

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**“SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS Y MANEJO DE DESECHOS
EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DE PETRÓLEO PARA LA
PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE”**

**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS PARA OPTAR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETRÓLEO**

ELABORADO POR:

HENRY MANFRI MENDOZA LEZAMA

PROMOCIÓN: 97-0

**LIMA – PERÚ
2004**

ÍNDICE

1.0 SUMARIO

2.0 INTRODUCCION

2.1 DEFINICIONES BASICAS DE SÓLIDOS DE PERFORACION

2.3 EQUIPOS MECANICOS DE CONTROL DE SÓLIDOS EN LA PERFORACIÓN

2.3.1 MALLAS Y ZARANDAS SEPARADORAS

2.3.2 DESARENADORES

2.3.3 DESARCILLADORES

2.3.4 ACONDICIONADOR DE LODOS

2.3.5 CENTRIFUGAS

2.4 SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

2.4.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

2.4.2 EFECTOS DE LOS SÓLIDOS DE PERFORACION

2.4.3 METODOS DE CONTROL DE SÓLIDOS.

2.4.4 IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

2.4.5 BENEFICIOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

2.5 PROCESO DE CONTROL DE SÓLIDOS.

2.5.1 IMPORTANCIA DE LA ELIMINACION DE SÓLIDOS EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

2.5.2 EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS SÓLIDOS INDESEABLES EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

2.5.3 ELIMINACION DE SÓLIDOS

2.5.3.1 CLASIFICACION API DE ACUERDO DEL TAMAÑO DE PARTICULA.

2.5.3.2 SÓLIDOS DE ALTA GRAVEDAD ESPECIFICA

2.5.3.3 SÓLIDOS DE BAJA GRAVEDAD ESPECÍFICA

3.0 MANEJO DE DESECHOS DE LA PERFORACIÓN

3.1 DESHIDRATACION DE LODOS

3.1.1 PROCESO

3.2 TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA PERFORACION

3.2.1 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.2.2 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS

3.2.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.2.4 PROCESOS DE COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN, AIREACIÓN Y VERTIMIENTO AL AMBIENTE

3.3 DISPOSICIÓN DE SÓLIDOS PRODUCIDOS POR LA PERFORACIÓN

3.3.1 SÓLIDOS PRODUCIDOS CON LODOS BASE AGUA

3.3.1.1 LANDFARMING

3.3.2 SÓLIDOS PRODUCIDOS CON LODOS BASE ACEITE

3.3.2.1 BIORREMEDIACIÓN

3.3.2.2 DESORPCIÓN TÉRMICA

4.0 CÁLCULOS DE APLICACIÓN TEÓRICA

5.0 CONCLUSIONES

6.0 BIBLIOGRAFÍA

1.0 SUMARIO

La presente monografía tiene como finalidad de presentar los últimos avances de sistema de control de sólidos y manejo de desechos en la perforación de pozos de petróleo para la preservación del medio ambiente en la industria petrolera. El propósito del tema elegido es para demostrar que se puede perforar pozos de petróleo sin causar ningún daño al medio ambiente.

Actualmente cuando se va a realizar la perforación de un pozo de petróleo se tiene que tener como prioridad la preservación del medio ambiente, ya que los desechos generados en la perforación son altamente contaminantes al ser expuestos al medio ambiente. Estos desechos deben ser monitoreados y sometidos a tratamientos y procesos especiales para su disposición final para que el impacto ambiental sea mínimo. Llámase desecho a todo componente generado en la perforación de un pozo de petróleo, estos son aguas servidas provenientes del lavado de equipos, de la preparación de las lechadas de la cementación, de fluidos lavadores y espaciadores de la cementación, de las salmueras, de las aguas de deshidratación de lodos.

Los sólidos generados en la perforación con diferentes tipos de lodos, antes de que exista el sistema de control de sólidos y manejo de desechos todos estos contaminantes eran dispuestos al medio ambiente causando grandes daños ambientales. El sistema de control de sólidos tiene como objetivos fundamentales maximizar la extracción de los sólidos perforados, minimizar la pérdida de sólidos comerciales, devolver el lodo limpio al pozo lo que reduce la dilución con lodo y reduce el costo de operación total en la perforación del pozo y lo más importante es reducir el impacto ambiental al manejar menor volumen de desecho. Lo ideal en la perforación de un pozo de petróleo es que el lodo durante toda la perforación del pozo mantenga todas sus propiedades fisicoquímicas que dan estabilidad al hueco.

El principal elemento contaminante del lodo de perforación son los sólidos que se generan durante la perforación del pozo. Un buen sistema de control de sólidos debe tener medios mecánicos para remover y separar los sólidos generados y descartarlos para tener una buena limpieza de lodo de perforación. Este medio mecánico de separación se realiza con los equipos de control de sólidos.

El beneficio de un buen sistema de control de sólidos es la reducción de la mayor cantidad de sólidos, con lo cual se evitará la dilución y se tendrá ahorro en el costo total de la perforación del pozo.

En el sistema de manejo de desechos mencionaremos los tratamientos y procesos a los que son sometidos los desechos para su disposición final, tratamiento de aguas servidas, deshidratación de lodos, disposición de sólidos producidos durante la perforación, tratamientos de los sólidos generados al perforar con lodos base agua como el landfarming, biorremediación de sólidos generados al perforar con lodos base aceite, desorción térmica y disposición final de los desechos generados durante la perforación al ambiente.

2.0 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta monografía es demostrar que con un buen sistema de control de sólidos se consigue una mayor eficiencia de remoción de sólidos perforados tratando de minimizar al máximo la pérdida de los líquidos. Con esto los desechos de la perforación de un pozo de petróleo son primeramente almacenados, tratados y dispuestos finalmente al medio ambiente con parámetros establecidos en la industria.

Las funciones que deben desempeñar los fluidos de perforación (lodos de perforación) durante la perforación del pozo, son transportar los sólidos generados al perforar el pozo; mantener en suspensión los sólidos perforados y evitar derrumbes del hueco en el espacio anular cuando se detiene la circulación; controlar la presión del fondo de pozo; dar sostén a las paredes del pozo; transmitir potencia hidráulica sobre la formación por debajo de la broca de perforación; enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación; ayudar a suspender el peso de la sarta y el revestimiento; proveer un medio adecuado para bajar registros eléctricos durante la perforación. Por eso es muy importante contar con un buen sistema de control de sólidos para que la limpieza del lodo del sistema sea buena y dar una mejor vida útil al pozo.

El tamaño de los sólidos perforados varía desde recortes más grandes que una pulgada hasta tamaños mínimos menores a un micrón y se pueden usar varios tipos de equipos dependiendo de la situación específica. El propósito fundamental de un equipo de remoción de sólidos es simplemente remover los sólidos perforados para luego disponerlos en lugares adecuados para su tratamiento o proceso para su disposición final al ambiente y el resultado final es la reducción de costos de lodo, la reducción de los volúmenes de desecho.

Para alcanzar estos objetivos, cada parte de estos equipos de control de sólidos removerá una parte de los sólidos generados durante la perforación del hueco, por una acción de tamizado por zarandas vibratorias o por fuerza centrífuga.

Cada tipo de equipo debe ser diseñado para separar un rango de tamaño de partícula del fluido de perforación y para operar efectivamente cada equipo, este debe ser seleccionado, instalado, operado y mantenido adecuadamente.

La eficiencia del sistema de control de sólidos puede comprobarse al comparar el volumen final del lodo acumulado mientras se usa el equipo por volumen de lodo que resultaría si los sólidos perforados se controlan únicamente por dilución. La primera línea de separación de los sólidos perforados son las zarandas separadoras.

Uno de los métodos de remover sólidos del lodo de perforación es pasar el lodo sobre la superficie de una malla que va en una Zaranda separadora. Las partículas menores a las aberturas en la malla pasan a través de los huecos de la malla conjuntamente con la fase líquida del lodo. Las partículas demasiado grandes al pasar a través de la malla son separadas del lodo para su eliminación. Básicamente, una malla actúa como indicador de pasa o no pasa, una partícula es lo bastante pequeña para pasar a través de la abertura de la malla o no.

Los equipos de control de sólidos son colocados en forma secuencial, zarandas primarias, zarandas secundarias, acondicionador de lodos y finalmente centrífugas decantadoras para limpiar sólidos de alto y bajo peso molecular. Parte del objetivo de esta monografía es el manejo de desecho producido de la perforación.

La deshidratación de lodos es el proceso mediante el cual se produce la separación agua sólido de un fluido de perforación y sólo se realiza a fluidos de perforación base agua en donde los sólidos son separados mediante remoción mecánica con una centrífuga de decantación, la parte sólida se dispondrá en una fosa de cortes para su tratamiento y la parte líquida pasará a tratamiento en una planta de tratamiento de agua para que luego ésta se disponga finalmente al ambiente previo cumplimiento de los parámetros establecidos.

En la industria del petróleo constantemente son usados volúmenes considerables de agua en los diferentes procesos de perforación, lo cual genera miles de metros

cúbicos de agua para ser tratada y luego disponerla al ambiente previo cumplimiento de los parámetros pre-establecidos para su disposición final.

El grado contaminante de los sólidos producidos por la perforación dependerá del tipo de lodo a utilizarse y éstos pueden ser lodos base agua y lodos base aceite. Asimismo, para su disposición final debemos tener en cuenta los procesos a utilizarse para disponerlos sin contaminar el ambiente.

Para tratar los sólidos producidos en la perforación con lodos base agua, se realizará el proceso de LANDFARMING. Este proceso es una tecnología de remediación biológica de los suelos contaminados, sólidos producidos en la perforación de pozos de petróleo con lodo base agua, o material con características de suelo mediante la cual los microorganismos generan materiales inocuos para el ambiente, o subproductos estabilizados que no representan peligro. Para el caso puntual en la perforación de pozos de petróleo en donde los sólidos perforados se disponen en fosas de gran capacidad, el proceso para este caso consiste en encapsular los sólidos producidos de la perforación, tapar las fosas donde estos fueron dispuestos, rellenar el terreno de las fosas y realizar un resembrado de tal manera que la locación donde se realizó la perforación quede tal como se encontró al inicio de realizar la perforación.

Para tratamientos de sólidos producidos en la perforación con lodos base aceite tenemos dos sistemas de tratamientos. El primero que es la biorremediación, la cual consiste en reducir el nivel de hidrocarburos presentes en los cortes de perforación producidos durante la perforación con lodos base aceite de una o varias secciones del pozo, utilizando un método de degradación microbiológico, reduciendo la concentración de hidrocarburos (TPH) a niveles mínimos permisibles al 5% en peso, lo cual transforma los cortes en sustancias no contaminantes, en inclusive benéficas para el terreno.

Otro sistema de tratamiento será la desorción térmica que es el proceso donde el suelo contaminado es expuesto a alta temperatura la cual evapora el contaminante. El contaminante es recolectado para ser reciclado o destruido, dependiendo esto del valor del residuo.

2.1 DEFINICIONES BÁSICAS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

2.1.1 FUNCIONES

Las funciones que deben desempeñar los fluidos de perforación(Lodos de perforación) durante la perforación del pozo son:

- A.1 Transportar los sólidos generados al perforar el pozo: Los sólidos generados en la perforación(recortes perforados) y los derrumbes son mas pesados que el lodo. Por lo tanto, al mismo tiempo que el flujo del lodo en el anular los empuja hacia arriba, estos están sometidos a la fuerza de gravedad, que tiende hacerlos caer hacia el fondo del pozo. La velocidad de caída de las partículas depende de la densidad y viscosidad del lodo, si el pozo no se limpia en forma apropiada el material sólido se acumulara en el espacio anular causando un aumento en la torsión, en el arrastre, en la presión hidrostática, ocasionando fallas como tuberías aprisionadas, disminución de la velocidad de penetración y posible perdida de circulación.

- A.2 Mantener en suspensión los sólidos perforados y derrumbes del hueco, en el espacio anular cuando se detiene la circulación: Cuando no se circula lodo por diversas causas la fuerza de elevación es eliminada, los recortes y derrumbes caerán hacia el fondo del pozo, por ello el lodo debe tener la propiedad de forma de gel y recuperar su fluidez cuando empieza a circular(tixotropía).

- A.3 Controlar la presión del fondo de pozo: El agua, el gas y el petróleo que se encuentran en el subsuelo se encuentran bajo presión. Esta presión debe ser controlada para evitar cualquier contrapresión de los fluidos y dicho control se logra manteniendo una suficiente presión hidrostática en el anular, la cual es directamente proporcional a la densidad y la altura de la columna de lodo.

- A.4 Dar sostén a las paredes del pozo: A medida que la broca penetra en la formación perforada se elimina parte del apoyo lateral que ofrecen las paredes del pozo, el lodo de perforación debe reemplazar este apoyo hasta que se coloque el revestimiento, dependiendo del tipo de formación se requerirá un buen sostén por parte del lodo.
- A.5 Transmitir potencia hidráulica sobre la formación, por debajo de la broca de perforación. En la perforación el lodo es expulsado a través de las boquillas de la broca a una gran velocidad, produciendo una fuerza hidráulica debajo de la superficie de esta (broca) limpiando los cortes producidos en el fondo, si la broca no se limpia seguirá triturando los recortes acumulados disminuyendo la velocidad de penetración. La remoción eficiente de los recortes en el fondo dependerá de las propiedades reológicas del lodo y de su velocidad al salir de las boquillas. En casos especiales se utiliza la fuerza hidráulica del lodo para hacer girar solo la broca, la cual está conectada a un motor hidráulico en el fondo del pozo y que se encuentra conectado a la sarta, esto se utiliza en perforación direccional y horizontal.
- A.6 Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación: Cuando la broca está rotando perforando en el fondo del pozo y la sarta rota contra las paredes del pozo, se genera calor. El lodo debe absorber ese calor y conducirlo hacia fuera. Por ello el lodo debe cumplir el rol de enfriar y lubricar la broca, la sarta y la tubería de revestimiento durante la perforación. Con ello se consigue que la vida de la broca se prolongue disminuir la torsión y el arrastre, menor presión de bombeo y menor desgaste por fricción entre la sarta y el revestimiento.
- A.7 Ayudar a suspender el peso de la sarta y el revestimiento: El peso de las sarta de perforación o de revestimiento puede fácilmente exceder a las 200 toneladas, este peso puede causar una gran tensión en superficie, pero el lodo ejerce un empuje ascendente sosteniéndolas parcialmente.
- A.8 Proveer un medio adecuado para bajar registros eléctricos durante la perforación: Es necesario para la perforación del pozo la evaluación de

este mediante registros eléctricos, estos requerirán que el lodo de perforación sea un buen conductor de la electricidad y que presente propiedades eléctricas diferentes de los fluidos de la formación ya que una elevada penetración de la fase líquida en la formación o una excesiva erosión en las paredes pueden ocasionar grandes errores en la lectura de los registros.

2.1.2 PROPIEDADES DE LODO DE PERFORACIÓN

Para que el lodo de perforación cumpla sus funciones óptimamente dependerá de sus propiedades fisicoquímicas, pero durante la perforación, los sólidos generados perforados son los que causan mayores efectos irreversibles, los cuales con un buen sistema de control de sólidos se evitarán.

Entre ellas tenemos:

- B.1 Densidad: Es el peso de lodo de perforación
- B.2 Viscosidad: Es la resistencia interna del lodo a fluir y por lo tanto depende de la densidad y composición del lodo.
- B.3 Viscosidad Plástica: Es la resistencia a fluir causado por la fricción de las partículas suspendidas, depende del número y tamaño de partículas.
- B.4 Punto de cedencia: Es la resistencia a fluir causado por la atracción eléctrica de las partículas suspendidas.
- B.5 Resistencia de gel: Es la resistencia a fluir causada entre la atracción eléctrica de las partículas suspendidas en un tiempo determinado.
- B.6 Contenido de sólidos: Es la concentración de los sólidos de baja y alta gravedad específica.
- B.7 Contenido de Arena: Se considera a partículas mayores de 74 micrones
- B.8 Filtrado: Es la parte líquida del lodo.

2.1.3 TIPOS DE LODOS

Mencionaremos los siguientes:

- C.1 LODOS NO INHIBIDOS: Son lodos simples y poco costosos y los aditivos utilizados son generalmente viscosificantes, dispersantes, soda cáustica y algo de baritina o simplemente agua.

Lodos nativos: Las formaciones perforadas que contienen arcilla o lutita se incorporan al lodo en la perforación. La viscosidad aumenta con la circulación continua dando por resultado lodo nativo.

Lodos de agua pura: Se utiliza para perforar formaciones duras compactas, el agua utilizada varía entre agua dulce y salmuera saturada, dependiendo de la disponibilidad de agua y de la naturaleza de las formaciones.

Lodos Bentoníticos: La bentonita y el agua forman un lodo con una buena capacidad de arrastre de sólidos perforados y características favorables de reducción de viscosidad y buen control por pérdida de filtrado.

Lodos de agua salada-Atapulguita: La arcilla atapulguita es un excelente viscosificante en cualquier tipo de lodo de base agua. Al contrario de la bentonita la atapulguita no rinde en lodos de agua dulce, pero sí en lodos agua salada.

C.2 LODO DE EMULSION DE PETROLEO

El diesel o petróleo crudo constituyen posibles adiciones a cualquier sistema de lodo para mejorar la lubricidad, con lo que se logra una reducción en la torsión y un aumento de la penetración, mayormente se utiliza diesel en una proporción del 6 al 10%.

Las emulsiones que se utilizan son: emulsión de petróleo en agua y la emulsión agua en petróleo o emulsión inversa.

Agentes Emulsionantes:

Sólidos: Arcillas, almidones, sólidos de perforación, etc.

Taninos, lignitos, lignosulfonatos, etc.

Detergentes, sustancias tensoactivas, jabones, etc

Tipos de petróleo que se emplean:

Petróleo diesel o diesel de 28 a 36°API

Petróleo crudo de bajo grado API

No-Glow y Drilease son petróleos especiales que no presentan fluorescencia.

C.3 LODOS DE AGUA SALADA

Un lodo de agua salada es cuando este tiene mas de 10000 ppm de sal y no ha sido convertido a algún otro tipo de lodo, los lodos se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad presente de sal y o fuente de su constitución.

Cantidad de sal en ppm

Lodos saturados de Sal(315000ppm o mas)

Lodos salados(mas de 10000 ppm, pero no saturados)

Fuentes del agua de constitución

Lodos del agua salobre

Lodos de agua de mar

Materiales que se emplean en lodos salados:

- Viscosificantes: Atapulguita, goma guar, fibra de asbesto, montmorillonita.
- Aditivos para la pérdida de control de filtrado: Almidón, polímetro celuloso y otros.
- Dispersantes: Lignosulfonatos
- Soda cáustica: Mantener pH entre 9 y 11
- Carbonato de Sodio: Precipita el calcio, mejora la hidratación de las arcillas y eficacia de los aditivos para el control de la perdida de filtrado.
- Conservativos: Evitar la fermentación del almidón y del guar
- Antiespumigenos: Se usa alcoholes para combatir la espuma
- Emulsionantes: Agentes tenso activos

C.4 LODOS DE BASE ACEITE

Emulsión Inversa.- La emulsión inversa es una emulsión de agua en petróleo en el cual la fase dispersa es agua dulce o salada y la fase continua es el diesel petróleo crudo u otro derivado de petróleo.

La emulsión se define como una dispersión de partículas finas de un liquido en otro liquido. La emulsión agua en petróleo se estabiliza por medio de varios emulsionantes. Una buena emulsión no debe haber tendencia de separación

de las fases. El comportamiento en una emulsión inversa de agua en petróleo es influida por la relación petróleo agua, por el tiempo y grado de agitación, y por el tipo y cantidad de los emulsionantes empleados.

2.2 DEFINICIONES BÁSICAS DE SÓLIDOS DE PERFORACION

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SÓLIDOS

Los sólidos se caracterizan de la siguiente manera:

- Tamaño
- Forma: granular, esférico, laminar
- Gravedad específica (densidad):
 - Baja: Sólidos Perforados, Sólidos Comerciales
 - Alta: Baritina o Hematita
- Reactividad: Interfase entre partículas, Afecta la viscosidad
- Permeable o inerte: Retención de fluido intermitente, Porcentaje húmedo en los recortes

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS

Los sólidos podemos clasificarlos de diferentes maneras, dependiendo de algunos factores tenemos:

- Gravedad específica o densidad:
 - Sólidos de alta gravedad(material densificante)
 - Sólidos de baja gravedad(sólidos comerciales y ripios)
- Tamaño de partícula:
 - Recortes (partículas descargadas por zarandas)
 - Arena API(Partículas mayores a los 74 micrones)
 - Silt o limos(partículas de 2 a 74 micrones)
 - Coloidales(partículas menores de 2 micrones)
- Sólidos Activos: Arcilla, bentonita
- Sólidos inertes: Arena y baritina

- Sólidos comerciales
- Sólidos no comerciales

DATOS DE GRAVEDAD ESPECIFICA O DENSIDAD

MATERIAL	G.E	PPG	PPB
BARITA	4,3	35,9	1506
BENTONITA	2,4	20	840
CARBONATO DE CALCIO	2,7	22,5	945
CEMENTO	3,2	26,7	1120
ARCILLAS,SÓLIDOS PERFORADOS	2,6	21,7	911
ACEITE DIESEL	0,84	7	294
DOLOMITA	2,9	24,2	1016
AGUA FRESCA	1	8,33	350
GALENA	6,5	54,1	2272
YESO	2,3	19,2	806
FIERRO	7,8	65	2730
OXIDO DE FIERRO	5,1	42,5	1785
PLOMO	11,4	95	3990
PIEDRA CALIZA	2,8	23,3	980
SAL	2,2	18,3	769
ARENA (SILICA)	2,6	21,7	911

2.2.3 TAMAÑO DE PARTÍCULA

La unidad de medida que generalmente se usa para describir el tamaño de la partícula es el micrón. Un micrón es un milésimo de un milímetro. Una relación de las medidas de comparación de algunas cosas pueden ser:

RELACION DE TAMAÑO DE ALGUNAS PARTICULAS	
ARTICULO	DIAMETRO EN MICRONES
CEMENTO(PORTLAND)	3-100
TALCO EN POLVO	5-50
CORPUSCULO ROJO DE LA SANGRE	7,5
SENSIBILIDAD DE LA MANO	20
VISTA HUMANA	35-40
PELO HUMANO	30-200
UNA PULGADA	25400

CLASIFICACION POR TAMAÑO DE PARTICULA

CLASIFICACION API	TERMINO COMUN	TAMAÑO
GRUESO	ARENA	>2000 MICRONES
INTERMEDIO	ARENA	250-2000
MEDIO	LIMO	74-250
FINO	LIMO	44-74
ULTRAFINO	ARCILLA	2-44
COLOIDAL	ARCILLA	0-2

2.3 EQUIPOS MECÁNICOS DE CONTROL DE SÓLIDOS EN LA PERFORACIÓN

Los equipos modernos de perforación pueden equiparse con varios tipos diferentes de dispositivos de remoción mecánica de sólidos que dependen de la aplicación y requerimientos de un proyecto en particular. Cada dispositivo tiene una función específica en el proceso de control de sólidos.

2.3.1 MALLAS Y ZARANDAS SEPARADORAS

A. MALLAS

Uno de los métodos para remover sólidos del lodo de perforación es pasar el lodo sobre la superficie de una malla que va en una Zaranda separadora. Las partículas menores a las aberturas en la malla pasan a través de los huecos de la malla conjuntamente con la fase líquida del lodo. Las partículas demasiado grandes al pasar a través de la malla son separadas del lodo para su eliminación. Básicamente, una malla actúa como indicador de pasa o no pasa, una partícula es lo bastante pequeña para pasar a través de la abertura de la malla o no.

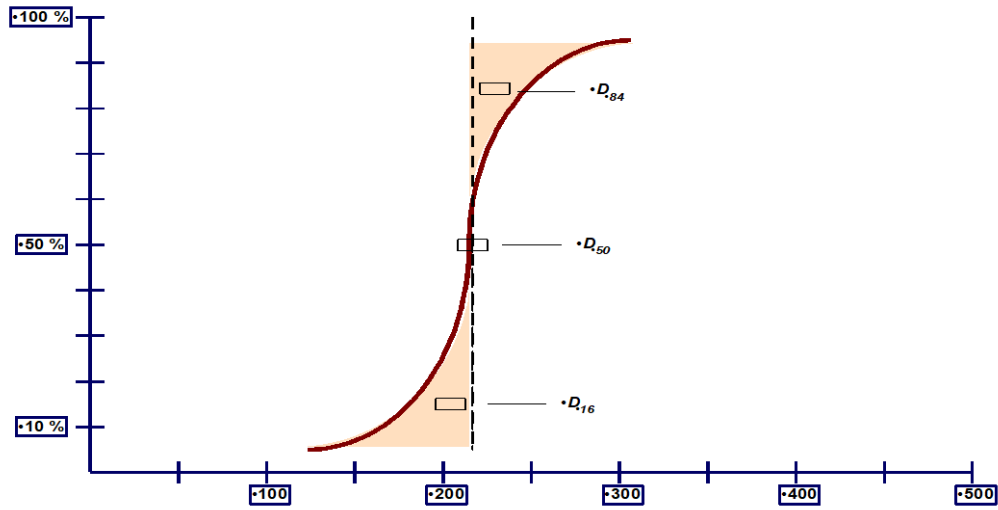
El propósito de vibrar la malla en el equipo de control de sólidos es transportar los recortes fuera de la malla y aumentar la capacidad de

manejo de líquido en la malla. Esta acción de vibrar ocasiona una separación rápida del lodo de los sólidos, reduciendo la cantidad de lodo perdido con los sólidos.

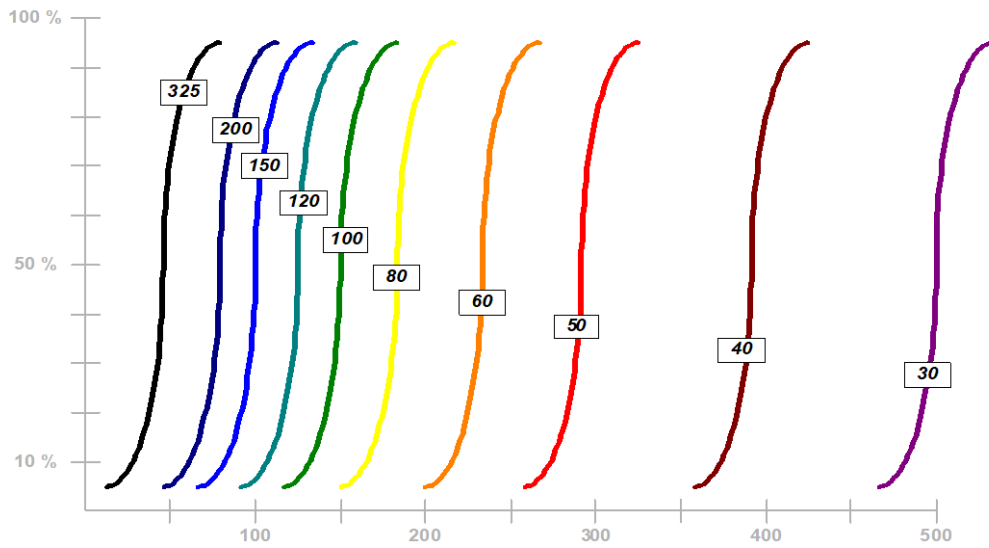
Para la eficiencia máxima, los sólidos sobre la superficie de la malla deben viajar a un patrón predeterminado, puede ser movimiento espiral, elíptico o lineal en ese orden aumenta la eficiencia de separación de la partícula y reduce el bloqueo de las aberturas de la malla. El efecto combinado de la vibración y la superficie de la malla resultan en la separación y remoción de partículas incorporados en el lodo de perforación.

- Mesh: Se define como el número de aberturas por pulgada lineal. El mesh puede ser medido comenzando del centro de un cable y contando el número de aberturas hasta una pulgada de longitud.
- Punto de corte: Es la eficiencia que posee la malla en separar partículas pequeñas a un mismo valor de la eficiencia de separación.

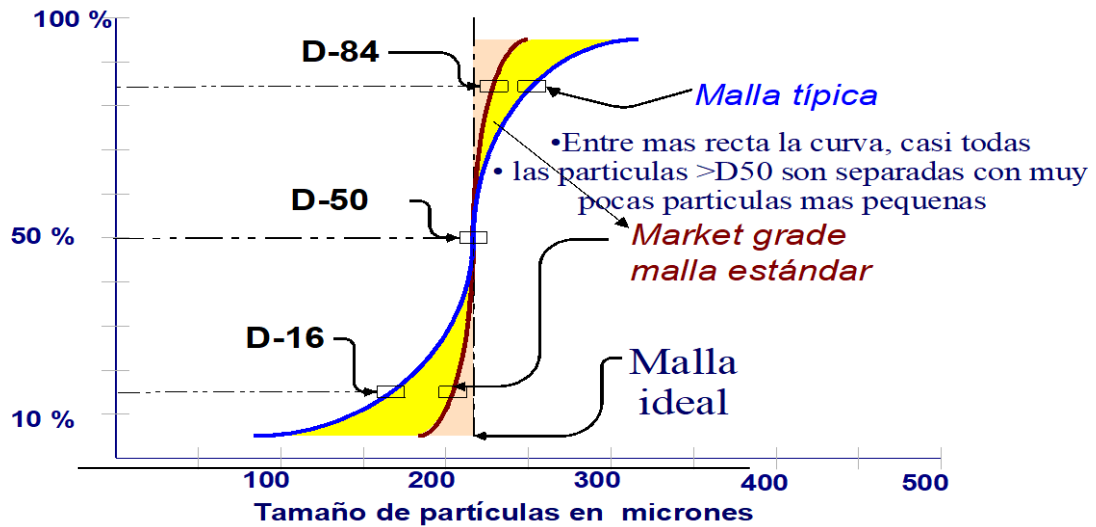
Punto de Corte



(Punto de Corte) Diferentes M



Potencial de Separación



Ejemplo: una malla TBC 84 tiene un D84=230, D50=224 D16=218 Esto significa que el 84% de las partículas 230 son removidas y así respectivamente

- Superficies de Tamizado: Las superficies del tamizado usadas en equipos de control de sólidos son hechas generalmente de paños de malla tejidos de cable, en muy variadas formas y tamaños. Las siguientes características de paños de malla son importantes en aplicaciones de control de sólidos.

Las mallas pueden construirse con una o más capas mallas que tienen una sola capa, paño de malla fina (reforzado por el paño más grueso de respaldo) montado sobre un panel de malla. Estas mallas tendrán aberturas que son de regular tamaño y forma. Mallas de capas tienen dos o más paños tamizados de mallas finas, comúnmente de diferente mesh montado sobre un panel de malla. Estas mallas tendrán aberturas que varían mucho en el tamaño y al forma.

- **CAPACIDAD DE LA MALLA**

La capacidad de la malla, o el volumen de lodo que pasará por una malla sin inundarla varia ampliamente dependiendo del modelo de la zaranda y condiciones de perforación.

La velocidad de perforación, el tipo de lodo ,el peso y la viscosidad, el tipo de broca ,el tipo de formación, el mesh de la malla todos afectan el rendimiento de alguna manera. La velocidad de perforación afecta la capacidad de la malla porque se incrementa la carga de sólidos perforados reduciendo el área de rendimiento efectivo disponible de la malla para el lodo. El mesh de la malla usada esta también directamente relacionada a la capacidad de la zaranda porque por lo general mientras más fino es el mesh de la malla mas posibilidades del deterioro de la malla de no tener buena capacidad de flujo con respecto al galonaje de la perforación. El aumento de la viscosidad comúnmente se asocia con un aumento en el porcentaje de sólidos por volumen y/o aumento en el peso del lodo, tiene un efecto notablemente adverso sobre la capacidad de la malla.

El tipo de lodo también tiene un efecto sobre la capacidad de la malla: Las altas viscosidades generalmente asociadas con lodos base aceite y lodos de emulsión inversa comúnmente resulta en un menor rendimiento de la malla que seria posible con un lodo base agua del mismo peso. Algunos componentes del lodo tales como polímeros sintéticos también tienen un efecto adverso sobre la capacidad de la malla. Como resultado, ninguna malla de fino mesh puede ofrecer un normal rendimiento para todas las condiciones de operación.

Debido a muchos factores involucrados en condiciones de perforación, aspectos y características de ciertos modelos de lodo, capacidades sobre las zarandas de mallas mas finas pueden oscilar de 50 a 800 GPM. La unidades múltiples usualmente las unidades duales o triples pueden usarse para altos requerimientos de capacidad.

B. ZARANDAS

La primera línea de defensa para mantener adecuadamente un fluido de perforar ha sido las zarandas separadoras. Sin la apropiada selección del fluido de perforar durante este paso inicial de remoción, reducirá la eficiencia y la eficacia de todos los equipos de control de sólidos sobre equipo. Las zarandas separadoras de hoy son de alto rendimiento son capaces de usar desde mallas de 20 a 325 mesh mas finas a la línea de flujo en la mayoría de las aplicaciones.

Este proceso ha evolucionado y ha tomado varias etapas de desarrollo de selección que pueden ser definidas por los tipos de movimientos producidos por las máquinas:

- **Movimiento elíptico desbalanceado:**

El movimiento elíptico desbalanceado de las maquinas tienen una inclinación descendente. Esta inclinación se requiere para transportar adecuadamente los desechos a través de la malla y afuera del extremo de la descarga . Sin embargo la inclinación descendente reduce el tiempo de retención del fluido y limita la capacidad de este diseño: La selección optima con estos tipos de zaranda es comúnmente con rango de 30 a 40 mesh(400-600micrones).

La orientación descendente(cuesta abajo) de la cubierta restringe la capacidad del movimiento elíptico desbalanceado de la zaranda para procesar fluido, sin embargo la orientación de la cubierta es beneficioso para remoción de sólidos viscosos.

- **Movimiento Circular equilibrado:**

En la década de los 60 y comienzos de la década de 1970,se introduce el movimiento equilibrado o circular. La vibración circular uniforme permite un adecuado transporte de sólidos en la zaranda en una orientación horizontal plana. El movimiento circular de las zarandas no transporta

eficientemente los sólidos ascendentes cuesta arriba ,por lo tanto las zarandas de este tipo son diseñadas con configuraciones verticales. Generalmente son usadas para condiciones de sólidos viscosos, blandos y pegajosos.

- **Movimiento elíptico balanceado:**

Este modelo de zarandas se puede predecir que el patrón de vibración óptimo para maximizar el transporte de sólidos, opuesto al movimiento elíptico desbalanceado, todos los puntos de la canasta de la zaranda se mueven en fase con el mismo patrón elíptico. El modelo predice que una elipse provee un mejor transporte de sólidos de movimiento lineal. Porque el movimiento elíptico provee un patrón de aceleración mas suave que el movimiento lineal, esto hace que la vida de la malla sea mejor.

- **Movimiento lineal:**

La nueva tecnología produce el movimiento lineal, o una línea recta. Este movimiento es desarrollado por un par de ejes excéntricos que rotan en direcciones opuestas. El movimiento lineal provee un mejor transporte de sólidos perforados y se puede operar en inclinación ascendente para proveer una mayor retención líquida. Un mejor transporte y la mayor retención de fluido permite el uso de mallas de 200 mesh cuadrados(74 micrones).

B.1 ZARANDAS VIBRADORAS

- Primera línea de defensa en el sistema de remoción de sólidos.
- Remueve grava, arena gruesa y fina.
- Mallas de 24 mesh a 325 mesh.
- La eficiencia de remoción puede ser observada fácilmente.
- Puede producir recortes relativamente secos.

B.2 Principios de Operación:

Zarandas vibratorias usan mallas para:

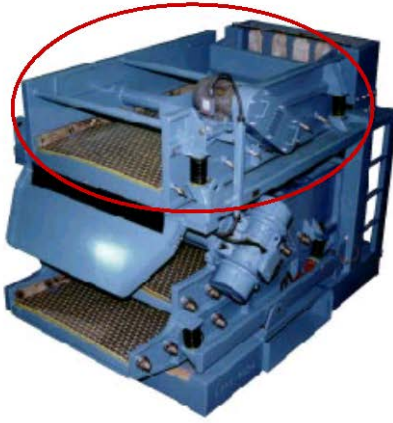
- Remover sólidos de perforación
- Dejar pasar la fase líquida a través de la malla

El funcionamiento depende de:

- Tipo de vibración
- Dinámica de vibración (Fuerza G)
- Configuración y área de la canasta
- Características malla
- Tipo y propiedades del lodo
- Carga de sólidos (depende en la tasa de penetración)
- Tasa de circulación de lodo

B.3 Modelos de Zarandas: Ver dibujos

Scalping CM2 Zaranda Primaria



- ◆ Remueve sólidos gruesos 80 mesh
- ◆ Altas ratas de flujo, hasta 500 gpm
- ◆ Movimiento circular, mejor para arcillas pegajosos
- ◆ Máxima fuerza G, 4.5
- ◆ Disponible solamente en la configuración cascada.
- ◆ Un nivel con dos paneles
- ◆ Angulo de inclinación de malla, 0 grados, Fijo.
- ◆ 22 ft.² área de mallas, son los mismos mallas de la Zaranda abajo
- ◆ Impulsor de correa simple
- ◆ Placas directoras de reboso
- ◆ Bandeja integral de retorno
- ◆ Se utilice mallas SWG, Diamondback, Pinnacles, o una combinación de estas

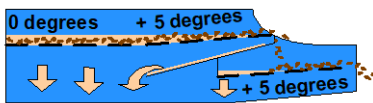
Brandt/LCM2D Zaranda de Movimiento Lineal

- ◆ Panel de secado (2D) para Alta capacidad de proceso y separación mas fina.
- ◆ El ángulo de la canastas se puede ajustar mientras la zaranda está en funcionamiento. Cambio de ángulo de -10 a +5.
- ◆ Fuerza G ajustable hasta un máximo de 6.1 g
- ◆ Movimiento lineal, mejor para separación de finos
- ◆ Puede usar mallas: Diamondback, Pinnacle, HCR y PWP
- ◆ El cambio de nivel de las mallas sirve para reducir profundidad de piscina liquida y degradación de sólidos
- ◆ 33.7 pies cuadrados de área de mallas disponible.
- ◆ La configuración del panel countour plus y el de secado, controlan la perdida de lodo durante sobrecargas.

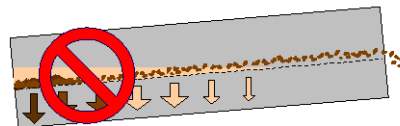
Brandt /LCM2D – Zaranda de Movimiento Lineal



Brandt's ContourPlus™ Design



Diseño ContourPlus de Brandt



Diseño de un solo nivel

Las zarandas "Contour Plus" de Brandt están configuradas con 0° de inclinación en el panel de alimentación, +5° en el panel intermedio y de descarga.

♦ Ventajas

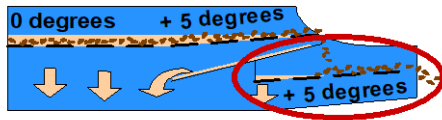
- ♦ Elevación de la canasta se puede mantener al mínimo para obtener sólidos secos.
- ♦ Profundidad de piscina reducida.
- ♦ Mejor transporte de sólidos.

♦ Beneficios

- ♦ Menor peso en las mallas significa mayor duración de mallas.
- ♦ Sólidos no son atrapados en piscinas profundas. Menor degradación de sólidos en partículas más finas.



Brandt's Panel de Secado



Diseño "ContourPlus" ed Brandt

El panel de secado esta ubicado debajo de la segunda malla al mismo ángulo de inclinación +5°. Una bandeja de flujo dirige el liquido que pasa por la malla superior hacia el patín recolector. Los sólidos depositados en el panel de secado son secados aun mas y el fluido pasa al mismo patín recolector.

- ♦ Ventajas
 - ♦ Cortes secos
 - ♦ Longitud total reducida, maquina compacta
 - ♦ Aumento capacidad de proceso de liquido
 - ♦ Protección de sobrecarga por variaciones de flujo y carga de sólidos
- ♦ Beneficios
 - ♦ Se ajusta a la mayoría de instalaciones
 - ♦ Menos requerimiento de equipos
 - ♦ Menor perdida de fluido = menor costo de lodo = menor costo ambiental



Dinámica de Vibración

Causas

Fuerza G

- Contrapesas
- Frecuencia de vibración
- Fuerza G = $\frac{\text{stroke} \times \text{rpm}^2}{70,400}$

Frecuencia (rpm) & stroke

- Velocidad motor
- Velocidad canasta (razón de poleas)
- Peso canasta
- Vibración de amortiguación (entre canasta y base)

◆ Efectos

^G=

- + Rápido transporte
- + Mayor descarga lbs.
- = Mayores esfuerzos
- = Menos tiempo de retención

^Frecuencia=

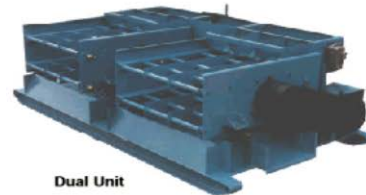
- + Menor stroke @ misma fuerza G
- + Transporte mas rápido @ misma fuerza G
- = Mayores esfuerzos @ misma fuerza G

Configuraciones de Zaranda

- ◆ **Simple**



- ◆ **Múltiples**



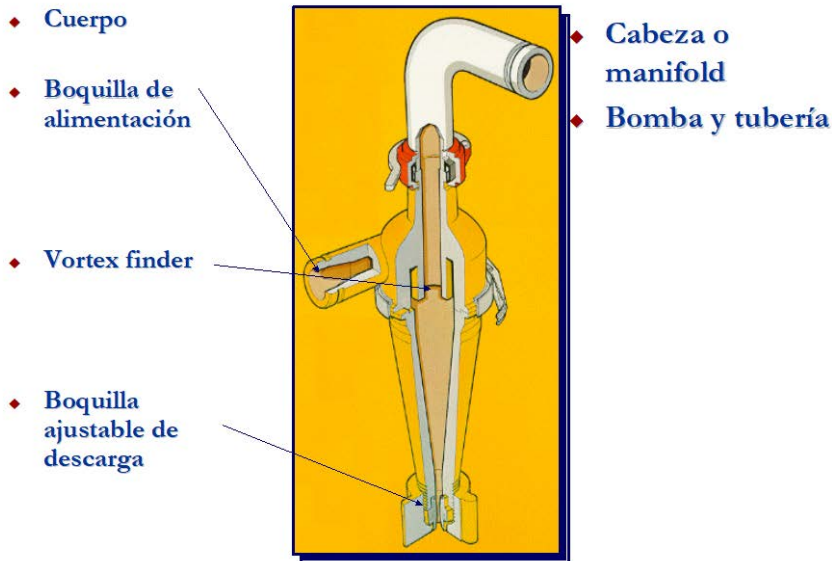
- ◆ **Cascada**



2.3.2 DESARENADORES

Los desarenadores son hidrociclones (dispositivos donde la energía de presión es transformado en fuerza centrífuga) de diámetros de 5",6",8",10 o 12" de diámetro interno. Los desarenadores se utilizarán después que el lodo con los sólidos son tamizados por las zarandas separadoras y se usan para remover altos volúmenes de sólidos asociados a rates de perforaciones rápidas de diámetros de hueco grande. Los desarenadores remueven partículas del tamaño arena y sólidos perforados mas grandes los cuales han pasado a través de la malla de la zaranda y los desecha conjuntamente con algo de liquido.

Partes del Hidrociclón



Hidrociclones – Como Trabajan

Brandt
A Varco Company



FROM PAGE 3.30 OF SOLIDS CONTROL HANDBOOK

Principios de Operación

- Mecanismo de sedimentación
- Depende de la ley de Stokes
- Aceleración centrífuga: Hace sólidos artificialmente mas pesados, hasta 600 G's de fuerza en el interior
- Conservación de energía: Presión de fluido a velocidad

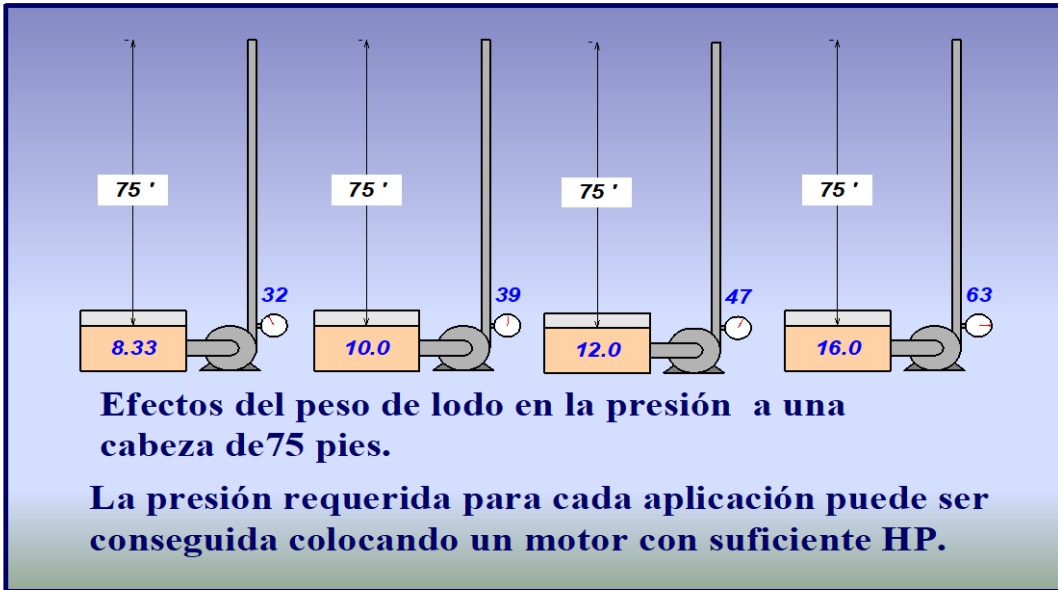
Características

Desarenador

- ◆ 10"-12" diámetro
- ◆ 400-500 gpm c/u
- ◆ Punto de corte D_{50} 74 micrones (remueve sólidos de tamaño de arena)
- ◆ 75-90 Pies de cabeza.
- ◆ Generalmente 2 o 3 por cabeza o manifold



Presión de Fluido Para una C Constante



Regla del Dedo Gordo #1:

$$\text{Psi} = \frac{(\text{Pies} \times \text{S.G})}{2.31}$$

Presión = 4 × Peso Lodo
psi Lbs/gal.

Proporcione suficiente cabeza de presión para todos los pesos de lodo.

2.3.3 DESARCILLADOR

Un desarcillador usa hidrociclones menores, comúnmente de 4" o 5" de diámetro interno con respecto a un desarenador y por lo tanto remueve partículas mas pequeñas. Remueve sólidos en el rango de 15 micrones. Esto lo hace un dispositivo importante por el tamaño reducido de partículas y remover arenilla abrasiva del lodo no pesado. Los ciclones en unidades del desarcillador operan sobre el mismo principio como los ciclones usados sobre desarenadores, ellos simplemente hacen un corte mas fino, y las capacidades de rendimiento individual del cono son menores que los conos del desarenador. Los conos múltiples son comúnmente distribuidos en la unidad del desarcillador para encontrar el rendimiento requerido.

Características

Brandt
A Varco Company



Desarcillador

- ◆ 3"-6" diámetro
- ◆ 20-100 gpm c/u (estándar industrial 50gpm para el cono de 4")
- ◆ Punto de corte D_{50} 15-60 (estándar en la industria 44 micrones para 4")
- ◆ 75-90 pies de cabeza.
- ◆ Remueve limo y arena fina
- ◆ 8 a 24 conos por cabeza o manifold

Recomendaciones para su uso:

- Huecos superficiales
- En lodos no densificados
- Cuando exceso de lodo se necesita remover del sistema
- Formaciones arenosas

Recomendaciones cuando no se deben usar:

- Lodos densificados(Use acondicionador de lodos)
- Limitaciones económicas y ambientales

VENTAJAS

- Simple diseño
- Económico
- Menos separación que las zarandas
- Efectivo en sólidos inertes
- Alivia carga de sólidos en las centrífugas
- Procesa un 25% mas de la rata de circulación

DESVENTAJAS

- Posibilidad de degradación de sólidos en las bombas.
- Descarga puede ser muy húmeda.
- Alto requerimientos de energía para las bombas.
- No diferencia la barita de los sólidos de perforación.
- Mal entendido.
- Mayor problemas debido a errores de instalación.
- Taponamiento fácil por escombros de perforación.

2.3.4 ACONDICIONADOR DE LODOS

Los acondicionadores combina conos desarenadores y desarcilladores montados en una zaranda de movimiento lineal para tener mayor capacidad de proceso, con galonajes de 1000 y 800 GPM desarenador y desarcillador respectivamente.

Acondicionador de Lodo -- Descripción

- ◆ **Combinación de zaranda /Hidrociclones**
- ◆ **Reduce contenido de humedad de la descarga de los hidrociclones**
- ◆ **Recupera barita de la descarga de los hidrociclones**
- ◆ **Puede usar hasta mallas 325 mesh (250 mesh es la mas típica)**
- ◆ **Puede tener ambos desarenador y desarcillador**



2.3.5 CENTRIFUGAS

Teoría de operación:

- Incremento de la velocidad de sedimentación por incremento de la fuerza Gravitacional G .
- Remueve sólidos de la fase líquida
 - Líquido, centrado o efluente
 - Sólidos, costra (cake)
- Extracción mecánica de los sólidos por medio del Scroll(tornillo transportador).
- Desplazamiento hidráulico del líquido por las boquillas de descarga.

Tipos de Centrífugas:

DECANTADORAS

- Varios modelos & estilos
- Diámetros grandes de cilindro / maquinas de baja velocidad
- Diámetros pequeños de cilindro / maquinas de alta velocidad y fuerza G.
- Velocidad fija o variable "cilindro"
- Velocidad fija o variable "tornillo transportador"
- Hidráulicas o eléctricas

ÚLTIMA OPORTUNIDAD DE LIMPIADO

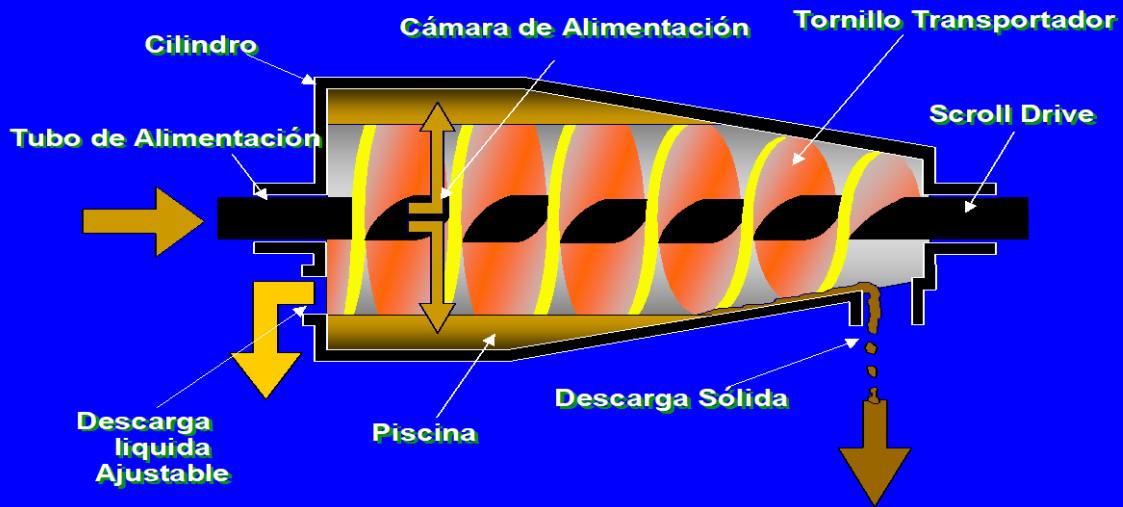
- Se instala al final del sistema de Control de Sólidos versátil
- Remueve sólidos finos /sólidos ultra-fine (Hasta 2 micrones)
 - Recupera barita
 - Recobra fase liquida costosa
 - Separación mejorada (Dewatering)
- Equipo más complicado en el sistema de control de sólidos
- Equipo más costoso en el sistema de control de sólidos
- Operación efectiva clave para un buen desempeño

Centrifuga- Componentes Básicos

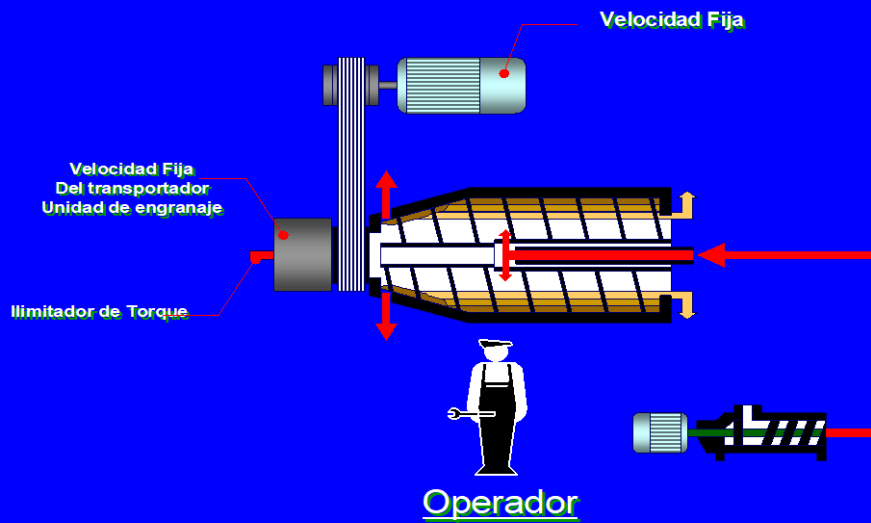
- ◆ Patín (Skid)
- ◆ Carcaza o cilindro (Bowl)
- ◆ Transportador (Scroll)
- ◆ Motor
- ◆ Unidad de engranaje (Gearbox)
- ◆ Protección de sobrecarga
- ◆ Tubo de alimentación (Feed pipe)
- ◆ Bomba de alimentación (Feed pump)
- ◆ Panel Eléctrico



Centrifuga Decantadora SC-4

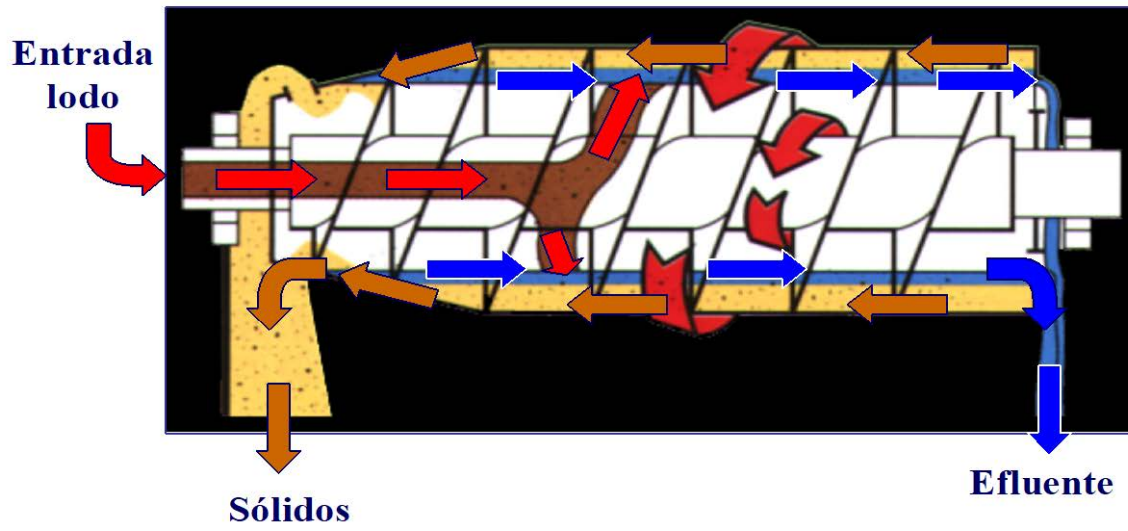


Velocidad Fija – Impulso Por Correa



© Copyright - Rigtech, April 1999

Centrifuga Decantadora HS-3400



Tamaño de la Carcasa (Bowl) vs. Velocidad

BOWL PEQUENOS

- Menor que 18" diámetro
- Velocidad alta: (1750-4000 rpm)
- Fuerza G. Alta: (600-3200 G's)
- Corte de sólidos más fino
- Típico 14" x 48"
- 150 gpm max. lodo no densificado

BOWL GRANDES

- Mayor de 18" diámetro
- Velocidad Baja: (1400-1800 rpm)
- Fuerza G. baja a moderada: (600-1200 G's)
- Típico 18" x 28" ó 24" x 38"
- 80-150 gpm max. lodo no densificado

Efecto de la Fuerza G

Fuerza G. = $.0000142 \times \text{rpm}^2 \times \text{diámetro bowl(pulgadas)}$

- +G incrementa = remoción sólidos más finos
- +G incrementa = descarga mas seca
- +G incrementa = efluente mas limpio
- +G incrementa = mayor esfuerzo en el equipos
- +G incrementa = incrementa torque

2.4 SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

2.4.1 OBJETIVOS DE CONTROL DE SÓLIDOS

A. Maximizar la extracción de sólidos perforados

B. Minimizar la pérdida de lodo

- Minimizar la pérdida de sólidos comerciales
- Devolver lodo limpio al pozo
- Menos dilución con lodo y menos costo de operación total

C. Reducir el impacto ambiental

- Menos volumen total de desecho
- Menos humedad de desecho, más fácil a manejar

2.4.2 EFECTOS DE LOS SÓLIDOS DE PERFORACIÓN

A. Menos ROP

- Cabeza hidrostática mas alta
- Interferencia con la broca de perforación

B. Incremento de Viscosidad

- Geles mas altos
- Menos eficiencia de todos los equipos de control de sólidos por deterioro de las mallas, regímenes de asentamiento más bajos.
- Costos de dilución y tratamiento químico más alto

C. Incremento de la abrasión, la cual afecta a:

- Bombas y repuestos
- Equipos de control de sólidos
- Mallas y soporte de mallas

- Hidrociclones
- Ensamblaje rotacional de centrífugas
- Turbinas y MWD
- Brocas
- Tuberías

D. Costo operacional más alto

E. Torta de mala calidad

- Torta más gruesa: Mas arrastre o posible pega de tubería.

F. Menos control de filtración

- Se daña la formación
- Mala interpretación de los registros eléctricos.

2.4.3 MÉTODOS DE CONTROL DE SÓLIDOS

A. Dilución o desplazamiento

- Única manera para eliminar completamente sólidos perforados
- Normalmente lo más costoso
- Restricciones ambientales

B. Sedimentación

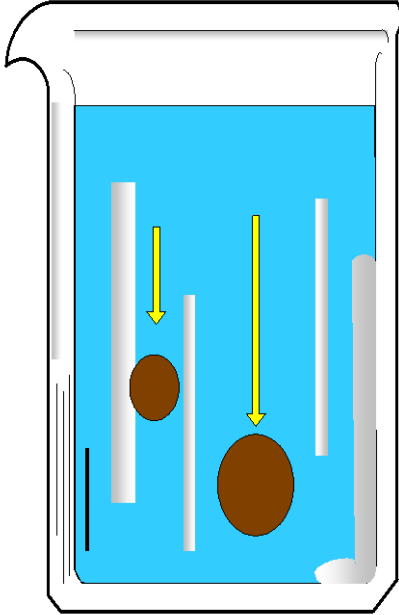
- Efectivo para sólidos gruesos
- Requiere espacios grandes

C. Medios mecánicos (Equipos mecánicos de control de sólidos)

- Económico
- Efectivo si la instalación es adecuada

D. Medios mecánico-Químicos

Asentamiento



Stokes Law

$$V = \frac{d^2 \cdot (SG_s - SG_L) \cdot G}{K \cdot \rho}$$

V = Velocidad de asentamiento

d = Diámetro de sólido

SG_s = Gravedad específica sólido

SG_L = Gravedad específica líquido

G = Fuerza gravitacional

K = Constante

ρ = Viscosidad de

Velocidades de Sedimentación Para Esferas de Vidrio

Tamaño (mm)	Micrones	Mesh	Tipo de Particula	Area superficial	Tiempo para Asentar 1'
1	1,000	18	Arena	4.87 in ²	3 seg
.1	100	150	Arena fina	48.7 in ²	38 seg
.01	10	1000?	Silt	3.38 ft ²	33 min
.001	1	N/A	Bacteria	33.8 ft ²	55 hr.
.0001	.1	N/A	Coloidal	3.8 yd ²	230 días

2.4.4 IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SÓLIDOS

- Sólidos no removidos por el SCS, debe ser diluido con agua para mantener las propiedades del lodo.
- Dilución crea excesos de lodo que finalmente deben ser desechados.
- Mayor remoción de sólidos o Menor dilución
 - Menor excesos de lodo
 - Menor impacto ambiental.

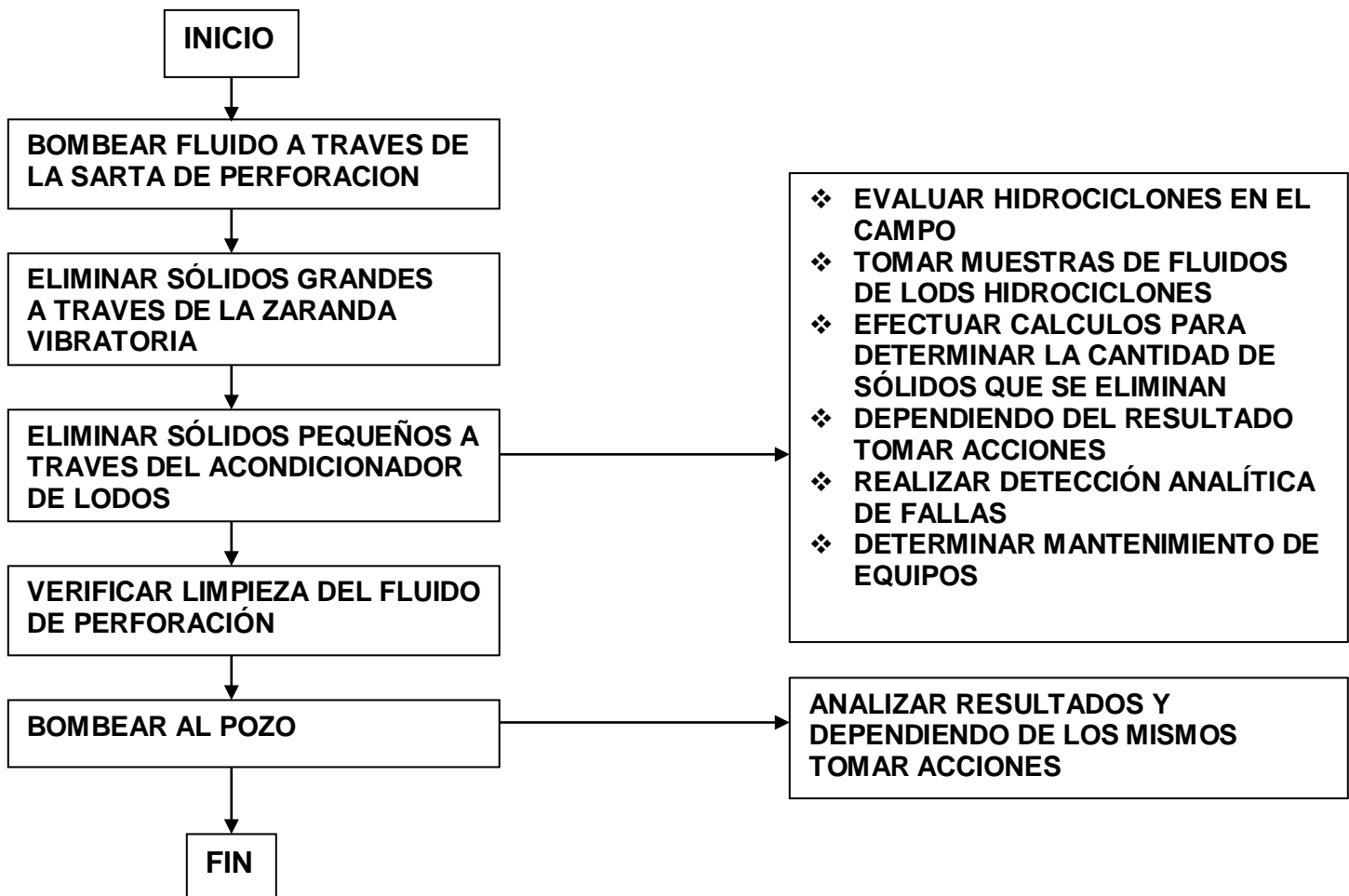
Beneficios de Control de Sólidos



2.5 PROCESO DE CONTROL DE SÓLIDOS

En un programa de perforación de un pozo, es importante el proceso de control de sólidos para garantizar fluidos de perforación en especificaciones que se indican en el programa elaborado para el fin. El proceso consiste en bombear fluido a través de la sarta de perforación para facilitar el desplazamiento de los sólidos mediante los equipos de control de sólidos, donde se eliminan estos y una vez limpio el fluido comienza el ciclo de bombeo y limpieza del mismo.

A continuación se presenta un diagrama que describe el flujo de proceso de control de sólidos.



2.5.1 IMPORTANCIA DE LA ELIMINACIÓN DE SÓLIDOS EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

El volumen y tipo de sólidos que se encuentran en el fluido de perforación, afecta directamente las propiedades del mismo, la hidráulica, la rata de penetración, la estabilidad del hueco y el costo total del proyecto del pozo y de allí la importancia de control de sólidos en los fluidos de perforación. Los sólidos de perforación son contaminantes del fluido y por lo tanto y eficientemente como sea posible, la eliminación de sólidos en el fluido de perforación del pozo garantizara la perforación del pozo a un menor costo con menores problemas operativos.

2.5.2 EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS SÓLIDOS EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Los principales son:

Disminución de la velocidad de perforación, pega de tuberías, daño a la formación productiva, pérdida de circulación, desgaste de los equipos de superficie, aumento en las presiones de bombeo por alto acumulación de sólidos alterando la velocidad de flujo de perforación, problemas de cementación, incremento de costos, alteración de las propiedades del lodo, incrementa la fuerza de torque y resistencia, perdidas de producción, excesiva abrasión, incremento de requerimiento de agua, aumento del diferencial adhesivo, aumenta el impacto ambiental, aumenta la densidad de circulación, incrementa la viscosidad.

2.5.3 ELIMINACION DE SÓLIDOS

Durante la perforación se producen diferentes sólidos que de no controlarse podrían contaminar el fluido de perforación y afectar la operación. Por eso el factor mas importante que contribuye a mantener buenas propiedades reologicas en la mayoría de los fluidos de perforación es un bajo contenido de sólidos siendo muy ventajoso para la operación. Se logran velocidades de

penetración mas rápidas, las bombas trabajan con mayor eficiencia, se consigue un mejor revoque en las paredes del pozo y usamos menor material en el fluido de perforación(lodo). La bombas pueden desplazar fluido a un caudal dado con un menor aumento de presión, reduciendo las presiones anulares y minimizando las posibilidades de pérdida de circulación.

Los sólidos no removidos consumen caballaje al ser recirculados y dispersados en la fase liquida causando una pobre reología haciendo una limpieza ineficiente y velocidades de perforación lentas.

2.5.3.1 CLASIFICACION API DE ACUERDO AL TAMAÑO DE PARTICULA

Los Sólidos se clasifican y se agrupan por tamaño medido en micrones.

La clasificación API de los sólidos por el rango del tamaño de partículas se muestra a continuación:

Clasificación de Tamaño de Partículas

<u>Clas. API</u>	<u>Rango</u>	<u>Nombre Común</u>
Grueso	> 2000	Gravilla
Intermedio	250 – 2000	Arena
Medio	74 – 250	Arena
Fino	44- 74	Silt
Ultra Fino	2 – 44	Silt/Arcilla
Coloidales	0 –2	Arcilla

La baritina normalmente se clasifican dentro de la categoría de limo, mientras que las arcillas de primera calidad están dentro del rango coloidal. El limo puede incluir fango, lutitas, cuarzo fino, baritina

comercial. Las arenas pueden incluir arenas de cuarzo, lutita, restos de material de pérdida de circulación y baritina gruesa. Para entender mejor la distribución en tamaño de partículas de los sólidos dentro del sistema, se puede decir que cuando la broca esta atravesando una formación consolidada, las partículas perforadas son de gran variedad de tamaños, habiendo un bajo volumen de partículas pequeñas así como partículas grandes, encontrándose el mayor volumen entre los extremos, pero cuando estas partículas viajan a la superficie, se ven sometidos a degradación mecánica, hidratación y dispersión esto hace que las partículas se desintegren lo cual disminuyen sus tamaños y al pasar por las zarandas el grado de separación va de un gran tamaño pequeño siendo estos sólidos los que quedan en el sistema los que causan los diferentes problemas encontrados en los lodos de perforación.

2.5.3.2 SÓLIDOS DE ALTA GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad específica de la Baritina se asume que es 4.2 y la de la Hematita 5.3 a menos que se posean datos más precisos. El lodo con los sólidos incorporados contiene como material pesante a la Baritina o Hematita para mantener un cierto peso en el lodo. Una muestra de sólidos de un lodo de este tipo contendrá baritina o hematita y sólidos de baja gravedad, se deberá realizar un análisis de retorta para determinar la fracción de sólidos y de sus componentes como también de aceite presente, si la concentración de cloruros excede las 10000 ppm, se deberán efectuar ciertas correcciones para compensar los efectos causados por esta en la determinación de sólidos.

2.5.3.3 SÓLIDOS DE BAJA GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad específica de los sólidos de baja gravedad se asume que es 2.6, se asume que este tipo de lodo está conformado únicamente

de sólidos de perforación y agua. El termino sólidos de perforación es usado para denotar todos los sólidos de baja gravedad presentes en la muestra, incluyendo arcillas comerciales. A este tipo de fluidos no se les agrega material pesante. Se tendrá que realizar una prueba de retorta para determinar la fracción de sólidos si tuviera aceite presente. Si la concentración de Cloruros es superior a 10000ppm se debe hacer la corrección necesaria para compensar los efectos en la determinación de contenido de sólidos.

3.0 MANEJO DE DESECHOS DE LA PERFORACIÓN

3.1 DESHIDRATACION DE LODOS

Proceso mediante el cual se produce la separación agua-sólido de un fluido de perforación, solo se realiza a fluidos de perforación base agua, los sólidos son separados mediante remoción mecánica con una centrífuga de decantación, la parte sólida se dispondrá en una fosa de cortes para su tratamiento y la parte líquida pasará su tratamiento en una planta de tratamiento de agua para que esta se dispondrá finalmente y con parámetros establecidos al ambiente.

3.1.1 PROCESO

- A. COAGULACIÓN: Proceso mediante el cual se produce una desestabilización de las partículas coloidales por medio de la destrucción de las fuerzas que mantienen la suspensión mediante la adición de productos químicos.

Tipos de coagulantes: Sulfato Férrico, Cloruro Férrico, Sulfato de Aluminio, Ácido Sulfúrico, Ácido Clorhídrico, Ácido acético, Cal.

FACTORES QUE AFECTAN LA COAGULACIÓN: Se podrían mencionar los siguientes

- Naturaleza del Coloide: Las arcillas y partículas en los cuales los coloides no siempre son del mismo tipo las variaciones más importantes se encuentran en la superficie más específica del coloide y la carga de la partícula.
- PH del Fluido: Existe un rango de valores en los cuales los coloides presentan su máxima coagulación, por encima o por

debajo el cual la coagulación será excesiva o pobre, por ende se reduce la eficiencia original del tratamiento.

- Composición Química del fluido de perforación: Los fluidos de perforación son generalmente de naturaleza aniónica, sin embargo los diferentes compuestos adicionados pueden incidir en los requerimientos del tipo y cantidad del coagulante, algunos fluidos se coagulan eficientemente con adición de sales, otros pueden requerir la presencia de ácidos, para una adecuada desactivación.
- Tipos y Dosis: Requerirá de mayores y menores dosificaciones, entonces se tendrá que hacer pruebas de laboratorio para que salga de mejor manera.
- Concentración del coagulante: Las cantidades necesarias para coagular son muy pequeñas en relación con la cantidad de fluido a tratar, por eso es muy importante diluir al máximo los productos coagulantes en cuanto sea posible, para facilitar su dispersión en volúmenes grandes de tratamiento. Sin embargo debe tenerse en cuenta que una dilución excesiva puede causar hidrólisis del compuesto a formar otros que no son efectivos en coagulación.
- Punto y forma de aplicación del coagulante: Cuanto mas dispersión del coagulante a través del fluido a tratar se tenga, mas efectivo será el proceso de coagulación, la agitación es uno de los factores mas importantes a considerar debido a que las reacciones de coagulación son muy rápidas por lo general de 1 a 5 segundos por ende la dispersión total del producto químico coagulante en tiempo corto evita desperdicio del mismo.

B. FLOCULACION

Cuando las partículas desestabilizadas por medio de coagulación, al moverse dentro del fluido se acercan mas a otras, se aglutinan para formar partículas de mayor tamaño y peso llamados "Flocs".

Objetivos de la floculación:

- Reunir los coloides desestabilizados para formar agrupaciones de partículas o flóculos con peso específico superior al del agua de manera que se facilite la sedimentación por diferencia de densidades.
- Compactar los flóculos para disminuir su grado de hidratación y conseguir características adecuadas tales como buena consistencia para su fácil remoción.
- Polímeros Floculantes
Según su origen, su peso molecular puede ser alto mediano y bajo. Para la floculación de lodos de perforación los más usados los de mediano y alto peso molecular que dan mayor peso a los Flocs. En el dewatering se usan polímeros de alto peso molecular.

Instalación del equipo de deshidratación de lodos

- Centrífuga de alta capacidad de manejo de sólidos y líquidos, y con 1450 RPM
- Soporte de centrífugas.
- Unidad de dewatering aunque se pueden usar tanques separados, se utiliza normalmente una unidad compacta con capacidad de almacenamiento de 250 bbls.
- Asegurar tipo y disposición del sistema para manejo de sólidos residuales. Este punto es fundamental para la ubicación de la unidad de dewatering, de la centrífuga y de la altura donde esta será instalada.

3.2 TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA PERFORACIÓN

Dentro de la concepción universal del movimiento de los elementos del ambiente, es importante observar que el recurso agua cambia sus patrones con las diversas actividades desarrolladas por el hombre y una serie de problemas se confrontan con la disposición de los desechos líquidos provenientes del uso

doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento. Los líquidos residuales, por su agresividad deben ser dispuestos, descargados en forma tal que no constituyan un problema de contaminación, estético, social, etc., que atente contra el ambiente mismo en el sitio donde se disponen. Existen básicamente, dos medios de disposición de aguas servidas: disposición en masa de agua y disposición en el suelo.

Las disposiciones en el suelo, a su vez comprende:

- A. Las disposiciones en la superficie del suelo (irrigación subsuperficial)
- B. Disposiciones en el subsuelo (irrigación subsuperficial o campos de perforación)
- C. Disposición que todas están basadas en ciertas normas o regulaciones, con el objeto de eliminar o al menos reducir a un mínimo, los inconvenientes antes mencionados. Para ello es necesario someter las aguas a un cierto grado de tratamiento, el cual es el resultado de las condiciones particulares bajo las cuales se presente cada problema de vertimiento.

A este respecto, es de sumo interés, establecer una serie de Normas de calidad que deben ser aplicadas:

- A las aguas servidas cuando son dispuestas (descargadas) en las masas de aguas receptoras.
- Las condiciones mínimas que deben ser exigidas al receptor en relación con su uso.

En Perú tenemos niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de actividades de explotación y comercialización de Hidrocarburos R.D.030-96-EM/DGAA(04/11/96)

Para cumplir con este propósito de calidad se hace necesario conocer:

A. Características de los líquidos que se desean descargar en :

- Volumen: Gastos y variaciones
- Composición: Para los líquidos residuales industriales, la determinación de los parámetros DBO_5 , OD, temperatura, sólidos, pH, DQO, turbiedad y color es importante.

B. Características del receptor en lo referente a:

- Régimen hidráulico
- Condiciones sanitarias, grado de polución previa con respecto al sitio donde se estime descargar las aguas servidas.

Los tratamientos aplicados a los líquidos residuales pueden clasificarse en:

- Tratamientos Preliminares
- Tratamientos Primarios :
 - Sedimentación, Flotación
 - Coagulación, Floculación
- Tratamientos Secundarios o Tratamientos Biológicos:
 - Lodos activados
 - Filtración Biológica
 - Lagunas de Estabilización
- Tratamientos Terciarios
 - Remoción de Nitrógeno
 - Desinfección de Efluentes
 - Eliminación de despojos radioactivos

3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUA RESIDUALES

En la industria del petróleo constantemente son usados volúmenes considerables de agua en los diferentes procesos de perforación lo cual genera miles de metros cúbicos de agua para ser tratada. El tratamiento de

las aguas residuales no es simple, pero puede optimizarse y realizarse económicamente. En la optimización del tratamiento se deben tener en cuenta ciertos factores que varían constantemente, como:

- Fluctuaciones en el caudal de aguas residuales.
- Variaciones de pH.
- Variaciones de temperatura.
- Composición química de las aguas residuales (tipos de fluido a tratar).
- Uso de las aguas tratadas (reutilización en un sistema activo, disposición en riego o vertimiento).
- Condiciones climáticas.

Para el tratamiento se debe conocer y disponer de técnicas y equipos que permitan determinar la calidad de agua y tener la certeza de que se puede disponer de ella para un uso determinado. Los tipos de análisis realizados a las aguas residuales se clasifican en:

A. ANÁLISIS FÍSICOS

- Color.
- Conductividad.
- Turbiedad.
- Sólidos (Sólidos totales suspendidos, sólidos sedimentables).
- pH.

B. ANÁLISIS DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS

- Dureza
- Alcalinidad
- Cloruros
- Cloro Residual
- Oxígeno disuelto
- Sulfatos

C. ANÁLISIS CONSTITUYENTES ORGÁNICOS

- Grasas y aceites
- Demanda Bioquímica de oxígeno
- Demanda Química de oxígeno
- Fenoles

D. ANÁLISIS DE METALES

A continuación se hace una breve descripción de los análisis aplicados a las aguas residuales:

- COLOR

El término color es usado para definir las diferentes "tonalidades" que presentan las aguas. El color puede ser de origen mineral o vegetal como por ejemplo: iones metálicos, hierro y manganeso, humus, hojas, ramas, musgo, etc, las cuales son inofensivas y aunque se desconoce la naturaleza química exacta de la materia colorante, se estima que se deba principalmente: a los taninos, glucosados y sus derivados.

Color aparente: Es aquel en el cual no solo se incluye las sustancias disueltas sino también a las sustancias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrar o centrifugar la misma.

Color real o verdadero: Este es debido a las sustancias en solución y se determina después de que la muestra ha sido filtrada o centrifugada.

Cada tipo de descarga debe tratarse conociendo su procedencia, tipo de colorantes y compuestos utilizados y las características del cuerpo receptor sobre el cual finalmente se vierten las aguas. El alto color en el agua hace dudar de su potabilidad (cuando se usa para consumo humano), interfiere en la cloración ya que ejerce alta demanda de cloro, interfiere con la coagulación de la turbiedad al formar complejos con el hierro y el aluminio, el ácido húmico causante del color, es el que da sabor al agua.

- **TURBIEDAD**

La turbiedad del agua es causada por la presencia de materiales en suspensión como arcilla, limo, lodo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, algas, plancton y otro organismo microscópico: No se consideran causantes de turbiedad los materiales pesados que se sedimentan rápidamente. La turbidez se define con el fenómeno opaco de opalescencia causante de que los rayos luminosos sean absorbidos y dispersados en múltiples direcciones. La dosificación del coagulante se basa generalmente en la turbiedad del agua cruda y por esta razón la determinación de la turbiedad debe hacerse frecuentemente y mas aun cuando se presenten cambios en el agua.

Una alta turbiedad en el agua hace dudar su potabilidad, interfiere con la desinfección ya que las bacterias quedan incluidas en las partículas, no existiendo un buen contacto con el cloro y con otros desinfectantes.

- **CONDUCTIVIDAD**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una muestra de agua para conducir la corriente eléctrica. Este numero depende de la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua y de la temperatura a la cual la medida se realiza, también afectan a la conductividad, la movilidad de cada uno de los iones disueltos y su concentración.

La mayoría de los ácidos inorgánicos, bases y sales(tales como el ácido clorhídrico, carbonato de sodio, cloruros de sodio, etc.) son relativamente buenos conductores. Por el contrario, moléculas de compuestos orgánicos(tales como: la sacarosa, benceno, etc.) no se disocian en iones en solución acuosa por lo que son muy pobres conductores o no conducen la corriente eléctrica.

La conductividad de un agua potable varia en el rango de 50 a 1500 US/cm.

Por otra parte, la medida de la conductividad esta influenciada por el pH de la solución, la valencia los iones y el grado de ionización.

La determinación de la conductividad debe hacerse **INSITU**, es decir, en el lugar de muestreo, si no dispone del equipo requerido se recomienda almacenar un volumen de muestra de 100-500ml y refrigerada por un tiempo máximo de 24 horas a 4°C.

- **CLORUROS**

Los cloruros corresponden a la forma iónica del cloro cuando su estado de oxidación es -1 y es uno de los parámetros mas abundantes en el agua y líquidos residuales.

La forma mas comúnmente conocida de los cloruros es el cloruro de sodio, o sal común, compuesto que forma parte de la dieta humana.

Los cloruros se eliminan por destilación o por procesos electrolíticos o por resinas de intercambio catiónico.

- **SULFATOS**

El ión sulfato es uno de los iones que se encuentra en mayor proporción en las aguas naturales. Los sulfatos provienen de los suelos que son ricos o que contienen apreciables cantidades de yeso y minerales similares.

También pueden provenir del ultimo estado de oxidación de sulfuros, sulfitos o tiosulfatos de lo suelos.

La determinación de los sulfatos es importante por las siguientes razones:

- Para aguas destinadas al consumo humano la Organización Mundial de salud ha aceptado en sus normas internacionales para agua potable: 200-400g/lit de SO_4 debido al gusto desagradable y los efectos laxantes que estos pueden tener en las aguas.
- Para aguas que van a ser utilizadas para fines de riego existen límites permisibles aun cuando parecen ser menos tóxicos que los cloruros.

- GRASAS Y ACEITES

El término aceites representa una gran variedad de sustancias, entre las cuales están incluidos los hidrocarburos de origen mineral, desde los de bajo hasta alto peso molecular que cubren el rango que comienza por la gasolina, sigue con los combustibles pesados y termina con los aceites lubricantes, también incluyen a todos los glicéridos de origen animal y vegetal que son líquidos a temperatura ambiente.

El término de “grasas” se aplica a una amplia variedad de sustancia orgánicas, que son extraíbles de una solución o suspensión acuosa por medio del hexano.

Los aceites y grasas pueden estar en las aguas, bien en forma de nata sobrenadante o bajo la forma de una emulsión, en el caso de hidrocarburos mas livianos, pueden existir en solución una pequeña cantidad de ellos.

La mayoría de los hidrocarburos y grasas pesadas son insolubles en agua, pero pueden ser emulsificados o saponificados por detergentes, álcalis u otros productos químicos.

La determinación de las grasas y aceites es importante por las siguientes razones:

- Sanitario

Los aceites (hidrocarburos) y las grasas, le comunican al agua propiedades organolépticas (olor y sabor) indeseables, además de que pueden llegar a producir dermatosis. Existen algunos hidrocarburos como son: el 3-4 benzopireno y sus homólogos, los cuales se producen en las combustiones que tienen propiedades cancerígenas comprobadas.

- Como control de contaminación

Tanto los aceites como las grasas, emulsionados en alguna forma en el agua, disminuyen la aireación de los cuerpos del agua, pues controlan la difusión del oxígeno a través de las masas de agua.

Los aceites minerales(petróleo y sus derivados) recubren los cuerpos de los organismos del ambiente acuático, peces y aves acuáticas, desmejorando el sabor de la carne de pescado, sus componentes solubles son tóxicos por lo que matan las algas y organismos que sirven como fuente de alimentación de la población acuática.

Se ha demostrado que la mayor toxicidad del petróleo ocurre cuando se encuentra emulsionado con el agua por efecto de la agitación. Así se ha comprobado que en tales condiciones de 0.3 mg/lit de petróleo crudo, son extremadamente toxicas

PARAMETRO	VALOR CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
pH	>5.5 Y < 9	>5.5 Y < 9
ACEITES Y GRASAS (mg/l) PARA VERTIMIENTOS EN EL MAR	50	30
ACEITES Y GRASAS (mg/l) PARA VERTIMIENTOS EN AGUAS CONTINENTALES	30	20

- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO₅)

La demanda de oxígeno (oxígeno consumible) de las aguas: residuales domésticas e industriales, se debe a la presencia de tres clases de materiales:

- a. Materia orgánica utilizada como fuente de alimento por microorganismos aeróbicos.
- b. Compuestos inorgánicos de nitrógeno oxidable, tales como el amoniaco y los nitrilos, y compuestos orgánicos de nitrógeno que sirven de alimento a ciertas bacterias.

b. Ciertos agentes químicos reductores como son el ion ferroso, el sulfito y los sulfuros, los que reaccionan con el oxígeno molecular disuelto con el agua.

La demanda bioquímica de oxígeno es definida como la cantidad de oxígeno consumido (o requerido) por una población mixta de microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable, estabilizándola en condiciones aeróbicas.

Durante este proceso de descomposición la materia orgánica le sirve de alimento a la bacteria liberándose al mismo tiempo energía en el proceso de oxidación.

La prueba de la DBO_5 es considerada, entonces, como el proceso de oxidación, en el cual los organismos vivos oxidan la materia orgánica transformándola a dióxido de carbono (CO_2) y agua.

Es importante la determinación de la DBO de los residuos porque permite establecer el potencial contaminante del mismo y evaluar la autopurificación de los cuerpos de aguas naturales.

- **DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro de caracterización de los líquidos residuales en el cual, la oxidación de la materia orgánica es realizada químicamente. Durante la determinación de la DQO, la materia orgánica es convertida a CO_2 y H_2O , aun cuando ella no sea biológicamente degradable.

Así por ejemplo, la glucosa y la lignina (esta no es oxidada biológicamente) son oxidados químicamente en forma total.

Una de las principales limitaciones de la DQO es su incapacidad para distinguir entre la materia biodegradable y la no biodegradable. Además no da ninguna indicación de la velocidad a la que la materia biológicamente activa se estabilizaría en las condiciones que existen en la naturaleza. En consecuencia la DQO de cualquier muestra es mayor que la DBO.

- ANALISIS DE LOS METALES

Los efectos de los metales en aguas para consumo y residuales pueden ser beneficiosos, tóxicos o simplemente molestos. Algunos metales resultan esenciales, mientras que otros pueden resultar perjudiciales a los consumidores de agua y los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tipos de Métodos: Los metales se pueden determinar de forma satisfactoria utilizando métodos de absorción atómica o calorímetros.

Muestreo y Preservación: Tomar un volumen de muestra no inferior a 1000 ml y preservar con ácido nítrico concentrado hasta un $\text{pH} < 2$. Se pueden almacenar a temperaturas inferiores a 4°C para prevenir cambios de volumen por evaporación. La muestra bajo estas condiciones es estable hasta 6 meses.

Los metales a analizar son los siguientes: Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Plata, Plomo, Zinc.

3.2.3 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

En una instalación general de un sistema de tratamiento de aguas residuales esta basado en la utilización de tanques abiertos para almacenamiento y tratamiento podríamos utilizar los siguientes equipos :

- TANQUES AUSTRALIANOS: Son recipientes de láminas de aluminio fácilmente transportables

Características:

Capacidad:470 bbl

Dimensiones: Diámetro=10.20mts;altura=1.20mts

Área de instalación=144 mts²

Los tanques australianos están dotados de un sistema de aireación empleando una manguera flexible perforada. Durante el tratamiento es posible direccionar el agua en forma circular aplicando la presión de descarga de una bomba centrífuga 3X4 a utilizarse, tangencialmente sobre algún punto cercano a la pared del tanque. De esta forma se logra una

agitación casi ideal; como un recipiente el cual es agitado a nivel de laboratorio. Resultado, eficiencia en el tratamiento y menor consumo de productos químicos. Los tanques son completamente reutilizables en diferentes locaciones y su transporte carga y descarga son sencillos. El tamaño sugerido esta basado en las necesidades de almacenamiento y tratamiento en el proceso de perforación en cuanto al manejo de aguas residuales. De acuerdo con la disponibilidad de espacio existente el diseño se podrá adaptar; siempre y cuando no se arriesgue la operatividad del proceso.

- **DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

Consta de un tanque metálico de 20 bbls al lado de una bomba centrífuga 3X4. Esta permite la mezcla del coagulante y floculante en el sistema circulando completamente el agua del tanque a través de la tubería de mezcla mientras se introduce el químico para tratamiento.

- **BOMBA DE TRANSFERENCIA**

La misma bomba bomba centrífuga 3X4 que realiza el tratamiento bombea el agua limpia del tanque australiano hacia algún tanque de almacenamiento o descarga al medio ambiente. Los sólidos que sedimentan en los tanques australianos serán retirados, para mantener su capacidad bombeándolos hacia una fosa de cortes a través de una bomba de aire. El tipo de tratamiento que se hará al agua incluye procesos de coagulación, floculación, ajuste de ph y sedimentación empleando productos químicos requeridos, de acuerdo con los resultados obtenidos en una prueba de jarras en laboratorio.

- **EQUIPOS NECESARIOS PARA UN BUEN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS:**

Bombas harrisburg 1 7/8" 3X4 de 15 HP.

Tanque de 20 bbl para mezclado de químicos .

Tanque de almacenamiento de aguas servidas.

Tanque de tratamiento de aguas servidas.

Tanque de dilución si el agua tiene alto contenido de sales.

Tanque de almacenamiento de agua tratada para la disposición final.

Bombas M15 de aire con diafragma(2).

Mangueras de 2 y 3" pulgadas (200 mts aprox).

- EQUIPOS PARA LA DOSIFICACIÓN, AIREACIÓN Y BOMBEO

La función del equipo para la dosificación y bombeo es de lograr una mezcla homogénea de los químicos que se deben adicionar para realizar un buen tratamiento, consta de:

- a. Un tanque de mezcla el cual tiene una capacidad mínima de 1000 litros
- b. Un sistema de mezcla, el cual puede ser mecánico o de aire, siendo este ultimo mas eficiente cuando se esta dosificando polímeros sólidos(los cuales presentan una baja solubilidad).
- c. Manifold, cumple la función de regular la dosificación del químico que ha sido preparado en el tanque de mezcla: también regula todos los flujos que puedan requerir con el agua de tanque.
- d. Sistema de aireación que consta de una tubería sanitaria en pvc la cual tiene como característica que se encuentra perforada. Dichas perforaciones deben ser pequeñas con el objetivo de que con el paso del agua a través de ellos forme pequeñas gotas de agua aumentando así el área de contacto entre el agua y el aire logrando aumentar aun mas el porcentaje de oxigeno disuelto.
- e. Sistema de bombeo que tiene 4 funciones principales que son:
 1. Realizar la mezcla entre el agua del tanque y el químico preparado.
 2. Realizar transferencias de un tanque a otro.
 3. Mantener en constante movimiento el agua del tanque.
 4. Bombear el agua tratada hacia el área de riego.

3.2.4 SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

Todas las aguas provenientes de la perforación del pozo, de las lluvias, lavado del taladro y en algunas ocasiones de las plantas de tratamiento de las aguas negras (RED-FOX) se recogerán en una fosa N°1 de almacenamiento donde convergen las aguas del taladro. El agua residual es bombeada al tanque de tratamiento N°2, mediante una bomba, con cuidado de no bombear sólidos debido a que se disminuirá considerablemente la capacidad de almacenamiento y la eficiencia del tratamiento.

El tratamiento de las aguas residuales presenta las etapas básicas de: Coagulación, Floculación y Ajuste de pH.

En una parte contigua al Tanque N°2 se ubica un tanque de 20 bbls, en el cual se mezclan los productos químicos usados en el tratamiento.

Al lograr la estabilización de las condiciones se toman diferentes muestras a diferentes profundidades con el objetivo de realizar pruebas de jarras para establecer la dosis requerida para efectuar el tratamiento. Se deben tener en cuenta factores como calidad, precios de los productos químicos, rendimiento y posibles trazas ya sea de polímero o cualquier otro producto. Al dosificar los químicos se debe ir revisando los parámetros de calidad del agua (pH, turbiedad, color, conductividad) y la formación de los floculos. Estos floculos entre más pesados y consolidados sean es más favorable. Se toma un tiempo de reposo para ayudar a la decantación de los sólidos.

Una vez estabilizadas, las fases de clarificación y sedimentación de los sólidos en las aguas tratadas se procede a ajustar el pH y la desinfección. El agua tratada es transferida al tanque N°3 en donde se incrementa la concentración de oxígeno disuelto con la aireación. Se toma una muestra real, a diferentes profundidades y se le realiza un análisis fisicoquímico completo y microbiológico, con el propósito de conocer las condiciones del agua y proceder a la disposición final de las mismas.

3.2.5 PROCESOS DE COAGULACIÓN, FLOCULACION, AIREACIÓN Y VERTIMIENTO AL AMBIENTE

Los contaminantes resultantes de la erosión del suelo, la disolución de minerales, la descomposición la vegetación orgánica, de la polución adicional atribuible al incesante desarrollo industrial y al crecimiento acelerado de la población del mundo han estado presentes en proporciones muy variables en los cursos de agua hecho que ha determinado la necesidad de eliminarlos mediante tratamientos para su potabilización. Las partículas más finas no se sedimentan en un tiempo razonable, es preciso flocularlas para obtener otras mayores que serán susceptibles a sedimentarse en un tipo relativamente corto. La capacidad de las partículas para permanecer suspendidas en el agua durante mucho tiempos básicamente función, tanto del tamaño de la partícula como del peso específico.

- COAGULACIÓN

Este proceso describe el efecto producido por la adición de un producto químico a una dispersión coloidal, que se traduce en la desestabilización de las partículas por una reducción de aquellas fuerzas que tienden a mantenerlas separadas . Para obtener una dispersión uniforme del producto químico y aumentar las oportunidades de contacto entre las partículas, una mezcla rápida es importante, en un tiempo corto que conduzca a la formación de partículas de tamaño submicroscopico "microfloculos" que no sedimentan por la acción de la gravedad. Así por ejemplo si se ha empleado Sulfato de Aluminio o alguna sal ferrica se tendrán iones positivos de Al^{+++} o de Fe^{+++} que neutralizan o reducen las cargas negativas de color o turbiedad. Por otra parte, estos iones reaccionan con la alcalinidad dela agua, dando origen a los respectivos óxidos hidratados, cargados positivamente que por efecto de la atracción de cargas eléctricas de signo contrario neutralizan el color o turbiedad,

originando la formación de los microfloculos y una carga eléctrica neta inferior, que continúan removiendo las partículas de color o turbiedad.

Las variables que afectan la coagulación son:

- Naturaleza del coloide, en agua con mayor turbiedad requiere de menor coagulante, mientras aguas con menor turbidez y alto color requiere de mayor cantidad .
- pH del agua para cada tipo de agua un PH optimo al cual la coagulación es máxima.
- Composición química del agua
- Grado de agitación del agua
- Temperatura del agua: a mayor temperatura la coagulación se hace mas efectiva.

Con el proceso de coagulación se logran los siguientes objetivos

- Remover la turbiedad que no puede sedimentar rápidamente
- Remover el color verdadero y el color aparente
- Eliminar bacteria y otros organismos patógenos susceptibles a coagulación
- Remover algas y plancton en general.

Se han utilizado como coagulación las sales de aluminio (Sulfato de aluminio).

Las dosificaciones de estos coagulantes están entre 100 y 400 ppm variando de acuerdo al tipo de aguas que se están tratando. Las sales de aluminio actúan generalmente por barrido lo que hace aumentar los lodos en la sedimentación.

Los polímeros coagulantes se caracterizan por:

- a. Reemplazar total o parcialmente al sulfato de aluminio y cloruro férrico, especialmente los coagulantes de peso molecular bajo.
- b. La remoción del color requiere de altas dosis de polímeros.

- c. La aplicación de este tipo de polímeros no altera el pH del agua, lo cual disminuye el consumo de álcalis para ajuste de pH.
- d. Disminuye considerablemente la producción de lodos, lo cual es ventajoso ya que no se requiere de constante limpieza al sistema.
- e. No aumentan la salinidad del agua, lo cual es beneficioso cuando el agua de ser sometida a tratamientos de desmineralización.
- f. El floc producido es más denso, tiene mayor velocidad de sedimentación y soporta velocidades de agitación mas fuertes.

CLASES DE AGENTES COAGULANTES

Los materiales químicos que se adicionan al agua para lograr que todas las partículas coloidales (especialmente turbias y coloreadas) formen partículas mas grandes, llamadas flóculos, que sedimentan más rápidamente, se conocen con el nombre de coagulantes. Estos compuestos son seleccionados en función del carácter que muestre el liquido residual que se desee someter al tratamiento, de las facilidades que se puedan disponer para su manipulación y dosificación y del costo mismo de los coagulantes disponibles.

Los coagulantes pueden dividirse en tres grupos generales: Los constituidos por sales de aluminio, los constituidos por sales de Hierro, los polielectrolíticos y auxiliares de coagulación.

- A. Sales de aluminio: Tenemos el sulfato de aluminio comercial **$Al_2(so_4).18H_2O$** es el más conocido y generalizado en el tratamiento de aguas. Teóricamente este compuesto reacciona con la alcalinidad natural (o agregada) como: Cal Hidratada **$Ca(OH)_2$** carbonatos de sodio o soda cáustica y forman un flóculo insoluble de hidróxido de aluminio que precipita.
- B. Sales de hierro: Los más conocidos son el sulfato ferroso **$FeSO_4 .7H_2O$** . El sulfato Férrico **$Fe_2(SO_4)_3$** , el cloruro férrico **$FeCl_3$** , y el sulfato ferroso clorado. Estos coagulantes forman flóculos

insolubles de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y tiene la ventaja sobre los formados con alumbre de que siendo mas pesados que estos tienden a sedimentar mas rápidamente y se produce una mayor clarificación en un menor tiempo, sin embargo, por tener este compuesto, condiciones especiales de dosificación, manipuleo y almacenaje, sus usos son muy específicos.

- C. Los coagulantes o ayudantes de coagulación: pueden reemplazar parcial o totalmente a los coagulantes inorgánicos primarios produciendo lodos mas compactos y en volúmenes apreciablemente menores.

Los rangos de pH que se han encontrado convenientes para la zona de coagulación óptima , son los siguientes:

Para Alumbre entre pH: 5 a 7.5

Para sulfato Ferrico entre pH: 4 a 7 y por encima de 9

Para Cloruro Ferrico entre pH:4 a 6.5 y por encima de 8.5

Para Sulfato ferroso por encima de pH 8.5 alrededor de 9.5

- FLOCULACION

Se conoce por “floculación” a la formación de partículas sedimentables a partir de partículas desestabilizadas de tamaño coloidal.

Contrario a la coagulación, donde la fuerza primaria es de tipo electrostático o Interiónico. La floculación se debe a un mecanismo de floculación de puentes químicos o enlaces físicos. Desde el punto de vista operativo se consigue recorriendo a una mezcla moderada y prolongada, que transforma las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico en otra suspendida, discreta y visible. En esta fase, las partículas tienen un tamaño y peso suficiente para sedimentar rápidamente por gravedad. Sin embargo, los flóculos mas finos, en suspensión, podrían eliminarse por filtración como un proceso posterior a la coagulación. El mecanismo que ocurre en la floculación consiste en que mediante la agitación leve del agua se consigue incrementar lentamente por absorción, el tamaño del

flóculo, por cuanto se genera una superficie activa, producto de enorme número de microflóculos que absorbe las impurezas del agua en el momento de producirse el contacto entre las diferentes partículas. Los microflóculos se transforman lentamente en flóculos susceptibles de sedimentación.

Los factores que afectan la floculación: son el tiempo de agitación, composición química del floc, tipo de coagulante usado, temperatura del agua, viscosidad del agua.

Los floculantes tienen gran aplicación como complemento del sulfato de aluminio (coagulante) en las aguas de baja turbiedad, para acelerar la floculación, dar más peso al floc y aumentar la sedimentación, además de la remoción del color. Los floculantes comúnmente usados en el tratamiento de aguas son poliacrilamidas de alto peso molecular y se han probado productos como CYFLOC 6110, SUMACLEAR 5770.

- **CLARIFICANTES**

Este tipo de productos son empleados principalmente en aguas que han recibido contaminación por lignosulfonatos o por presencia de hierro en las mismas. Estos contaminantes le dan alta coloración a las aguas lo cual requiere un producto clarificante.

Cuando se tienen aguas con alto contenido de lignosulfonatos, hematitas, etc, se han probado con mucho el NALCO 8157. En el caso de presencia de iones ferrosos, se pueden reducir aumentando la aireación del agua, hipoclorito de sodio, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno o cualquier otro oxidante fuerte.

- **AIREACIÓN**

La aireación es muy importante en el tratamiento de aguas después de los procesos de recolección, coagulación y floculación para oxigenar el agua.

- VERTIMIENTO DE LAS AGUAS TRATADAS

Existen 3 formas diferentes para la disposición final de las aguas tratadas

a. Vertimiento o descargas a cuerpos de agua en forma directa o indirecta:

Se sistema se caracteriza por un bombeo directo del agua tratada a un caudal conocido en el mayor tiempo posible hacia un efluente.

b. Bombeo hacia áreas de riego: Se divide en varias modalidades , la primera con aspersores fijos con tubería perforada y aspersores desplazables con tubería perforada.

c. Reutilización en el sistema de perforación (sistema cerrado).

d. Nebulizadores: Los nebulizadores son una nueva opción que se puede combinar con los sistemas de riego para la evacuación rápida del agua tratada, el siguiente cuadro muestra las ventajas y desventajas para cada uno de los sistemas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS TRATADAS

VERTIMIENTO	RIEGO	NEBULIZADORES	REUTILIZACIÓN
Ventajas:			
Evacuación rápida de excesos de agua.	Bombeo del agua en forma arenal.	Pulveriza rápidamente el agua.	Minimiza el efecto del agua sobre efluentes cercanos o suelo.
Manejo de mayores volúmenes de agua.	Bombeo lento sin afectar condiciones del suelo.	No afecta el suelo ni los efluentes cercanos.	Incorpora menos volúmenes de agua al sistema activo.
No requieren bombas de alta capacidad.	No afecta efluentes cercanos.		Se evitan problemas por insuficiencia de fuentes que provean el agua para el taladro.
Desventajas:			
Ocurren cambios bruscos en las condiciones de efluentes cercanos.	Bombear demasiado lento cuando se debe evacuar altos volúmenes de agua.	Maneja bajo volúmenes de agua.	Contaminación del lodo de perforación por excesos de polímeros de aluminas.
	Requiere bombas de mayor capacidad para bombeo.	Requiere de bombas de mayor capacidad.	Elimina el uso de sulfatos, aumentando costos de tratamiento.

◆ Sistema de Tratamiento de Aguas



3.3 DISPOSICION DE SÓLIDOS PRODUCIDOS POR LA PERFORACIÓN

El lodo de perforación es el factor mas importante para saber como disponer los sólidos producidos, porque será muy diferente disponer sólidos producidos en una perforación con lodos base agua que en una perforación con lodos base aceite.

3.3.1 SÓLIDOS PRODUCIDOS CON LODOS BASE AGUA

Son aquellos que se generan de la perforación cuando se perfora con lodos base agua, estos son dispuestos a una fosa donde se les realiza un tratamiento adecuado para su disposición final, este proceso se llama landfarming.

3.3.1.1 LANDFARMING

El proceso de LANDFARMING es una tecnología de remediación biológica de los suelos contaminados, sólidos producidos de la perforación lodos, o material con características de suelo mediante la cual los microorganismos generan materiales inocuos para el ambiente, o subproductos estabilizados que no representan peligro.

Durante la operación de LANDFARMING los materiales contaminados son esparcidos en una superficie de suelo, o son extraídos del lugar y apilados sobre una superficie impermeable (fosas de volúmenes considerables) para evitar contaminación de las capas de suelo o aguas que se encuentran por debajo. Las poblaciones de microorganismos naturales del suelo (bacterias, hongos, protozoarios) crecen en el material usando el contaminante como fuente de alimento, transformándolo en productos inocuos.

La marcha del proceso se estimula, monitorea y controla mediante los siguientes parámetros:

Mezclado (rastreo)

- Sistema de colección de lixiviados (arena o grava)
- Cubierta impermeable del suelo (arcilla o geomembrana)
- Contenido de humedad (irrigación de agua)
- Nivel de oxigenación (rastreo o ventilación forzada)
- Nutriente (se añaden Macro elementos según la necesidad)
- pH (se controla con enmiendas agrícolas)
- Capacidad de carga de aire del suelo (agentes voluminizantes de ser necesarios)
- Temperatura (se monitorea y pudiera controlarse con agua asperjada generalmente).

Equipos y requerimientos del terreno.

El Landfarming utiliza equipos agrícolas comerciales tales como tractores, arados, mangueras de riego, y aspersores rotativos. La tecnología requiere de extensas áreas abiertas donde dispersar el material para crear las unidades de tratamiento, y estas áreas deben ser preparadas para que tengan un drenaje adecuado, acceso de los equipos y para el manejo de los materiales

Aplicaciones:

El Landfarming ha sido exitoso en el tratamiento de los hidrocarburos de petróleo tales como combustible diesel, aceites combustibles No. 2 y No. 4 , JP-5, lodos en base aceite, preservantes de madera, hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHS y creosote), desechos de coque, y algunos pesticidas. La eficacia del tratamiento es menor a medida que se incrementa el peso molecular de los contaminantes a ser degradados. También los compuestos clorados, o nitrogenados son por lo general difíciles para degradar.

Mezcla de desechos:

En fosas de acopio de desechos se procederá a mezclar con tierra nativa y se adicionara cal viva como encapsulador de sustancias aceitosas, luego se añadirá cemento como material que servirá para aislar zonas aledañas que pueda verse afectadas de contaminación, finalmente la mezcla total es cerrada y confinada, se rellena nuevamente con tierra nativa y se procede a aplanar el terreno para finalmente proceder a un resembrado y dejar la fosa en su estado natural como fue encontrada.

3.3.2 SÓLIDOS PRODUCIDOS CON LODOS BASE ACEITE

En la industria del petróleo constantemente son usados volúmenes considerables de agua en los diferentes procesos de perforación lo cual genera miles de metros cúbicos de agua para ser tratada

3.3.2.1 BIORREMEDIACION

A.1 Objetivos

Reducir el nivel de hidrocarburos presentes en los cortes de perforación producidos durante la perforación con lodos base aceite de una o varias secciones del pozo . se utiliza un método de degradación microbiológico, reduciendo la concentración de hidrocarburos(TPH) a niveles mínimos permisibles al 5% en peso. Lo cual transforma los cortes en sustancias no contaminantes, en inclusive benéficas para el terreno.

A.2 Definición

Se define como el proceso mediante el cual se crea en forma exponencial una superpoblación de bacterias oleofílicas nativas llamadas "pseudomonas" cuya finalidad es que consuman al hidrocarburo presente en un tiempo relativamente corto. Esta superpoblación de bacterias nativas se conservan con vida durante el tiempo que requiera el trabajo por medio de condiciones optimas para ellas como son la oxigenación, y el mantenimiento de un medio húmedo y un nivel de ph adecuado.

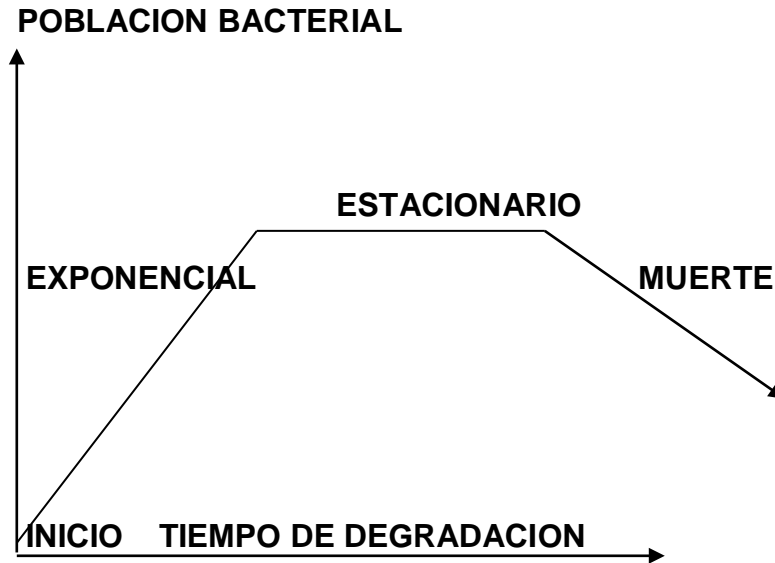
A.3 Población Microbial

Las características de las bacterias tales como el rápido crecimiento y metabolismo plasticidad genética y habilidad para ajustarse a gran variedad de ambientes, son los principales factores que hacen tan exitosos a los procesos de biorremediación.

Aproximadamente del 60% al 80% del metabolismo total del suelo es originado por la microflora. El contenido poblacional microbial esta en un rango de 10^7 a 10^8 por gramo de suelo seco. La población bacteriana incrementa su número mediante el proceso conocido como "fisión binaria", en este proceso una célula bacteriana se divide para formar dos nuevas células y así sucesivamente. La cantidad de tiempo necesario para la división de la célula bacteriana se duplica se conoce como tiempo de generación. Las bacterias tienen cortos tiempos de generación, estos se pueden medir en minutos, horas días o semanas.

Desde el inicio de la división de la primera célula bacteriana hasta que la población total se ha duplicado, luego de mucho tiempo de generación, el número de bacterias puede incrementar en tiempos cortos. Matemáticamente el crecimiento de una población bacteriana bajo condiciones no limitadas puede expresarse en términos de una función exponencial. Es así que, si se asume que el tiempo de generación de una población bacteriana es de 30 minutos una simple célula bacteriana puede incrementar dicha población en un número de 10 millones de células más en aproximadamente de 12 horas. Este tiempo de crecimiento exponencial de la población bacteriana, no continúa sin control por largos periodos de tiempo. Una población bacteriana creciendo, puede rápidamente alterar el ambiente circundante. La cantidad de nutrientes necesarios puede generar productos metabólicos inhibitorios, que causan que el crecimiento poblacional se detenga, estudios de crecimientos de poblaciones bacterianas, han llevado a resumirlos en un sistema que resulta en una curva similar a la ilustrada en la siguiente figura "Curva de crecimiento bacteriano".

CURVA DE CRECIMIENTO BACTERIANO



Esta curva de crecimiento puede dividirse en cuatro fases. Inicialmente la población bacteriana muestra un periodo mínimo en el número de bacterias, esta fase del crecimiento se conoce como Fase Inicial. Durante esta fase, los microorganismos están sintetizando las moléculas necesarias para el crecimiento y la duplicación de sí mismos, induciendo enzimas metabólicas y adaptándose a las nuevas condiciones del crecimiento. La longitud de la fase inicial dependerá en primer término de las condiciones del crecimiento de la población bacteriana y del tamaño de la inoculación inicial. Después de la fase inicial, la población entra en la fase de crecimiento exponencial aquí la población se incrementa al máximo. Es durante la fase exponencial que el tamaño de la población se duplica como una función del tiempo de generación. Como el número de microbios se incrementa, los nutrientes disponibles se van terminando esto produce retardo en la tasa de crecimiento poblacional y entonces, se entra a la **fase**

estacionaria. Durante esta fase, la tasa de crecimiento de la población se iguala a la tasa de mortandad, y entonces no se incrementa el número de células. Finalmente como los nutrientes se van terminando y la acumulación de productos metabólicos tóxicos continua, la mortandad aventaja al crecimiento y el número poblacional y su actividad declinan de igual manera, es allí donde se inicia la fase de mortandad, la cual lleva a la población bacteriana a estabilizarse en el equilibrio natural inicial.

A.4 FACTORES FÍSICOQUÍMICOS QUE AFECTAN LA BIORREMEDIACIÓN

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos. Es así que se pueden encontrar desde compuestos muy volátiles hasta compuestos pesados, los cuales se ven afectados por variaciones de las condiciones ambientales.

A.4.1 HUMEDAD

Un primer requisito de las condiciones para biorremediación es que esta debe mantenerse en un ambiente acuoso saturado. Aunque el agua es esencial para activar y mantener la descomposición de los hidrocarburos, también mucho agua puede interferir en la disponibilidad de oxígeno, ya que esta puede llegar a ocupar los espacios donde se encontraba el aire necesario para la supervivencia de los microorganismos.

El estado de humedad de los suelos es expresado en porcentaje de la capacidad del suelo de retener agua (WHC). Con menos de un 10% de WHC, las fuerzas osmóticas y de adsorción reducen la disponibilidad de agua a los microorganismos y se presenta una reducción en la actividad metabólica de estos. En general la biodegradación aeróbica de material orgánico depende de la capacidad de retención del suelo, la cual tiene un rango óptimo entre 50 a 70 %. Los hidrocarburos emulsionados, generalmente se pueden romper mejor y más rápido que en fase pura, ya que

estos presentan una mayor área superficial. Surfactantes químicos son usados para promover la emulsificación.

A.4.2 TEMPERATURA

La actividad metabólica es comúnmente encontrada en suelos y aguas que tengan temperaturas entre 15 y 35°C. Sin embargo pueden existir organismos especializados con actividad metabólica a 65°C y más. Algunos organismos tienen actividades a 4°C, pero ningún microorganismo tiene actividad bajo 0°C ya que mueren por enfriamiento. Por lo tanto cualquier actividad de biorremediación debe darse dentro de una temperatura que es determinada por el lugar de origen del microorganismo. Igualmente excesos de calor pueden causar problemas, aunque estos se presentan más frecuentemente en la biodegradación de desechos industriales en plantas especiales en comparación con la remediación natural de los suelos.

A.4.3 PH

La importancia del potencial de hidrogeniones (PH) en los procesos de biorremediación se relaciona con el impacto en el crecimiento y metabolismo de los microorganismos capaces de degradar hidrocarburos de petróleo. Muchas bacterias tienen tolerancia limitada a las condiciones ácidas, mientras los hongos tienden más a ser resistentes a dichas condiciones. En general las tasas de biodegradación tienden a aumentar ligeramente más bajo condiciones alcalinas ácidas (PH=6-8).

Relativamente son pocos los microorganismos que tienen una alta actividad metabólica en ambientes con un PH menor de 4 y mayor que 9. En general las bacterias prefieren ambientes neutrales o alcalinos, mientras los hongos son más comunes con un PH próximo a 2.

La mayoría de microorganismos utilizados en biorremediación son endógenos o exógenos. El rango óptimo para el crecimiento

de dichos microorganismos debe estar entre 6 y 8, preferentemente 7. Se debe notar que durante el transcurso de biorremediación los productos de degradación microbial tales como los iones clorhídricos pueden alterar el pH inicial. Se debe tener en cuenta también que todos los suelos pueden tener diversos valores de pH.

A.4.4 TOXICIDAD

La toxicidad es un factor crítico en todas las evaluaciones de tratamientos de biorremediación. En muchas instancias el contaminante puede tener intrínsecamente alta toxicidad para el microorganismo o presentar concentraciones que son tóxicas; por ejemplo el aceite diesel o la gasolina en fases puras y altas concentraciones de los microorganismos presentes en los suelos. Frecuentemente es posible encontrar especies selectas de microorganismos (pseudomonas), que pueden resistir normalmente niveles tóxicos de contaminante y es con estos microorganismos que se logran degradar contaminantes hasta los niveles de su tolerancia.

- **DISPOSICIÓN FINAL DE SÓLIDOS CONTAMINADOS BASE ACEITE:**

Los sólidos producidos en la perforación con lodos base aceite pasan por tornillos transportadores pasar por una zaranda secadora para que los sólidos perforados lleguen a la celda lo más secos posibles listos para realizar el proceso.

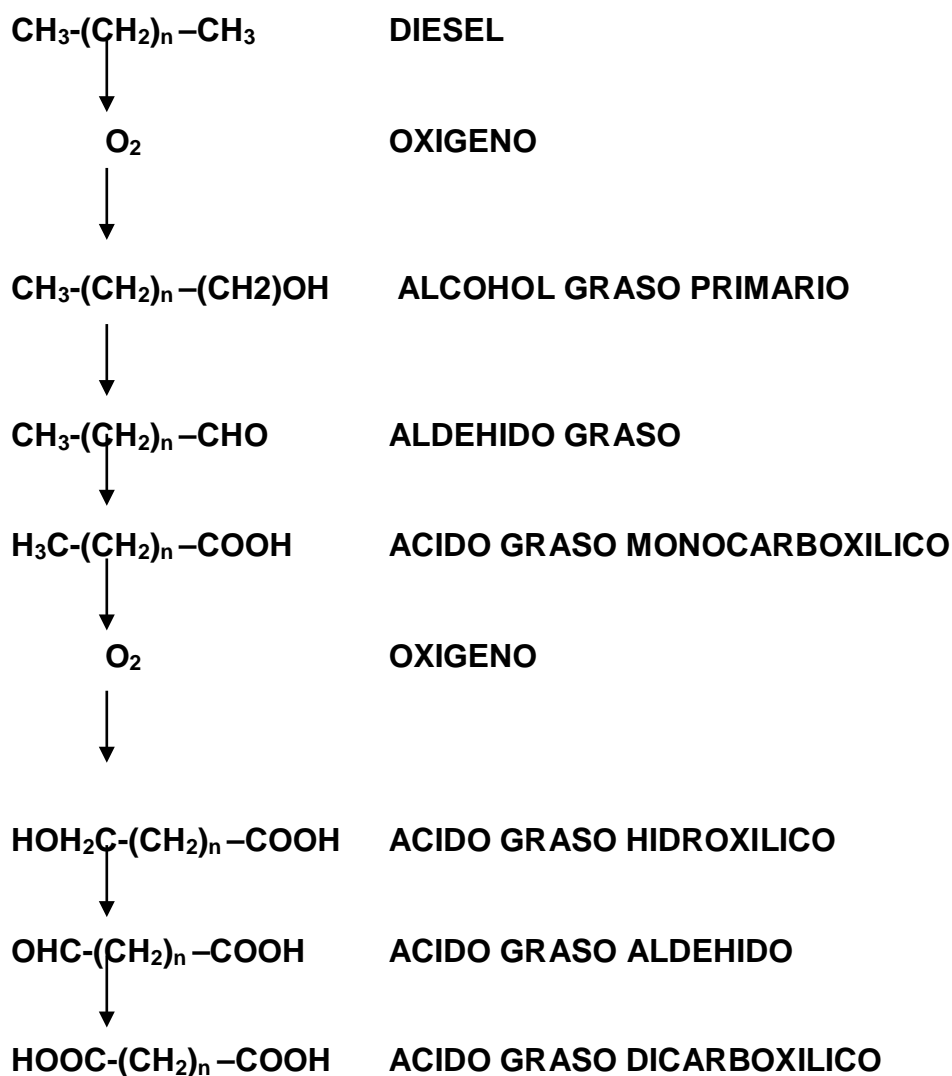
A.5 PROCESOS DE BIORREMEDIACION

Para iniciar el proceso tenemos que tener la disposición siguiente:

Cortes base aceite, Celda de biorremediación, Tierra nativa.

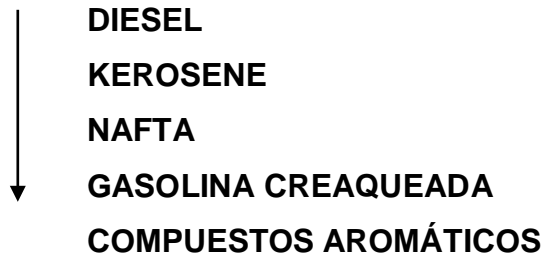
A.5.1 Cortes base aceite: Sólidos generados producto de la perforación con lodos base aceite.

Los cortes de las perforaciones con lodos base aceite, se constituyen básicamente de sólidos, aceite diesel y agua mas los aditivos propio de los lodos empleados para emulsificar, dar el peso al lodo etc. El proceso de degradación de este aceite sin embargo es uno de los mas fáciles de suceder en la naturaleza, básicamente la oxidación se presenta de la siguiente forma:



Es así que por esta mayor facilidad de oxidación, el aceite diesel (empleado como fase continua en los lodos de perforación base aceite), se clasifica como uno de los hidrocarburos mas fáciles para la degradación natural. La experiencia ha demostrado que el orden de facilidad de degradación de los hidrocarburos en primer lugar se encuentra el aceite diesel de la forma:

Menor dificultad

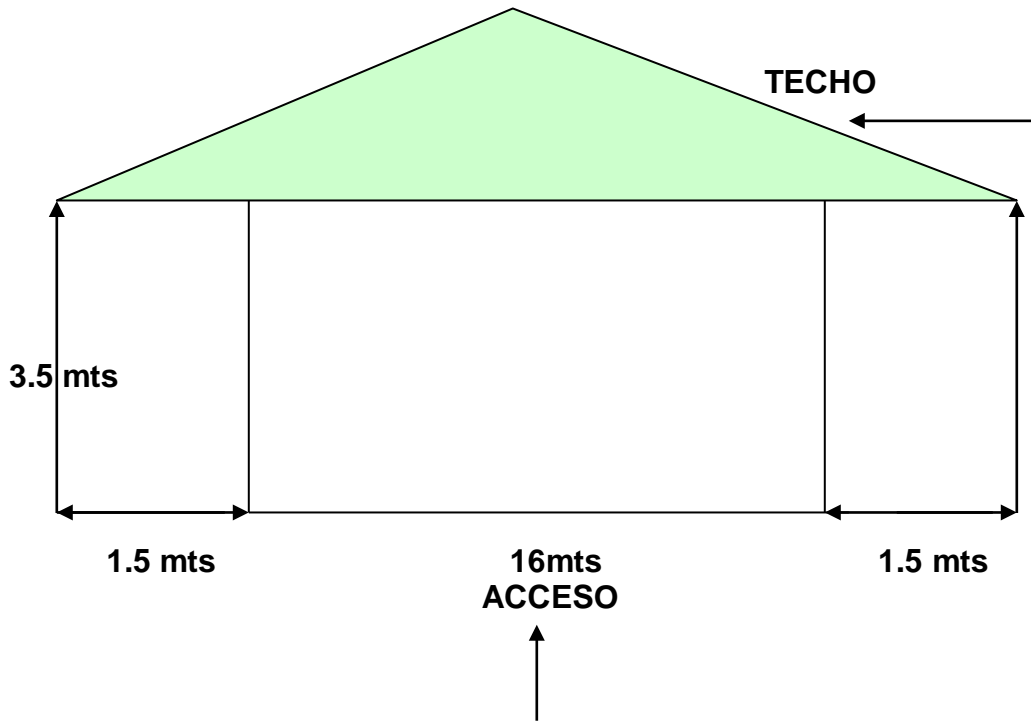


Mayor dificultad

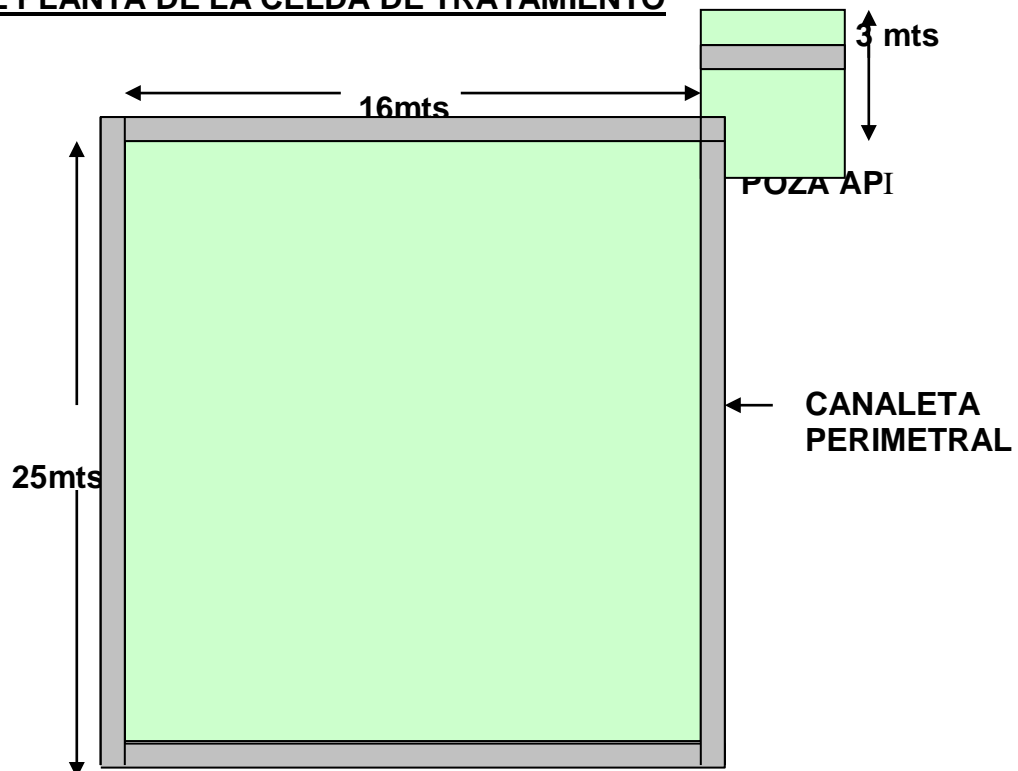
A.5.2 Celda:

Es aquella donde se realiza el proceso, pueden ser de geometría regular con sistemas de drenajes adecuados, también con pendientes someras(Dry beach) que sirve para una mejor disposición de los cortes en plena perforación y acelerar el proceso. En zonas tropicales debe ser herméticamente cerrada para impedir el ingreso de agua de lluvias.

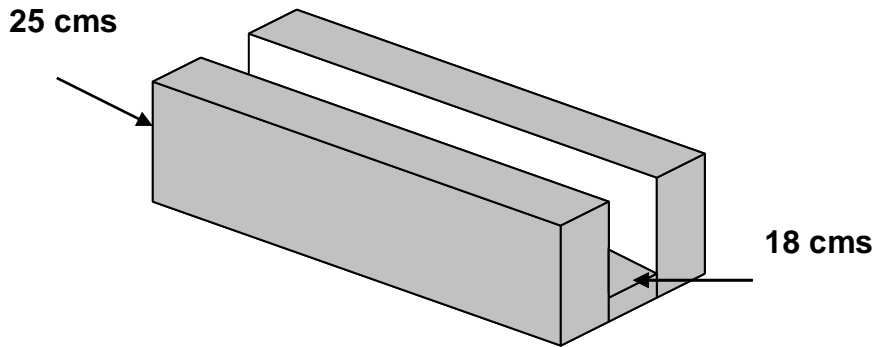
**A.5.2.1 FIGURA TIPICA DE UNA CELDA DE TRATAMIENTO
PARA PROCESOS DE BIORREMEDIACION EN SELVA
PERUANA**



VISTA DE PLANTA DE LA CELDA DE TRATAMIENTO

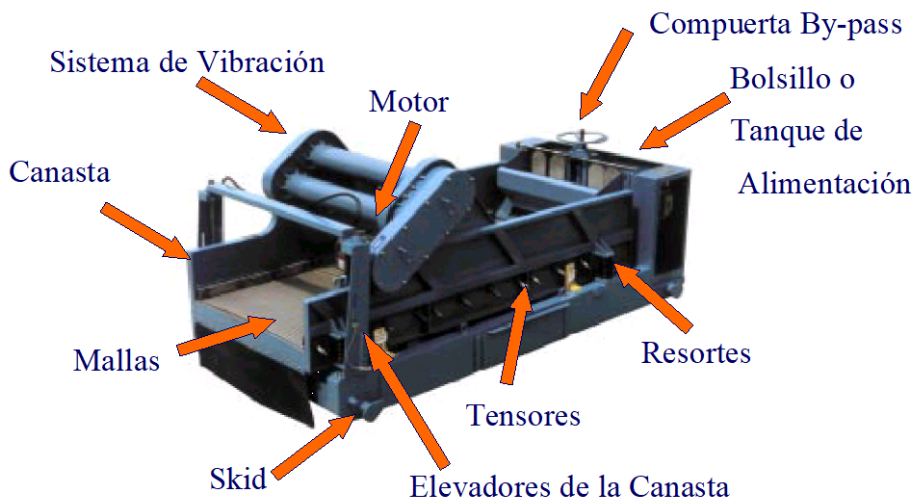


CANALETA PERIMETRAL



ZARANDA SECADORA PARA CORTES HUMEDOS BASE ACEITE

Partes Principales



A.5.3 Tierra nativa:

Es aquella que se utilizara para el mezclado con los cortes base aceite, esta presenta ciertas características, como coloración, textura y es la portadora de las bacterias que

degradan al hidrocarburo presente en los cortes. La tierra nativa a utilizar debe ser sometida a un análisis fisicoquímico como también un análisis de suelos para tener las principales características y ver efectivamente si la bacteria oleofílica se encuentra presente para la degradación del aceite, en el supuesto que la bacteria no se encuentre en la tierra nativa escogida se tendrá que cultivarla si fuese necesario.

A.5.4 Aditivos:

Son aquellos con características definidas que sirven para acelerar y mejorar el proceso. Estos son nutrientes, emulsificantes y rompedores de arcillas, también aditivos que finalmente se agregan a los cortes ya tratados única y exclusivamente para abonar la tierra.

A.5.5 Proceso:

Para dar inicio al proceso de biorremediación tenemos que seguir las siguientes pautas:

- a. De acuerdo al volumen de cortes en barriles y las dimensiones de la celda de tratamiento los cortes se disponen en cantidades constantes (batches).
- b. Disposición de tierra nativa para inicio de mezclado con los cortes base aceite, la relación de mezclado será 1:1. Ejemplo. 350 bis de corte con 350 bis de tierra nativa.
- c. Se toma un kilo de muestra desde el inicio ($t=0$) para determinar su PH, TPH y la humedad para ver como se inicia el tratamiento, se procede si es necesario a estabilizar el Ph con una cantidad determinada de ácido fosfórico, los cortes base aceite por lo general elevada alcalinidad.

- d. Se dosifica a la mezcla con un rompedor de arcillas que puede ser usado en el área de acuerdo como el material empleado para dilución.
- e. Se adiciona un emulsificante que facilita el contacto entre las moléculas de los hidrocarburos y el agua permitiendo una mayor área superficial donde se localizaran las bacterias, además mejora la aireación del desecho.
- f. Finalmente se adiciona un nutriente que es una mezcla de naturaleza orgánica y que actúa como un acelerador del proceso de población microbial.

A.5.6 CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS DE BIORREMEDIACION

A.5.6.1 EMULSIFICANTE

La emulsión se puede definir como líquidos integrados por dos sustancias no miscibles, una de las cuales se halla dispersada en otra en forma de gotas pequeñas, su función principal es facilitar el contacto entre las moléculas del hidrocarburo y el agua permitiendo una mayor área superficial lo que permite a la bacteria consumir mejor al hidrocarburo.

A.5.6.2 ROMPEDOR DE ARCILLAS

Para el proceso de biorremediacion se utiliza para mejorar la dilución entre la tierra nativa y cortes contaminados, si la tierra nativa es muy arcillosa mejora la porosidad de la arcilla.

A.5.6.3 NUTRIENTES

Los microorganismos en general, requieren cierta cantidad de materiales para su desarrollo. Estos minerales no pueden exceder ciertos limites ya que el ambiente puede llegar a ser

toxico para las poblaciones microbiales existentes. Aunque los suelos y el medio, frecuentemente contienen mucho de los minerales requeridos para el crecimiento microbial, estos pueden no presentarse en cantidades suficientes o razones adecuadas para una digestión optima de hidrocarburos. Los principales nutrientes inorgánicos necesarios para los procesos de biodegradación, son el nitrógeno y el fósforo. El nitrógeno es necesario para la síntesis de proteínas y componentes de la pared celular. El fósforo es necesario para los ácidos nucleicos, membranas celulares. Sin embargo dichos compuestos son limitados en los suelos naturales. La forma inorgánica del nitrógeno en el suelo incluye, Amonio, Nitrato, Oxido nitroso y Oxido Nítrico. La forma orgánica del nitrógeno se presenta como ácidos de amonio libre, azucares de amonio y otros complejos. En general la forma preferida del nitrógeno para el crecimiento de los microorganismos del suelo es la forma reducida, amonio(iones de amonio). Estudios en laboratorio han indicado que el amonio es preferencialmente usado con respecto a otras formas en que el nitrógeno puede presentarse. Cuando se presenta en otras formas el nitrógeno(por ejemplo, nitrógeno orgánico, nitrato, etc.) generalmente se transforman en amonio antes de ser asimilados por los microorganismos. En cuanto al fósforo, este es frecuentemente limitado debido a la baja solubilidad y por ende baja biodisponibilidad. El fósforo orgánico del suelo, se encuentra generalmente en el humus, mientras la fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con Fe, Al, Ca, F, y otros elementos. Los componentes inorgánicos son en general levemente solubles en agua. El fósforo también puede reaccionar con las arcillas para formar complejos arcillosos insolubles. Las formas más comunes en que se encuentra el fósforo en el suelo son **H₂PO₄**

H_2PO_4^- y $\text{H}_2\text{PO}_4^{--}$. Menores concentraciones de fósforo orgánico pueden encontrarse en solución en el suelo. En el suelo ácido el fosfato se precipita como fosfato de aluminio, mientras en suelos neutros y alcalinos se precipita como fosfato de calcio. En la mayoría de los suelos, el fósforo es soluble en rangos de 5.5 a 7. Muchas veces el suelo nativo no es lo suficientemente rico en compuestos nitrogenados y fosforosos por lo que se tiene que reacondicionar y adicionar nitrógeno y fósforo además de sales inorgánicas.

A.6 PARAMETROS DE LA BIORREMEDIACION

Para obtener óptimos resultados debemos mantener ciertos parámetros que se deben monitorear a medida que el proceso avanza, estos son:

A.6.1 pH: El desarrollo bacteriano depende plenamente del pH del medio en el cual van a crecer. Para los residuos de lodos de perforación es normal encontrar por encima de 9.5.

Debe tenerse en cuenta este factor antes de iniciar el trabajo, el rango ideal de pH es entre 6 a 8 unidades. En pruebas de laboratorio se tomara el pH a 20°C.

A.6.2 HUMEDAD: Las bacterias requieren un medio en el cual reproducirse y movilizarse dentro del residuo. Aunque su actividad conduce a la transformación de hidrocarburos, es el medio acuoso donde se produce el contacto con las fases oleosas y se facilita la movilidad a través de todo desecho contaminado. Un medio muy seco impide la reproducción de este tipo de vida. Un medio excesivamente húmedo destruirá las bacterias aeróbicas que necesitan el oxígeno para vivir y

esto promoverá la aparición de organismos anaerobios. El nivel ideal de humedad esta alrededor del 35% se deben evitar valores por debajo del 15% o por encima del 45%.

A.6.3 HIDROCARBURO TOTAL DE PETROLEO(TPH): El volumen de hidrocarburos inicial en el residuo es determinante en la velocidad del proceso. A mayor concentración, mayor dificultad de las bacterias para actuar sobre el aceite. El tipo de hidrocarburo presente también es importante porque afecta tanto el proceso de biodegradación bacteriano, así como otros procesos laterales que contribuyen a la descontaminación. Entre estos se encuentran la evaporación y la degradación fotoquímica producto de la radiación solar. En ambos casos se encuentra que entre mas volátil sea el compuesto mayor será el efecto que estos procesos paralelos tendrán en la recuperación del residuo. Los hidrocarburos de alto peso molecular resultan mucho mas complejos de transformar, y requieren mas tiempo para la acción microbiana descomponga las largas cadenas en sustancias no contaminantes. El TPH se da en porcentaje y este debe alcanzar un valor menor del 5% en peso para su disposición final. Un factor primordial para obtener un proceso de bioremediacion exitoso es la **AIREACIÓN**, durante todo el tiempo que dure el proceso, la disponibilidad de oxigeno es fundamental para optimizar el trabajo.

A.6.3.1 EJEMPLO DE UN TRATAMIENTO EN BIOREMEDIACION DE CORTES BASE ACEITE

350bls de corte contaminado mezclado con 350 bis de tierra nativa, se procede a oxigenar(airear) la mezcla como mínimo 24 horas para un mezclado efectivo ,se agregara 6 galones de

desarcillador se oxigenara la mezcla por 24 horas, luego se añadirán 8.75 galones de emulsificante y se oxigenara la mezcla por 24 horas mas ,finalmente se agregaran 4.2 galones de Nutriente.

A.6.3.2 DOSIFICACION DE PRODUCTOS

Normalmente la dosificación es secuencial de acuerdo al mezclado entre los cortes y la tierra nativa. A continuación se mencionara la dosificación regular de un batch en un tratamiento.

17 galones de SP7014 en 1000bbbsde cortes base aceite contaminado.

25 galones de S1514 en 1000 bbls en cortes base aceite.

12 galones de SP7010 en 1000 bbls en cortes base aceite.

A.6.3.3 TPH: Para la disposición final de los cortes base aceite debemos calcular el porcentaje en peso del hidrocarburo. El TPH debe ser menor al 5% en peso también se reporta en mg de aceite / gramos de mezcla. Los cálculos insitu se desarrollan con un balance de materiales y las pruebas requieren de un equipo de retorta y accesorios(balanza de pesado, probetas).

$W_{\text{aceite}} + \text{Sólidos secos} + W_{\text{de agua}} = \text{Mezcla total}$

$\% \text{TPH} = (W_o / W_m) \times 100$

$W_o(\text{mg/gr}) = (W_o / W_m) \times 1000$

$W_o(\text{mg/Kg}) = (W_o / W_m) \times 1000000$

$W_o = \text{Peso de aceite}$

$W_m = \text{Peso de la Mezcla(grs)}$

A.6.3.4 PH: Para calcular el Ph de cortes provenientes de la perforación con lodos base aceite, calculamos el valor del Ph en laboratorio se realiza tomando 30 gramos de muestra y esta se diluye en 100 ml de agua destilada(pH=7), luego se toma el Ph con un phmetro o cintas para ver el grado de acidez o basicidad de los cortes y tener las condiciones adecuadas para un tratamiento efectivo. Este mismo proceso se realiza para todas las muestras que fueron monitoreadas.

A.6.3.4 HUMEDAD: La humedad calculada en laboratorio se calcula sumando el volumen del aceite y el volumen del agua en la probeta de la retorta. Por ejemplo en una retorta de 10 ml que será el 100% del volumen total, se obtuvo 1ml de aceite y 4 ml de agua entonces la humedad será del 50%.

3.3.2.1 DESORPCION TERMICA

Es el proceso donde el suelo contaminado es expuesto a alta temperatura la cual evapora el contaminante. El contaminante es recolectado para ser reciclado, o destruido, dependiendo del valor del residuo.

A.1 LA DESORPCION TERMICA INDIRECTA (ITD): Consiste en aplicar calor al material contaminado aislando la llama del material. El calor se aplica hasta que el suelo exceda una temperatura mayor que la del contaminante. El vapor del contaminante es condensado o destruido térmicamente.

A.2 LA DESORPCION TERMICA DIRECTA(DTD): Consiste en aplicar calor y llamas directamente al suelo contaminado. Esto destruye una porción de los compuestos volátiles orgánicos(VOCS) y después el resto es destruido térmicamente en una unidad de oxido.

El objetivo global de cada tipo de unidad es darle tratamiento al suelo a un nivel satisfactorio a los reglamentos gubernamentales para que el

material tratado pueda regresar al terreno de la locacion, o en un terreno no contaminado aparte.

Niveles de tratamiento, temperatura, tiempo de retención, etc. Variara dependiendo del tipo y nivel de contaminante.

PREGUNTAS PARA DEFINIR QUE TIPOS DE SISTEMAS ES MEJOR A UTILIZAR

1. ¿Qué tipo de contaminante será tratado?

Se tratan cortes o fluidos de perforación base aceite diesel o aceite sintético, pesticidas ,chlorobenzinas.

2. ¿Cuál es el nivel de contaminante?

Tierra contaminada de 2 o 3% o menos es común en aeropuertos, gasolineras, refinerías,estaciones de combustibles. Los niveles de contaminantes en cortes de perforación son normalmente entre 15 al 25% por volumen, pueden ser mas altos en otras situaciones.

3. ¿Cuál es el valor de la recuperación del contaminante?

La mayoría de los contaminantes en el suelo son peligrosos y no tienen ningún valor de reciclaje. Cortes a base de aceite tienen una cantidad de diesel que se puede recuperar y reciclar para procesar o producir lodo nuevo ,como combustible para encender los quemadores, o para inyectarse a los oleoductos para su recuperación en la instalación de producción mas cercana. Como consecuencia de la alta calidad del producto final, el valor del volumen recuperado puede ser comparada al valor igual que el costo del diesel inicial. El producto recuperado de los cortes a base de fluido sintético pueden tener un valor de la recuperación mayor.

4. ¿Cuánto material debe ser procesado?

El tamaño de la unidad de desorción térmica tiene mucho que ver con la cantidad del material disponible, y/o ubicación de la unidad. En un área remota donde la recuperación de un volumen pequeño no se deseada la unidad directa puede usarse para destruir el contaminante; esto puede ser mas barato que la recuperación total y el transporte.

- Las unidades de Desorción Indirecta son buenas para procesar materiales con alto contenido de hidrocarburos(>5% por volumen en peso), puesto que este combustible es recuperado y no es quemado durante el proceso(al menos que el cliente desee encender los quemadores primarios con diesel).El contenido de agua es un limitante del volumen, puesto que el agua adquiere mas de los BTUS(Unidades Térmicas inglesas para evaporarse).
- Las unidades de Desorción Térmica Directa no son tan afectadas por el alto contenido de agua , y el factor limitante del volumen procesado es normalmente el exceso de BTUS producidos por el combustible evaporado de los cortes de al perforación base aceite, causando que la velocidad de alimentación sea mas baja y la necesidad de diluir el porcentaje del contaminante con un material compatible como arena.

PROCESO DE REMEDIACIÓN/ RECICLAJE Y DESCRPCION DEL EQUIPO

La planta de tratamiento de cortes y fluidos de perforación de la empresa de servicios provee una sección para la separación de contaminación hidrocarburos del combustible(cadena corta de hidrocarburos) a aceites pesados(cadena larga de hidrocarburos). El sistema ha sido diseñado exclusivamente para ambas cadenas cortas y largas de hidrocarburos con el uso del secador de aleación de acero inoxidable patentado de triple tambor(patentada por la empresa de servicios) para adquirirían temperatura mas alta del desecho y por medio de los permopermutadores reducir la temperatura de los gases que salen del secador. El equipo puede procesar una amplia escala de tamaños de partículas de cortes desde arcilla a piedras de 3". La capacidad de la planta es de 15 toneladas por hora(TPH) para el secador de 7pies de diámetro, y a 30 TPH para la planta del secador de 9 pies. El corte contaminado se pesa y se sitúa en una tolva equipada con un alimentador de velocidad variable, el cual mide el material que es transportado mecánicamente a un secador rotativo.

El secador es diseñado para deshidratar y calentar los cortes contaminados indirectamente, evitando así el contacto de estos con los gases calientes o con

los gases hidrocarburo / agua. La temperatura del corte se incrementa para evaporar el agua e hidrocarburos en el corte y así ser un compuesto del gas de chimenea producido por el proceso de calentamiento. Después de que el agua y hidrocarburos quedan suspendidos junto con el gas de la chimenea la temperatura del gas se baja con los termopermutadores para condensar, la temperatura se incrementa mas que el punto de roció, y luego es expulsado contra un filtro para coleccionar las partículas. Los filtros HEPA pueden añadirse junto con limpiadores de gas ácido para un control mayor de la contaminación del aire.

Para garantizar la evaporación del agua y hidrocarburos del corte mientras esta en el secador, el corte debe ser calentado a temperaturas necesarias para evaporizar los integrantes del agua e hidrocarburos. La temperatura esta entre 500°F y 900°F. Después del secador el producto finales revuelto con agua para enfriarlo y humectarlo. La compañía que brinda este servicio tiene ambos secadores, directos e indirectos. El uso de secadores indirectos permite tratar una alta contaminación de hidrocarburos en el suelo. Usualmente los secadores convencionales limitan el tratamiento del corte con una contaminación de hidrocarburos del 3 al 5% en peso. Incluso secadores indirectos no combinan el gas producido del producto con el gas del vapor y barrido.

SELECCIÓN DE LA LOCACION

Dado el equipo y condiciones necesarias la separación de hidrocarburos contaminantes y aguas residuales del corte es relativamente simple, seguro y muy limpio. La compañía que brinda el servicio realiza la selección de la locacion, almacenamiento y pre-proceso, laboratorio y protocolo, y equipo para una planta de remediación.

El área de las instalaciones debe llenar los siguientes requisitos:

INMÓVIL

Mínimo 5 acres
Zona inmóvil requerida

Acceso disponible para
Equipo pesado de alto cargo

Agua@100GPM

Beneficioso para corte reciclado

Celda y área
con ventilación para pre-proceso.
Laboratorio para estudios del suelo.

PORTATIL

100`X100`
Zona mínima requerida

No requiere acceso

Agua@30GPM

Para corte que se regresara a la locación

Suelo que serán cubierto con
impermeable.

Laboratorio para estudios del suelo.

VENTAJAS DEL RECICLAJE DE CORTES

En ambas plantas inmóviles y portátiles para reciclarse del corte, el proceso requiere el tratado de la contaminación de hidrocarburo y agua del corte en una secadora rotaria a temperaturas entre 300°F y 900°F. Los hidrocarburos y el agua son extractos del corte y condensados en el permopermutador secundario el cual separa la masa entre agua / hidrocarburos y gas de barrido. El agua e hidrocarburos pasan por dos separadores de aceite y agua, normalmente limpiando el agua a 15 partes por millón de hidrocarburos. El aceite es recogido y reciclado. El gas barrido es expuesto a alta temperatura para permitir el filtro de tela de alta temperatura extraer las partículas.

El nivel de residuo de contaminación de hidrocarburo en el corte después del proceso de remediación es normalmente entre 0-20ppm. El corte ya limpio es reciclado de varias maneras: para el re-uso en el producto original, para relleno en el campo de origen, para necesidades de suelo, relleno limpio general, venta del suelo molido, venta de asfalto mezclado, ventas de concreto mezclado, o para cubrir un relleno sanitario.

Las instalaciones para el reciclaje del corte deben tener equipo de laboratorio disponible para verificar que el corte paso el proceso de remediación junto con sitios de almacén apropiados para los materiales que aguardan el proceso. Los

componentes de el equipo para la remediación consiste en lo siguiente: Tolvas para almacenar el material ,transportadores y equipo para el movimiento del material, secadora rotaria, termopermutador primario, termopermutador secundario, tratamiento de aceite / agua primario, tratamiento aceite / agua secundario, colector de partículas y panel de control.

Ventajas adicionales:

1. El medioambiente no se ve afectado por el reciclaje total de los cortes.
2. La separación y reciclaje de los hidrocarburos elimina futuros problemas de responsabilidad y del medioambiente, a comparación de la mezcla del suelo con productos que no encapsula la contaminación.
3. El sistema provee altos niveles de separación de hidrocarburos y control de contaminación de aire.
4. Proporciona una confiable y económica opción en comparación al relleno sanitario.
5. Permite la reutilización del suelo, agua e hidrocarburos en una variedad de sentidos.
6. Certifica la remediación del hidrocarburo en cortes.
7. El equipo puede procesar una amplia variedad de tipos de cortes y hidrocarburos.
8. La instalación no interfiere con el logro y mantenimiento de la calidad estándar de aire y no causara degradación significativa a la calidad de aire.

EQUIPOS DE REMEDIACIÓN PORTÁTILES

Los equipos de la compañía dedicada al servicio normalmente usan entre dos, tres, o cuatro camiones de carga diseñados con tolva de alimentación, secador, termopermutadores, unidad de filtración de gases, y paneles de control, todos en portátiles. La velocidad de producción esta entre 15 a 30 toneladas por hora para cortes con alta humedad.

En áreas remotas como Alaska, o Perú, las plantas portátiles pueden trabajar como un sistema viables, Sin embargo, el cliente tiene que considerar el tiempo necesario

para obtener los permisos del estado, locales y el equipo adicional requerido: equipo de laboratorio, techos y/ o sitio de recolección de hidrocarburos antes que los cortes entra al secador giratorio de la planta, el pre-proceso del corte como la reducción de tamaños o análisis, refrigeración e hidratación de la descarga de la planta, polvo del suelo contaminado al entrar, y suelo limpio al salir de la planta.

La planta de la empresa de servicio de remediación de cortes es diseñada para ofrecer las características que satisfacer las necesidades específicas del cliente . No obstante, hay algunos temas centrales que deben ser mencionados. Estos son el diseño del alimentador, el tamaño del secador giratorio, y la inclusión de la aleación en el material del secador y equipo de gas de alta temperatura.

TOLVA DE ALIMENTACIÓN PARA MATERIAL FRIO

Las plantas portátiles en camiones(componentes de la planta localizados en un remolque) que tienen, como norma, tolvas de alimentación para material frío son difíciles de alimentar constantemente, (el secador giratorio). Para mejorar el alimentador se puede colocar un separador de un material grande arriba de la tolva , el cual debe liberarse por si solo del material a causa de vibración . El alimentador automáticamente descargará y desechará toda pieza grande y pedazos de arcilla no entraran en la tolva.

Secadora Rotaria

Los requisitos de producción son entregados a las compañías que brinda el servicio en toneladas por hora(TPH)del producto que debe ser procesado. La superficie de la secadora, calor es lo esencial para el secado indirecto. Un mayor volumen en la superficie del secador a calor produce mas alta producción por hora.

Una alta humedad en el suelo contaminado es considerada entre 15% Y 25% humedad por peso en el corte que se procesara. Como se menciona antes, el secador 7 pies de diámetro procesa entre 10 y 15 toneladas por hora de corte contaminado . El secador de 9 pies de diámetro procesa entre y 20 y 30 toneladas por hora de corte contaminado. La producción dependerá de variables como el calor del suelo, altura de la planta, y la cantidad de la humedad para ser removida.

4.0 CALCULOS DE APLICACIÓN TEORICA

RESUMEN DE ECUACIONES PARA ANÁLISIS DE SÓLIDOS

NOMENCLATURA Y UNIDADES

V_{tm}= Volumen de muestra total(fracción)

D_{tm}= densidad de la muestra completa(ppg)

V_w= fracción de agua

D_w= gravedad especifica del agua=1

V_s= fraccion de LGS

D_s= Densidad de los LGS, gravedad especifica=2.6(ppg de solidos/ppg de agua)

V_{ts}= Fracción de los sólidos totales

D_{ts}= Densidad de los solidos totales; gravedad especifica= S_a (ppg solidos /ppg de agua)

V_{hgs}= fracción de volumen de material pesante(fraccion)

D_{hgs}= Densidad del material pesante; G.E de la barita=4.2(ppgbarita/ pg de agua)

V_o= Fraccion e volumen de aceite

D_o= densidad del aceite, G.E=0.84

LODO NO PESADO

$X = \frac{(D_{tm}/8.33)-1}{1.6}$ fracción de LGS por volumen

$V_w = (1-X)$ fracción de agua por volumen

LODO NO PESADO CON ACEITE

$$V_{ts} = \frac{(D_{tm}/8.33) + (0.16)V_o - 1}{1.6}$$

LODO NO PESADO CON CORRECCION POR SAL

$$V_w = \frac{(D_{tm}/8.33) - D_s}{V_{if} (D_{wc} - D_s)}$$

$$V_{wc} = V_w \times V_{if}$$

$$V_{wc} = 1 - V_w \times V_{if}$$

LODO PESADO

$$V_{hgs} = \frac{(D_{tm}/8.33) - 1.6V_{ts} - 1}{(D_{hgs} - 2.6)} \quad \text{fracción en volumen de sólidos de alta gravedad}$$

$$V_{hgs} = \frac{V_{ts} \times (S_a - 2.6)}{(D_{hgs} - 2.6)}$$

$$V_s = V_{ts} - V_{hgs} \quad \text{fracción en volumen de LGS}$$

Para Baritina la ecuación toma la siguiente forma:

$V_{hgs} = V_{ts} \times (S_a - 2.6) \times 0.625$ usando la gravedad especifica promedio

Para Hematita la ecuación toma la siguiente forma:

$V_{hgs} = V_{ts} \times (S_a - 2.6) \times 0.385$ usando la gravedad especifica promedio

LODO PESADO CON ACEITE

$$V_{hgs} = \frac{(D_{tm}/8.33) - 1.6V_{ts} + (0.16 \times V_o) - 1}{(D_{hgs} - 2.6)}$$

$$V_s = V_{ts} - V_{hgs}$$

LODO PESADO CON CORRECCIONES PARA SAL Y ACEITE

Paso 1 – Reunir los datos necesarios

1. Peso del lodo, ppg
2. Fracción de aceite por Retorta(%)
3. Fracción de agua por retorta(%)
4. Cloruros, ppm como cloruro de calcio(% en peso $\times 10000$ del reporte del lodero).

Paso 2 – Determinar los efectos de la sal en la gravedad especifica de la fase liquida , D_{wc} , y en el volumen , V_{if} , usando las tablas que se encuentran en todos los manuales de campo de las compañías de lodos.

Paso 3 – Determinar las fracciones corregidas de agua V_{wc} y sólidos V_{sc}

Paso 4 – Calcular:

$$V_{hgs} = \frac{(D_{tm}/8.33) - V_{wc} \times D_{wc} - V_{sc} \times D_s - V_o \times D_o}{(D_{hgs} - D_s)}$$

$$V_s = V_{sc} - V_{hgs}$$

5.0 CONCLUSIONES

Luego de desarrollada la siguiente monografía podemos mencionar las siguientes conclusiones:

- 5.1 Un buen sistema de control de sólidos y el buen funcionamiento de los equipos de control de sólidos se reducen los problemas en la perforación se reducen los costos y lo mas importante es parte esencial para un buen manejo de desechos de los sólidos producidos en la perforación.
- 5.2 El deficiente control de los sólidos que se generan en la perforación incrementa la densidad del fluido de perforación, originando que la diferencia de presiones entre la hidrostática y de la formación aumente ,originando que el ROP disminuye.
- 5.3 La viscosidad del fluido de perforación se incrementa con los sólidos perforados que se incrementan al sistema.
- 5.4 El alto porcentaje de dilución puede ocasionar la inestabilidad de las paredes del hueco, retrasando las operaciones de perforación.
- 5.5 Con la finalidad de poder desarrollar un adecuado programa de control de sólidos, es necesario tener conocimiento del tipo, cantidad y distribución en tamaño de los sólidos presentes en el sistema circulante.
- 5.6 El alto contenido de sólidos en los lodos de perforación causan pesos innecesarios, reducción de las velocidades de perforación y diversos daños en las diferentes partes del equipo de perforación.
- 5.7 Si se da el caso de emplear un lodo pesado, se debe instalar una centrífuga de decantación, la cual permite recuperar la baritina y reducir el consumo de baritina y un ahorro.

- 5.8 Es importante un buen armado de los equipos de control de sólidos anexos al equipo de perforación.
- 5.9 El manejo de los desechos de la perforación deben ser manejados de la mejor manera dispuestos en lugares confinados para un tratamiento adecuado, su disposición final será al ambiente sin causar el mínimo impacto ambiental.
- 5.10 La deshidratación de lodos es un proceso muy importante mediante el cual se produce la separación agua sólido de un fluido de perforación, solo se realiza a fluidos de perforación base agua.
- 5.11 En la industria del petróleo se usan volúmenes considerables de agua en los diferentes procesos de perforación lo cual genera miles de metros cúbicos de agua que debe ser tratada y dispuesta al ambiente con los parámetros establecidos por disposiciones gubernamentales.
- 5.12 El proceso de landfarming es una tecnología de remediación biológica de los suelos contaminados, sólidos producidos de la perforación, lodos, o material con características de suelo mediante la cual los microorganismos generan materiales inocuos para el ambiente es aplicada actualmente en la selva peruana en donde las fosas donde se disponen sólidos producidos de la perforación se les realiza esta tecnología.
- 5.13 El proceso de biorremediación es muy importante para la degradación de hidrocarburos Se define como el proceso mediante el cual se crea en forma exponencial una superoblación de bacterias oleofilicas nativas llamadas "pseudomonas" cuya finalidad es que consuman al hidrocarburo presente en un tiempo relativamente corto. Esta superpoblación de bacterias nativas se conservan con vida durante el tiempo que requiera el trabajo por medio de condiciones optimas para ellas como son la oxigenación, y el mantenimiento de un medio húmedo y un nivel de ph adecuado.
- 5.14 En desorción térmica el suelo contaminado es expuesto a alta temperatura la cual evapora el contaminante. El contaminante es recolectado para ser reciclado, o destruido, dependiendo del valor del residuo.

6.0 BIBLIOGRAFIA

1. DOWELL DRILLING FLUIDS. Manual para Control de Sólidos. Enero 1998.
2. TUBOSCOPE BRANDT DE VENEZUELA. Manual de Tratamiento de Aguas Residuales y Aguas Negras. Julio 2000
3. DR. GABRIEL FARACHE. (Licenciado en Biología. Doctorado PhD). Biología Molecular y Biotecnología. LANDFARMING
4. BRANDT A TUBOSCOPE COMPANY. Biorremediación de Cortes Base Aceite en perforación de pozos de petróleo.
5. BRANDT A. TUBOSCOPE COMPANY. Desorción térmica de baja temperatura "Sistema de Reciclado" para aplicación de perforación.