

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE CORTES Y FLUIDOS
DE PERFORACIÓN**

**ING. LUZ DARY MUNEVAR RAMÍREZ
ING. MARTHA CAROLINA RUBIO RAMÍREZ
ING. MAURICIO TORO VALBUENA**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

DIRECTOR DE TESIS

WILSON ARIEL MORENO URBINA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2.006**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE CORTES Y FLUIDOS
DE PROYECTOS DE PERFORACIÓN**

**ING. LUZ DARY MUNEVAR RAMÍREZ
ING. MARTHA CAROLINA RUBIO RAMÍREZ
ING. MAURICIO TORO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2.006**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

*Damos gracias a Dios por haber
hecho posible el alcanzar una
meta más en nuestras vidas. Y a
nuestros padres por su apoyo
incondicional,*

Carolina, Luz Dary, Mauricio

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A ECOPETROL S.A., por su colaboración en cuanto a información y visitas en diferentes campos, que fueron necesarios para la realización del manual

Ing. Wilson Ariel Moreno, Director de este proyecto por su colaboración y guía para la elaboración de este trabajo.

A las compañías de servicio que ejecutan esta actividad, por su asistencia, colaboración e información suministrada

A la universidad Industrial de Santander por su soporte y asesoría.

A todos mis compañeros de trabajo que hicieron posible esta odisea.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. ORIGEN Y CLASES DE RESIDUOS GENERADOS EN PERFORACIÓN DE POZOS.	16
2. ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS	18
2.1 ESTRATEGIAS ADMINISTRATIVAS.....	18
2.1.1 Compromiso Corporativo.	18
2.1.2 Administración ambiental adecuada.	18
2.1.3 Manejo de procesos y procedimientos técnicos.	19
2.1.4 Cumplimiento de requisitos legales.	19
2.2 ESTRATEGIAS OPERATIVAS O DE CAMPO.....	20
3. FUNCIONES Y LABORES DEL INGENIERO IFE O TFM Y DE LA COMPAÑÍA DE SERVICIOS DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS (ESTRATEGIAS OPERATIVAS).....	23
3.1 OBJETIVOS	23
3.2 ESTRATEGIAS.....	23
3.2.1 Calidad del fluido de perforación:	23
3.2.2 Volumen de fluido de perforación	24
3.2.3 Volumen de desechos	24
3.3 DIVULGACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PERMISOS.....	24
3.3 FUNCIONES DEL INGENIERO IFE (Ing. integral de fluidos).....	26
3.4 LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE CONTINGENCIAS	30
3.4.1 OBJETIVO	31
3.4.2 PANORAMA DE RIESGOS	31
3.4.3 ESTRUCTURA DEL PLAN DE CONTINGENCIA	32
3.5 PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR LAS PERDIDAS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN EN SUPERFICIE.....	33
3.6 PROCEDIMIENTO PARA RECICLAJE DE LOS DESECHOS ACEITOSOS	33
3.7 COMO OBTENER CORTES MÁS SECOS.....	33
3.8 PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE LA PISCINA DE CORTES.....	35
3.9 MANEJO DE LA PISCINA DE CONTINGENCIA.....	36
3.10 MANEJO DE LA PISCINA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA.....	38

3.11 MANEJO DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN PROCEDENTE DE LAS UNIDADES RED FOX	38
3.12 MANEJO DE LOS SITIOS DE RELLENO COMO SISTEMA PARA DISPONER CORTES BASE AGUA	39
3.13 MANEJO DE LAS PISCINAS DURANTE LA TRANSFERENCIA DE MATERIALES (CORTES TRATADOS Y SIN TRATAR)	42
3.14 ESTABILIZACIÓN DE CORTES CON CAL VIVA	42
3.15 REPORTE DE ACTIVIDADES DEL INGENIERO DE FLUIDOS, PROCESO	43
4. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS NECESARIOS PARA TRATAMIENTO DE CORTES Y FLUIDOS EN OPERACIONES DE PERFORACIÓN	44
4.1 REMOCIÓN DE SÓLIDOS DE HGS Y LGS	45
4.2 UNIDAD DE DEWATERING	46
4.3 RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO DE AGUA	48
4.4. UNIDAD DE SECADO DE CORTES BASE ACEITE	51
4.5 TRATAMIENTO, MANEJO Y ESTABILIZACIÓN DE CORTES BASE AGUA EN RELLENOS Y PISCINAS	53
4.6 TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACION DE CORTES, RESIDUO ACEITOSO Y LODO BASE ACEITE	54
4.7 TRATAMIENTO DE DESORCIÓN TÉRMICA DE CORTES, LODO BASE ACEITE Y RESIDUO ACEITOSO	56
4.8 TRATAMIENTO DE SALMUERAS Y FLUIDOS DE ALTA CONDUCTIVIDAD	58
4.9 TRANSPORTE DE MATERIALES ESPECIALES Y NO ESPECIALES	60
4.10 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE FLUIDOS DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LOS POZOS	61
4.11 EQUIPO Y ACCESORIOS ADICIONALES	62
4.12 VAPORELLA	63
4.13 UNIDAD HIDRÁULICA SUMERGIBLE	64
4.14 EQUIPO Y PROCESOS ADICIONALES DISPONIBLES	64
4.15 RECOMENDACIONES PARA SISTEMAS DE CONTROL DE SÓLIDOS	66
4.15.1 LODOS NO PESADOS < 10 PPG	66
4.15.2 LODOS PESADOS > 10 PPG	66
4.15.3 LODOS BASE ACEITE	67
5. DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS (INDICE SP) Y RESULTADOS	71

5.1 DERIVACIÓN DE LA FÓRMULA.....	71
6. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL. Y MEDIO AMBIENTE.....	76
7. CONCLUSIONES.....	78
8. GLOSARIO.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82

TITULO: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE CORTES Y FLUIDOS DE PERFORACION*

Autor: MUNEVAR R, Luz Dary; RUBIO RAMIREZ Martha C; TORO VALBUENA Mauricio. **

Palabras Claves: Cortes de perforación, manejo de residuos; residuos de perforación de pozos petroleros.

El manual de procedimientos para el manejo de cortes de perforación contiene los lineamientos tanto ambientales como técnicos y administrativos a tener en cuenta para desarrollar un proyecto de perforación de pozos de petróleo. Se describe en el primer capítulo las actividades que debe manejar la parte administrativa del proyecto y las actividades particulares a desarrollar por los ingenieros de campo para el manejo de residuos. En los capítulos subsiguientes se dan las guías de trabajo a tener en cuenta para los diferentes procesos involucrados al manejar los residuos de perforación, ello es cortes de perforación y agua principalmente.

De acuerdo con los tipos de fluidos manejados en un proyecto de perforación, se generan diferentes actividades mutuamente excluyentes respecto a la disposición

de los residuos. Si el fluido es base aceite se usan métodos y procesos diferentes que los usados para un fluido base agua.

Para lograr un buen nivel de tratamiento de los residuos se requiere de un conjunto de equipos mínimos y con especificaciones técnicas adecuadas que permitan desarrollar las labores de forma técnica y ambientalmente adecuada.

El manual constituye una guía de trabajo para el personal encargado de planear, supervisar y ejecutar las labores ambientales de proyectos de perforación. De igual forma, constituye una herramienta de consulta para personal no conocedor de la actividad de perforación.

*. Trabajo de grado

**Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Wilson A. Moreno.

TITLE: MANUAL OF PROCEDURES FOR THE HANDLING OF DRILLING CUTTINGS AND PERFORATION FLUIDS *

Author: MUNEVAR RAMIREZ, Luz Dary; RUBIO RAMIREZ Martha Carolina; TORO VALBUENA Mauricio. **

Key words: Drilling cuttings, waste management; remainders of oil well perforation.

The manual of procedures for the handling of perforation cuts contains the environmental parameters as much as administrative technicians and to consider to develop a project of oil well perforation. One describes in the first chapter the activities that must handle to the administrative part of the project and the particular activities to develop by the field engineers for the handling of remainders. In the subsequent chapters the work guides occur to consider for the different involved processes when handling the perforation remainders, it is courteous of perforation and water mainly.

In agreement with the types of fluids handled in a perforation project, different excluding activities with respect to the disposition from the remainders are generated mutually. If the fluid is base oil they use different methods and processes that the used ones for a fluid base water.

In order to obtain a good level of treatment of the remainders it is required of a set of minimum equipment and with suitable engineering specifications that allow to develop the workings of technical form and environmentally adapted.

The manual constitutes a guide of work for the personnel in charge to plan, to supervise and to execute the environmental workings of perforation projects. Similarly, it constitutes a tool of consultation for nonexpert personnel of the perforation activity.

* Monograph

**Chemical Engineer School. Environmental Engineer Specialist. Director. Ing. Wilson A. Moreno.

INTRODUCCIÓN

El manual de procedimientos para manejo de cortes y fluidos de proyectos de perforación tiene por objeto presentar los diferentes aspectos involucrados en el manejo de los residuos sólidos y líquidos de Perforación y las labores relacionadas con el desempeño de la función de los Ingeniero de Fluidos y Cortes de perforación y de proceso, de forma que se utilice para continuar mejorando las formas de manejo de cortes y fluidos y mantener el seguimiento y mejoramiento del sistema de control de sólidos.

Este manual contiene criterios, procedimientos y guías para desarrollar las labores de campo relacionadas con la función de ingenieros de fluidos y aspectos unidos al seguimiento de la eficiencia del sistema de control de sólidos de los equipos de perforación.

En el área ambiental, los componentes de los fluidos de perforación deben seleccionarse de manera tal que el impacto producido al medio ambiente por el desecho de lodo o sólidos sea mínimo. La preservación del medio ambiente es una de las causas principales que impulsa la investigación y el desarrollo de los fluidos de perforación hoy en día. El cuidado de la salud del personal que trabaja en estas actividades petroleras es también un motivo importante que influye en la utilización de estos fluidos, procurando seleccionar los productos de forma tal de

minimizar los riesgos de la salud. Los sólidos que se extraen del pozo deben tratarse, junto con los fluidos de perforación. Y mientras el daño al medio ambiente en el sitio del pozo es relativamente pequeño, en los alrededores de la operación de perforación, el impacto ecológico puede ser muy grande. Los desechos de perforación que se arrojan a la tierra producen distintos tipos de impacto. Con tantos contaminantes, el impacto ecológico se ve influenciado por la forma en la que el contaminante se desecha y luego dispersa en el medio ambiente. La biodegradación es un factor clave en la reducción del impacto en el medio ambiente a largo plazo producido por los fluidos de perforación

1. ORIGEN Y CLASES DE RESIDUOS GENERADOS EN PERFORACIÓN DE POZOS.

Los residuos se pueden agrupar en tres grandes clases: sólidos, líquidos y domésticos. Los residuos sólidos los constituyen los cortes producto de la perforación del pozo y los líquidos el agua usada tanto para fabricar lodo como para operar los equipos necesarios para las operaciones y el agua residual del campamento. A su vez, dependiendo del tipo de fluido de perforación, bien sea base agua o base aceite, el manejo de los desechos de perforación incorporan un residuo adicional especial como es aquel contaminado con ACPM o lodo base aceite y que lo constituyen los cortes contaminados, el fluido residual en si mismo y todos los materiales que se contaminan durante la operación como trajes, ropas, esponjas etc. Otros residuos comunes en operaciones de perforación son los producidos por los empaques de productos químicos como son bolsas, tambores de 5 y 55 galones (metálicos y plásticos), estibas de madera, "bigbags", chatarra, etc.

De igual forma, durante las operaciones de perforación se presenta residuos de tipo gaseoso que son los producidos por los generadores de los equipos y los producidos por la quema de gas producto de pruebas de producción y/o eventuales arremetidas de los pozos. Dentro de este grupo se involucra el uso de incineradores en los pozos que generan vapores y emanaciones sujetos a estricta regulación ambiental.

Dentro de los domésticos se genera en un pozo los residuos propios de un asentamiento humano, ello es: residuos de basura domestica como cartones, papeles, trapos, residuos hospitalarios, aguas negras y grises y madera.

2. ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS

2.1 ESTRATEGIAS ADMINISTRATIVAS.

El manejo de estos residuos, implica un proceso de planeación por parte del especialista ambiental para tener estrategias que le permitan asegurar su buen manejo así como acoplarse perfectamente a la operación para no interferir con la actividad y/o arriesgar los capitales invertidos por contravención de legislación ambiental y/o daños irreparable al ambiente que imposibiliten continuar con este tipo de actividades.

Las principales estrategias a seguir implican:

2.1.1 Compromiso Corporativo.

Compromiso de las directivas del proyecto de perforación la actividad ambiental y de manejo de los residuos generados. Es el principal factor ya que este compromiso implica recursos económicos que permitan ejecutar las actividades planeadas. Este compromiso generalmente se ve reflejado en políticas ambientales y de HSE expresada en cada compañía y son visibles dentro de los presupuestos de cada proyecto.

2.1.2 Administración ambiental adecuada.

Se requiere que se tenga una unidad ambiental dirigida por personal con experiencia y conocimiento en el manejo de los residuos que le permita valorar las cantidades involucradas, generar los programas y solicitar los presupuestos

y la mano de obra requerida para cumplir con los objetivos de manejo de los fluidos y sólidos residuales. De igual forma, esta administración ambiental adecuada debe tener comunicación directa con la corporación y debe manejar perfectamente la actividad legal involucrada en esta labor la cual constituye un riesgo de alto impacto para la labor. Dentro de la operación en si misma, como mínimo se requiere un personal para interventoría ambiental y funcionarios de sólidos tanto de la compañía de ingeniería de lodos (ingenieros IFE, TFM) y funcionarios de la compañía de tratamiento de sólidos y líquidos (supervisos, ingenieros de agua, ingeniero de sólidos, obreros).

2.1.3 Manejo de procesos y procedimientos técnicos.

En cada operación de recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos tanto líquidos como sólidos, ya existe procedimientos y técnicas que permiten lograr el manejo del residuo y están disponibles bajo diferentes modalidades: por medio de servicios de terceras compañías y/o ejecución directa por parte de administración ambiental y/o corporación. El uso de la empresa de servicios y/o la ejecución directa de la labor depende de los costos que se involucren y la necesidad de ejecutar las labores por si mismo (con el objeto de reducir principalmente costos).

2.1.4 Cumplimiento de requisitos legales.

Dado que el contexto donde se desarrolla la labor esta bajo un régimen ambiental, los procesos deben tener un nivel técnico mínimo que permita generar resultados visibles desde el punto de vista legal y que a su vez se pueda cumplir con los planes de manejo ambiental (PMA) y las licencias y permisos ambientales que se involucren en cada proyecto. No se puede planear un proceso dentro de la legislación ambiental y ejecutar otro ya que

esto acarrea inconvenientes legales administrativos. De igual forma, un proceso debe ser de buena intención con el ambiente y debe llevar a un mejor estado ambiental final, por lo que debe actuarse de buena fe y de común acuerdo con la autoridad ambiental y con las políticas de la empresa. De igual forma, un proyecto hace uso de recursos naturales (agua, suelo, aire etc.) por lo que debe involucrarse y planearse toda la labor de pedir y tener al día los permisos para perforar el pozo desde el punto de vista ambiental.

2.2 ESTRATEGIAS OPERATIVAS O DE CAMPO

Al ejecutar un proyecto de perforación en el cual se cuenta con un lapso limitado y se debe finalizar las labores a la par que se desarrolla el trabajo, es necesario tener muy claro y definido desde antes de iniciar el proyecto las actividades a ejecutar y las formas como se va a ejecutar el proyecto en cuanto a su manejo para no entrar en fases de improvisación y/o desatención ambiental por falta de planeación.

Los encargados de llevar a cabo la estrategia de campo son el ingeniero IFE o TFM, el interventor ambiental, la unidad administrativa ambiental del proyecto y bajo el compromiso y total dirección del jefe de pozo del proyecto. Es fundamental que el jefe de pozo este comprometido con la parte ambiental para que se cumpla las actividades ambientales y se desarrolle operaciones dentro del límite ambiental y/o se tenga en cuenta la parte ambiental para las labores. Es casi que fundamental que exista una comunicación clara entre la unidad ambiental, los objetivos propuestos y las labores propias de perforación

que permitan conocer de las dos partes las metas propuestas para que se trabaje de forma acoplada.

Las principales estrategias que usan los ingenieros de proceso y de fluidos en un proyecto están encaminadas a entregar un sólido de perforación con la menor cantidad de lodo asociado, a maximizar el desempeño del equipo de control de sólidos lo cual redundará en menor desecho de líquidos, a trabajar en mantener la máxima eficiencia de unidades como hidrociclones, centrifugas, zarandas, unidades de secado de cortes, a efectuar operaciones de transferencia de fluidos adecuadas y a colaborar con el ingeniero ambiental en operaciones de logística para el manejo de los residuos. De igual forma, se involucra en el manejo de contingencia y en elaborar con el ingeniero ambiental programas de prevención de derrames y programación de simulacros.

El ingeniero ambiental o interventor ambiental desarrolla la labor de velar por el cumplimiento del plan de manejo ambiental y es conocedor de las operaciones para plantear la forma de ejecutar labores, supervisar y generar los informes y resultados como indicadores de éxito e informes ambientales. De igual forma, mantiene actualizado al jefe de pozo y unidad ambiental en el progreso de la obra e identifica mejoras y o bajos desempeños para gestionar los cambios respectivos y/o señalar falencias técnicas, administrativas, de personal o logísticas que se requieran para lograr el buen manejo de sólidos y líquidos.

La compañía de servicios o personal que ejecuta la actividad de recolectar, tratar y disponer los sólidos y los residuos, deben contar con personal

calificado y con equipos mínimos y dimensionados para la labor a ejecutar. Dentro de los equipos se maneja maquinaria pesada, unidades de dewatering, plantas de tratamiento de agua, bombas de diferentes categorías para transferencia y tratamiento de fluidos, sistemas de aspersión, procesos de tratamiento de agua por métodos convencionales (coagulación/floculación, sedimentación, desinfección) tratamiento de sólidos producto de tratamiento de agua, dewatering de lodo, estabilización de sólidos con cal, procesos de secado de cortes base aceite, unidades centrifugas y manejo de equipo pesado como volquetas, retroexcavadoras, etc..

Dentro del personal calificado que requiere una compañía de servicios para sólidos y líquidos esta: Un ingeniero supervisor de área, un ingeniero para tratamiento de agua, un ingeniero de sólidos, un técnico para las unidades centrifugas. Todo esta personal debe operar con 3-4 obreros de patio que le permitan desarrollar sus labores de forma técnica y efectiva.

3. FUNCIONES Y LABORES DEL INGENIERO IFE O TFM Y DE LA COMPAÑÍA DE SERVICIOS DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS (ESTRATEGIAS OPERATIVAS).

3.1 OBJETIVOS

- Velar por el excelente diseño y desempeño del equipo de control de sólidos.
- Elaborar diseños adecuados de la localización, drenajes, y piscinas.
- Realizar una buena planeación de pozo, apoyada en una estrategia bien ejecutada para el manejo de desechos. Esto significa reducir el transporte de desechos, reciclarlos cuando sea posible, obtener los cortes con el menor porcentaje de humedad posible, mínimo consumo de agua y equipo de control de sólidos eficiente (por consiguiente se obtienen menores volúmenes de lodo para dewatering).

3.2 ESTRATEGIAS

Consideramos que la calidad del fluido de perforación es vital para el buen desempeño y éxito de la perforación de cualquier pozo, es así como consideramos que el éxito de los procedimientos TFM se basan en:

3.2.1 Calidad del fluido de perforación:

Bajo ninguna circunstancia se puede comprometer la calidad del fluido de perforación, y se deben mantener las propiedades de acuerdo al programa de lodos diseñado para el pozo.

3.2.2 Volumen de fluido de perforación

Todos los esfuerzos deben estar encaminados para reducir la necesidad de diluir, mediante la optimización de los equipos disponibles para mantener las propiedades del fluido de perforación.

3.2.3 Volumen de desechos

El plan debe encaminarse a reducir estos volúmenes a través del manejo proactivo, la buena comunicación y un sistema organizado de manejo de fluidos (TFM.)

Como ejemplo se pueden citar las pérdidas de fluido de perforación sobre las Rumbas y agua alrededor del taladro. Todo esto en conjunto contamina la piscina de cortes y reduce la calidad de estos, requiriendo más consumo de cal para lograr su estabilización.

Si los sistemas de tratamiento de desechos y/o control de sólidos no son eficientes, se crea la necesidad de descartar fluido de perforación y fabricar un volumen adicional innecesario para reducir el porcentaje en volumen de sólidos en el lodo. La solución es atacar la raíz del problema.

3.3 DIVULGACIÓN DEL PLAN DE MANEJO Y PERMISOS

Se recomienda establecer con la compañía encargada del tratamiento de cortes y fluidos un sistema de control y aseguramiento mediante un Plan de Acción y Cumplimiento Ambiental, el cual debe elaborarse con base en el Plan de Manejo Ambiental, Licencia Ambiental del Proyecto y Permisos Ambientales. Este Plan debe ser coordinado por el Ingeniero Ambiental quien instruirá al Contratista sobre el procedimiento a seguir.

	Si / No	Comentarios
Reconocimiento de la zona de disposición de agua.		Posibles riesgos aguas arriba y aguas abajo del sitio de vertimiento. En el caso de la disposición en las estaciones se debe establecer un mecanismo de control y comunicación permanente con el operador de producción de la estación. Se debe también realizar un acta con los parámetros fisicoquímicos del agua que se va a disponer y entregarle copia al operador de la estación. Se debe asegurar que todos los operadores tengan conocimiento de las líneas que conducen el agua tratada desde el pozo hacia la estación.
Reconocimiento de la zona de disposición de cortes.		¿Se requiere adecuar algún acceso? ¿Se puede utilizar el material de excavación para el tratamiento de los cortes de perforación y así reducir el consumo de cal?
Conocimiento del fluido de perforación y sus aditivos.		¿Presenta el fluido de perforación algún problema con los metales pesados? ¿Qué experiencia se ha tenido con sistemas de fluido de perforación similares? ¿Se han probado nuevos productos que garanticen un proceso más eficiente?

3.3 FUNCIONES DEL INGENIERO IFE (Ing. integral de fluidos)

- Evaluar el estado inicial del sistema de control de sólidos y la infraestructura disponible para el manejo de fluidos y cortes residuales antes de inicio de operaciones (piscinas, canales, desnatadores, piscinas de tratamiento de agua etc.). Aplicar una lista de chequeo.

- Soportar y dar las recomendaciones de manejo al Jefe de Pozo y Líder del Proyecto para aplicaciones especiales que surjan durante el proyecto (biorremediaciones, equipos de desorción, limpieza de tanques, uso de nuevas tecnologías, etc.).
- Sugerir las configuraciones de equipos, dimensiones y líneas que permitan un desempeño óptimo durante las operaciones de perforación de los sistemas y equipos de manejo de fluidos.
- Supervisar el desempeño del sistema de control de sólidos (escalper, rumbas, desanders, desilter, mudcleaner, centrifugas (HGS/LGS) durante las diferentes operaciones).
- Evaluar el estado mecánico de rumbas, escalper, hidrociclones, centrifugas y definir si su estado es el adecuado para la operación que se va a ejecutar.
- Coordinar con diferentes pozos aledaños el manejo de fluidos que permita hacer el mejor uso de los recursos.
- Promover programas de reciclaje de agua, reciclaje de lodo, recuperación de materiales, manejo de residuos que redunden en menores costos para la empresa.
- Programar cantidades de fluidos a preparar (lodo y fluidos de completamiento) en las cantidades mínimas requeridas para evitar excesos.
- Recomendar procesos y tecnologías que permitan tener un mejor desempeño en los diferentes proyectos de perforación.
- Coordinar con el Jefe de Pozo y los supervisores de las diferentes compañías y la interventoría ambiental, el manejo de fluidos, toma de muestras para eficiencia, adecuado manejo de aguas grises y negras, vertimientos adecuados, etc.

- Estar presente durante todas las operaciones que involucren manejo de fluidos y materiales (cementaciones, corrida de revestimiento, etc.).
- Optimizar el uso de mallas de diferente mesh disponibles en el pozo.
- Realizar el seguimiento diario al desempeño del Sistema de Control de Sólidos generando indicadores de su desempeño (eficiencia) y optimizar el uso de los diferentes equipos disponibles. Usar software de eficiencia de centrífugas y balance de materiales que permita conocer el desempeño de los equipos.
- Realizar seguimiento a la tasa de dilución del lodo para garantizar un nivel acorde con el desempeño del sistema de control de sólidos. Interactuar con el ingeniero de Lodos para la evaluación y uso del sistema de control de sólidos.
- Realizar los programas de desplazamiento de fluidos en las diferentes operaciones y proveerlo al Jefe de Pozo.
- Evaluar el nivel de fluidos y espacio disponible en el pozo, y planear las contingencias adecuadas para continuar con las operaciones sin generar riesgos ambientales y sociales.
- Mantener el registro de cantidades y costos de fluidos disponible (por pozo y consolidado) de todos los pozos para generar reportes estadísticos de manejo de fluidos y cortes residuales.
- Realizar seguimiento y comparaciones con los estándares API para el sistema de control de sólidos.
- Actualizar diariamente en el software de reportes diarios el desempeño del sistema de control de sólidos con los siguientes datos básicos: fecha, profundidad, cantidades de fluidos producidos, índice de desempeño API del sistema de control de sólidos, tasas de dilución diarias, volumen de agua

tratada y vertida, cantidades de sólidos generados, costos diarios y acumulados, etc.

- Realizar seguimiento al desempeño técnico del contrato de manejo y tratamiento de fluidos residuales y los equipos proporcionados de acuerdo con las especificaciones del contrato.
- Realizar seguimiento al desempeño de los sistemas de tratamiento de agua residual industrial, agua residual doméstica, manejo y tratamiento de cortes, manejo y tratamiento de fluidos especiales (aceitosos y conductivos).
- Planear y recomendar actividades de manejo de fluidos de acuerdo al desarrollo de las actividades o a variaciones normales de las operaciones.
- Llevar un registro de observaciones y lecciones aprendidas, y medidas preventivas útiles.
- Coordinar el manejo de residuos (rellenos, transporte, cargue) en áreas externos de la localización.
- Dar charlas de capacitación a todo el personal sobre desempeño de sistema de control de sólidos y manejo de fluidos especiales.
- Soportar los planes de contingencia para derrames, incendio, reventones durante las operaciones.
- Desarrollar planeas y recomendaciones preventivas encaminadas a evitar conflictos sociales, contaminación de recursos y manejo adecuado de residuos.
- Generar un informe por pozo del desempeño y realizar recomendaciones para mejorar.
- Realizar comparaciones entre los diferentes desempeños históricos de los proyectos y los resultados actuales para registrar las mejoras.

- Sugerir modificaciones en el sistema de manejo de control de sólidos, distribución de piscinas y equipos que permita reducir costos y mejorar el desempeño en campo.
- Conocer el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto y asesorar al Jefe de Pozo y Líder del Proyecto en el cumplimiento de las obligaciones ambientales estipuladas.
- Realizar mediciones de la fuerza G de las rumbas mediante el uso de acelerómetros.
- Desarrollar un software que permita dimensionar los requisitos del sistema de control de sólidos de un equipo de perforación basados en las propiedades esperadas de lodo, temperaturas, viscosidades, tipo de lodo, estado mecánico del pozo, diámetros de perforación, ratas de penetración y tipo de formaciones esperadas:
 - Numero de rumbas y tipo de mallas.
 - Número de mud cleaners,
 - Número de hidrociclones y tipo
 - Cantidad y tipo de centrífugas.
 - Esquemas o distribuciones de equipos.

3.4 LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE CONTINGENCIAS

Las Compañías encargadas de realizar el tratamiento de fluidos, desechos y del manejo de los fluidos totales, deben presentar antes de iniciar las actividades en

las diferentes fases del proyecto un Plan de Contingencia que se ajuste los requerimientos presentados a continuación:

3.4.1 OBJETIVO

El Plan de Contingencia tiene como objeto garantizar una adecuada respuesta a las emergencias que se puedan presentar durante el desarrollo de las actividades, en las diferentes fases del proyecto.

Los procedimientos que integran el Plan de Contingencia tienen el propósito de garantizar una adecuada respuesta a los siguientes eventos: (i) incidentes de contaminación, (ii) eventos que pondrían en riesgo los recursos naturales y la integridad de las personas, (iii) eventos que pondrían en peligro la ejecución del proyecto y los bienes de la compañía operadora.

3.4.2 PANORAMA DE RIESGOS

Se definirán los principales riesgos asociados a las diferentes fases del proyecto; estos se pueden presentar definiendo el evento y las actividades a considerar de acuerdo a cada uno de los eventos establecidos. A continuación se presenta una ilustración de como identificar los riesgos:

<i>EVENTO</i>	<i>ASPECTOS A CONSIDERAR</i>
<i>Derrame de combustibles y/o lubricantes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Transporte</i> ➤ Almacenamiento ➤ Estado mecánico de equipos ➤ Reparaciones mecánicas para equipos ➤ Disposición de equipos

3.4.3 ESTRUCTURA DEL PLAN DE CONTINGENCIA

El Plan debe ser diseñado conservando la estructura definida en el Plan Nacional de Contingencias – PNC, establecido mediante Decreto 321 de 1999 (Tabla que se presenta a continuación)

Componente del PDC	Elementos Principales	Objetivos
PLAN ESTRATÉGICO	Formulación de objetivos y alcances del PDC	Clasificar las emergencias y establecer los niveles de respuesta y el cubrimiento del PDC
	Evaluación de Riesgos	Identificar actividades riesgosas, las condiciones que afectan la probabilidad de ocurrencia de una emergencia, sus posibles causas, etc.
	Organización y asignación de responsabilidades	Diseñar un organigrama operativo y asignar responsabilidades al personal del proyecto
	Cuantificación de recursos	Determinar los equipos, herramientas y demás elementos necesarios para prevenir y controlar la emergencia
PLAN OPERATIVO	Capacitación e información	Preparar un programa para informar al personal sobre el manejo ambiental y PDC de la actividad, en cada fase de su ejecución.
	Comunicaciones	Establecer flujos de información con base en la estructura organizacional del operador, incluyendo los grupos de apoyo externo
	Acciones de Control	Presentar los procedimientos a seguir durante la emergencia
PLAN INFORMATIVO	Información del área de influencia	Base de datos y base cartográfica para soportar los planes estratégico y operativo
	Equipos y expertos	Directorio de equipos y expertos que pueden dar soporte al PDC
SEGUIMIENTO Y CONTROL	Evaluación y verificación de resultados del PDC	Crear herramientas de trabajo para el control del PDC y para determinar su eficacia
	Efectos de la Contingencia	Complementar el PDC con herramientas de evaluación del estado de recursos afectados por la emergencia, y de efectos sobre comunicaciones involucradas.

3.5 PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR LAS PERDIDAS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN EN SUPERFICIE

	GUÍA	RESPONSABLE
1	Perdidas de lodo en la mesa: Se pueden reducir haciendo uso adecuado de los borrachos en los viajes con tubería llena, verificando que los sellos se encuentren en buen estado, y realizando la conexión de la manguera de descarga del mismo en el flow line.	Taladro
2	Contenido del contrapozo: Aislar los bordes con una hilera de ladrillo para evitar el contacto del lodo en el contrapozo con el agua lluvia o de lavado y retornarlo nuevamente al sistema activo de lodos. En caso de desecharlo se debe bombear directamente a los tanques del sistema de deshidratación de lodo para su tratamiento.	Compañía de tratamientos. Capataz de patio.
3	Válvulas, empaques de las bombas y líneas: Realizar la revisión periódica para detectar fugas de lodo o agua.	TFM Taladro

3.6 PROCEDIMIENTO PARA RECICLAJE DE LOS DESECHOS ACEITOSOS

	GUÍA	RESPONSABLE
1	Desnatador: Realizar la recolección de la capa de aceite en forma manual y depositarla en una caneca con la parte superior abierta, y con una válvula de 1" en la parte inferior para realizar el drenaje del agua asociada con el aceite. Cerrar la válvula una vez comience a salir aceite a través de ella. Una vez se llene la caneca, traspasar el contenido a un recipiente con tapa utilizando un embudo. Este aceite recuperado puede incorporarse al sistema de fluido de perforación como lubricante y reducir el uso de diesel limpio. El aceite que no se pueda reutilizar deberá ser enviado a los separadores API de la estación más cercana.	Compañía de tratamiento. TFM Capataz de patio

3.7 COMO OBTENER CORTES MÁS SECOS

	GUÍA	RESPONSABLE
1	No descargar lodo a las piscinas, evitar el flujo de lodo a través de las Rumbas. Se debe tener un rumbero monitoreando continuamente el estado y limpieza de las mallas.	Ingeniero de Lodos TFM Obrero (Taladro)
2	Usar solamente mallas 12 mesh en las mallas de los scalpers.	Ingeniero de Lodos TFM
3	Colocar las mallas mas finas posibles en las Rumbas, usar mallas piramidales o XR si es posible. Revisar durante los viajes los tensores, soportes de	

	GUÍA	RESPONSABLE
	<p>caucho, limpieza de los bolsillos. Asegurarse de mantener el Stock suficiente de mallas de acuerdo con los consumos.</p> <p>Se recomienda n las siguientes tamaños de mallas:</p> <p>1000 – 1200 GPM = 150 –175 mesh. 400 – 1000 GPM = 175 – 210 mesh.</p>	Ingeniero de Lodos TFM
4	<p>Mantener el ángulo de inclinación de las Rumbas entre 1 y 3 grados, y una superficie equivalente al 60% - 75 % de la malla cubierta por el fluido de perforación para evitar la degradación de los sólidos perforados. Evitar ángulos superiores a los tres grados ya que dan mayor tiempo de retención y reducen la vida útil de las mallas. En este caso es mejor cambiar las mallas y colocar una menos fina.</p>	Ingeniero de Lodos TFM
5	<p>Asegurarse de que el Mud cleaner, D – Sander y demás hidrociclones cumplan con la “ regla del dedo gordo “ - presión óptima de trabajo = 4xMw. Se debe revisar periódicamente el estado de las mallas y los conos.</p>	Ingeniero de Lodos TFM Encuellador (Taladro)
6	<p>Verificar que las centrifugas de lodo esté operando eficientemente. La compañía que las suministra debe correr diariamente un programa de eficiencia para optimizar su funcionamiento.</p>	Contratista. TFM
7	<p>Realizar la limpieza adecuada de las mallas del mud cleaner y de los Shakers. Se recomienda el uso de hidrolavadoras.</p>	TFM Obrero (Taladro)
8	<p>Realizar el monitoreo continuo del equipo de control de sólidos cada 2 horas durante la perforación. Para inspeccionar las mallas cierre la válvula correspondiente del Shaker que va a revisar, y apáguelo. Revise el estado de las mallas. Encienda nuevamente el equipo y restablezca el flujo abriendo la válvula correspondiente en el manifold.</p>	TFM Obrero (Taladro)
9	<p>Asegúrese de que las mallas se encuentran bien almacenadas. Las mallas usadas reutilizables deben lavarse con diesel antes de su almacenamiento. Realice la reparación usando solamente resina epoxica. Se recomienda almacenarlas en posición vertical y por ningún motivo colocar objetos pesados encima. Se pueden almacenar horizontalmente pero no deben colocarse mas de 10 mallas una sobre otra.</p>	TFM Ingenieros de lodos
10	<p>Realizar los respectivos programas de desplazamientos durante los cambios de fluidos, cementaciones etc. para preparar la logística</p>	TFM Ingenieros de lodos

	GUÍA	RESPONSABLE
	necesaria y evitar al máximo el envío de fluidos a la piscina de cortes.	
11	Para la estabilización con cal de los cortes se requiere realizar retortas antes y después de cada adición para determinar la dosis de Cal requerida de acuerdo con el porcentaje de humedad. Si se requiere tierra para la mezcla, también se recomienda realizar una retorta para obtener el porcentaje de agua adicional aportado por la tierra.	Compañía de tratamientos

La configuración básica que se debe tener en los pozos en la siguiente:

- Tres piscinas para almacenamiento y tratamiento de cortes (capacidad 10.000-15.000 bbls dependiendo de la profundidad del pozo). Pozos con profundidad media 10.000 pies, aproximadamente 10.000 barriles; para pozos con profundidad media 4000 pies, requiere un volumen de 3000 barriles; para pozos de 8000 pies se requieren piscinas de 5000 barriles
- Una piscina de contingencia. Capacidad 2000 bbls.
- Una piscina para ajuste de propiedades y almacenamiento de agua para disposición final. – Capacidad 1000 bbls.

3.8 PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE LA PISCINA DE CORTES

	GUÍA	RESPONSABLE
1	Ante todo se debe velar por el buen funcionamiento de los equipos de control de sólidos evitando a toda costa la pérdida de fluidos hacia la piscina de cortes.	Ingeniero de proceso, TFM
2	Antes de romper circulación después de los viajes se debe verificar que las rumbas se encuentren encendidas y las válvulas del manifold de la línea de flujo se encuentren abiertas.	Ingeniero de proceso, TFM Ingeniero de lodos Obrero
3	Ajustar adecuadamente el ángulo de inclinación de las Rumbas de acuerdo a las condiciones de caudal	Obrero

	GUÍA	RESPONSABLE
	y formación perforada, para minimizar las pérdidas de fluidos hacia la piscina de cortes	
4	Realizar la permanente limpieza de las mallas eliminando los riesgos de taponamiento de las mismas y por consiguiente evitando pérdidas de líquido hacia la piscina.	Obrero
5	Direccionar las descargas de la trampa de arena hacia la piscina de contingencia. <u>Estas descargas líquidas son las que causan el mayor incremento de los volúmenes de desechos en las piscinas de cortes; una vez se encuentren estos fluidos dentro de la piscina serán muy difíciles de recuperar ESTARÁ TOTALMENTE PROHIBIDO DRENAR CUALQUIER TIPO DE FLUIDO HACIA LA PISCINA DE CORTES.</u> En caso de que por logística no se pueda colocar el tubo de descarga de la trampa de arena con dirección hacia la piscina de contingencia, la limpieza de la trampa deberá realizarse utilizando bombas de aire para evacuar el lodo hacia la unidad de deshidratación de lodos.	Ingeniero de proceso, TFM Ingeniero de lodos Encuellador
6	Se debe retirar inmediatamente el agua lluvia acumulada o los lixiviados de los sólidos descartados en la unidad de dewatering, y tratarlos en la unidad de tratamiento de desechos líquidos con el fin de mantener esta piscina lo más seca posible. CUALQUIER FLUIDO QUE SE ENCUENTRE EN LA PISCINA DE CORTES DEBE SER RETIRADO INMEDIATAMENTE	Compañía de tratamientos
7	Almacenar el volumen de cortes suficiente para realizar el tratamiento de todos los residuos generados en la perforación por baches.	Compañía de tratamientos

3.9 MANEJO DE LA PISCINA DE CONTINGENCIA

	GUÍA	RESPONSABLE
	<p>Esta piscina será utilizada exclusivamente para la recepción de desechos líquidos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Desechos de lavado de equipos:</u> tanques de lodo y unidades de cementación. • <u>Fluidos del contrapozo:</u> agua-lodo de canales o aguas lluvias contaminadas que por 	

	GUÍA	RESPONSABLE
1	<p>capacidad no se puedan recibir en los tanques de la unidad de tratamiento de aguas o dewatering.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Desplazamientos:</u> en caso de realizar desplazamientos esta piscina estará en capacidad de recibir el volumen de lodo desplazado del hueco que no se pueda recibir en las facilidades con que cuente el sistema activo de lodo (tanques de reserva), o frac tanks adicionales. <p><u>Sistemas de lodo contaminados:</u> se recibirá el volumen de fluido de perforación que sea necesario descartar para compensarlo con lodo nuevo y restablecer las propiedades reológicas requeridas.</p>	<p>TFM Compañía de tratamientos</p>

3.10 MANEJO DE LA PISCINA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

	GUÍA	RESPONSABLE
1	El tratamiento de coagulación, floculación y sedimentación de las aguas residuales industriales se realizara en tanques que permitan el desarrollo de un tratamiento eficiente.	Compañía de tratamiento
2	El agua tratada se bombeará a la piscina de almacenamiento para realizar la aireación correspondiente, y el ajuste de las propiedades fisicoquímicas que lo requieran antes de realizar la disposición final para efectos del cumplimiento de las obligaciones y legislación ambiental.	
3	Los sedimentos producto del tratamiento de estos desechos líquidos deben ser procesados en la unidad de dewatering.	
4	Se podrá recibir el efluente de la Red Fox en esta piscina siempre y cuando no altere la calidad fisicoquímica y bacteriológica de las aguas industriales ya tratadas.	

3.11 MANEJO DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN PROCEDENTE DE LAS UNIDADES RED FOX

Puede ocurrir que se presente una perdida de estos sólidos hacia la zona donde se disponen los efluentes de estas plantas. El riesgo radica en la alta carga de patógenos que pueden afectar la calidad de vida de las personas o animales que entren en contacto con estos sedimentos.

	GUÍA	RESPONSABLE
--	------	-------------

1	Monitorear el contenido de lodo y disminuir a través del sistema de purga sus niveles cuando se sobrepase el 10 % v/v.	Personal técnico de Taladro
2	En caso de que la planta presente problemas por perdida excesiva de lodo, se debe evitar verter directamente el agua en la zona de irrigación. Proceder a dejar decantar el agua y separar el lodo para enviarlo a la piscina de cortes.	
3	Evitar cambios bruscos en la rutina de alimentación de la planta y/o el uso de químicos como cal y sulfato, que alteren el estado del cultivo bacteriológico, ocasionando la salida de estos sedimentos por el sistema de conducción del efluente tratado.	
4	Realizar procesos continuos de limpieza de lodo del tanque de succión y llevar los residuos a la piscina de tratamiento de cortes.	
5	Mantener informada a la interventoría permanente, al supervisor TFM, y al Supervisor de la compañía de tratamientos cuando se vayan a disponer estos lodos en las piscinas o zonas de relleno.	
6	Las plantas tipo redfox deben contar como mínimo con un sistema de retorno del lodo activado del sistema sedimentador al tanque de aireación. Luego de 10-15 días se espera que todas las plantas correctamente operadas ya estabilicen la calidad del efluente y tengan un valor de color inferior a 150 hz y turbiedad muy por debajo de los 75 NTU.	

3.12 MANEJO DE LOS SITIOS DE RELLENO COMO SISTEMA PARA DISPONER CORTES BASE AGUA

Se debe tener en cuenta:

- Distancia entre las áreas seleccionadas como relleno, y el pozo.
- Área del sitio seleccionado como relleno.
- DAP promedio de las especies cercanas.
- Viviendas cerca del sitio de relleno

- Comunicar y solicitar autorización ante el Ministerio del Medio Ambiente y CAR correspondiente, sobre la actividad a desarrollar si esta no se encuentra contemplada en el PMA.
- Observar si existen manaderos de agua cerca de los sitios seleccionados como relleno.

	GUÍA	RESPONSABLE
1	Si existen árboles se debe conservar una distancia mínima de 4 mts para evitar que se alteren las raíces por efecto de la cal y lixiviados que se puedan generar.	Compañía de tratamientos
2	No intervenir áreas donde se observen árboles de DAP superior a 15cm. (DAP: Diámetro a la Altura del Pecho)	
3	Construir huecos piloto de observación de 3 mts de profundidad para verificar el nivel freático. Aprovechar las zonas arcillosas para profundizar los huecos y optimizar el espacio. Se debe instruir al operador de la excavadora para que informe si observa entrada de agua cuando se hace la excavación.	
4	El consumo de cal aproximado es de 5 Ton / viaje de volqueta (4 m ³), considerando cortes con baja humedad. No esta permitido el transporte de lodo o material que fluya con facilidad hacia el sitio de relleno.	
5	Debe hacerse un dique alrededor de los huecos abiertos con el fin de que no entre agua en ellos. Todos los huecos que se hagan en un día deben ser tratados y tapados en el mismo día. No se permite dejar huecos abiertos por periodos largos de tiempo.	
6	La volqueta que transporta los cortes no debe transportar más de 4 m ³ , y debe estar perfectamente sellada. Cualquier derrame sobre la vía debe recogerse inmediatamente. Por ningún motivo la volqueta debe ir sin los pasadores de seguridad de la compuerta.	Compañía de tratamientos
7	No es recomendable realizar esta operación con lluvia. Si esto ocurre, la volqueta deberá levantar su platón y dejarlo drenar hacia la piscina de cortes.	
8	La prueba de calidad del relleno se refleja en el fácil tránsito de la excavadora sobre los sitios de disposición. Si se observan huecos o fisuras en un hueco antiguo es mejor compactarlo nuevamente con más tierra y cal.	
9	En el hueco que se está tratando debe colocarse un pedazo de casing que entre en contacto con las ruedas de la volqueta indicándole al conductor que debe detenerse para iniciar el descargue, con esto se evita que el vehículo que transporta los cortes caiga dentro de la fosa.	
10	Una excavadora de oruga gasta aproximadamente 1 hora en hacer un hueco de 10m x 5m x 3m de profundo, y aproximadamente 2 horas en la mezcla y cierre del mismo.	
11	Se debe considerar una prueba de lixiviados y TPH de los sólidos dispuestos en los rellenos a los 15	

3.13 MANEJO DE LAS PISCINAS DURANTE LA TRANSFERENCIA DE MATERIALES (CORTES TRATADOS Y SIN TRATAR)

	GUÍA	RESPONSABLE
1	La transferencia de materiales puede generar que se presente daños en las piscinas y sus recubrimientos por lo que deben tomarse medidas preventivas de riguroso seguimiento.	Compañía de tratamiento, IFE, ing. Ambiental.
2	Durante las obras civiles se debe garantizar que las piscinas dentro de su distribución posean espaciamiento entre ellas de 5 –6 metros para poder operar con un retrocargador de oruga. De igual forma, es necesario que dichas piscinas queden protegidas en con un dique de 20-50 cm que evite que el agua de escorrentía tenga acceso a las piscinas y genere grandes cantidades de agua a tratar.	
3	Evacuar agua de nivel freático antes de cualquier transferencia usando piezómetros. En algunas áreas es imposible abatir el nivel freático totalmente, y se trabaja con niveles de 20-30 cm de tabla de agua.	
4	Se debe usar preferiblemente retrocargador de oruga para la transferencia ya que tienen un brazo más largo y permite distribuir correctamente los materiales en la piscina. Los materiales deben colocarse del centro hacia los lados para evitar acumulación de materiales en los costados. Las acumulaciones de materiales hacen que se produzcan avalanchas que rompen las geomembranas.	
5	El operador del retrocargador debe poseer protección para los ojos y tapabocas. Debe ser instruido sobre el proceso de transferencia de materiales y mezcla. Generalmente se usa un valor de una tonelada de cal viva por cada 100 barriles de materiales a procesar.	
6	El ingeniero TFM/IFE/IFC, el ing. supervisor de sólidos y el ingeniero ambiental deben estar presente durante la transferencia de los materiales.	

3.14 ESTABILIZACIÓN DE CORTES CON CAL VIVA

	GUÍA	RESPONSABLE
1	Los cortes se estabilizan con cal viva, ya que esto permite que se retire humedad y el material quede encapsulado con carbonato de calcio. Este proceso de estabilización es útil para cortes base agua y pequeñas cantidades de contenido de aceite o acpm.	Compañía de tratamiento, IFE, ing. Ambiental.
2	El criterio básico del proceso de estabilización consiste en que los cortes se mezcle fuertemente y continuamente con la cal, (1 ton/100 bls aproximadamente) hasta que el oxido de calcio pase a carbonato de calcio. En este proceso se toma CO2 atmosférico y se hace reaccionar con la cal viva (CaO) para obtener Carbonato de calcio. En campo una indicación clara de que el proceso es completo es que luego del tratamiento de mezcla y aireación, el material lixivia agua limpia espontáneamente.	
3	No se recomienda usar cal viva para cortes base aceite ya que el proceso con el tiempo no es estable y se produce lixiviación de hidrocarburos	
4	La pureza de la cal viva debe ser mayor al 70%. En campo se mide adicionando a 100 ml de agua 20 gramos de cal viva y chequeando luego de 5 minutos y agitación si hubo incremento en temperatura.	

3.15 REPORTE DE ACTIVIDADES DEL INGENIERO DE FLUIDOS, PROCESO

El modelo de reporte busca representar de forma numérica y gráfica el desempeño del sistema de control de sólidos para identificar las tendencias, definir puntos en los cuales deben tomarse correcciones y evaluar el desempeño global de las actividades. De igual forma, el modelo busca tener registro de las observaciones que contribuyen al buen desempeño en otras labores como ambiente, seguridad industrial etc.

4. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS NECESARIOS PARA TRATAMIENTO DE CORTES Y FLUIDOS EN OPERACIONES DE PERFORACIÓN

El siguiente es el equipo básico para manejo y control de sólidos y líquidos residuales para la perforación de pozos exploratorios y de desarrollo:

- Remoción de sólidos HGS y LGS
- Unidad de dewatering
- Recolección, tratamiento y disposición de agua
- Unidad de secado de cortes
- Tratamiento y manejo de cortes base agua en rellenos y piscinas
- Tratamiento de biorremediación de cortes y lodo base aceite
- Tratamiento por desorción térmica de cortes y lodo base aceite
- Tratamiento de salmueras y fluidos de alta conductividad
- Transporte de materiales especiales y no especiales
- Capacidad de almacenamiento de fluidos dentro de las instalaciones de los pozos
- Equipo y accesorios adicionales
- Plantas de tratamiento de aguas negras.
- Planta de agua potable
- Vaporella
- Unidad hidráulica sumergible
- Equipo y procesos adicionales disponibles.

Condiciones generales.

- Todos los equipos y sus accesorios deben ser Explosion Proof.
- Todos los equipos y accesorios deben presentarse indicando la información de serie o numeral que permita identificar el equipo o equipos ofertados.
- El proponente debe presentar a que título tiene los equipos (propio, alquilado, leasing etc.).
- Las especificaciones deben presentarse soportados en fichas o catálogos originales de los fabricantes.
- Todos los tanques metálicos y unidades de almacenamiento deben presentar el aforo y prueba hidrostática, no mayor a un año.

4.1 REMOCIÓN DE SÓLIDOS DE HGS Y LGS

Se requiere remover los sólidos HGS y LGS de los sistemas de lodo de perforación bajo ciertas condiciones mínimas y usando centrífugas:

- Para remover sólidos de alta gravedad HGS (High Gravity Solids) se requiere una centrífuga y para remoción de sólidos de baja gravedad LGS (Low Gravity Solids) se requiere una centrífuga.
- La capacidad hidráulica mínima de cada equipo debe ser de 250-150 GPM.
- La velocidad de rotación se debe poder variar entre 1200-3600 rpm.
- La fuerza G para los diferentes procesos debe estar en el rango 450-3200 G
- Todos los equipos y accesorios deben ser Explosion Proof.
- Bandejas, ductos y accesorios para llevar el producto de la operación hasta el punto de entrega, bien sea piscinas o sistema de lodo.

- Poseer por cada centrífuga una bomba de alimentación de tornillo de capacidad mínima 130 gpm.
- Los equipos deben poder operar para remover HGS y LGS a con una eficiencia de remoción de estos materiales mínima del 80%. Los caudales mínimos de manejo de dichos equipos deben ser los siguientes, de acuerdo con el peso de lodo que se presente (lodos pesados y no pesados).

Rango peso de lodo, l.p.g	Caudal requerido g.p.m
8.3-9.5	100 - 80
9.51-12	100 - 65
12.01-14	65 - 40
14.01-15	40 - 20
>15.01	> 20

- Un tanque o dispositivo de almacenamiento temporal de mínimo 6 barriles para almacenamiento e intercambio de fluidos entre los dos sistemas de alta y baja gravedad (HGS y LGS).
- El cumplimiento de las especificaciones debe presentarse soportado con datos técnicos del fabricante, fichas y catálogos de los equipos, y resultados de corridas o aplicaciones en pozos avaladas por el Jefe de Pozo y el Ingeniero TFM que las ejecutó.
- Tener en cuenta las recomendaciones para el mejor funcionamiento de los equipos de control de sólidos descritos en el API 13 C.

4.2 UNIDAD DE DEWATERING

Igualmente se requiere procesar fluidos de perforación residuales usando unidades de dewatering con algunas especificaciones requeridas y en el siguiente rango de capacidades:

Especificaciones

- Unidad de coagulación-foculación de 30-100 barriles, dotada con agitador.
- Unidad de mezcla y dosificación de productos químicos de mínimo 6 barriles, dotada con bombas alimentadoras.
- Centrífuga decantadora de capacidad hidráulica 250-150 GPM.
- Bomba de alimentación tipo tornillo de capacidad mínima 130 gpm.
- Productos químicos que promuevan la floculación y coagulación.
- Las unidades deben ser techadas y sus accesorios deben ser Explosion Proof.
- Las capacidades de proceso mínimas requeridas son:

Rango peso de lodo, lpg	Capacidad de proceso, bbl/día
8.3 - 9.0	500-400
9.01-10	400-300
10.01-12	300-200
12.01-14	200-100
≥ 14.01	> 100

- El cumplimiento de las especificaciones debe presentarse soportado con datos técnicos del fabricante, fichas y catálogos de los equipos. También puede complementarse la información con resultados de corridas o aplicaciones en

pozos, avaladas por el Jefe de Pozo y el Ingeniero TFM o IFE que las supervisó.

- Las capacidades de proceso deben soportarse usando la secuencia de trabajo para remover sólidos pesados, diluciones, coagulación, floculación y pasos para ejecutar el proceso dentro de los rangos requeridos y avalados por un Ingeniero Químico o de Petróleos.

4.3 RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y VERTIMIENTO DE AGUA

Durante las operaciones de los diferentes proyectos de perforación, se requiere recolectar, tratar y verter el agua que se genera bajo las siguientes especificaciones mínimas de equipo, eficiencia y capacidades:

Equipo requerido

- Unidad de mezcla y dosificación de productos químicos de mínimo 6 barriles, dotada con bombas alimentadoras para los materiales del tratamiento.
- Unidad de coagulación-floculación dotada con agitación, con capacidad mínima de 40 barriles/hora.
- Tanque de sedimentación-aireación con capacidad mínima de 500 - 400 barriles, dotado con aireación y abierto.
- Dos (2) Bombas centrífugas de manejo de agua de mínimo 150 GPM (para recolección de agua procedente del desnatador perimetral del equipo de

perforación, tratamiento de agua, aspersión de agua y cargue de camiones tanque). Las bombas deben poder enviar el agua a aspersión con el caudal mínimo requerido.

- La capacidad de recolectar, tratar y verter debe ser de 800 barriles/día.
- Para el vertimiento de agua se requiere los siguientes equipos:
 - Para aspersión en zonas aledañas a la localización (hasta 600 metros, 150 GPM, línea de 2"-3.5"). Sistema de aspersión de agua, usando microaspersores instalados sobre líneas de PVC de 2"-3" de una altura de mínimo 1 metro sobre el nivel del suelo, dispuestos sobre un área de mínimo 1-2 con facilidad de rotación de las áreas.
 - Para vertimiento en puntos remotos de hasta 8 km, se requiere una bomba con capacidad de bombear 200 gpm, por líneas de 2.5"-3.5".
 - Para vertimiento por aspersión en vías y zonas aledañas se requiere uno o dos camiones tanque dotados con flauta y bomba diesel autocebante 2-5 HP y disponibilidad en el pozo durante la operación.
- Una caseta de campo dotada con los siguientes elementos: oficina, aire acondicionado, iluminación, escritorio, sillas, un computador (mínimo 20 Gigabites de disco duro, velocidad procesador mínima de 2.4 Mhz , Memoria RAM mínima de 256 Megabites, estabilizador 1000 watts, unidad de UPS 100 watts, tarjeta de red 10/100, unidad lectura-escritura CD, software, licenciado si es el caso), base de datos para generación de reportes diarios, registro de procesos, registro de cantidades de materiales generados y procesados(agua, dewatering, cortes, cal, costos, fecha, profundidad), papelería, tinta e impresora. La caseta debe poseer skids.

- Equipo para prueba de jarras, pipetas, balanza, retorta, buretas, vasos, peras, reactivos para análisis de laboratorio, espectrofotómetro para medición de parámetros, manual de procedimientos técnicos para todos los procesos.
- Contar en campo con equipo y reactivos para realizar diariamente las siguientes mediciones: PH, OD, Color, turbiedad, dureza, color, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos totales, temperatura, hierro, cloro residual, sulfatos, cloruros, fenoles.
- El color del vertimiento debe ser inferior a 100 Hazen y la turbiedad no puede ser mayor al 45 NTU, no debe observarse material flotante o flóculos en el vertimiento.

Especificaciones de eficiencia de tratamiento de agua.

Los procesos de tratamiento de agua deben garantizar que remueven con una eficiencia mayor al 80% (DBO5, DQO, Grasas y Aceites, fenoles, sólidos suspendidos) y que no superan los parámetros de vertimiento estipulados en el decreto 1594 del 84.

Los siguientes parámetros se deben medir entrando y saliendo del sistema, al menos 2 – 4 veces por cada pozo y los resultados deben estar disponibles en el pozo para verificación de los siguientes vertimientos: DBO5, DQO, Grasas y Aceites, TPH, Hierro, Nitritos, Nitratos, cloruros, fenoles, sulfatos, RAS, SAAM, dureza, sólidos disueltos, conductividad, sólidos suspendidos, Metales pesados (Bario, Vanadio, cadmio, plomo, mercurio), coliformes totales y fecales.

Diariamente en las instalaciones del pozo debe realizarse monitoreo de los siguientes parámetros: PH, OD, Color, turbiedad, dureza, color, conductividad, sólidos suspendidos, sólidos totales, temperatura, hierro, cloro residual, sulfatos, cloruros, fenoles. El color del vertimiento debe ser inferior a 150 Hz y la turbiedad no puede ser mayor al 45 NTU. No debe observarse material flotante o flóculos en el vertimiento.

4.4. UNIDAD DE SECADO DE CORTES BASE ACEITE

Las unidades de secado de cortes se usan para perforación con lodos base aceite buscando retirar la mayor cantidad de fluido de perforación de los cortes obtenidos y recuperar el fluido hacia el sistema de lodo.

El proceso se inicia seleccionando las descargas sólidas del equipo primario de control de sólidos del taladro (Scalper, Rumbas, Desander, Desilter, Mud Cleaner) recolectándolo en un Catch Tank. Una vez clasificados los cortes provenientes del equipo primario de control de sólidos se procede a alimentar la tolva de la centrífuga secadora, con el balde de la retroexcavadora. Las descargas de la centrífuga se reciben en un tanque que tiene dos compartimentos, en uno se reciben los cortes secos listos para su transporte hasta la zona de secado y en el otro compartimiento se recibe el lodo recuperado. El lodo recuperado se pasa por la centrífuga LGS para limpiarlo antes de retornarlo al sistema.

Requisitos mínimos

- Una unidad de secado de cortes que permita remover el lodo de los cortes y dejar la humedad del material inferior al 5-10% v/v de aceite residual (medido por retorta y base seca).
- La fuerza G del equipo de secado debe estar en rango 150-300 G.
- Capacidad de procesar cortes húmedos de 400-1000 barriles/día.
- Una centrífuga que permita procesar el lodo recuperado para retirar LGS y retornarlo al sistema. Capacidad hidráulica mínima de 250-150 galones.
- Uno o dos tanques de recibo de cortes húmedos de capacidad mínima 230 barriles y dos tanques de almacenamiento de lodo y cortes procesados de capacidad mínima 100 barriles cada uno.
- Equipos y accesorios requeridos para manejo de los materiales recuperados, cortes recuperados y húmedos (bombas, tornillos, retrocargador, etc.). Todos los accesorios deben ser Explosion Proof.
- El sistema debe ser techado para proteger el material recuperado y el procesado de las lluvias.
- El cumplimiento de las especificaciones debe presentarse soportado con datos técnicos del fabricante, fichas y catálogos de los equipos. También puede complementarse la información, allegando resultados de operaciones en diferentes lugares pero avalados por el Jefe de Pozo e Ingeniero TFM o IFE respectivo.
- Todos los tanques metálicos y unidades de almacenamiento deben presentar el aforo y prueba hidrostática no mayor a un año.

4.5 TRATAMIENTO, MANEJO Y ESTABILIZACIÓN DE CORTES BASE AGUA EN RELLENOS Y PISCINAS

Equipos requeridos

- Un sistema de recolección de cortes compuesto de 1 a 3 catch tanks de 180 a 230 barriles cada uno.
- Una retro-cargador de llantas.
- Una volqueta de 5-9 m³ sellada y cubierta, para movilizar material.
- Una retroexcavadora de oruga, con alcance de 6 metros y capacidad de 1 yarda cúbica (tipo 320 o similar).
- Cal viva con contenido mínimo de 80% de material activo (CaO). Norma NTC 1398.
- Los rellenos pueden estar ubicados dentro de la misma localización y/o hasta 5 km del pozo
- Los cortes, una vez recolectados, se transportan y/o transfieren hasta el relleno final y se tratan con cal viva en una proporción comprendida entre 0.7-1.2 toneladas por cada 100 barriles de cortes. El material debe airearse hasta estar seguro que se ha completado la reacción (Encapsular el material con Carbonato de Calcio).
- Una vez tratados los cortes se disponen en piscinas o rellenos autorizados

Eficiencia del sistema de Encapsulamiento y Estabilización

- Para controlar el proceso de encapsulamiento y estabilización se debe presentar análisis de laboratorio que incluya efectividad del encapsulamiento, chequeando el análisis TCLP de los cortes antes y después de tratamiento, para medir potencial de lixiviación de metales tales como (Ba, Cadmio, Mercurio, Plomo, Vanadio) y TPH. Debe demostrarse que este potencial (medido como concentración en el lixiviado antes y después del tratamiento) se disminuye en un porcentaje mayor al 70% y que se cumple con el Protocolo de Louisiana en cuanto a los límites de metales pesados y TPH.
- Se debe garantizar que los rellenos menores de 50 metros cúbicos, una vez procesado el material, se sellen y revegetalicen.

4.6 TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACION DE CORTES, RESIDUO ACEITOSO Y LODO BASE ACEITE.

Capacidades del proceso.

- La capacidad de biorremediar debe estar en el rango de 50-150 barriles por día de cualquiera de los materiales referenciados.
- El proponente debe garantizar que el proceso de biorremediación, una vez desarrollado, alcance un nivel de TPH menor al 1% v/v medido por Cromatografía y por Infrarrojos en laboratorio, y un nivel de 3-5% de Grasas y Aceites en el residuo final tratado, medido igualmente en laboratorio. Todas las medidas son en base seca y en relación de masa o volumen. Las medidas de la retorta en campo deben ser inferiores al 3% v/v (base seca).

- El proponente debe poseer capacidad para desarrollar la biorremediación hasta el cumplimiento de los límites, manejar el recibo de materiales, recolectar y tratar el agua producto de la operación antes de verterla, transportar, entregar las áreas completamente revegetalizadas y sin producción de iridiscencia.

El proponente debe presentar las siguientes especificaciones para desarrollar su proceso:

- Poseer la capacidad para realizar el proceso y los niveles de tratamiento referenciados (acreditar experiencia).
- Lista de equipo requerido para realizar la actividad: tractor y su capacidad, bombas para manejo de agua y accesorios, equipo para recolección y tratamiento de agua residual y agua de escorrentía de la zona de biorremediación y material adsorbente, material de contingencia, aditivos, análisis de laboratorio para seguimiento del proceso, enzimas y bacterias foráneas para estimular el proceso (no menos de 6 pruebas durante todas las fases del proyecto de GyA y TPH). Igualmente durante el proceso debe realizar el conteo de bacterias y microorganismos que garanticen que realmente se ha aumentado la población para cumplir el objeto de la biorremediación.
- Presentar el diseño del terreno que requiere para realizar su labor: área o áreas de trabajo y su distribución especificadas en metros cuadrados, accesos, protección de aguas subterráneas, protección del proceso de la lluvia, número y localización del desnatador, calidad y cantidad (altura

efectiva) de la tierra negra requerida (capa vegetal), diques para protección de agua de escorrentía, punto de almacenamiento y recibo de materiales a procesar (capacidad de 500-2000 barriles y protección para lluvia y zona de mezcla), estado final en que retornará el terreno y las zonas de trabajo.

- Todas las zonas donde se realice biorremediación deben finalizar con pendientes que no permitan acumular agua lluvia o escorrentía y revegetalizadas completamente. Bajo ninguna circunstancia el terreno debe producir iridiscencia durante las lluvias, una vez se haya finalizado el proceso.
- Presentar la metodología de trabajo: adición de materiales biológicos y químicos, secuencia de recibo, proceso de medición de laboratorio, secuencia esperada de disminución del material (TPH y GyA), estado final del residuo, proceso de revegetalización luego de finalizada las labores, manejo de aguas lluvias y su tratamiento.
- Programa de recibo de materiales, secuencia de tratamiento para tratar el residuo aceitoso del pozo.

4.7 TRATAMIENTO DE DESORCIÓN TÉRMICA DE CORTES, LODO BASE ACEITE Y RESIDUO ACEITOSO

Capacidades y eficiencia solicitadas

- La capacidad de procesar debe estar en el rango de 50-150 barriles por día de cualquiera de los materiales referenciados.

- Las cenizas remanentes del proceso material deben poseer un TPH menor a 1% base seca, y la grasas y aceites (GYA) inferiores al 3-5%. Todas medidas en volumen o masa.
- Capacidad para almacenar hasta 500 barriles de material recuperado. El ACPM recuperado debe tener como mínimo 1% de BSW (medido de acuerdo a procesos API).

Características generales solicitadas

Las unidades de desorción térmica solicitadas deben presentar la siguiente especificación mínima:

- Ser transportables al lugar de ejecución de las labores en los pozos.
- Poseer permiso de emisiones atmosféricas vigente emitido por la corporación o la autoridad ambiental (presentar carta con vigencia no mayor de 45 días, en la cual la autoridad ambiental indique el estado del permiso ambiental).
- Haber desarrollado al menos un proceso de 2000 barriles de material aceitoso.

Descripción del equipo solicitado.

- Descripción técnica completa del equipo o equipos ofrecidos que incluya: área que ocupa, sistema de carga a la unidad, cantidad de combustible que consume, tipo de combustible, especificaciones técnicas de las emisiones y mediciones, accesorios, control de emisión de partículas olores a la atmósfera, clase y cantidad de material que se incorporar a la unidad, medidas de seguridad industrial, accesorios y equipo adicional.
- Pre-procesos del material antes de incorporarlos a la unidad.
- Cantidades de materiales adicionales que se requieren para preprocesar el material (tierra limpia etc.)
- Especificaciones de los materiales que se pueden procesar.
- Almacenamiento del material a tratar y almacenamiento del material recuperado.
- Cantidad de agua requerida para la operación.
- Cantidad de viajes requeridos para el transporte, tiempo armado y arranque del equipo.
- Secuencia de trabajo y programa de recepción y manejo de los materiales hasta obtener el resultado final.

4.8 TRATAMIENTO DE SALMUERAS Y FLUIDOS DE ALTA CONDUCTIVIDAD

Producto de diferentes operaciones durante las fases de perforación se puede obtener residuos de alta conductividad, mayores de 40.000 uS/cm, los cuales requieren procesarse con objeto de obtener un fluido de conductividad menor a 5000 uS/cm y el residuo sólido respectivo. El volumen mínimo de material disponible es de 1000 barriles.

Requisitos

- Una unidad de tratamiento con capacidad para operar 50-200 barriles día.
- Separar el producto sólido del líquido y almacenarlo en bolsas impermeables y manejables.
- Disponer el agua tratada por aspersion en áreas aledañas o de acuerdo al PMA y la licencia ambiental.
- Transportar y disponer el sólido recolectado en un relleno autorizado.

Presentación del proceso y equipo a utilizar

- Presentar la descripción técnica del equipo a utilizar y el catálogo del fabricante.
- Capacidad de proceso y resultados del proceso (bls/día).
Especificaciones de los subproductos que se espera obtener.
- Cantidad y tipo de combustible que usa por día.
- Facilidad de transporte y cantidad de viajes requeridos.
- Descripción de los requisitos de área y espacio para su ubicación del equipo.
- Descripción de los accesorios y elementos de trabajo para completar el proceso (carga, descarga del material, pasos intermedios necesarios).
- Requisitos del material para ser procesado en la unidad.
- Manejo de los subproductos.

- Control de emisiones del equipo (olores, cenizas, fumarolas).
- Disposición del residuo sólido (autorizado ambientalmente).
- Licencia o permiso de emisiones del equipo.
- Tiempo que le toma armar el equipo y ponerlo en marcha.

4.9 TRANSPORTE DE MATERIALES ESPECIALES Y NO ESPECIALES

Se considera material especial de perforación los lodos base aceite, cortes base aceite, residuos contaminados con aceite, salmueras, crudo y mezclas de agua y crudo.

Para el transporte de estos materiales se requiere poder movilizar por el territorio nacional usando volquetas selladas y camiones tanque con los siguientes requisitos mínimos:

- El proceso de transporte debe planearse para realizarlo cumpliendo con los requisitos estipulados en **el decreto 1609 de 2001**, del Ministerio del Transporte para movilización de materiales especiales.
- Capacidad para movilizar entre 100-500 barriles/día.
- Distancias entre 0-500 Km por vías nacionales.

Elementos que se requieren:

- Inventario de los equipos disponibles para esta operación.

- Presentar la descripción técnica de los equipos de transporte y de cargue y descargue de los materiales.
- Presentar un Plan de Contingencia Genérico de movilización.
- Poseer el respaldo de una compañía de seguros que le permita obtener la póliza de responsabilidad civil extracontractual que cubra el alcance y los montos solicitados por el [decreto 1609 de 2001](#), del Mintransporte para todo el territorio nacional. Documento escrito.

Transporte de materiales no especiales

Para transporte de materiales como lodo y otros fluidos, en tramos menores a 50 km o entre pozos, se requiere el siguiente equipo mínimo:

- Un camión de vacío con volumen entre 40-100 barriles.
- Camiones tanque, diesel, de capacidad de 100 barriles o mayores.

4.10 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE FLUIDOS DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LOS POZOS

Durante las diferentes operaciones y dadas la disponibilidad de área y facilidad de construcción de piscinas, se requiere que el contratista o proponente pueda proveer las siguientes capacidades de almacenamiento de fluidos de diferentes pesos y características (agua, lodo base agua, lodo base aceite).

Almacenamiento de agua por tratar o tratada : 230-1000 barriles.

Almacenamiento de lodo base agua o base aceite (8.4-18 ppg): 500-2500 barriles.

Capacidad de almacenamiento adicional: Hasta 5 Frac tank de almacenamiento adicionales de 500 barriles cada uno.

Se debe demostrar la disponibilidad del equipo de almacenamiento, las especificaciones, incluido el aforo y pruebas hidrostáticas para los frack-tanks y tanques metálicos (no mayores a un año).

4.11 EQUIPO Y ACCESORIOS ADICIONALES

Estos equipos y accesorios son mínimos y se requieren en cualquier operación:

- **Un generador** con capacidad para proveer la energía necesaria para operar todos los equipos que se involucren en la operación de manejo de sólidos, agua etc. **Mínimo generador de 200-400 Kwatts.**
- **Un compresor** para operar todos los sistemas neumáticos que se usen durante el proceso de sólidos y líquidos, **mínimo de 100-150 psi.**
- **Tres medidores del flujo** en buen estado con rango de trabajo de 0.1 - 2.5 lps y sus accesorios para la instalación.
- **Cuatro bombas neumáticas tipo M15, sus accesorios y silenciador.**
- **1-3 bombas centrífugas con capacidad de 150-250 GPM, eléctricas y sus accesorios.**
- **Una bomba Electrosumergible de 2-5 Hp.** Se requiere que esta bomba opere con flotador, tablero de control, posea la conexión y la línea de 2"-3" hasta el sistema de tratamiento de agua (distancias de 100-300 m).

- **40 metros cuadrados de Geomembrana tipo S500 y dos (2) galones de pegante para la misma para eventuales reparaciones menores en las piscinas.**
- Todos los equipos y procesos deben tener las conexiones, accesorios, líneas de transferencia en manguera de alta presión, uniones alta presión, tomas de energía y líneas de energía con cable encauchetado, necesarios para operar en campo sin restricciones. Ningún material accesorio debe presentar evidencias de reparaciones, deterioro o fugas
- Todos los lubricantes y accesorios para los equipos.
- Bodega de herramientas, accesorios en todos los rangos y repuestos suficientes para los equipos de campo.
- Manual de Procedimientos HSEQ para las operaciones.

4.12 VAPORELLA

La vaporella se usará principalmente para labores de mantenimiento de las zarandas y limpieza. Las especificaciones mínimas de una vaporella son:

- Caudal de manejo entre 6.5-11.5 lpm.
- Presión de trabajo entre 1700-2000 psi.
- Pistola de chorro doble o sencillo y manguera de alimentación de mínimo 50 pies.

- La unidad puede ser neumática o eléctrica. Si es neumática el compresor debe poder proveer entre 40-50 scf/min y 80-110 psi.

4.13 UNIDAD HIDRÁULICA SUMERGIBLE

Las unidades hidráulicas sumergibles (unidades tipo H-H) se requieren para casos especiales de manejo de lodo y fluidos viscosos y con alto contenido de sólidos, para evacuación de piscinas, tanques, limpieza de materiales etc.

Especificaciones requeridas.

- Unidad de potencia hidráulica la cual puede ser eléctrica o diesel.
- Unidad hidráulica sumergible.
- La succión debe ser de 6" y la descarga de 4-3".
- Los caudales de manejo de 100-250 gpm, con materiales de densidad en el rango 8.3-18 lpg.
- La unidad de potencia hidráulica y la unidad hidráulica debe poderse operar con distancias entre 20-50 m de la una a la otra.

4.14 EQUIPO Y PROCESOS ADICIONALES DISPONIBLES

Presentar en esta sección todos los equipos con sus especificaciones técnicas soportadas que el proponente tenga disponibles y que sean de potencial aplicación en operaciones de perforación (bombas, centrífugas, tanques, procesos, líneas etc.).

De igual forma, se requiere presentar procesos alternativos de manejo de cortes y lodo base agua o base aceite, tratamiento de cortes de todas las clases y sus especificaciones, disponibles en la base del proponente y/o que sean transportables a la zona de trabajo que se requiera, tales como: procesos de tratamiento térmico, plantas de agua potable, procesos de intercambio iónico, procesos de biorremediación alternativos, procesos de evaporación, procesos de desalinización, equipos alternativos de evaporación, procesos alternativos para manejo de lodo base aceite, sistemas de separación de líquido/líquido, sólido/líquido etc..

Todos los equipos y procesos ofrecidos como mínimo deben presentar:

- Capacidad de tratamiento y especificaciones técnicas soportadas en datos, fichas y catálogos de los fabricantes.
- Números de serie de los equipos y accesorios ofrecidos.
- Disponibilidad para transporte (transportable o no transportable) y cantidad de viajes requeridos.
- Permisos ambientales vigentes si aplica para los procesos.
- Descripción técnica y resultados las aplicaciones ya ejecutadas de los equipos y procesos (certificados).
- Especificaciones, condiciones y cantidades de materiales que se pueden procesar y especificaciones de los productos finales que se obtienen y/o materiales recuperados.
- Especificaciones para la instalación u operación del equipo (área, tiempo de armado y arranque, lugar de instalación, calidad y cantidades

de material a para procesar y mínimo valor de material que requiere para prestar el servicio bien sea en sus instalaciones o en el pozo).

- Personal técnico requerido.

4.15 RECOMENDACIONES PARA SISTEMAS DE CONTROL DE SÓLIDOS

4.15.1 LODOS NO PESADOS < 10 PPG

- Usar Rumbas en un número entre tres y cuatro (40-160 mesh).
- Usar un Mud Cleaner de conos 16 x 4" y con capacidad de procesar el 110% del galonaje de perforación.
- Usar el Desander y Desilter con capacidad de 110% el galonaje de perforación y con presiones de 4 veces el peso del lodo (ppg).
- Los manómetros deben estar en el rango de 4 veces el peso del lodo y debe presentarse "spray" en su salida.
- Durante todo el tiempo de la operación de perforación, se debe hacer uso del Mud Cleaner y de todos los equipos de control de sólidos, a menos que el Ingeniero de lodos y el TFM acuerden lo contrario.
- La centrífuga LGS (o centrífugas) debe tener una capacidad de proceso mayor o igual al 25% del caudal de perforación en todo momento y una eficiencia medida en campo mayor o igual al 70%. Deben operar con variador eléctrico o hidráulico.

4.15.2 LODOS PESADOS > 10 PPG

- Usar Rumbas en un número entre tres y cuatro. El mesh de trabajo es decisión del TFM. Manejar (40-160 mesh).

- Usar un Mud Cleaner de conos 16 x 4” y con capacidad de procesar el 110% del galonaje de perforación.
- Usar el Desander y Desilter con capacidad de 110% el galonaje de perforación y con presiones de 4 veces el peso del lodo (ppg).
- Los manómetros deben estar en el rango de 4 veces el peso del lodo y debe presentarse “spray” en su salida.
- Durante todo el tiempo de la operación de perforación, se debe hacer uso del Mud Cleaner y de todos los equipos de control de sólidos, a menos que el Ingeniero de lodos y el TFM acuerden lo contrario.
- La centrífuga LGS (o centrífugas) debe tener una capacidad de proceso mayor o igual al 5-15% del caudal de perforación en todo momento y una eficiencia medida en campo mayor o igual al 70%. Las fuerzas G deben estar en el rango 2500-3000. Deben operar con variador eléctrico o hidráulico. La centrífuga HGS debe poder operar en el mismo rango de caudal y eficiencia y con fuerzas G en el rango 800-1200.

4.15.3 LODOS BASE ACEITE

Las principales recomendaciones que se incorporan como sistema de cortes base aceite:

- Debe usarse una unidad de secado de cortes para re-procesar el efluente de Rumbas, Escalper, Mud Cleaner e Hidrociclones. Dicho sistema debe incorporar un sistema de re-proceso del lodo recuperado usando una centrífuga LGS. Los cortes se pueden obtener con un contenido de TPH inferior al 5%-7% v/v, base seca y son fácilmente

incorporados a un sistema de biorremediación. El valor aproximado del servicio de secado incluyendo todos los elementos esta por el orden de 500-750 USD/día y puede procesar entre 300-600 bls/día de material. El uso de la unidad de secado esta justificado ya que permite recuperar el lodo, que es muy costoso, y aumenta continuamente la cantidad de desecho. Se espera poder recuperar entre 0.1-0.3 bbl/ft de lodo, dependiendo del diámetro del hueco. Esto se refleja en una disminución igual en la tasa de dilución requerida para el sistema.

- Todos los sistemas deben ser techados para evitar entrada de lluvia. Definitivamente no es necesario ejecutar biorremediaciones en áreas de alta pluviosidad, y/o realizar el proceso de disposición de los cortes secos una vez estos se generen, mediante adición de tierra fresca hasta diluir el material a un valor seguro. Los lodos y productos que no se secan deben procesarse con unidades térmicas y/o evacuarse del pozo.
- El manejo de los cortes secos se puede hacer por dilución con tierra hasta el TPH límite (menor del 1% v/v, por retorta y base seca), pero es mejor construir una infraestructura techada y asegurar evacuación o tratamiento en diferentes lugares (incluir este ítem dentro de los valores del servicio de cortes).
- De igual forma, para proteger el ambiente y facilitar operaciones, es necesario mantener una unidad de vacío portátil que permita realizar continuas limpiezas en diferentes puntos del equipo, incluida la mesa, y facilitar el manejo y disminuir los riesgos por contaminación. Esta unidad es igualmente unidad de transferencia para lo recolectado.

- Se debe incorporar dentro de los contratos, la opción de movilizar residuos aceitosos (lodo y cortes base aceite) a diferentes lugares para su procesamiento e incluir la tarifa para tratamiento. Una tarifa adecuada a la fecha, incluyendo la movilización, esta en el rango 35-60 USD/día.
- El manejo de lodos base aceite debe programarse con al menos tres Catch Tanks de mínimo 180 bls, una Retroexcavadora tipo pajarita, una Retroexcavadora de oruga y una Volqueta sellada adecuadamente para el manejo de los valores.
- Las especificaciones de unidades de Dewatering no aplican para lodos base aceite, por lo que debe programarse esta cantidad y ser claro en que se usará sólo en las secciones de base agua.
- Aplican las centrifugas HGS y LGS para los lodos de peso mayor de 10 ppg.
- El tratamiento de agua es sencillo ya que no se genera residuo muy contaminado.
- Se sugiere incluir tarifas de movilización y tratamiento (m³/km) de fluidos aceitosos, cortes y salmueras a diferentes lugares o en la localización usando diferentes técnicas con permisos ambientales vigentes (principalmente control de olores, control de emisiones atmosféricas etc.) e incluir dentro de la tarifa que los subproductos.
- En los equipos que se van a usar para perforación, se debe especificar la necesidad de la inclusión de una bandeja bajo la mesa de perforación que permita recolectar todo el material, y lo dirija nuevamente al Flow Line o Rumbas.

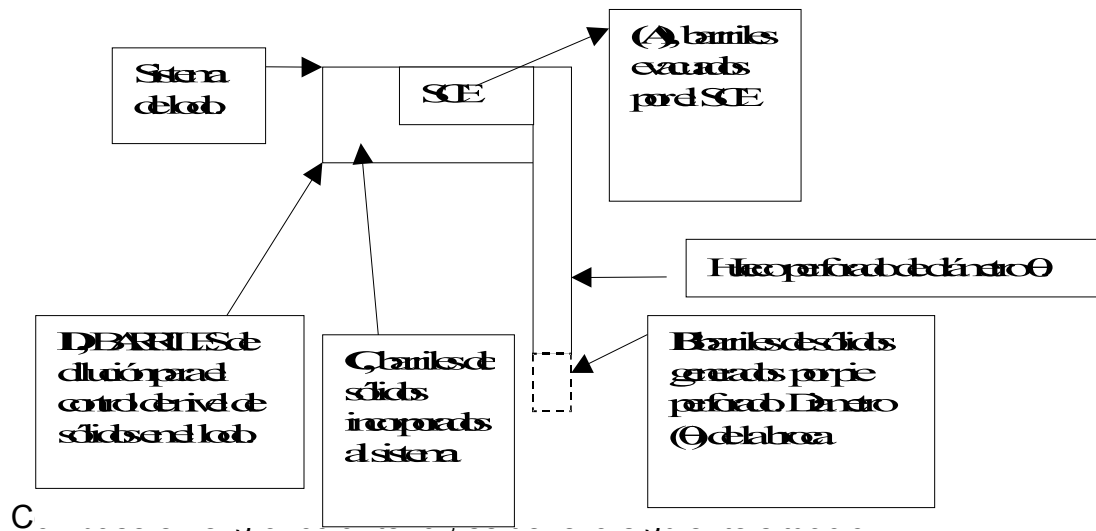
- Se debe construir en la localización un Cement Pit de capacidad aproximada de 4000 barriles, con techo móvil, que permita almacenar los cortes tratados o sirva de contingencia durante la operación.
- Se puede pensar en llevar a cabo biorremediaciones con compañías especializadas, en áreas en las que esté garantizada la baja pluviosidad. Esto sólo si se dispone de terrenos no menores a dos ó tres hectáreas, alejadas de comunidades y que tengan como mínimo: carácter arcilloso para evitar percolación de materiales, topografía plana, estar protegidos por un dique de tierra de al menos un metro de alto que impida la entrada de agua lluvia esorrentía y canalizar las aguas hacia un desnatador, el cual pueda manejar toda la esorrentía que eventualmente se genera.
- Las especificaciones para los procesos de biorremediación son como siguen: el valor límite de TPH es inferior a 1% p/p, medido con técnica de laboratorio como cromatografía e infrarrojos. El valor límite de Grasas y Aceites es inferior al 3% p/p. Los valores medidos en campo con retorta no pueden ser superiores al 3% v/v, muestras compuestas, base seca. Luego de finalizado el proceso, el terreno no debe presentar evidencias de lixiviación o iridiscencia con la lluvia, debe perfilarse y revegetalizarse al 100% con grama o especies nativas.

5. DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS (INDICE SP) Y RESULTADOS.

Tradicionalmente se ha manejado el concepto de la eficiencia del sistema de control de sólidos realizando mediciones de las cantidades de material removidos por los diferentes equipos (Rumbas, Mud cleaner, Hidrociclones, Centrifugas, etc.) y realizando la relación entre la cantidad medida y la cantidad generada desde el pozo (basados en los diámetros y profundidades perforadas). Este proceso es dispendioso y no genera datos en gran cantidad, ya que por pozo, máximo se tiene datos genéricos sin ninguna representatividad del problema.

El índice SP puede usarse para definir la eficiencia de remoción de sólidos del sistema de control usando como parámetro auxiliar la tasa de dilución del lodo expresada en barriles/pie perforado.

5.1 DERIVACIÓN DE LA FÓRMULA



En un momento dado, se generan B barriles de cortes por pie perforado, que se estiman como $d^2/1029,4$ (barriles/ft) y son transportados por el lodo a superficie.

Una vez el fluido de perforación pasa por el Sistema de Control de sólidos (SCE), se evacuan A barriles por pie perforado y se acumulan en el lodo una cantidad C de sólidos por pie perforado.

De acuerdo con esto, el volumen total de sólidos generados por pie perforado son B y los cuales son iguales a $C + A$.

$$B = A + C \quad \text{Ec.1}$$

De igual forma, la eficiencia del sistema de control de sólidos es igual a la razón entre A y C:

$$\text{Eficiencia del SCE} = (A/B) * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

ó

$$\text{Eficiencia del SEC} = 100 - (C/B) * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

El valor de B se define como:

$$B = \text{Diámetro broca}^2 / 1029,4, \text{ barriles /ft.}$$

Una vez se han incorporado C barriles de sólidos al sistema de lodo, se deben diluir hasta un nivel de 6% ó 5%.

De modo que el volumen requerido de adición (D) para diluir este valor es:

$$D = C / 0.06 \quad \text{Ec.4}$$

ó

$$C = D * 0.06 \quad \text{Ec. 5}$$

El valor actual de dilución D, del lodo se maneja en campo en términos de barriles por pie perforado y es una cantidad definida y usada ampliamente.

Reemplazando la ecuación 5 en la ecuación 3, se tiene:

$$\text{Eficiencia del SEC} = 100 - D \cdot 0.06 / B \cdot 100$$

ó

$$\text{Eficiencia del SEC} = 100 \cdot (1 - D / (B / 0.06))$$

La eficiencia del Sistema de Control de Sólidos, con base en lo anterior, se define como función de la tasa de dilución del lodo D en barriles por pie.

Lo anterior puede manejarse de una forma más práctica de la siguiente forma:

Cuando la eficiencia del sistema de control de sólidos es 100%, sólo se requiere diluir el lodo para llenar el hueco construido y esto es igual a B. Lo anterior indica que se puede manejar en campo una dilución mínima de B barriles por pie.

Si el sistema de control de sólidos tiene una eficiencia igual al cero (0) %, se debe diluir todo el sólido generado al construir el hueco y ese valor es B/0.06, el cual es función sólo del diámetro trabajado.

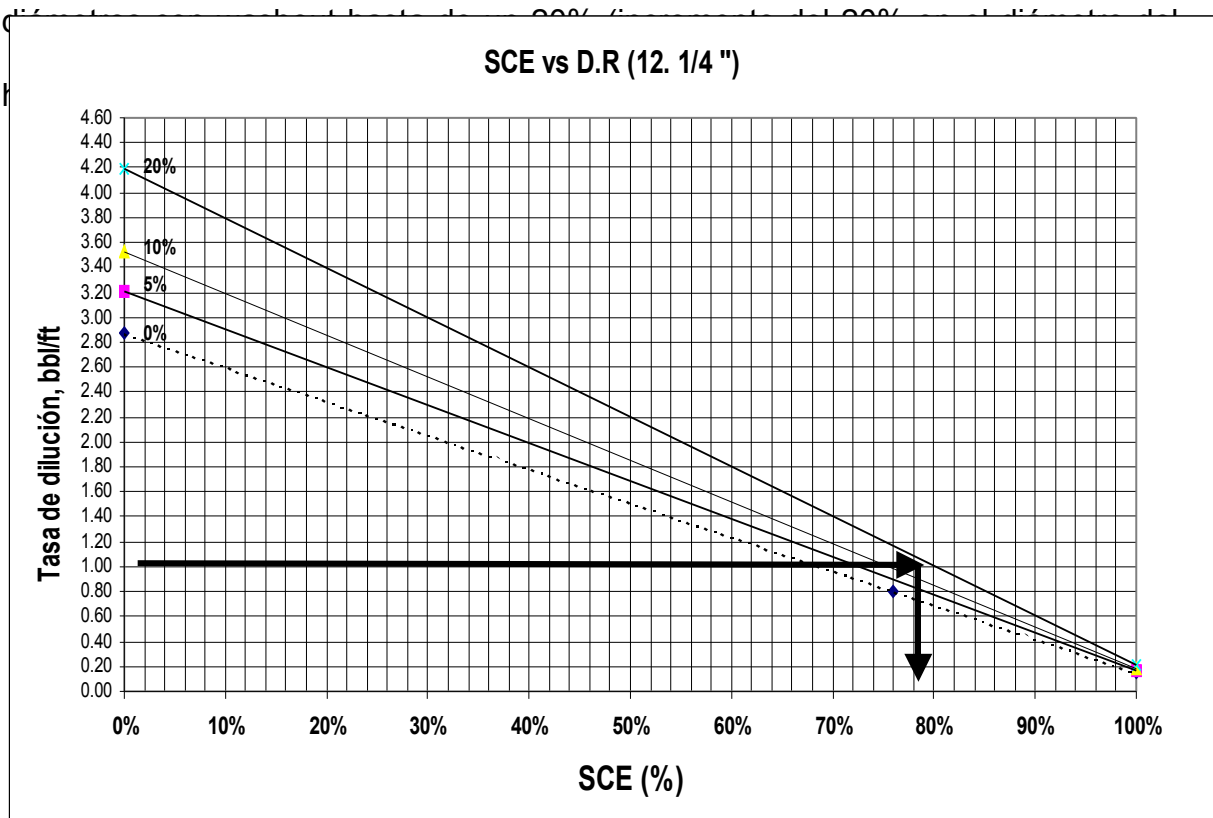
De modo que tenemos dos valores extremos de dilución para cero por ciento (0%) y para 100%. Si usamos el valor actual de dilución del lodo en campo, sólo aplicando la fórmula de interpolación lineal entre estos dos valores extremos podemos obtener un valor de eficiencia del sistema de control de sólidos que tiene actualmente el sistema.

Ventajas del sistema de medición del índice SP.

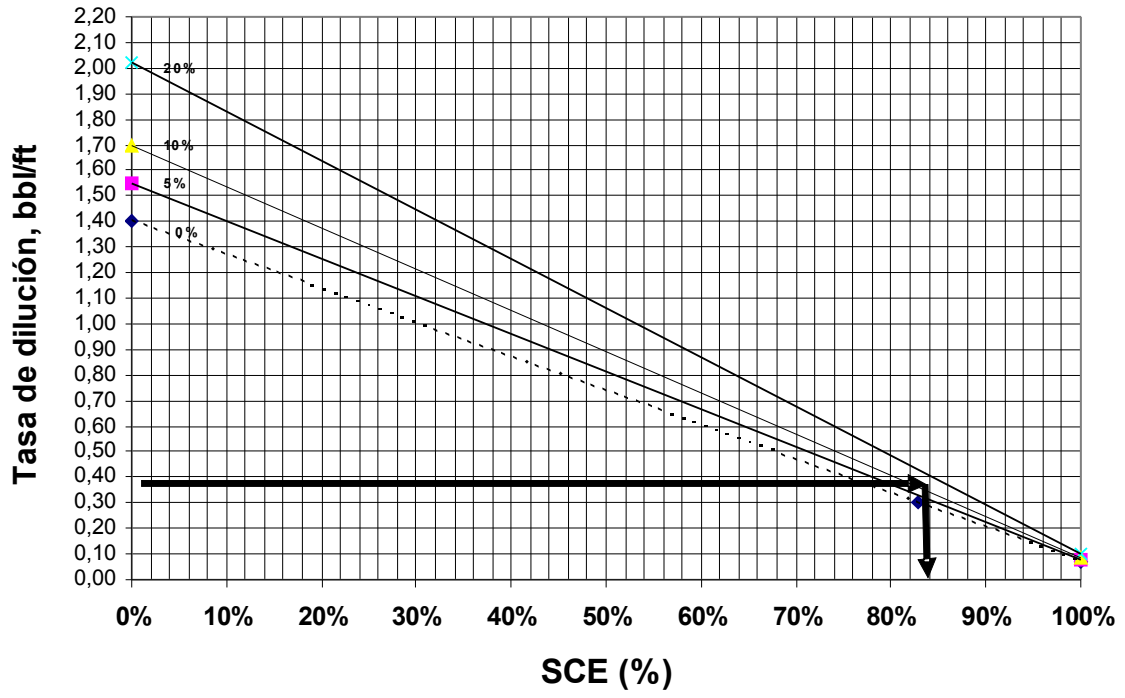
Las ventajas son varias pero las más importantes son:

- Es una medida muy sencilla y fácil de realizar. Las medidas usando medición directa de cantidades toman mucho tiempo y sólo pueden realizarse una vez o dos por pozo o por sección.
- Correlaciona muy bien el desempeño del sistema de control de sólidos con las tasas de dilución que se usa en lodos. Una mayor eficiencia del sistema de control de sólidos implica una menor tasa de dilución por pie perforado, lo que redunda en una mejor economía del proyecto.
- Permite cuantificar variaciones en eficiencia y cantidad de equipo ya que es evidente en cuantas unidades aumenta o disminuye la eficiencia del SCS usando el concepto de SP. De igual forma las tasas de dilución pueden ser chequeadas como medida de la efectividad, al incorporar un equipo de control de sólidos.

En forma gráfica, la relación entre la tasa de dilución expresada en barriles/ft y la eficiencia del sistema de control de sólidos se muestra para dos diámetros diferentes de perforación. Igualmente, cada gráfico incorpora valores para



SCE vs D.R (8.5 ")



6. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL. Y MEDIO AMBIENTE

Se deben cumplir todas las normas y políticas de Seguridad, Salud y cumplimiento en tema de Medio ambiente, atender sugerencias de las reuniones operativas y participar activamente con el personal de cada turno dejando lecciones aprendidas y alertas HSE para evitar su ocurrencia en este taladro y todo en equipo con los encargados HSE de las diferentes compañías involucradas en la perforación de un pozo.

Durante el desarrollo de un la perforación de un pozo se llevan a cabo charlas de diarias de seguridad, de 15 minutos, al personal de patio, con el objeto de hacer de las operaciones de rutina, mas confiables y de nivel preventivo que permitan la minimización de incidentes y/o accidentes en el lugar de trabajo.

En las operaciones de más atención y cuidado como manipulación de cal viva, ácido acético, hipoclorito, etc, se tiene especial cuidado de dotar al personal de los elementos de protección personal adecuados, caretas para el manejo de químicos, guantes especiales para cada labor, bota de seguridad, adicionalmente la inducción precisa sobre la manipulación y los peligros que se pueden generar al contacto.

Todos los químicos deben contar con sus fichas técnicas, manipulación y contingencia, actas de recibido etc. y almacenamiento adecuado

Hacer rutinas diarias de observación en las áreas más críticas, tanto en la parte de la seguridad para el personal (tratamientos de aguas, manejos de líneas de aire,

operación de centrífugas decantadora, bombas, etc) como de la parte ambiental (drenaje de mangueras durante el bombeo de fluidos para evitar regueros, drenaje de piscinas, skimmers, etc) para estar alertas ante cualquier tipo de derrame.

Todo el personal debe conocer los planes de contingencia en el taladro, participar en simulacros y conocer el medevac (emergencia medica) recalcando adicionalmente el compromiso ambiental, con el objeto de mantener controlado cualquier tipo de evento que pueda afectar el entorno.

7. CONCLUSIONES

- Las labores de un pozo petrolero son de volumen significativos por lo que debe presupuestarse adecuadas actividades logísticas y recursos para conseguir el éxito en la labor.
- El agua dispuesta debe cumplir con los parámetros de vertimiento exigidos en el decreto 1594 de 1984.
- Según la concentración de productos químicos en el lodo variará la cantidad de productos químicos en las operaciones de dewatering y tratamiento de aguas.
- Es importante el manejo de aguas a nivel general en el taladro, en razón a que adicional al agua para el proceso de lodos o fluidos de perforación, se maneja agua para lavados y enfriamiento de equipos, tanques, manejo de agua por parte de la cuadrilla y dado que se tiene un solo sistema, se puede incrementar los volúmenes de dewatering y de agua tratada.
- Se concluye con el desarrollo de este manual para el manejo de fluidos y cortes de perforación, que no solo es necesario operativa sino también administrativa para ejecutar adecuadamente las labores de recolectar, tratar y disponer los residuos de un pozo, de tal forma que se lleven estadísticos y un control y seguimiento adecuado pozo a pozo para retroalimentar el proceso y optimizarlo.
- Se debe prestar mayor atención al entrenamiento del personal de campo en conocer esta actividad, la importancia ambiental y el impacto resultante del manejo de cortes y con ayuda de procedimientos escritos y manuales lograr el mejor desempeño en campo y prever dificultades posteriores.

- La concientización sobre el buen manejo de la actividad, es una herramienta valiosa para el éxito de las labores operativas y es la indicadora de una gestión ambiental adecuada en cualquier nivel.
- Las corporaciones ambientales con el respaldo de las empresas operadoras deberían formular un manual de procedimientos en este tema y estandarizar algunos de sus procesos con el fin de minimizar la producción de residuos y optimizar su tratamiento y disposición final

8. GLOSARIO

CASING: Tubería de perforación

CATCH TANK: Tanque abierto

DAP: Diámetro a la altura del pecho (árboles)

DESANDER: Equipos de control de sólidos (desilter, mudcleaner, mesh)

DEWATERING: Planta para separar el agua que vienen asociada con el lodo

DR: Tasa de dilución de lodos

EXPLOSIÓN PROOF: Equipos de seguridad que no generan chispa para evitar incendios

FLOW LINE: Tubería de transferencia de lodo

FRAC TANKS: Tanque cerrado

HGS: Sólidos de alta gravedad

HSE: salud, seguridad y medio ambiente

IFE: Ingeniero de fluidos

LGS: Sólidos de baja gravedad

MANIFOLD: Juego de líneas y válvulas

PDC: Plan de contingencia

PNC: Plan nacional de contingencias

RED FOX: Planta de tratamiento de aguas residuales

SCALPERS: Rejillas vibratorias de metal

SCE: Equipos de control de sólidos

SKIDS: Piscinas

TFM: Ingeniero de procesos

TPH: Partes de hidrocarburos totales

VAPOLELLA: Maquina de lavado

BIBLIOGRAFÍA

Feathergail, William. Environmental Technology for the Oil and Gas Industry. Vol. 1. London, England. Septiembre 2003