratamiento de dosificación de bacterias.

El Landfarming que es utilizado por la empresa es un proceso donde se utilizan bacterias nativas para degradar los elementos de petróleo que ocurren en el suelo, la bacteria degrada el componente orgánico, provocando dióxido de carbono y agua. Para el desarrollo eficiente de este proceso es necesario proveer las condiciones óptimas para la evolución de la población bacteriana.

Esta técnica de tratamiento es recomendada especialmente para productos semi volátiles a pesados y en promedios donde existen suelos arcillosos, en el caso de existir suelos arcillosos se procederá a realizar una impermeabilización artificial para evitar toda posibilidad de percolación de lixiviados.

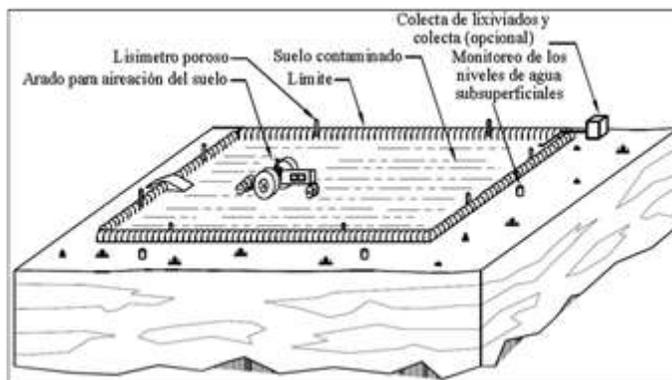
El Landfarming compone de un método simultáneo de tratamiento y disposición final, donde el suelo contaminado con residuos de hidrocarburo es mezclado con la superficie del suelo para ser separado o transformado bajo un manejo adecuado del mismo.

El manejo adecuado de un Landfarming implica la investigación preliminar del residuo, el control del lugar de degradación depende de disponibilidad de los nutrientes y la ausencia de las sustancias biotóxicas y de otros parámetros que se requiere como por ejemplo: salinidad, capacidad de intercambio iónico, ph, textura, capacidad de retención de humedad, aireación, temperatura y drenaje interno.

El suelo debe reunir las condiciones que fortalezcan la actividad biológicas las mismas que son humedad optima, buena porosidad, presencia de nutrientes (Nitrógeno, potasio, otros.), estas tienen que estar bajo las condiciones recomendables en temperatura y suficiente aireación.

En los Landfarming (gráfico N° 8) las cepas bacterianas que se aplican al suelo depende mucho del tipo de suelo contaminando que se vaya a tratar, el área de tratamiento se divide en zonas para residuos con hidrocarburos y zona para residuos sin hidrocarburos, ya que el cultivo bacteriano es específicamente para cada uno de los problemas a tratar y los índices de rotación son distintos.

GRÁFICO N° 2 MÉTODO DE ARADO DE SUELO EN LANDFARMING



Fuente: Tecnologías de Remedición de suelos contaminados
Elaborado por: Tropical Landfarming Operation

3.2. ANÁLISIS DEL LANDFARMING

El Landfarming o tratamiento superficial en tierra es una técnica de remediación cuya aplicación usual es la reducción de la concentración de hidrocarburos en suelos contaminados aprovechando su capacidad para ser biodegradados.

El método de Landfarming es efectivo para reducir casi todos los contaminantes efectuados por el petróleo, los cuales con un efectivo tratamiento se descomponen por biodegradación.

Existen algunos diseños de Landfarming y cada vez van mejorando según las necesidades de lugar, temperatura, ubicaciones y otros aspectos que obligan que el tratamiento y la degradación sean aún más acelerados y con reducción de costos a través del tiempo.

En la Empresa Asociación SMC. Pacifpetrol Inc. se inició con la recuperación de los suelos contaminados, ejecutando planes pilotos de distintos métodos que concluyeron con la intervención del Landfarming elaborado con geomembranas.

A pesar que el método es eficiente, se limita a su eficacia cuando intervienen los tiempos de mantenimiento de la estructura para posterior dar inicio a una nueva corrida.

Después de varias intervenciones para la recuperación de suelos contaminados por petróleos, el factor tiempo acompañado del costo por mantenimiento y reacondicionamiento para una nueva intervención, genera retrasos y mayor tiempo total vs volumen tratado.

El diseño que fue implementado es una readecuación del Landfarming común para este principio, el cual se adecuó ciertas adaptaciones como conductos externos, cajas receptoras con el fin de evacuar los fluidos mayores que se realizan en el inicio del tratamiento.

El área de construcción específica, fue fijada para curar alrededor de 300 m³, con un perímetro de 100 m² por lado, el cual tendrá objeto para el acopio del suelo contaminado y tratado. De las características de los principales equipos y materiales predominantes en la intervención de su diseño se listan:

Materiales.

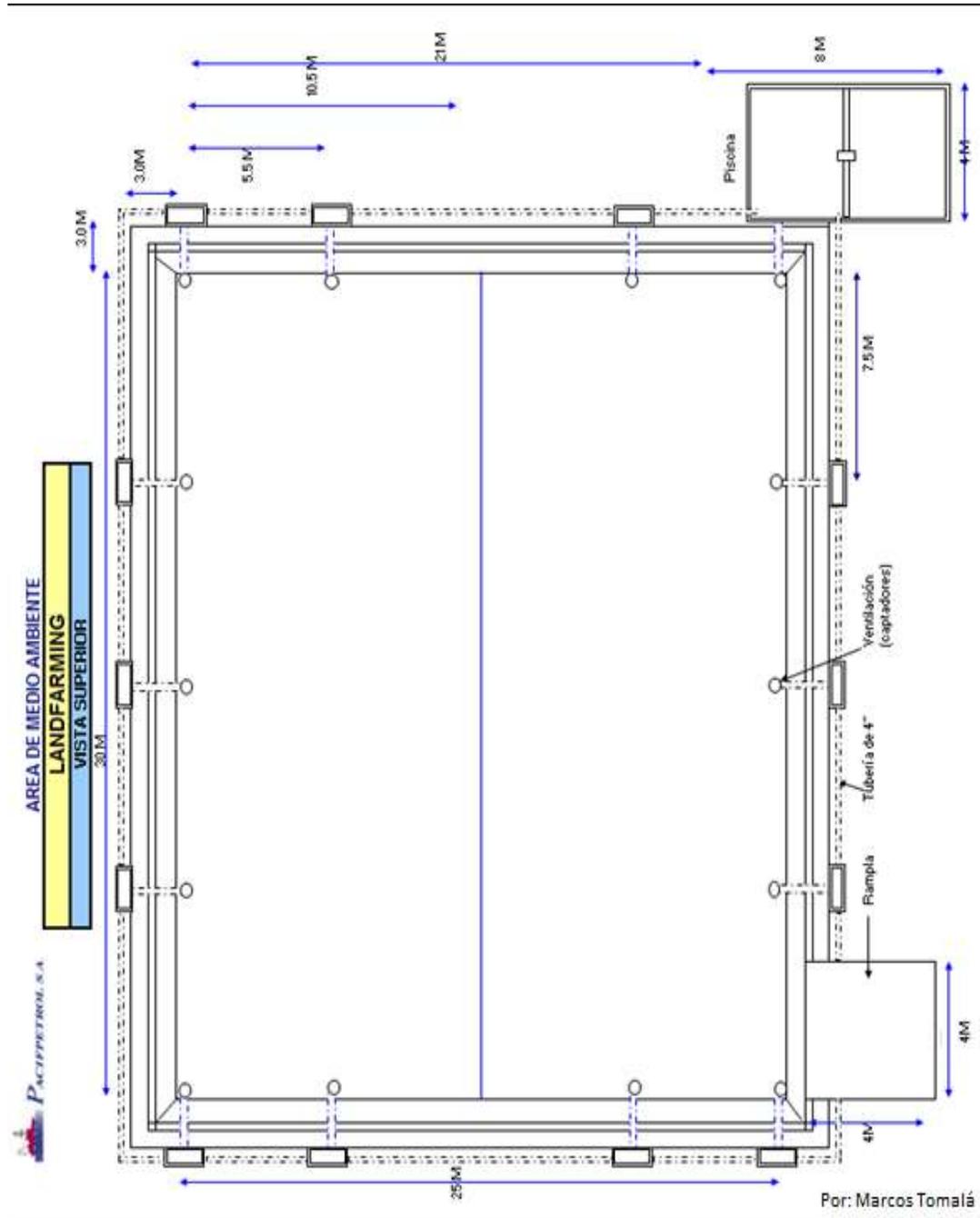
- ✓ Geomembrana Linner de 1.5 mm con un área de 900 m².
- ✓ Tubería de PVC de 4" para la circulación de fluidos con una dimensión de 158 m.
- ✓ Cemento para la construcción de la recepción de los fluidos y preparación de la bacteria con una cantidad de 50 sacos.

Maquinarias y Equipos.

- ✓ Volquetas
- ✓ Retroexcavadora
- ✓ Rodillo
- ✓ Selladora de linner
- ✓ Motocultor

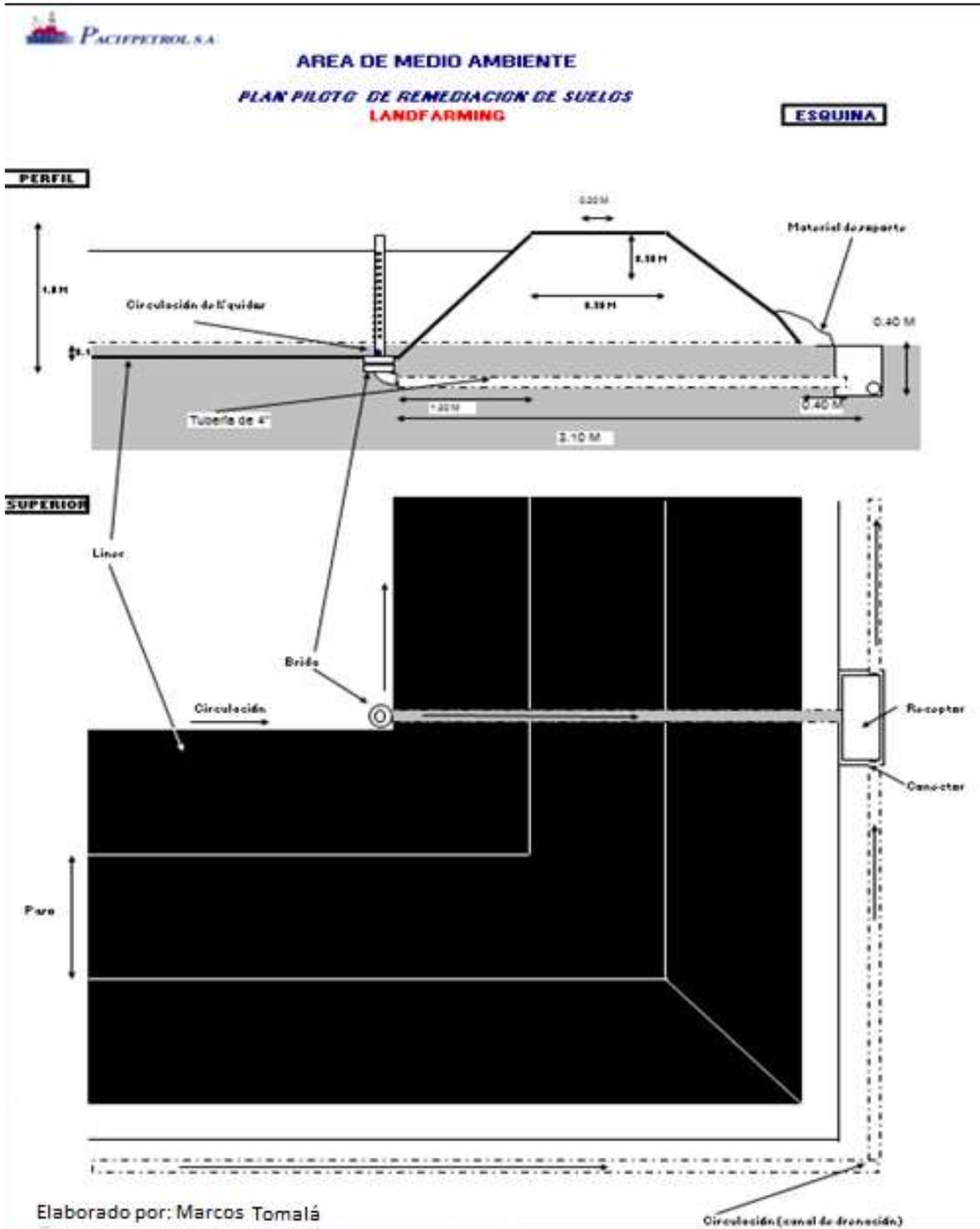
Este sistema de remediación Landfarming que la Empresa Pacifpetrol actualmente utiliza se lo demuestra en el gráfico N° 9 que tiene un área a tratar de 750 metros cuadrados y la problemática principal en este método de remediación es en los tubos perforados.

GRÁFICO N° 3 ÁREA DEL LAMDFARMING



Fuente: Pacifpetrol
 Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 4 ÁREAPROBLEMÁTICA DEL LANDFARMING



Fuente: Pacifpetrol
 Autor: Marcos Tomalá

La problemática que se pudo comprobar en los Landfarming que actualmente utiliza la empresa Pacifpetrol es la obstrucción de los orificios realizados en las tuberías que cuenta el mismo para el drenaje de los líquidos como agua y petróleo de la piscina Landfarming a los receptáculos de acopio, haciendo que el proceso de remediación sea más lento, dificultoso y muchas veces imperceptible para el operador de este sistema de remediación.

3.3. EL INVENTARIO AMBIENTAL EN TORNO AL PROBLEMA

Ancón ha sido durante muchos años una zona de frecuente extracción de petróleo de manera descontrolada y sin tomar en cuenta el impacto generado al medio ambiente puntualmente al suelo por esta actividad, (gráfico N°11), pese a las constantes actividades de la presente operadora por minimizar este daño, Pacifpetrol cuenta con programas de remediación de suelos, las mismas que con ayuda de las bioremediaciones se la realizan periódicamente en este rincón del país.

IMAGEN N° 7 SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

Actualmente, la parroquia Ancón cuenta con una innegable cantidad de suelo contaminado por los diferentes métodos de extracción de petróleo que realiza la empresa Pacifpetrol, los mismos que efectúan la intervención de los pozos de la manera más segura posible pero como en todo proceso por desgaste de trabajo, los componentes de prevención de derrame sufren averías provocando que se realicen unos derrames mínimos que son controlados y remediados por el personal de Medio Ambiente de la empresa.

En el método de Bombeo Mecánico se produce fallas en las sartas de varillas, que por el movimiento de arriba hacia abajo y viceversa, se produce salpicaduras de petróleo al suelo y no en el cuneto construido al pie del pozo, (gráfico N° 12) la misma que no pueden ser controladas por diferentes factores como, el viento o la variación de presiones con la que viene el hidrocarburo.

IMAGEN N° 8 BOMBEO MECÁNICO



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

En el método de Swab (grafico N° 13) también se puede apreciar problemas de derrame de hidrocarburo en el suelo, los controles de seguridad se los aplica pero por la misma causa de los desgastes de los materiales usados y por el constante trabajo diario se provocan las fugas de petróleo en las conexiones de las mangueras de la boca de pozo hacia un tanque de almacenamiento o a un tanquero cisterna, también se provoca salpicaduras de hidrocarburo al levantar el cable de armada con la que se realiza los pistones en el pozo a intervenir.

IMAGEN N° 9 EXTRACCIÓN POR SWAB



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

En el procedimiento de extracción por método de Herramienta Local es el tipo de operación más utilizado dentro del campo; 876 pozos operan bajo esta modalidad. Consiste en un recipiente metálico tipo barril, que por medio de un cable y una wincha, desciende hasta tener contacto con el crudo del pozo, abriéndose un dispositivo que le permite llenarse. Una vez lleno se cierra y es llevado nuevamente a su posición original

en la wincha y se dispone del petróleo obtenido en tanque móvil. Se repite varias veces hasta que se verifica que el pozo intervenido haya agotado su nivel de producción, y se procede a desmontar los equipos y dirigirse al siguiente pozo programado (Gráfico N°14).

IMAGEN N° 10 MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR HERRAMIENTA LOCAL



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

De esta manera al sacar la botella introducido al yacimiento se produce pequeños derrames al pasar el petróleo del pozo al tanquero móvil, las mismas que el equipo de medio ambiente (Gráfico N° 15) se encarga de recoger el suelo contaminado y llevarlo al sitio de acopio para su respectiva remediación. Es esta la tarea que se realiza a diario y en las diferentes secciones del campo Gustavo Galindo de Ancón.

IMAGEN N° 11 RECOLECCIÓN DE SUELO CONTAMINADO



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO CONTAMINADO

Para establecer las características físicas – mecánicas de los suelos, se efectuaron trabajos de campo y laboratorio. En los trabajos de campo se realizaron perforaciones manuales superficiales (calicatas) de hasta 1 metro de profundidad.

Los objetivos de estas perforaciones manuales fueron:

- Puntualizar el perfil estratégico de los suelos
- Ejecutar los respectivos ensayos de densidad de campo en sedimentos representativos
- Realizar toma de muestras para el respectivo análisis físico de laboratorio.
- Especificar y clasificar los suelos de acuerdo al sistema Unificado (S.U.C.S).

Los análisis de las muestra se realizaron en los laboratorios de la ciudad de Quito las misma que se indican en el Anexo N 14 de este proyecto, los mismos que dan como resultado los datos de clasificación obtenidos en el siguiente resumen en el cuadro N°4.

CUADRO N° 4 RESUMEN DE ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CALICATA	COORDENADAS		PROF. (m)	HUMEDAD (%)	PASA # 4 (%)	PASA # 200 (%)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P (%)	SUCS	DENSIDAD (T/m ³)
	ESTE	NORTE									
SN1G	518632	9747303	0.90	8.18	99.60	82.16	47.10	16.87	30.23	CL	1.48
PG1G	519710	9743891	0.40	13.56	99.67	48.98	27.90	18.49	9.41	SC	1.55

LL = Límite líquido; LP = Límite plástico; CL = Arcillas gravosas, arenosas o limosas; SC = Arenas arcillosas y arenas arcillo arenosas.

Fuente: Geoconsult, resultados de análisis de laboratorio.
Elaborado: ENTRIX.

Para los análisis Físicos del suelo se consideran los siguientes parámetros:

Densidad por volumen: Se considera como la masa de un volumen del suelo seco (Peso). En la zona de Estudio, la densidad del suelo analizado es de 1,48 a 1,55 T/m³, desde el punto de vista geotécnico estos son suelos con una densidad natural baja, susceptible a la erosión.

Índice de plasticidad (IP): Es la contradicción entre los límites líquidos (LL) y plásticos (IP) de las tierras (es conocido como el Límite de Atterberg). Esta relación tiene una concordancia inversa con la permeabilidad y compresibilidad del suelo; mientras más bajo es el valor del IP más alto son los valores de permeabilidad y compresibilidad o viceversa. Para un suelo los valores IP entre 0-3 es no plástico; entre 4-15 ligeramente plástico, entre 15-30 moderadamente plástico y superior de 30 es altamente plástico.

Las muestras tomadas dan como resultado en el área de estudio presentan un IP ligeramente plástico a altamente plástico, ya que se tiene valores de 9,41% a 30,23%.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS): La clasificación geomecánica está asentada primariamente en los límites de Atterberg, tamaño de las partículas y el contenido de la materia orgánica. Los suelos del punto de muestreo SN1G, ubicado a 10 m al oeste del pozo 18-75 de la Sección Navarra, corresponden a suelos de granulometría fina del tipo CL que se definen como arcillas gravosas,

arenosas o limosas, presentan coloración amarillenta blanquecina, de plasticidad baja, suelos secos y agrietados in situ.

En la diferencia los suelos son arenosos del tipo SC, específicamente arena arcillosa, de color marrón oscuro, partículas redondeadas, de baja humedad, firme y compactos in situ.

Conclusiones de las características Físico Mecánica de suelo

Los suelos explorados desde el punto de vista físico – mecánico, muestran que se encuentra el área de estudio sobre suelos de tipo sedimentario, de granulometría fina a gruesa, de potencias no mayores a los 30,00 m., que corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas, del tipo CL y SC respectivamente, caracterizadas por su baja densidad natural que las hace potencialmente erosionables.

A continuación se mostrará los componentes químicos que contaminan el suelo.

3.5. COMPONENTE BIÓTICO

Al evaluar las peculiaridades químicas del suelo se determina las condiciones ambientales de los mismos estableciéndose las medidas de línea base del presente estudio.

De igual manera Pacifpetrol, cuenta con un programa de monitoreo interno de suelos, cuyos resultados permiten ampliar la información obtenida en el muestreo puntualmente de los contaminados.

En concordancia con lo expuesto se escogió el sitio de acopio del Landfarming de la Sección 67 para el muestreo, cuya localización geográfica se indica la siguiente tabla N°4.

TABLA N° 4 RESULTADOS DE MUESTREO DE SUELO CONTAMINADO

Parámetros	Unidades	Valor Norma (TULSMA)	Valor Norma (RAHOE)	Resultados
TPH	mg/kg	N/E	< 4000	6109,9
HAP's	mg/kg	0.1	< 5	0,6
Cadmio	mg/kg	0.5	< 10	0,8
Niquel	mg/kg	20	< 100	30
Plomo	mg/kg	25	< 500	20

Fuente: Monitoreo muestra de suelo ESPOCH
Autor: Marcos Tomalá

Los modelos se tomaron manualmente, fueron homogenizadas, embaladas en fundas plásticas herméticas con su respectiva identificación (código, hora y fecha) y transportadas en contenedores termo-resistentes hasta los laboratorios certificados para este efecto.

Los análisis de laboratorio se orientaron a determinar el contenido de metales pesados, de hidrocarburos totales TPH, e hidrocarburos aromático policíclicos HAPs , según las cuantificaciones establecidos en el cuadro 4 del RAOHE, en el cual se establecen los límites máximos permisibles para suelos contaminados por hidrocarburos, para luego ser conjugados con los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI, Anexo 2, Tabla 2 Criterios de Calidad de Suelos.

3.6. COMPONENTE SOCIO ECONÓMICO

Aspectos demográficos.

Los datos del último censo realizado en el 2010, marcan una población de 3013 habitantes en la parroquia Ancón como área de influencia a más de las comunidades de Prosperidad con 1300 Habitantes y la Comuna el Tambo con una cantidad de habitantes que es de 1150 personas. En el área de Influencia Indirecta se encuentra la parroquia Atahualpa cuya población de 3013 personas, de ella se deriva un porcentaje estratificado que proporciona los datos antes expuestos en el siguiente gráfico.

GRÁFICO N° 5 DIFERENCIA DE POBLACIÓN POR SEXO



Fuente: Espol
Autor: Marcos Tomalá

3.7. Análisis Interno y Externo

Detalle a continuación en el cuadro N° 5 los aspectos internos y externos del proyecto a implantar.

CUADRO N° 5 MATRIZ DE FACTORES INTERNOS

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Reducción de Costos de Mantenimiento	Costos elevados de elaboración del método
Ahorro de tiempo en el proceso de remediación	Mayor tiempo en el proceso de remediación cuando existe mayor porcentaje de contaminación
Optimización de recursos	Limitado a suelos superficiales

Autor: Marcos Tomalá

Dentro de los factores internos que existen para la implantación de este proyecto tenemos la reducción de los costos de mantenimiento con el cual la inversión será menor y la obra tendrá más durabilidad ante el deterioro con respecto al tiempo, así mismo con el proyecto implantado se ahorrará tiempo en el proceso de biorremediación y además e optimizará recursos, esto en contrarresta las posibles debilidades en cuanto a la construcción de la nueva plataforma y a la existencia de suelos superficiales.

Dentro de los factores externos (cuadro N° 6) que existen en el proyecto tenemos como una oportunidad para desarrollarse el proyecto sin mayor inconveniente es el clima en el que nos encontramos, también el apoyo que en la actualidad existe del gobierno que ayudará a agilizar el proceso, en cuanto a las amenazas que pueden existir tenemos los escasos análisis para el tratamiento adecuado del suelo que no existen en el país y las empresas optan por métodos tradicionales para el tratamiento de estos.

CUADRO N° 6 MATRIZ DE FACTORES EXTERNOS

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Clima tropical	La mayoría de las empresas dedicadas a la extracción de hidrocarburos dentro de la provincia no cuentan con un debido proceso de remediación de suelo
Apoyo por parte del Gobierno para reducir la contaminación y agilizar el proceso de remediación de los suelos.	Escasos análisis para tratamientos más adecuado para los suelos contaminados
Empresas comprometidas con el medio ambiente	Empresas optan por métodos tradicionales para tratar suelos contaminados

Autor: Marcos Tomalá

3.8. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

CUADRO N° 7 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES															
ITEM	ACTIVIDAD	ÁREA	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	TIPO DE OPERACIÓN	RECURSO AFECTADO	CRITERIO					TOTAL	SIGNIFICANCIA	NORMATIVA RELACIONADA	CONTROL
							TIPO DE IMPACTO	FRECUENCIA	EXTENSIÓN	LEGISLACIÓN APLICABLE	AFECCIÓN				
1	Bioestimulación del suelo	MEDIO AMBIENTE	Bioestimulación de suelo virgen con suelo contaminado, relación de ¼	Colocación de suelo a tratar en el área superficial del Landfarming	NORMAL	SUELO	5	4	3	2	5	19	SIGNIFICATIVO	Ley de prevención y control de contaminación ambiental Art. 20	Programa de manejo de residuos peligrosos
2	Distribución del agua		Suelo distribuido en el total de su área a unos 0.40 m de altura	Lavado inicial del suelo	NORMAL	SUELO	3	2	3	1	2	11	NO SIGNIFICATIVO	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador Decreto Ejecutivo No. 1215 Registro Oficial No. 265	Implementar el programa de uso eficiente del agua
3	Aplicación del detergente		Aplicación de detergente previo a lavado inicial de suelo	Aplicación homogénea de detergente para el suelo	NORMAL	SUELO	3	3	4	2	3	15	SIGNIFICATIVO	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador Decreto Ejecutivo No. 1215 Registro Oficial No. 265	Implementar instructivo de colocación de químico en el suelo
4	ESTIMULACIÓN DE BACTERIAS		Preparación y siembra de las bacterias en el suelo	Ingreso de bacterias estimuladas en reservorio de 1200 Gls, previo a la siembra	NORMAL	SUELO	4	4	3	1	4	16	SIGNIFICATIVO	TULSA, Libro II: De la Gestión Ambiental Legislación Secundario Medio Ambiente (TULSA).	implementar instructivo de colocación de las bacterias en el suelo
5	MEDICIÓN		Ingreso de información en el registro	Resultados de los parámetros químicos del suelo	NORMAL	SUELO, FLORA Y FAUNA	3	4	4	2	3	16	SIGNIFICATIVO	Acuerdo Ministerial No. 091. Registro Of+P8:Q10icial No. 430 de abril del 2007 Monitoreo de descargas líquidas	Implementar procedimiento de mantenimiento

Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS DE MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

En la matriz de aspectos e impactos ambientales comienza por una valoración cualitativa, este tipo de matriz es de causa - efecto, consiste en un cuadro con varias columnas donde figuran las acciones impactantes y factores del medio ambiente que son susceptibles a recibir impactos. Para la ejecución de esta será necesario identificar las acciones que puedan causar impactos sobre el medio ambiente dando una valoración del 1 al 5 donde 5 es de mayor relevancia luego se realiza la sumatoria y el resultado nos indica según como corresponda < 15 es no significativo y >15 es significativo.

La matriz de impacto ambiental es el enlace entre la gestión ambiental y la gestión técnica, económica y administrativa que requieren los proyectos. Igualmente, es uno de los instrumentos de gestión de los proyectos que aportan elementos para lograr su viabilidad global.

La matriz de impacto ambiental identifica los impactos del proyecto sobre el ambiente y propone las acciones requeridas para su atención y manejo. Así como el suministro de la información requerida por la autoridad ambiental para otorgar la licencia ambiental y otros permisos. Por lo tanto, es el insumo fundamental para lograr que el proyecto sea compatible con el ambiente.

Mediante la matriz de impacto ambiental se apoya o se verifica la existencia y disponibilidad de los recursos naturales que requieren los proyectos.

Dentro de la matriz de aspectos e impactos ambientales podemos observar que existe varios aspectos significativos con el tratamiento de suelo que se podrían mejorar con la implantación del proyecto y obtener un mejor resultado en cuanto a la medición del suelo contaminado que se obtiene, para reducir la contaminación que se produce en estos procesos de extracción de los hidrocarburos.

También la implantación de varios instructivos para la adecuada realización de los procesos dependiendo de las leyes impuestas.

3.10. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

Para la obtención de resultados se aplicó una encuesta la cual fue realizada a 20 trabajadores que laboran en el departamento de Medio Ambiente que conocen la situación y proceso del tratamiento del suelo contaminado por hidrocarburos.

3.10.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

1. ¿El manejo de las políticas en materia ambiental acerca de la contaminación que existe en la empresa es el adecuado?

TABLA N° 5 POLÍTICAS AMBIENTALES

MANEJO DE POLÍTICAS EN MATERIA AMBIENTAL	FRECUENCIA	%
SI	4	20%
NO	16	80%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 6 MANEJO DE POLÍTICAS AMBIENTALES



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

En la encuesta realizada a los trabajadores se puede observar que el 80 % respondieron que no se están utilizando políticas ambientales en el proceso porque existe un desconocimiento y desinterés por el tema ambiental.

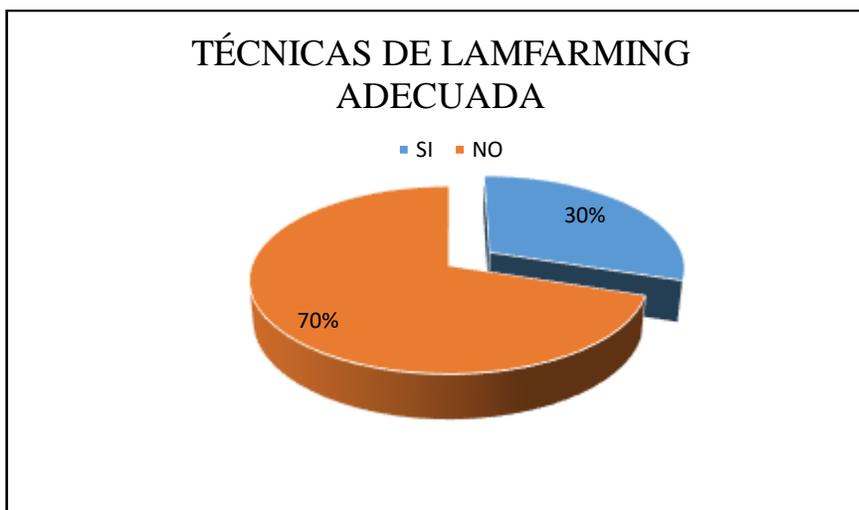
2. ¿Usted cree que la técnica de Landfarming en el procedimiento de biorremediación que en la actualidad se está realizando en la empresa es el adecuado para el tratamiento de suelo?

TABLA N° 6 TÉCNICA DE LAMFARMING ADECUADA

TÉCNICA DE LAMFARMING ADECUADA	FRECUENCIA	%
SI	6	30%
NO	14	70%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 7 TÉCNICA DE LAMFARMING ADECUADA



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron en su mayoría piensan que la técnica usada actualmente para la biorremediación del suelo no es la adecuada porque se utiliza mayor inversión en materiales y la calidad del suelo tratado no es la óptima.

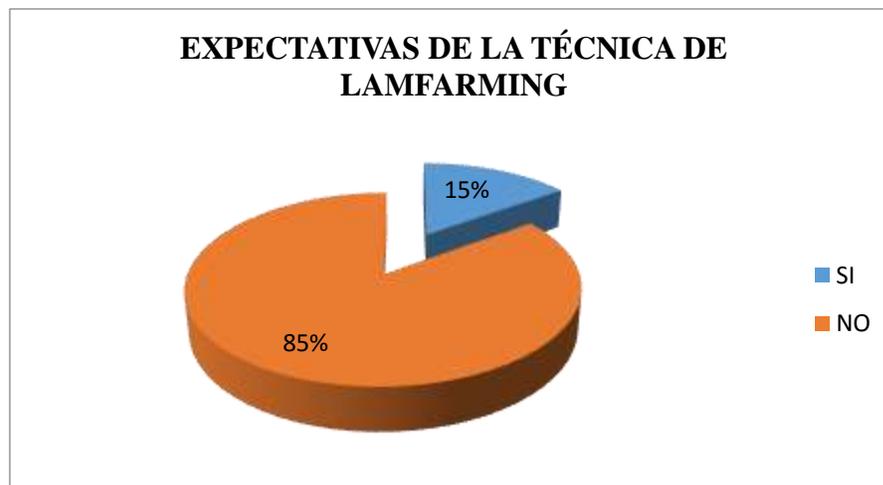
3. ¿Cree usted que la técnica de Landfarming utilizada en el método de biorremediación de suelo cumple con las expectativas en cuanto a la eficacia y eficiencia necesaria?

TABLA N° 7 TÉCNICA DE LAMFARMING CUMPLE EXPECTATIVAS

TÉCNICAS DE LAMFARMING CUMPLE EXPECTATIVAS	FRECUENCIA	%
SI	3	15%
NO	17	85%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 8 TÉCNICA DE LAMFARMING CUMPLE EXPECTATIVAS



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Según los encuestados en su mayoría con el 85% refieren que la técnica actualmente realizada no cumple con las expectativas propuestas por la empresa debido a que este proceso tiene mayor tiempo en el tratamiento y por ende gasta más recursos.

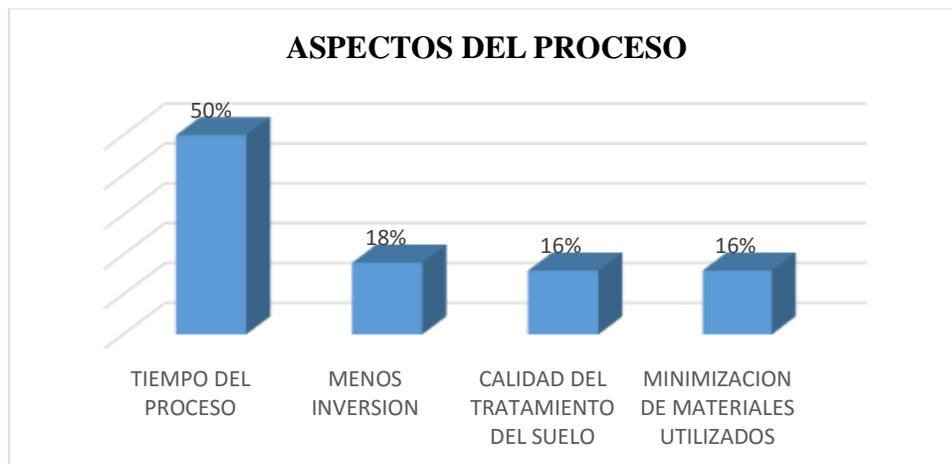
4. ¿En qué aspectos cree usted que se podría mejorar en el proceso realizado?

TABLA N° 8 ASPECTOS DEL PROCESO

ASPECTOS DEL PROCESO	FRECUENCIA	%
TIEMPO DEL PROCESO	10	50%
MENOS INVERSIÓN	4	18%
CALIDAD DEL TRATAMIENTO DEL SUELO	3	16%
MINIMIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS	3	16%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 9 ASPECTOS DEL PROCESO



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados indicaron que en los aspectos que se necesita mejorar se encuentran con el 42% y el 26% respectivamente es el tiempo del proceso porque es el de mayor relevancia en cuanto a la eficiencia del proceso y la inversión en cuanto a mantenimiento que se realiza.

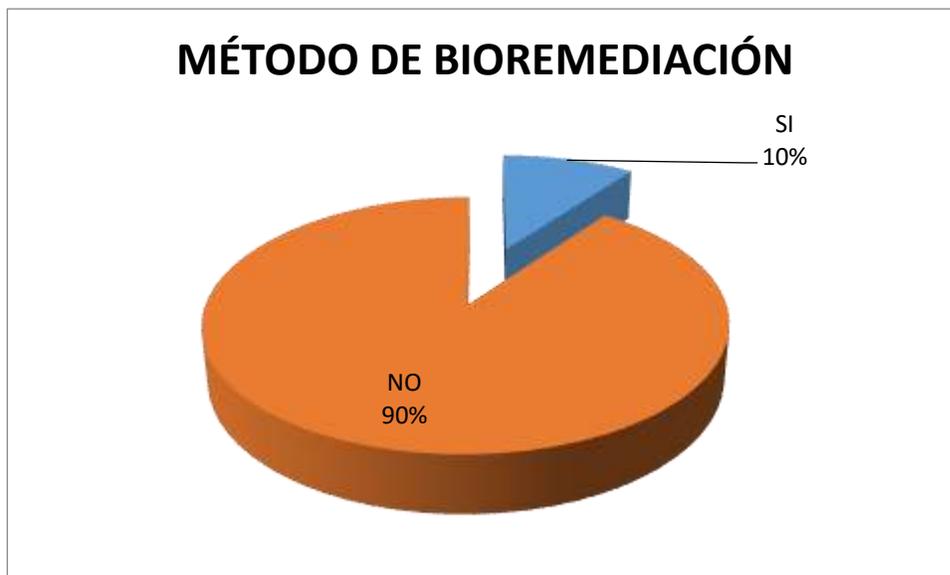
5. ¿Usted conoce algún otro método que se pueda utilizar en la biorremediación de suelo en la empresa Pacifpetrol?

TABLA N° 9 MÉTODO DE BIORREMEDIACIÓN

MÉTODO DE REMEDIACIÓN	FRECUENCIA	%
SI	2	10%
NO	18	90%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 10 MÉTODO DE BIOREMEDIACIÓN



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron el 90% no conocer algún otro método de biorremediación para el tratamiento de suelo que se pueda aplicar en el área debido a los pocos conocimientos y capacidad investigativa para el mejoramiento de los procesos de la empresa.

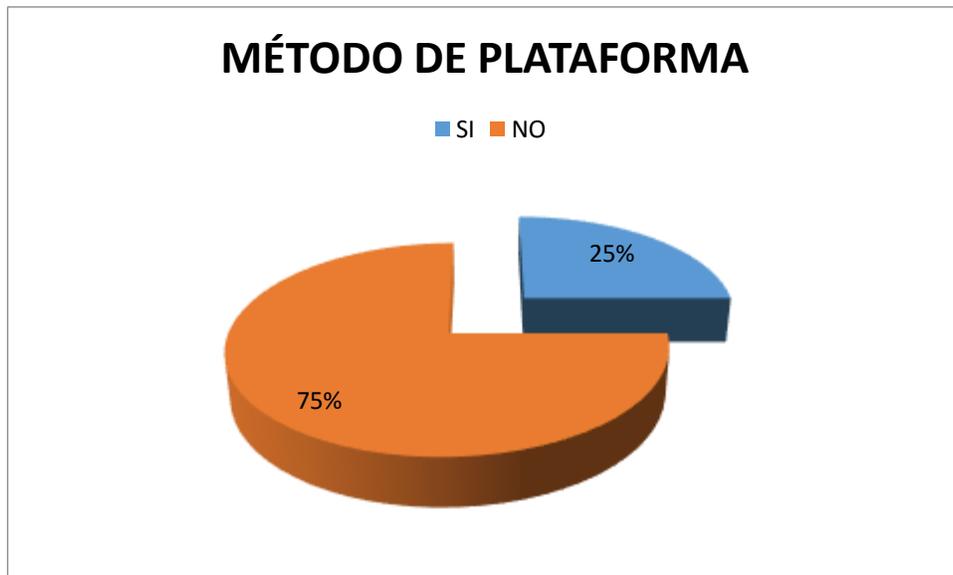
6. ¿Usted conoce el método de plataforma para la biorremediación del suelo?

TABLA N° 10 MÉTODO DE PLATAFORMA

MÉTODO DE PLATAFORMA	FRECUENCIA	%
SI	5	25%
NO	15	75%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 11 MÉTODO DE PLATAFORMA



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron que han escuchado acerca del método de plataforma para la biorremediación de suelo pero dicen no conocer exactamente como es el proceso del método por lo consiguiente no conocen los beneficios que se obtienen.

7. Cree usted que un método de biorremediación que no utilice geomenbrana sea factible para la empresa Pacifpetrol?

TABLA N° 11 UTILIZACIÓN DE GEOMENBRANA

UTILIZACIÓN DE GEOMENBRANA	FRECUENCIA	%
SI	17	85%
NO	3	15%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 12 UTILIZACIÓN DE GEOMENBRANA



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron el 85% que sería más factible la no utilización de la geomenbrana para este proceso porque al utilizar este material se ha tenido varios inconvenientes debido a la manipulación dentro del proceso.

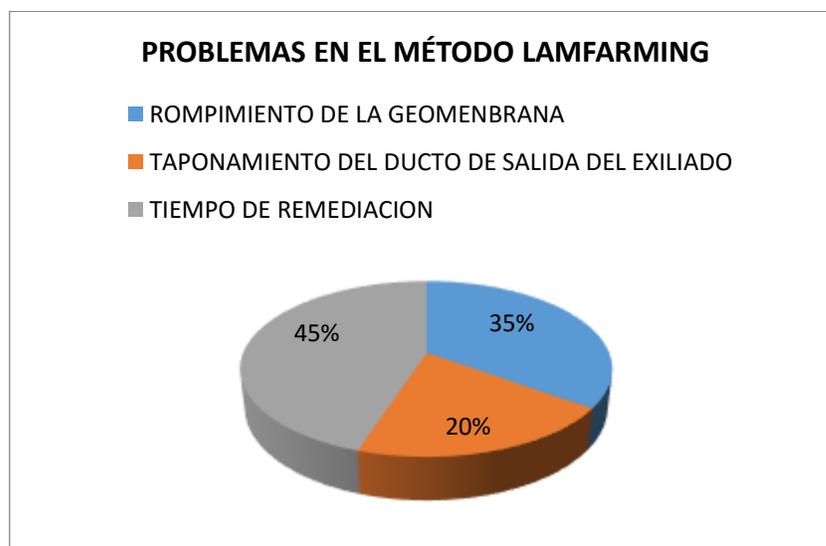
8. ¿Cuál de los siguientes problemas se presentan en el método de Landfarming de biorremediación de suelo?

TABLA N° 12 PROBLEMAS EN EL MÉTODO LAMFARMING

PROBLEMAS EN EL MÉTODO LAMFARMING	FRECUENCIA	%
ROMPIMIENTO DE LA GEOMENBRANA	7	35%
TAPONAMIENTO DEL DUCTO DE SALIDA DEL EXILIADO	4	20%
TIEMPO DE REMEDIACIÓN	9	45%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 13 PROBLEMAS EN EL MÉTODO LAMFARMING



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los problemas que se suscitan en el proceso los encuestados respondieron el 50% al taponamiento del ducto de salida del exiliado debido a la acumulación de los residuos y con el 35% al rompimiento de la geomenbrana puesto que se produce al remover el suelo contaminado.

9. ¿Usted cree que se podría optimizar el tiempo del tratamiento de recuperación del suelo con el método de tratamiento de suelo de plataforma?

TABLA N° 13 OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO

OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO	FRECUENCIA	%
SI	16	80%
NO	4	20%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 14 OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron el 80% que se podría optimizar el tiempo del proceso del tratamiento del suelo puesto que se puede utilizar otro tipo de tratamiento con otro tipo de material.

10. ¿En el tratamiento de biorremediación utilizado se está cumpliendo con las normas seguridad establecidas en la empresa?

TABLA N° 14 NORMAS DE SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD	FRECUENCIA	%
SI	12	60%
NO	8	40%
TOTAL	20	100%

Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 15 NORMAS DE SEGURIDAD



Autor: Marcos Tomalá

ANÁLISIS

Los encuestados respondieron que en el proceso del tratamiento del suelo si se utilizan las normas de seguridad adecuadas debido a que la empresa se basa en las Normas de Gestión de Calidad.

3.9. DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA: ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que los sitios de muestreo se encuentran en un área de actividad industrial, los valores de metales pesados detectados se ubican muy por debajo del valor permisible establecido en el RAOHE sólo el Plomo se encuentra bajo los parámetros ajustados por el TULSMA (Anexo 2, tabla 2).

Cabe señalar que el níquel es común en la composición natural de los suelos y depende de los factores formadores del suelo como el clima ya que existe alta concentración de este metal en zonas áridas y semiáridas, adicionalmente la presencia del níquel (metal pesado) se ve influenciada por las actividades Hidrocarburíferas que se desarrollan en la zona, considerando además que el Ni es muy afín a la materia orgánica y se puede concentrar en grandes cantidades en el petróleo. El valor del TPH es el compuesto agresivo que se pretende tratar y cuyo efecto con el tipo de clima y su temperatura pueden ocasionar efectos secundarios en el entorno.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos indican las características de químicas del suelo en el instante de muestreo y consecuentemente pueden variar con el tiempo ya que muchos factores analizados pueden estar influenciados por diferentes factores como el desarrollo de actividades antropogénicas, teniendo una marcada influencia en las características químicas del suelo.

También podemos mencionar acerca de la información que se recolecto de los trabajadores donde se puede observar que el 6 % de los encuestados respondieron que no se están utilizando políticas ambientales en el proceso

Como también la mayoría los encuestados refieren que la técnica actualmente realizada dentro de la empresa no cumple con las expectativas propuestas en cuanto al proceso de remediación de suelo.

En la encuesta realizada los trabajadores mencionan algunos de los problemas que se suscitan en el proceso realizado, uno de los cuales son el taponamiento del ducto de salida del exiliado como también el rompimiento de la geomembrana.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELO TIPO PLATAFORMA PARA BIORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS

El presente trabajo de tesis muestra que mediante la implementación del sistema de tratamiento de suelo Landfarming tipo plataforma se reducirá en 50% el tiempo de biorremediación, también menor humedad y porcentaje de PH del suelo contaminado que se encuentra en los linderos de la empresa Pacifpetrol el cual ha sido expuesto a varios contaminantes producidos por la extracción de petróleo actividad a la que se dedica, como también se minimizará en 20% la utilización de materiales para la elaboración de este sistema.

Debido a que el actual sistema Landfarming que se utiliza presenta muchos problemas con el rompimiento de la geomembrana al realizar el proceso de movimiento del suelo con el motocultor y los constantes taponamientos de los tubos de drenajes de hidrocarburos, por estas razones se buscó una mejora para este sistema de biorremediación.

4.1. DISEÑO VISUAL DEL PROYECTO

El diseño que se implementará es una readecuación del Landfarming común para este principio, el cual se adecuó ciertas adaptaciones como conductos externos, cajas receptoras con el fin de evacuar los fluidos mayores que se realizan en el inicio del tratamiento.

El área de construcción específica, fue fijada para curar alrededor de 300 m³, con un perímetro de 100 m² por lado, el cual tendrá objeto para el acopio del suelo contaminado y tratado.

De las características de los principales equipos y materiales predominantes en la intervención de su diseño.

4.2. CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA

4.2.1. Preparación del área

- ✓ Medición topográfica.
- ✓ Trazados de limitaciones de perímetro
- ✓ Intervención de maquinaria y nivelación de área
- ✓ Compactación
- ✓ Trazados previo a fundición

4.2.2. Preparación del material concreto a depositar

Para esta fase del proyecto, se contrata a empresa de hormigón con las especificaciones del concreto y recomendaciones del responsable de la fundidora.

- ✓ Trazados y soportes previos a fundición

4.2.3. Clasificación de los cementos

Atendiendo a la naturaleza de sus componentes, los cementos pueden clasificarse en varios tipos diferentes, según las Normas nacionales e internacionales:

- a. Cemento portland: (también denominado como cemento tipo NTE INEN 0152:2010, y que cumple con las especificaciones físicas de la norma ASTM C150 para el cemento tipo 1) cemento hidráulico producido al pulverizar clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

- b.** Cemento hidráulico modificado con puzolana; cemento tipo NTE INEN 493:81: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producida por molienda conjunta o separada cuya proporción de componentes está indicada en la siguiente tabla.

- c.** Cemento hidráulico modificado con escoria; cemento tipo NTE INEN 007:06: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y escoria granulada de alto horno (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada cuya proporción de componentes está indicada en la siguiente tabla.

- d.** Cemento hidráulico de uso general; cemento tipo NTE INEN 0157:09: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y otros componentes minerales producida por molienda conjunta o separada, cuya proporción de componentes está indicada la siguiente tabla.

- e.** Cemento de albañilería; cemento para mortero NTE INEN 1806:2010: cemento hidráulico, usado principalmente en albañilería o en preparación de mortero el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (como caliza, cal hidráulica o hidratada).

Junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como; el tiempo de fraguado, trabajo, retención de agua y durabilidad.

Este cemento debe cumplir con la norma ASTM C-91 (cemento de albañilería) y ASTM C-1329 (cemento para mortero) en su última versión.

A continuación se muestra donde se encuentra los tipos de cementos y las distintas normas que debe cumplir.

CUADRO N° 8 REQUERIMIENTOS FÍSICOS DEL CEMENTO.

Tipo de Cemento	Prueba ASTM Aplicable	NTE INEN 493:81	NTE INEN 157:09	NTE INEN 007:06	NTE INEN 152:2010	NTE INEN 1806:2010
Superficies específicas m ² /kg (min)	C204	(1)	(1)	(1)	280	(1)
Finura pasante en malla 0.045 m/m (.325) min. %	C430	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Cambio de longitud – autoclave, max %	C151	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fragua. Pruebas Vivot (2)	C191					
Inicial no menor del min		45	45	45	45	45
Inicial no más del min		420	420	420	375	420
Contenido de aire en el volumen del mortero max % (1)	C185	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, min. Mpa	C109					
1 día		-	-	-	-	10
3 días		13	10	10	12	17
7 días		20	17	17	19	-
28 días		25	28 ³	28 ³		
Calor de hidratación ³	C186					
7 días max kl/kg		290	250	250		
28 días max kl/kg		330	290	290		
Expansión del mortero	C227					
14 días max %		0.02	0.02	0.02		0.02
56 días max %		0.06	0.06	0.06		
Resistencia a los sulfatos	C1012					
Expansión 180 días Max			0.10	0.10		
Componentes principales de los cementos % en masa						
Clinker + yeso		50-90	50-95	20-34	95-100	50-90
Calizas			0-35			
Minerales puzolánicos		6-50	6-35			6-50
Escoria granulada de alto horno			6-35	66-80		
Humo de sílice			0-10			

Otros		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
-------	--	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: Código de la construcción

Elaborado por: Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas*

Para nuestro efecto se considera el cemento portland con Norma Inen 0152:2010 demostrado sus especificaciones de requerimiento físico en la tabla anterior tomando del Cuadro N° 9 las técnicas de fundición en áreas abiertas y extensas según requerimientos y actividad a realizar sobre el área.

CUADRO N° 9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DE ¾"							
CEMENTO	ARENA	ARENA	PIEDRA	PIEDRA	AGUA	RESISTENCIA	PROPORCIÓN
Sacos/m ³	Kg.	m ³	Kg.	m ³	Lt/Sacos	A la compresión	En peso
6.00	916	0.65	992.0	0.70	27.25	105.46	1:3.58:3.88
6.50	864	0.62	1014.0	0.72	26.50	126.55	1:3.12:3.66
7.00	813	0.58	1035.0	0.74	25.74	162.71	1:2.72:3.47
7.50	768	0.55	1060.0	0.76	24.60	176.76	1:2.40:3.32
8.00	729	0.52	1092.0	0.72	22.71	211.92	1:2.13:3.20
8.50	683	0.49	1114.0	0.80	21.20	246.07	1:1.79:3.18

Fuente: Código de la construcción

Elaborado por: Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas

4.3. FUNDICIÓN

La puesta en obra y consolidación debe efectuarse de tal modo que el concreto resulte homogéneo, compacto y uniforme. Para que la mezcla o mortero sea 'homogéneo' deben evitarse las segregaciones, lo que se consigue generalmente adoptando las siguientes precauciones:

- ✓ La fundición debe efectuarse verticalmente, procurando evitar todo desplazamiento horizontal de la masa, y el vertido no debe efectuarse desde gran altura.
- ✓ La colocación del concreto se efectuará por estratos horizontales, cuyo espesor dependerá de las características de la masa.

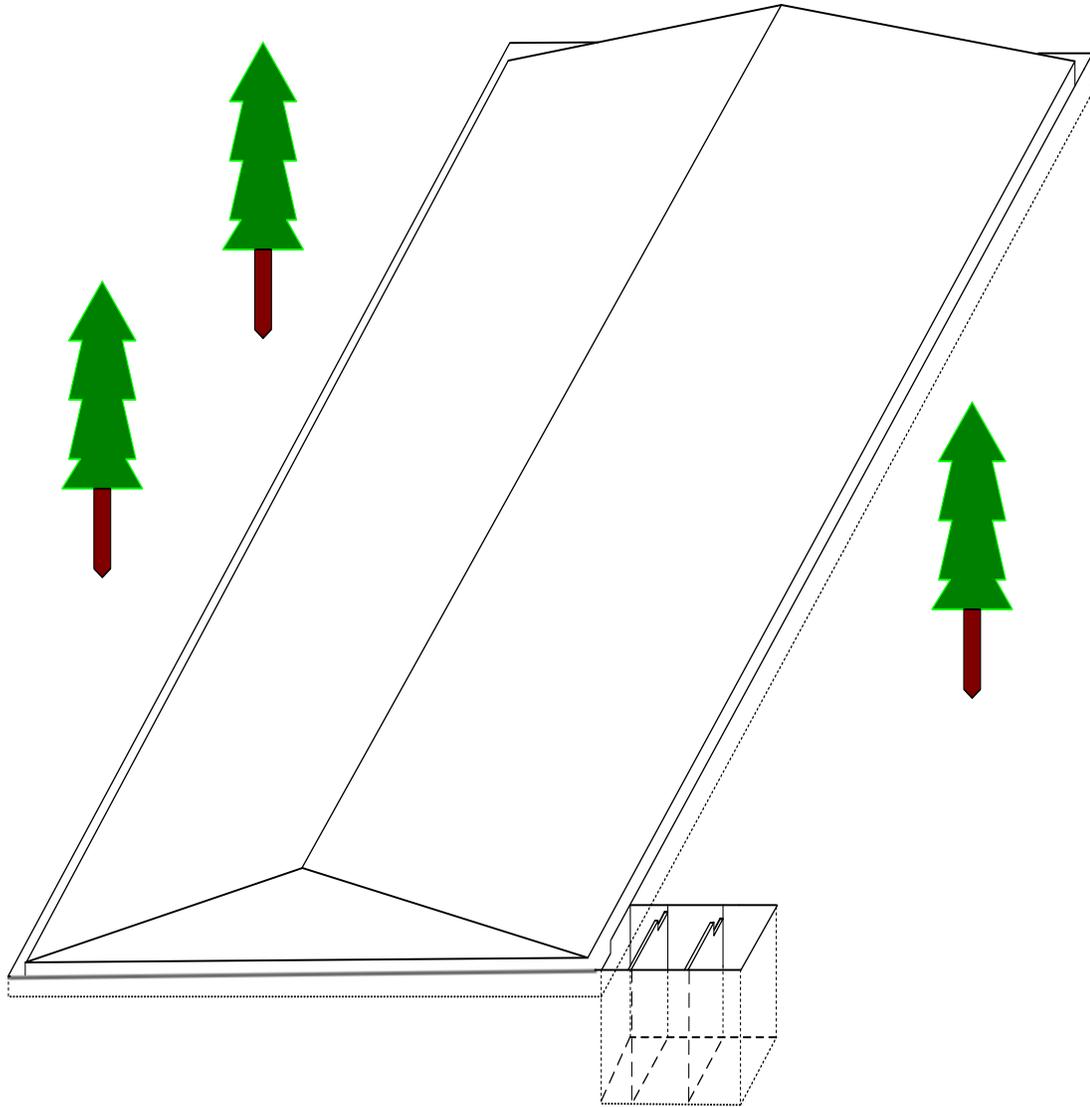
Las distintas capas de consolidación serán sucesivas, de modo que el conjunto quede homogéneo, y sin que transcurra mucho tiempo entre cada capa, con objeto de evitar que la masa se seque o comience a fraguar.

Previo a la fundición se coloca una malla metálica de tejido 10 x 10 cm de varilla de 4mm en toda su extensión a una altura de una primera capa de 6 cm y sobre esta otra de 4 cm la cual se requerirá mayor compactación con una intervención de 7.0 sacos por m³, a más del compuesto para dar una superficie sin porosidades.

4.4. PLATAFORMA CONSTRUIDA

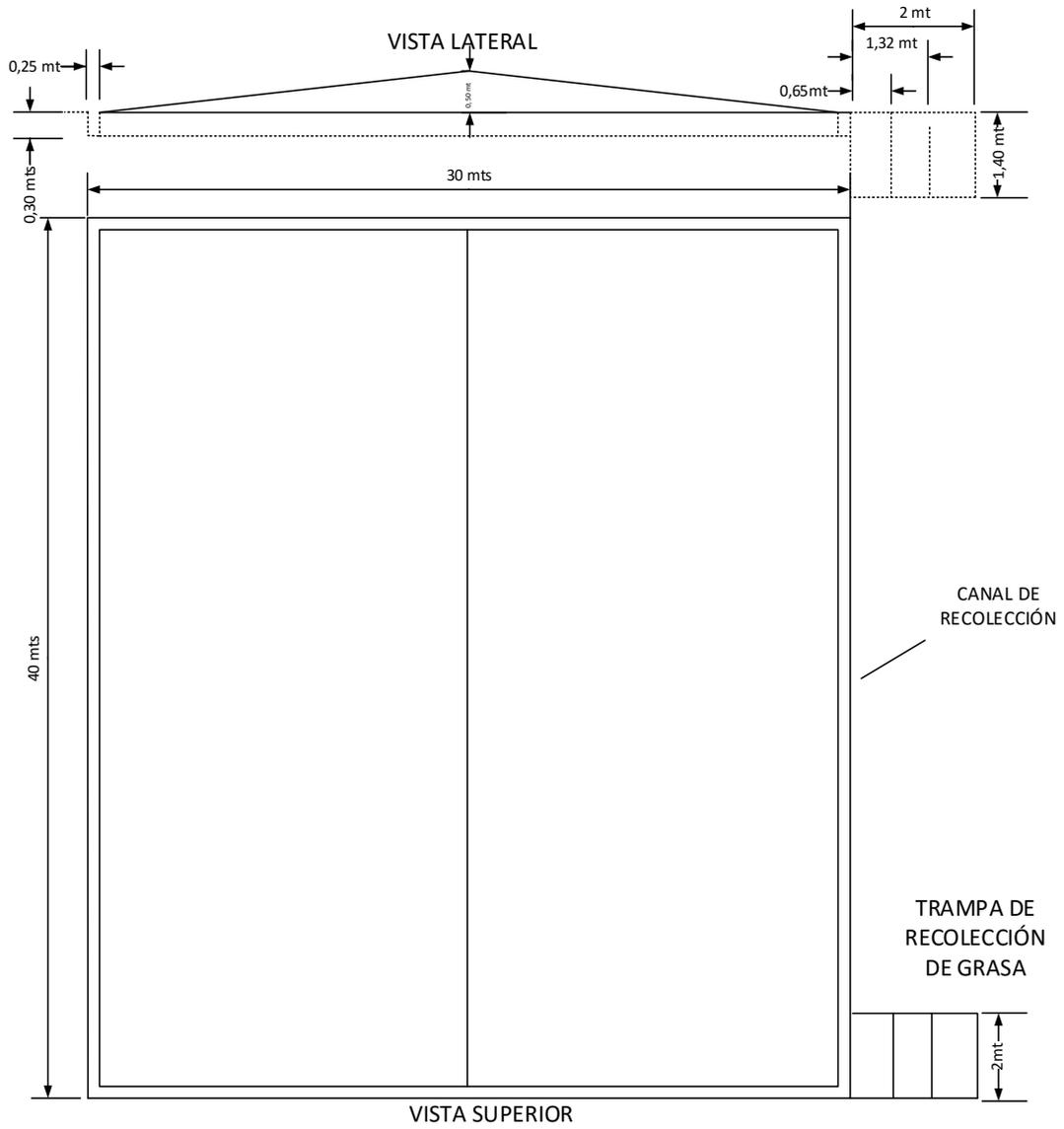
El diseño visual de la obra se manifiesta de un área rectangular de 30 x 40 mt, con una inclinación diminuta paralela a la dimensión mayor que parte desde el centro, canales que se encuentran en todo su perímetro y una trampa de separación de grasa (3 compartimientos) en una de sus esquinas.

GRÁFICO N° 16 PLATAFORMA PARA SUELOS CONTAMINADOS



Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 17 PLATAFORMA PARA SUELOS CONTAMINADOS VISTA LATERAL Y SUPERIOR

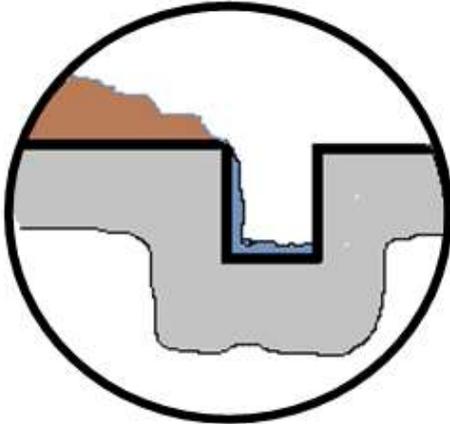


Autor: Marcos Tomalá

Las partes de detalles de la infraestructura se encuentran en el gráfico N° 29, el mismo que se podrá visualizar el canal de fluidos y la trampa de grasa de retención de aceites que llegan a sus compartimientos.

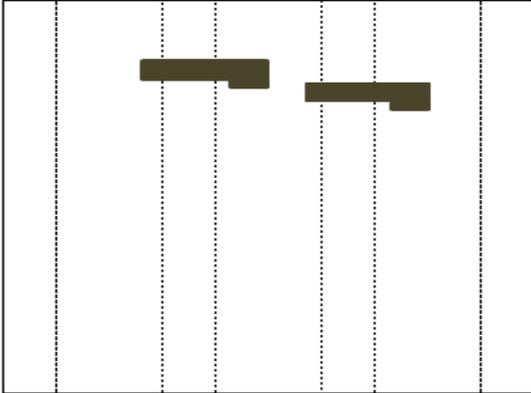
4.4.1. DETALLES DE CANAL PERIMETRAL Y TRAMPA DE GRASA DE PLATAFORMA

GRÁFICO N° 18 CANAL PERIMETRAL PARA FLUIDOS (PERFIL)



Autor: Marcos Tomalá

GRÁFICO N° 19 TRAMPA DE GRASA (PERFIL)



Autor: Marcos Tomalá

4.4.2. INSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE ÁREAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE LANDFARMING.

CUADRO N° 10 ÁREAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL LANDFARMING

ZONAS	SECCIONES
SUR	Certeza, Secciones 65,68,69,70,71,72 y Certeza
NORTE	Santa Paula, Petrópolis, Morrillo
CENTRO ESTE	Tigre, Sección 67
CENTRO OESTE	Secciones 66, 73, 74, Carmela.

Autor: Marcos Tomalá

4.4.3. DESIGNACIONES DE LUGARES ESTRATÉGICOS.

El campo Gustavo Galindo Velasco en su extensión de 2500 Km² aproximadamente donde se asientan alrededor de 3000 pozos perforados de los cuales el 50% manifiesta productividad.

De las 4 zonas antes mencionada, se propone la implementación de 3 Landfarmings, donde sus asentamientos fueron estudiados detalladamente de manera estratégica para el centro de acopio del suelo contaminado a tratar.

La revisión consiste en acondicionar una área extensa y que a su alrededor proporcione la re-vegetación con plantas nativas de la zona en el contorno del área a ejecutar, optando por los sectores que a continuación describimos.

LANDFARMING N. 1

Lugar: Sección: 67

Coordenadas: X.: 521695 Y: 9745485

Área: 10000 m2 aprox.

Área a ejecutar: 750 m2

Zonas a Recolectar: Secciones 66, 67 y Tigre

IMAGEN N° 12 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 67 - ANTES.



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

LANDFARMING N. 2

Lugar: Sección 69

Coordenadas: X: 523185 Y: 9740188

Área: 10000 m2 Aprox.

Área a ejecutar: 750 m2 Aprox

Zonas a Recolectar: Secciones 69, 70, Certeza y La Fuente

IMAGEN N° 13 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 69 - ANTES.



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

LANDFARMING N. 3

Lugar: Sección 73

Área: 10000 m2 Aprox.

Área a ejecutar: 750 m2 Aprox

Zonas a Recolectar: Sta. Paula, Petrópolis, Carmela, Sección 73 y 74

IMAGEN N° 14 ÁREA DE LANDFARMING SECCIÓN 73 – ANTES



Fuente: Campo Gustavo Galindo
Autor: Marcos Tomalá

4.5. ACTIVIDADES OPERACIONALES

Generalmente dos son los tratamientos que se distinguen cuando el procedimiento se realiza fuera del lugar donde está la contaminación: tratamiento por vía sólida y tratamiento por vía de suspensión.

La biorrecuperación vía sólida se puede realizar por dos métodos: tratamiento en lechos y tratamiento por compostaje. La diferencia fundamental entre ambos es el sistema de aireación, mientras que en el primero sólo se pueden tratar las capas de suelo menos profundas, en el compostaje se requiere la formación de grandes apilamientos de material degradable.

En el tratamiento vía suspensión se excava el material contaminado y se traslada a un reactor. La característica de este método es la suspensión en un medio acuoso del suelo contaminado, es decir, el tratamiento se lleva a cabo bajo condiciones de saturación de agua.

4.5.1. Implementación de un Sistema de Riego

Para este proyecto se añadirá agua mediante una implementación de un sistema de riego.

La humedad óptima de un sistema de tratamiento debe variar entre el 50 y 60%. Estos deben ser regulados cuidadosamente estos valores superiores o inferiores reducen la actividad bacteriana, prolongan los tiempos de tratamiento y por ende el encarecimiento del proceso.

4.5.2. Método de aireación del suelo

Para este proceso de Landfarming la aireación es muy importante para esto el suelo debe ser volteado por métodos mecánicos periódicamente con una frecuencia de tres veces por semana.

4.5.3. Control de PH del suelo

Este control es sumamente necesario ya que se trata de mantener un PH apropiado para la activación bacteriana la misma que debe ser de 6 a 8 de PH, mediante la adición de caliza o cal agrícola.

4.5.4. Aplicación de nutrientes y control de temperatura

También se añade los nutrientes necesarios y según la cantidad de suelo a remediar, el abono al terreno se debe suministrar nitratos y fosfatos para la activación y estimulación el crecimiento de los microorganismos.

Para esto se requiere una temperatura óptima para la biorremediación la misma que varía entre 37 a 50°C., pero esto no quiere decir que no se realice el proceso de biorremediación a estas temperaturas por encima o por debajo del rango sino que la velocidad de la degradación disminuye sustancialmente.

4.6. PROCEDIMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL SUELO

Para seguir con el procedimiento de la biorremediación del suelo y sobretodo mantener suministrados de las bacterias, detergentes, nutrientes y fertilizantes que se utilizan en el proceso se debe realizar lo siguiente:

- Colocar el material contaminado en el área a tratar
- Preparación y colocación de bacterias biopilas
- Fusionar de manera uniforme los materiales a tratar
- Aplicar la Homogenización
- Dejar reposar los elementos químicos en un lapso de tiempo determinados
- Proceder a mezclar con el abono orgánico
- Proceso de reforestación
- Controlar la fase de crecimiento

- Estadísticas

a) **Preparación del suelo:**

- ✓ En el área a preparar, se retira el material a intervenir a un área donde se pueda estimular el material.
- ✓ Se la realiza mezclando 2.5 m³ de suelo limpio a cada 10 m³ de suelo contaminado
- ✓ La contabilización se la realiza de los 300m³ en la zona de 30 x 25 metros, aproximadamente 42 cm de altura considerando espacios inclinados del perímetro interno.
- ✓ La mezcla de los suelos la realiza la maquina realizándolo uniformemente antes de la colocación del landfill.
- ✓ Luego de que se procedido a la colocación del suelo en el landfill, se procede a intervenir el suelo de manera uniforme.

b) **Preparación previa:**

Luego de obtener el material listo para ser intervenido, se aplica el desengrasante (BH-38) a toda el área siendo un total de 76 gls., mezclado con 1200 gls. de agua en cada intervención y se la realiza pasando un día. Posterior a la aplicación del desengrasante se humedece con 4500 gls. de agua el material para mantenerlo homogenizado.

c) **Preparación de insumos:**

La preparación de los insumos se requiere los siguientes elementos:

- ✓ Nutriente NPK 15-15-15 de acuerdo a la cantidad de aplicación.
- ✓ Bacterias biopilas de acuerdo al tiempo de aplicación.

- ✓ Multibac plus según el requerimiento.

La aplicación durante las dos primeras semanas:

- ✓ En 8 lbs. de consume pow en un receptáculo de 250 Galones de agua, conjuntamente con 50 gr de nutrientes y la misma cantidad de multibac plus.
- ✓ Se procede a estimular los componentes en el contenido de agua aplicando presión de retorno por un lapso de 2 horas.
- ✓ Acorde a programa se continúa administrando las dosis de bacterias y sus insumos, posterior a las dos semanas en la aplicación se va a requerir menores cantidades a tiempos más distantes.

d) Siembra:

- ✓ Posterior a la estimulación y reproducción de las bacterias, se procede a la siembra el cual sus componentes se mezclan en un recipiente de 1200 Gls.
- ✓ Se procede a la instalación de bombas con potencia mínima de 5 HP.
- ✓ Inicio de la colocación del compuesto al área de tratamiento (landfill), rociándolo en estilo de lluvia y de manera uniforme.
- ✓ Una vez colocada toda la aplicación, se procede al ingreso de 3000 gls de agua para la homogenización del área y su conservación.

e) Mantenimiento:

- ✓ Durante la colocación de dosis de componentes a intervenir, se realiza el mantenimiento del tratamiento, que consiste en el arado del material y homogenización del mismo.
- ✓ El arado del material se realiza posterior antes de cada aplicación de dosis.

- ✓ La aplicación de agua generalmente son 3000 Gls después de cada aplicación.
- ✓ En el arado se puede optar de cualquier método, la importancia del mantenimiento es revertir el material en lo posible en su totalidad.

f) Control Interno:

- ✓ Este control se realiza midiendo el PH y Temperatura del área, con el gran beneficio de que las bacterias se adaptan a medio de operación.
- ✓ El registro se logra interviniendo algunos puntos de toda el área (máximo 4 mediciones), para luego sacar el promedio de medición a registrar.
- ✓ Para la toma de muestra, se estimula el área a medir introduciendo el electrodo en la tierra y ocultándolo por el lapso de 2 minutos.
- ✓ Este control se basa a que el PH no sea excedido, resultado estimado a que el material no contenga metales en parámetros altos.
- ✓ Las mediciones se lo registró en un formato donde contenga fecha, hora, datos de mediciones, nombre del responsable y observaciones si las hubiere.

g) Monitoreo:

- ✓ El monitoreo se basa en extraer muestra de suelo de varios puntos del área, para el respectivo análisis según el petitorio que hace referencia el RAOHE.

- ✓ Las muestras se las realizan antes, durante y después del tratamiento (tres muestras).

h) Evaluación de material tratado:

- ✓ Para la evacuación del material se requiere recopilar suelos en lugares accesibles al retiro.
- ✓ Esta operación se lo realiza con personal en el sitio y con la aportación de la maquinaria de retroexcavadora.

Posterior a la evacuación del material, se decide el destino para su traslado.

4.7. DISPONIBILIDAD DEL SUELO: ANÁLISIS

También conocido como “Landfarming”, tratamiento en lechos o tratamiento vía sólida, en nuestro caso sería con el método de Plataforma de concreto sólido. Esta es la técnica más usada para la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburos y de otros desechos de la industria petrolera.

Esta técnica consiste en extenderlos sobre un área suficientemente amplia y estimular las variables de incidencia en el proceso para promover la actividad de los microorganismos encargados de degradar los hidrocarburos.

Antes de extender el suelo contaminado se deben adecuar las condiciones de la superficie para controlar los lixiviados y las aguas lluvias.

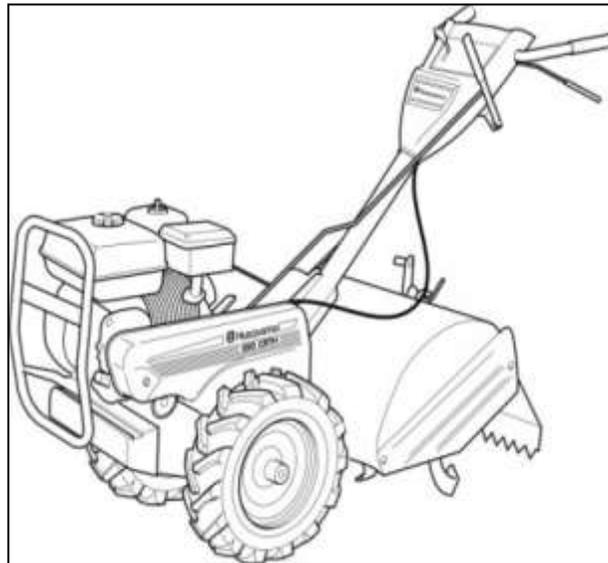
Una vez extendido el suelo contaminado se irriga con las soluciones de nutrientes, los microorganismos y los aditivos químicos en el caso que sean necesarios para la biodegradación.

Periódicamente se debe airear el suelo para suministrarle oxígeno, con la ayuda de motocultores (aireación mecánica).

Además, el espesor del suelo extendido debe ser menor de 45 o 40 cm, con el fin de permitir la transferencia de oxígeno del aire atmosférico a la pila del suelo, El sitio donde se realice el tratamiento debe ser adecuado para el manejo de aguas lluvias y control de agua de escorrentía.

El suelo extendido debe tener una pendiente para retirar excesos de humedad en la pila. Con la construcción de canaletas o diques en su contorno lo que permitirá el flujo de líquidos y escorrentía de la zona de tratamiento.

GRÁFICO N° 20 MOTOCULTOR



Fuente: www.snaper.es
Autor: Marcos Tomalá

Para nuestro objetivo se dispondrá una capa de tierra virgen de 13-15 cm sobre el concreto que ayude al no contacto del suelo contaminado directamente con la plataforma, así como el movimiento mecánico del motocultor no roce la base de cemento. El principio y etapas del tratamiento de recuperación de suelos es el mismo que se realiza en la actualidad pero más confiable en cuanto a las actividades operacionales.

CAPÍTULO V

ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA PROPUESTA

En claridad de que el proyecto no es estimado como un negocio donde se pueda comprobar el retorno de inversión, contribuye a la obediencia de remediar lo afectado que en este caso es el suelo contaminado de hidrocarburo en los campos de petroleros de Gustavo Galindo de Ancón, como se describe.

5.1. COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL DE LANDFARMING

Una vez expuesta toda la metodología y los procesos realizados se presentan los análisis de resultados, comenzando por costos generales. Luego se presentan específicamente las categorías de los costos generales para al final hacer análisis detallados de algunas variables y comportamientos de los costos del sistema de biorremediación.

La construcción de obra civil de un Landfarming considera el presupuesto de toda la infraestructura física requerida, el mismo que dará paso al inicio de la operación para el tratamiento de suelos contaminados.

La generación de residuos sólidos contaminados con hidrocarburos como membranas existe durante todo el proceso productivo y la cantidad se incrementa durante la etapa de explotación.

Este presupuesto General contempla desde la zonificación, hasta el acabado físico estructural incluyendo intervención de mano de obra, seguro social y compra de material concreto preparado.

El presupuesto de inversión de infraestructura del proyecto de Plataforma, se comparará vs el costo de inversión del Landfarming, obteniendo un ahorro de un 9.8% menos, demostración dada en las diferentes tablas.

**CUADRO N° 11 PRESUPUESTO ORIGINAL DE INFRAESTRUCTURA DE
LANDFARMING.**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
01	Levantamiento de zona				
	Servicios profesionales	Día	5	\$ 80,00	\$ 400,00
	Instrumentación	Día	5	\$ 25,00	\$ 125,00
	Comisiones y viáticos				\$ 300,00
	Alquiler de equipos y Maquinarias	USD	4	\$ 300,00	\$ 1200,00
02	Obra Civil				
	Mano de obra Calificada	USD	4	\$ 400,00	\$ 1600,00
	Mano de obra no calificada	USD	10	\$ 250,00	\$ 2500,00
	Materiales y suministros (Resumen)	USD			\$ 5900,00
	Geomembrana de 1.5mm (linner)	M ²	2000	\$ 5,20	\$ 10400,00
	Material concreto	TON	3.5	\$ 410,00	\$ 1435,00
03	Mantenimiento				
	Mano de obra	Día	3	\$ 200,00	\$ 600,00
	Parches de geomembrana	M ²	30	\$ 5,20	\$ 156,00
	Equipo de generación y herramientas	USD			\$ 60,00
	TOTALES	USD			\$ 24.676,00

Autor: Marcos Tomalá

De hecho se comprueba que la Plataforma tiene un solo gasto de inversión estructural, debido a que no incluye los costos de mantenimiento posterior a un tratamiento, sea este ahorro económico como de tiempo que a la larga representa la falta de efectividad de la gestión del tratamiento en llegar al objetivo en tiempos reales, demostración en la siguiente tabla.

CUADRO N° 12 PRESUPUESTO GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DE PLATAFORMA.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CA NT	VALO R UNITA RIO	VALOR TOTAL
01	Levantamiento de zona				
	Servicios profesionales	Día	5	\$ 80,00	\$ 400,00
	Instrumentación	Día	5	\$ 25,00	\$ 125,00
	Comisiones y viáticos				\$ 300,00
	Alquiler de equipos y Maquinarias	USD	4	\$ 300,00	\$ 1200,00
02	Obra Civil				
	Mano de obra Calificada	USD	4	\$ 400,00	\$ 1600,00
	Mano de obra no calificada	USD	10	\$ 250,00	\$ 2500,00
	Materiales y suministros (Resumen)	USD			\$ 5900,00
	Material Concreto	TON	25	\$ 410,00	\$ 10250,00
	TOTALES	USD			\$ 22.275,00

Autor: Marcos Tomalá

5.1.1. COSTOS OPERACIONALES

Son los costos netamente del tratamiento de los suelos de cada intervención o corrida de acuerdo a un programa de ejecución.

Para esto se considera lo siguiente:

- Alquiler de maquinaria y equipos
- Análisis de suelo, previo, durante y después de la corrida
- Insumos como bacterias, nutrientes, fertilizantes, agua, desengrasantes.

- Mano de Obra
- Mantenimiento a equipos de arado
- Facilidades

Se estima el mismo promedio presupuestal que se efectúa en la operación de tratamiento por Landfarming.

CUADRO N° 13 PROMEDIO PRESUPUESTAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
01	Mano de Obra (por corrida)	UN	3	\$ 1200,00	\$ 3600,00
02	Análisis de suelo	UN	3	\$ 115,00	\$ 345,00
03	Insumos				
	Agua	m ³	1300	\$ 0,45	\$ 585,00
	Bacterias	Lb	144	\$ 35,00	\$ 5040,00
	Fertilizantes	Kg	12	\$ 2,56	\$ 30,72
	Nutrientes	Saco	15	\$ 50,00	\$ 750,00
04	Alquiler de Maquinaria (corrida)	UN	2	\$ 150,00	\$ 300,00
05	Mantenimiento de equipos y combustible	UN	2	\$ 120,00	\$ 240,00
06	Facilidades (logística/corrida)	UN	1	\$ 600,00	\$ 600,00
	TOTAL/400 m³				\$11490,72

Autor: Marcos Tomalá

5.2. ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO

Mediante la implementación del proyecto del sistema Landfarming tipo plataforma la empresa obtendrá un ahorro significativo en los mantenimientos mensuales que se realiza a la infraestructura actual en comparación a la del proyecto planteado, ya que los materiales que se deben utilizar en esta infraestructura son de mayor resistencia y

durabilidad por lo que no se necesitará reparaciones pero si necesitará un mantenimiento preventivo.

Esta inversión no solo tiene un beneficio económico para la empresa sino que es necesaria para contrarrestar el daño causado por la explotación de petróleo en el medio ambiente.

El costo de inversión de este proyecto requiere menor inversión en la elaboración y mantenimiento.

5.3. FINANCIAMIENTO

El monto total de la inversión para la elaboración de este proyecto de elaboración de un método de biorremediación por plataforma es de \$22.275,00 el cual será financiado por la empresa Asociación Pacifpetrol.

CONCLUSIONES

- En el Campo Gustavo Galindo de la Parroquia Ancón se han venido desarrollando un sin número de eventos que conllevan a la contaminación Hidrocarburíferas del medio ambiente por parte de la Asociación Pacifpetrol mediante la producción de los distintos productos que surgen del petróleo, el cual para minimizar los tiempos de remediación de los suelos contaminados se ha propuesto el presente proyecto que traerá muchos beneficios para la comunidad y la empresa.
- Se puede concluir que existe un problema en la zona Peninsular el cual ha degradado gran parte de la biodiversidad para lo cual es una necesidad de mejorar los métodos de tratamiento de suelo contaminados por hidrocarburos, para devolver la naturaleza el suelo en condiciones originales y óptimas
- Debido a que el actual sistema Landfarming presenta varios problemas se plantea este proyecto como es la bioremediación con plataforma que disminuye el tiempo requerido anualmente, en comparación al método anterior con el cual tenían varios inconvenientes en el proceso y atrasos debido a esto.
- Mediante la construcción de este sistema la empresa no solo obtiene beneficio económico dado a los materiales que se utilizaran en la elaboración de este proyecto ya que son de resistencia a los factores que se exponen sino que contribuirá a remediar el suelo contaminado en los campos petroleros.

RECOMENDACIONES

- Plantear el presente proyecto con el fin de preservar el medio ambiente de la contaminación donde la empresa tiene la obligación de ejecutar ciertos cambios en cuanto a el método actual de remediación el cual traerá muchos beneficios tanto para la comunidad como la empresa, donde se logrará minimizar la acción contaminante del suelo.
- Realizar una revisión obligatoria del estado de la infraestructura de las zonas afectadas para identificar posibles problemas que puedan requerir el mantenimiento de las instalaciones con un monitoreo en tiempo real de intervención en el uso de las plataformas para mejorar el proceso y actividades con las cuales se pueda reducir el tiempo del proceso.
- Implementar el método de plataforma para la bioremediación del suelo el cual optimizará los tiempos y recursos que se inviertan en la elaboración y mantenimiento del mismo.
- Buscar nuevas opciones para mejoramiento de los procesos para el tratamiento de suelos con investigaciones y capacitaciones de innovaciones adecuadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Volque Sepúlveda, Tania (2002); Tecnologías para remediación de suelos contaminados, Primera Edición Gráficos Jiménez, México.
- Ever Rise Roberts (2008); Remediación de suelos contaminados de petróleo, Segunda Edición Magnament evolution, Chicago USA.
- International Standard Organization – ISO (2004); Norma Internacional ISO 14001:2004 de Sistemas de Gestión Ambiental – Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo, Editorial ISO copyrinth office, Suiza.
- Thomas Shaw (2010); Dry Landfarming, Editorial Bibliobassar, USA.
- Eddy Laurette (2008); Procesos Landfarming, Edición TR-019 Diane Publissing, México.
- Jorge Haro (2008); Recuperación de suelos contaminados por medio de Plataformas en el Oriente Ecuatoriano, Edición Laurel, Ecuador.
- Jenny Estrada (2001); La Historia Petrolera de Ancón y sus consecuencias, Edición Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, Ecuador.
- Carmen Orozco Barrenetxea, (2003), Problemas resueltos de contaminación ambiental, Editorial Paradinfo edición única España,
- Davis, (2005); Ingeniería y ciencias ambientales, Editorial Mcgraw-hill, México, Edición 1era.
- Ever riser Roberts, (1998); Remediation of petroleum contaminated soils, editorial CRC PRESS, USA
- Rodríguez Duran Armando, Canales Pastrana Rafael, López Ramírez Norma, Quintero Vilella Héctor, (2002); CIENCIA TECNOLOGÍA Y AMBIENTE, Editorial THOMSON INTERNATIONAL, México.
- Dr. Wini Schmidt, (2000); La Biorremediación como una solución ecológicamente compatible, Editorial Ecuador, Ecuador.

- Francisco Castillo Rodríguez, María Lourdes Roldan Ruiz, (2005); Biotecnología Ambiental, Editorial Tébar, Madrid España, www.ecologistasenaccion.org,
- Néstor Cafferatta, (2003); Introducción al Derecho Ambiental, Facultad de Derecho. Buenos Aires – Argentina.
- Patricio Ruiz, (2002); Legislación Ambiental Hidrocarburíferas del Ecuador, Editor Petroecuador, Ecuador.
- Mercedes Prado Buendía, (2001); La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI: teorías, procesos, metodología, Editorial Fundamentos, España.
- Guillaume Fontaine, FLACSO (Organization). Sede Ecuador, PETROECUADOR (Organization), (2003); Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador, Volumen 2, Editorial Flacso sede Ecuador, Ecuador.
- Raúl Calixto Flores, Lucila Herrera Reyes, (2008); Ecología y medio Ambiente, Edición 2 de Cengage Learning Latin América, México.
- Carolina Beltrani (2001); La contaminación, Edición Longseller, Argentina.
- Domingo Gómez Orea, (2004); Recuperación de espacios degradados, Editorial Aedos S.A. Madrid España.
- Normas Técnicas Ecuatorianas, Instituto Nacional de Normalización, acceso con fecha 14 de Diciembre del 2011. URL disponible en <http://www.inen.gob.ec>
- Ministerio de energía y Minas, (2001); Reglamento sustitutivo al reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador, Edición MEM, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO N° 1 BIOESTIMULACIÓN DE SUELOS



ANEXO N° 2 COLOCACIÓN DEL SUELO A TRATAR



ANEXO N° 3 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA



ANEXO N° 4 SUELO DISTRIBUIDO



ANEXO N° 5 APLICACIÓN DEL DETERGENTE



ANEXO N° 6 PREVIA APLICACIÓN DE AGUA



ANEXO N° 7 APLICACIÓN HOMOGÉNEA DEL DETERGENTE



ANEXO N° 8 ESTIMULACIÓN DE BACTERIAS



ANEXO N° 9 PREPARACIÓN DE BACTERIAS Y SIEMBRA



ANEXO N° 10 INGRESO DEL MULTIBAC PLUS Y NUTRIENTES



ANEXO N° 11 SIEMBRA



ANEXO N° 12 ARADO DEL SUELO CON EL MOTOCULTOR



ANEXO N° 13 ENCUESTA



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

Objetivos: Conocer si el procedimiento que se está realizando dentro de la empresa Pacifpetrol, departamento de Medio Ambiente, en el proceso de biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburos es el más recomendado para la tratamiento del suelo.

1. ¿El manejo de las políticas en materia ambiental acerca de la contaminación que existe en la empresa es el adecuado?

SI

NO

2. ¿Usted cree que la técnica de Landfarming en el procedimiento de biorremediación que en la actualidad se está realizando en la empresa es el adecuado para el tratamiento de suelo?

SI

NO

3. ¿Cree usted que la técnica de Landfarming utilizada en el método de biorremediación de suelo cumple con las expectativas en cuanto a la eficacia y eficiencia necesaria?

SI

NO

4. ¿En qué aspectos cree usted que se podría mejorar en el proceso realizado?

Tiempo de proceso

Menos inversión
Calidad del tratamiento del suelo
Minimización de materiales utilizados

5. ¿Usted conoce algún otro método que se pueda utilizar en la biorremediación de suelo en la empresa Pacifpetrol?

SI NO

6. ¿Usted conoce el método de plataforma para la biorremediación del suelo?

SI NO

7. Cree usted que un método de biorremediación que no utilice geomenbrana sea factible para la empresa Pacifpetrol?

SI NO

8. ¿Cuál de los siguientes problemas se presentan en el método de Landfarming de biorremediación de suelo?

Rompimiento de la Geomenbrana
Taponamiento del ducto de salida del exiliado
Tiempo de remediación

9. ¿Usted cree que se podría optimizar el tiempo del tratamiento de recuperación del suelo?

SI NO

10. ¿En el tratamiento de biorremediación utilizado se está cumpliendo con las normas seguridad establecidas en la empresa?

SI NO

ANEXO N° 14 RESULTADO DE PARÁMETROS QUÍMICO DE SUELO

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (05)2998-232 Riobamba - Ecuador	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008																																							
INFORME DE ENSAYO No: ST:	0561 10 - 0083 ANÁLISIS DE SUELOS																																								
Nombre Peticionario: Atn. Dirección:	PACIPETROL Ing. Miguel Delgado Santa Elena, Parroquia San José de Ancón.																																								
FECHA: NUMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANÁLISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO LAB-CESTTA: CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO: ANÁLISIS SOLICITADO: PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	05 de Mayo del 2010 1 2010/04/27 - 16:00 2010/04/22 - 10:30 2010/04/27 - 2010/05/05 Suelo LAB-S 1730-10 NA Landfarming Sección de la sección 67 TPH Ing. Sandra Peña T máx: 24.0°C, T mín: 19.0°C																																								
RESULTADOS ANALÍTICOS:																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO /NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE</th> <th>INCERTIDUMBRE (h=2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hidrocarburos Totales</td> <td>PEE/LAB-CESTTA/07 INRCC 1005</td> <td>mg/Kg</td> <td>399,11</td> <td><4000</td> <td>± 26%</td> </tr> <tr> <td>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</td> <td>PEE/LAB/CESTTA/23 EPA SW-846 No.8318 EPA SW-846 No.3540</td> <td>mg/kg</td> <td>< 0,6</td> <td><5</td> <td>± 6%</td> </tr> <tr> <td>Cadmio</td> <td>PEE/LAB/CESTTA/76 EPA SW-846 No. 3050B, 7130</td> <td>mg/kg</td> <td><0,8</td> <td><2</td> <td>± 30%</td> </tr> <tr> <td>Niquel</td> <td>PEE/LAB/CESTTA/77 EPA SW-846 No. 3050B, 7520</td> <td>mg/kg</td> <td><30</td> <td><50</td> <td>± 50%</td> </tr> <tr> <td>Plomo</td> <td>PEE/LAB/CESTTA/78 EPA SW-846 No. 3050B, 7400</td> <td>mg/kg</td> <td><20</td> <td><100</td> <td>± 38%</td> </tr> </tbody> </table>	PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (h=2)	Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 INRCC 1005	mg/Kg	399,11	<4000	± 26%	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	PEE/LAB/CESTTA/23 EPA SW-846 No.8318 EPA SW-846 No.3540	mg/kg	< 0,6	<5	± 6%	Cadmio	PEE/LAB/CESTTA/76 EPA SW-846 No. 3050B, 7130	mg/kg	<0,8	<2	± 30%	Niquel	PEE/LAB/CESTTA/77 EPA SW-846 No. 3050B, 7520	mg/kg	<30	<50	± 50%	Plomo	PEE/LAB/CESTTA/78 EPA SW-846 No. 3050B, 7400	mg/kg	<20	<100	± 38%					
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (h=2)																																				
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 INRCC 1005	mg/Kg	399,11	<4000	± 26%																																				
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	PEE/LAB/CESTTA/23 EPA SW-846 No.8318 EPA SW-846 No.3540	mg/kg	< 0,6	<5	± 6%																																				
Cadmio	PEE/LAB/CESTTA/76 EPA SW-846 No. 3050B, 7130	mg/kg	<0,8	<2	± 30%																																				
Niquel	PEE/LAB/CESTTA/77 EPA SW-846 No. 3050B, 7520	mg/kg	<30	<50	± 50%																																				
Plomo	PEE/LAB/CESTTA/78 EPA SW-846 No. 3050B, 7400	mg/kg	<20	<100	± 38%																																				
OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> * Muestras recibidas en laboratorio * Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en toda las fases de la industria hidrocarbúrfera, incluidas las estaciones de servicios. Uso industrial. Tabla 6 RAOHE. 																																									
RESPONSABLES DEL INFORME:																																									
 Dr. Mauricio Álvarez RESPONSABLE TÉCNICO			 Dr. Nancy Veloz M. JEFE DE LABORATORIO																																						
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo MC1201-05																																									
					Página 1 de 2																																				

