ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

"Evaluación de Diferentes Sistemas para el Tratamiento de Residuos de Perforación en el Campo Tarapoa operado por la empresa Andes Petroleum S.A"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEOS

Presentada por:

Adriana Cristina Ballesteros Villegas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A Dios por todo su amor que me brinda día con día.

A toda mi familia por su invaluable apoyo.

A Kevin King e Ing. Mauricio Ruales y a todos los colaboradores de Qmax Ecuador S.A en general, quienes hicieron que este proyecto de Tesis se hiciera realidad.

A los amigos, profesores y compañeros todos, por compartir sus conocimientos y experiencias.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A ROBERTO

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Ricardo Gallegos Orta.
DECANO DE LA FICT
PRESIDENTE

Ing. Daniel Tapia Falconí..
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ricardo Gallegos Orta.
VOCAL

Ing.Heinz Teran Mite.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Adriana Cristina Ballesteros Villegas

RESUMEN

El desarrollo de esta tesis contempla dos partes; la primera, es la recopilación, procesamiento y análisis de los métodos existentes para el Tratamiento de Ripios de Perforación en el Ecuador; y la segunda, es el desarrollo de una Propuesta Experimental ”Confinamiento de Ripios provenientes del sistema de fluido base agua en Geotubos”. El Campo de Acción fue en el Bloque Petrolero de Tarapoa operado por la empresa Andes Petroleum Company y el Fluido de Perforación es de la Empresa Qmax Ecuador S.A.

Se establece primeramente, la definición de Ripio de Perforación y su obtención incluyendo la revisión de Equipo de Circulación del Fluido de Perforación y del Equipo de Control de Sólidos. Luego se revisa el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) lo referente al Tratamiento y Disposición de los Ripios; sus condiciones, prohibiciones y limites permisibles para tal propósito con el fin de minimizar los Impactos Ambientales, permitiendo un desarrollo sustentable de las empresas petroleras en las operaciones de manejo y disposición de ripios de perforación y de todos los ecuatorianos.

El trabajo de tesis continúa con la recopilación y procesamiento de toda la información necesaria para entender y tener una visión mas clara de todos y cada uno de los métodos existentes en el Ecuador para el Tratamiento y Disposición de Ripios y de los Métodos de referencia en otros países haciendo finalmente una evaluación de todos los sistemas señalando ventajas y desventajas de los mismos.

Finalmente se analiza el Sistema actual implementado en el Área de Tarapoa para el Tratamiento y Disposición de Ripios de Perforación señalando las ventajas y desventajas de la misma, y de acuerdo a esto se manifiesta una Propuesta Experimental como es el Confinamiento de Ripios en Geotubos señalando como se llevo a cabo el proceso, ventajas, desventajas, conclusiones y recomendaciones y de esta manera mitigar los posibles daños al medio ambiente provocados por los ripios de perforación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN……………………………………………………………………...….I

INDICE GENERAL……………………..…………………………..………III

ABREVIATURAS……………………..…………………………………….IX

SIMBOLOGIA…………………………………………………………........X

INDICE DE FIGURAS……………………………………………………..XI

INDICE DE TABLAS……………………………………………………...XIV

INTRODUCCION……………………………………………………………1

CAPITULO 1

1. RIPIOS DE PERFORACION……...……………….…………………………5

  1.1. Definición de Ripios de Perforación……...……………………………...5

    1.1.1. Generación de Ripios de Perforación………………………………7

    1.1.2. Efectos de los Ripios de Perforación sobre el Lodo durante la Perforación……..…………………………………………………9

    1.1.3. Volumen de Ripios…………………………………………...…11

  1.2. Manejo de Desechos de Perforación……………………………………13

1.3. Equipo de Circulación del Fluido de Perforación………………………..15

1.4. Selección de Ripios de Perforación (Control de Sólidos)…..…………17

1.4.1. Objetivos de Control de Sólidos…………………………………18

1.4.2. Clasificación del Tamaño de Partículas…………………………18

1.4.3. Equipo de Control de Sólidos……………………………………..20

1.4.3.1. Zarandas Vibratorias (Shale Shakers)…………………………20

1.4.3.2. Tamices (Shakers Screens)…………….…….………………..21

1.4.3.3. Hidrociclones…………………………..…………………...21

1.4.3.4 Desarenadores (Desanders)……………..…………………..23

1.4.3.5. Deslimadores (Desilters)………………..……………………24

1.4.3.6. Limpiadores de Lodo (Mud Cleaners)……..…………………24

1.4.3.7. Centrifugas………………………..……………………...26

1.5. Deshidratación (Dewatering)……………………………………....27

1.5.1. Componentes de la Unidad de Deshidratación (Dewatering)…28

1.5.2. Procedimiento a seguir para la operación de Deshidratación...29

CAPITULO 2

2. MARCO LEGAL Y REGULACIONES QUE RIGEN EL MANEJO DE LOS RIPIOS DE PERFORACION………………………………………………….31

2.1. Estructura Legal Aplicable……………………………………………..32

2.2. Relación con la Parte Medio Ambiental……………………………..34

2.2.1. Resumen de la Estructura Legal relacionada a la parte Medio Ambiental……………………………………………………………..35
2.2.2. Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH)……………………………………………………………………..38
2.3 Procesamiento de Desechos Sólidos y Líquidos previo a su Tratamiento……………………………………………………………………44
2.3.1. Monitoreo de Cortes Tratados Previo a su Disposición Final…45
2.3.2. Puntos a tomarse en cuenta al momento del Tratamiento de Ripios de Perforación…………………………………………………..47

CAPITULO 3

3. MANEJO DE RIPIOS DE PERFORACION…………………………………54
3.1. Almacenamiento Temporal de los Ripios de Perforación……………...55
3.2. Tratamiento y Disposición Final de los Ripios de Perforación………...57
3.2.1. Confinamiento en Piscinas y Celdas……………………………57
3.2.1.1 Ventajas del Método de Confinamiento en Piscinas y Celdas………………………………………………………...63
3.2.1.2. Desventajas del Método de Confinamiento en Piscinas y Celdas………………………………………………………...63
3.2.2. Celdas y Terrazas…………………………………………………65
3.2.2.1 Ventajas del Método de Celdas y Terrazas……………70
3.2.2.2 Desventajas del Método de Celdas y Terrazas………71

3.2.3. Desorción Térmica…………………………………………………...72
    3.2.3.1. Ventajas de Método de Desorción Térmica…………..76
    3.2.3.2. Desventajas del Método de Desorción Térmica……..78
3.2.4 Incineración Controlada de Ripios de Perforación……………...79
    3.2.4.1. Características del Equipo de Incineración…..………….81
    3.2.4.2. Normativa Legal…………………………………….…..83
    3.2.4.3. Ventajas del Método de Incineración Controlada de Ripios de Perforación……………………….……………....84
    3.2.4.4 Desventajas del Método de Incineración Controlada de Ripios de Perforación…………………..…………………85
3.2.5 Estabilización/Solidificación de Ripios de Perforación………..…86
    3.2.5.1 Ventajas del Método de Estabilización/Solidificación de Ripios de Perforación………………………………….………86
    3.2.5.2. Desventajas del Método de Estabilización/Solidificación de Ripios de Perforación……..……………………………87
3.2.6. Tratamiento y Disposición Controlada de Sólidos de Perforación provenientes de Fluidos Base Aminas……………………......88
    3.2.6.1. Área de Acción……….………………………………88
    3.2.6.2. Generalidades del Método……………………………..91
    3.2.6.3. Descripción del Proceso……………………………….93
    3.2.6.4 Monitoreo de Seguimiento…………………….…………105
    3.2.6.5. Riesgos Ambientales………………………..…………105

3.2.6.6. Marco Legal……………………………….……….....106

3.2.6.7. Ventajas del Método de Tratamiento y Disposición Controlada……………………………………………….108

3.2.6.8. Desventajas del Método de Tratamiento y Disposición Controlada……………………………………………….108

3.2.7 Dispersión en el Terreno (Land Spread)………………………109

3.2.7.1. Ventajas del Método de Dispersión en el Terreno……110

3.2.7.2. Desventajas del Método de Dispersión en el Terreno.110

3.2.8. Inyección de Ripios…………………………………………112

3.2.8.1. Ventajas del Método de Inyección de Ripios…………115

3.2.8.2 Desventajas del Método de Inyección de Ripios………116

CAPITULO 4

4. PROPUESTA EXPERIMENTAL……………………………………………117

4.1. Generalidades del Proyecto……………………………………...118

4.1.1. Resumen del Proyecto…………………………………….....118

4.1.2. Definición de Geotubo……………………………………………119

4.1.3. Fluido de Perforación Utilizado en el Área de Acción………...121

4.2 Instalación Experimental…………………………………………..123

4.2.1 Concepto de Coagulación y Floculación…………………………124

4.3 Técnicas Analíticas……………………………………………..126

4.4. Procedimiento Experimental y Resultados ……………………..………127

4.4.1. Fotos del Proceso de Deshidratación ó Dewatering (150ml de muestra)…………………………………..…………………………130

4.4.2. Aplicación del Geotubo…………….……………………………139

4.4.2.1. Fotos del Proceso de Deshidratación o Dewatering (30 litros de muestra)…… ……………………………………………..142

4.4.3. Análisis de Ripios y Lixiviados…………………………………..148

4.4.3.1 Fotos de los Análisis de Ripios y Lixiviados…………....151

CONCLUSIONES Y RECOMENDACONES……………………..……...……154

ANEXOS…………………………………………………………………………..158

BIBLIOGRAFIA…………………………..…………………………………..181

GLOSARIO…………………………….……………………………………183

ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Ba	Bario
Cd	Cadmio
Cromo	Cromo
DINAPA	Dirección Nacional de Protección Ambiental
ECS	Equipo de Control de Sólidos.
GDT	Geotube Demostration Test
HAP's	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
HGS	High Gravity Solids
LGS	Low Gravity Solids
RAOH	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburiferas.
ROP	Rata de Perforación
RPFC	Reserva de Producción Faunística Cuyabeno
SG	Specific Gravity
TD	Total Deph
TPH	Total Petroleum Hydrocarbons
Vanadio	Vanadio

SIMBOLOGÍA

bbls	Barriles
cm	centimetro
ft	pies
Ha	Hectarias
hr	hora
m^3	Metros cúbicos.
mg/lt	Miligramo por litro
ml	Mililitro
mS/m	Mili Siemens por metro
pH	Potencial de Hidrógeno
$pulg^2$	Pulgadas cuadradas
°C	Grados Centigrados
°F	Grados Farenheit
µS	Micro Siemens

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
Fig. 1.1	Instrumento de la Retorta………………………………………	9
Fig. 1.2	Diagrama de los componentes del Fluido de Perforación…………..	9
Fig. 1.3	Volumen vs. Área Superficial de los sólidos……………………….	10
Fig. 1.4.	Secciones perforadas de un pozo X………………………………	12
Fig. 1.5	Tanques de Metal para la colecta y almacenamiento temporal de Ripios de Perforación………………………………………………	13
Fig. 1.6.	Proceso a seguir de los Ripios de Perforación………………………	14
Fig.1.7	Circuito del Fluido de Perforación………………………………………	16
Fig.1.8	Clasificación de la Partícula por su tamaño…………………………	19
Fig.1.9	Zaranda Vibratoria……………………………………………………….	20
Fig.1.10	Partes de un Hidrociclon………………………………………………	22
Fig.1.11	Funcionamiento de un Hidrociclón……………………………………..	22
Fig. 1.12.	Desarenador (Desander)……………………………………………….	23
Fig. 1.13	Deslimador (Desilter)…………………………………………………….	24
Fig.1.14	Deslimador (Desilter)……………………………………………………	24
Fig.1.15	Limpiador de Lodo (Mud Cleaner)………………………………………	25
Fig.1.16	Limpiador de Lodo (Mud Cleaner)………………………………………	26
Fig. 1.17	Centrifuga…………………………………………………………………	27
Fig. 1.18	Equipo de Jarras………………………………………………………….	29
Fig. 2.1	Estructura Legal Aplicable a la Contaminación por Hidrocarburo…	32
Fig. 2.2	Esquema de Tratamiento. ………………………………………………	43
Fig. 2.3	Funda de Ripio de Perforación……………………………………….	46
Fig. 3.1	Área de disposición de cortes por celdas……………………………..	60
Fig. 3.2	Vista Superior de un sistema de celdas al costado de una piscina	61
Fig. 3.3	Vista Lateral y superior de una celda…………………………………..	62
Fig. 3.4	Distribución de Zonas para la construcción de Celdas y Terrazas en locación………………………………………………………………	66
Fig. 3.5	Celdas de la Zona 3 en forma de terraza……………………………..	67
Fig. 3.6	Celdas de la Zona 2 y 3 en forma de terraza…………………………	68
Fig. 3.7	Areas de disposición……………………………………………………..	69
Fig. 3.8	Áreas de disposición …………………………………………………….	69
Fig. 3.9	Áreas de disposición …………………………………………………….	69
Fig. 3.10	Planta de Tratamiento Térmico…………………………………………	72
Fig. 3.11	Planta de Tratamiento Térmico Indirecto……………………………	74
Fig. 3.12	“Thermal Oil Recovery System” Process Flow Design……………..	75
Fig. 3.13	Planta de Incineración de Ripios……………………………………..	79
Fig. 3.14	Planta de Incineración de Ripios……………………………………….	80

Fig. 3.15 Laguna Grande, Bosque Inundado/Cuyabeno……………………….. 89
Fig. 3.16 Zona Intangible de la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno RPFC………………………………………………………… 90
Fig. 3.17 Bloque de Tarapoa……………………………………………………… 91
Fig. 3.18 Esquema de los elementos principales de una unidad de tratamiento en lechos………………………………………………….. 92
Fig. 3.19 Unidad de Lechos o de Landfaming…………………………………… 97
Fig. 3.20 Unidad de Lechos o de Landfaming…………………………………… 97
Fig. 3.21 Piscina de cemento receptora de lixiviados provenientes de la Unidad de Landfarming…………………..………………………… 99
Fig. 3.22 Unidad de Lechos o de Landfaming…………………..…………… 100
Fig. 3.23 Esquema de los elementos principales de las piscinas de tratamiento…………………………………………………………….. 101
Fig. 3.24 Parcelas o Platabandas de disposición final……………………….. 103
Fig. 3.25 Utilización del Suelo Tratado para viveros o crecimiento de plantas después de los 6 meses de su disposición final…………………… 104
Fig. 3.26 Reutilización del material Tratado en la elaboración de Adoquines.. 104
Fig. 3.27 Flujo para la biorremediacion de sólidos de perforación………….. 106
Fig. 3.28 Opciones para inyectar ripios de perforación……………………… 113
Fig. 3.29 Proceso para la Inyección de Ripios………………………………… 114
Fig. 3.30 Proceso para la Inyección de Ripios………………………………… 114
Fig. 4.1 Geotubos de Tratamiento……………………………………………… 117
Fig. 4.2 Geotubo………………………………………………………………… 120
Fig. 4.3 Equipo Jar Test o Equipo de Jarras…………………………………… 123
Fig. 4.4 Desestabilizacion del coloide…………………………………………… 125
Fig. 4.5 pHmetro…………………………………………………………………… 126
Fig. 4.6 Vaso- Geotubo de Prueba……………………………………………… 129
Fig. 4.7 Solución de Coagulante y Floculantes………………………………… 130
Fig. 4.8 Muestra de lodo con regulador de pH…………………..…………… 130
Fig. 4.9 Muestra de lodo con regulador de pH y Coagulante………………… 131
Fig. 4.10 Muestra de lodo con regulador de pH, Coagulante y floculante siendo adicionado……………………………………………………….. 131
Fig. 4.11 Muestra de lodo coagulado y floculado……………………………….. 132
Fig. 4.12 Muestra de lodo con los floculos sedimentados………..…………… 132
Fig. 4.13 Muestra de lodo con floculos totalmente sedimentados (acondicionado).. 133
Fig. 4.14 Muestra de lodo con floculos totalmente sedimentados (acondicionado).. 133
Fig. 4.15 Muestra de lodo acondicionada vaceada en el Vaso-Geotubo de Prueba.. 134
Fig. 4.16 Muestra de lodo acondicionada vaceada del Vaso-Geotubo de Prueba…………………………………………………………………… 134
Fig. 4.17 Estructura GDT ó Geotube Demostration Test…………………….. 139
Fig. 4.18 Partes de la Estructura GDT…………………………………………… 141
Fig. 4.19 Adición de Regulador de pH a la muestra de lodo………………… 142
Fig. 4.20 Adición de la mezcla (Coagulante, floculante 1 y floculante 2)…….. 142
Fig. 4.21 Agitación del lodo Floculado…………………………………………… 143
Fig. 4.22 Lodo Floculado………………………………………………………… 143

Fig. 4.23	Proceso de Vaceado del lodo acondicionado a la Bolsa GDT……	144
Fig. 4.24	Lodo Acondicionado vaceado en la Bolsa……………………………	144
Fig. 4.25	Drenaje del Lixiviado………………………………………………..	145
Fig. 4.26	Bolsa GDT después de una hora de haber sido llenada con lodo acondicionado…………………………………………………………	145
Fig. 4.27	Muestras de Lixiviado (agua drenada) tomadas cada media hora por dos horas………………………………………………………………..	146
Fig. 4.28	Imágenes representativas de la Retorta realizada a los Ripios Confinados en el Geotubo a los 6 y 19 días…………….…………	151
Fig. 4.29	Ripio salido del geotubo a los 6 días……..………………………	152
Fig. 4.30	Sólidos una vez realizada la Retorta…………..………………	152
Fig. 4.31	Determinación de Ba, Cl, Fe, Sulfatos y sólidos suspendidos con el Equipo HATCH……………………………………………………..	153
Fig. 4.32	Determinación de DQO (Demanda Química de Oxigeno) con el Equipo HATCH…………………………………………………….	153

ÍNDICE DE TABLAS

Figura	**Nombre**	**Página**
Tabla 1.1.	Clasificación de Cortes y Partículas Sólidas de acuerdo al tamaño de partícula……………………………………………………………	6
Tabla 1.2	Volumen del hueco de un pozo X……………………………………	12
Tabla 1.3	Clasificación de la Partícula por su tamaño…………………………	20
Tabla 2.1	Listado de Empresas con Licencia Ambiental………………………	48
Tabla 2.2	Propiedades Físico Química de los Ripios de Perforación en el Área de Fanny, Tarapoa. …………………………………………….	52
Tabla 4.1	Resultados Dewatering 150ml…………………………………………	128
Tabla 4.2	Resultados para Dewatering inicial 500ml…………………………	136
Tabla 4.3	Resultados Finales de Dewatering 500ml y extrapolación para 30 litros…………………………………………………………………….	138
Tabla 4.4	Resultados Retorta @ los19 días………..…………………………	148
Tabla 4.5	Resultados Retorta @ los 6 días………………………………………	149
Tabla 4.6	Promedios Retorta…………………………………………………….	149
Tabla 4.7	Promedios Lodo………………………………………………………	149
Tabla 4.8	Resultado Lixiviados……………………………...…………………..	150