



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TICOMÁN**  
**CIENCIAS DE LA TIERRA**

**“Tratamientos químicos para la eliminación de espumas causadas por  
detergentes en los fluidos de perforación base acuosa”**

**Tesina de seminario de titulación en fluidos de control**

**para obtener el título de  
Ingeniero Petrolero**

**Presentan:**

**Ampudia Correa Guillermo  
Bautista Escobar Luis Eduardo  
Flores Medrano Rodolfo  
Medina Pérez Karina  
Ortiz Milchorena Jesús**

**Asesor:**

**Quim. Rosa de Jesús Hernández Álvarez**



**Ciudad de México, 2020**



**SEP**  
SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN  
PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapala"  
60 años de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
70 Aniversario del CECyT No. 3 "Estanislao Ramírez Ruiz"  
60 años de XEIPN Canal Once, orgullosamente politécnico  
60 Aniversario del CECyT No. 4 "Lázaro Cárdenas"

**Folio:** DES/0861/2019

**Asunto:** Impartición de Seminario.

Ciudad de México, a 7 de febrero de 2019

**DR. ARTURO ORTIZ UBILLA**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**  
**Y ARQUITECTURA (ESIA), UNIDAD TICOMÁN**  
**DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**P R E S E N T E**

Con fundamento en el Artículo 44, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional del Instituto Politécnico Nacional; en atención a su oficio D/0107/2019, le comunico que se autoriza la impartición del Seminario de Actualización con Opción a Titulación:

**"INGENIERÍA DE FLUIDOS DE CONTROL"**

Folio de Autorización: DES/ESIA-TIC/S/001-13/2011-2019  
Vigencia del seminario: 11 de abril de 2018 al 11 de abril de 2020  
Duración: 150 horas.  
Período de impartición: Del 19 de febrero al 16 de abril de 2019  
Horario: lunes, martes y miércoles de 09:00 a 15:00 horas.  
Sede: ESIA-TIC  
Expositores: Quim. Rosa de Jesús Hernández Álvarez, Ing. Manuel Torres Hernández e Ing. Rubén Miranda Arias.

Debiendo observar lo siguiente:

- Enviar la lista inicial oficial de participantes, firmada y sellada por el Coordinador del Seminario y el Subdirector Académico dentro de los primeros diez días hábiles posteriores a la fecha del inicio del seminario.
- Dar a conocer a los participantes el folio de autorización correspondiente, para trámites de titulación ante la Dirección de Administración Escolar.



**SEP**  
SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN  
PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"  
60 años de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
70 Aniversario del CECyT No. 3 "Estanislao Ramírez Ruiz"  
60 años de XEIPN Canal Oco, orgullosamente politécnico  
60 Aniversario del CECyT No. 4 "Lázaro Cárdenas"

- Al concluir el programa del seminario enviar la relación de asistencia, de evaluación final y de trabajos finales, en un plazo no mayor a 20 días hábiles, para la emisión de las constancias a los participantes.

Cabe señalar que tanto la información emitida para la autorización de vigencia, como los datos de los participantes utilizados en la emisión de constancias, está sustentada en los anexos adjuntos al oficio enviado por usted, por lo que solicito verificarla a detalle previamente a su trámite.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"La Técnica al Servicio de la Patria"



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
Dirección de Educación Superior

M. EN C. ROSALÍA MARÍA DEL CONSUELO TORRES BEZAURY  
DIRECTORA

c.c.p. Dr. Jorge Toro González. - Secretario Académico del IPN.  
Lic. Marisela Cabrera Rojas - Directora de Administración Escolar DAE.  
División de Operaciones de Unidades Académicas de la DES.

T- 2082

RMCTB/EGM/yvvn

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

A. Presente

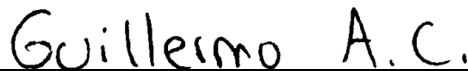
Bajo protesta de decir la verdad los que suscriben **AMPUDIA CORREA GUILLERMO, BAUTISTA ESCOBAR LUIS EDUARDO, FLORES MEDRANO RODOLFO, MEDINA PÉREZ KARINA, ORTIZ MILCHORENA JESÚS**, manifiestan ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA LA ELIMINACIÓN DE ESPUMAS CAUSADAS POR DETERGENTES EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACUOSA”**, en adelante **“EL TRABAJO FINAL”** y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal de Derechos de Autor, otorgamos a el Instituto Politécnico Nacional, en adelante **“EL IPN”**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales (Publicación en Línea) **“EL TRABAJO FINAL”** por un periodo de 6 años contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **“EL IPN”** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **“EL IPN”** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de **“EL TRABAJO FINAL”**.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de **“EL TRABAJO FINAL”**, manifestamos que el mismo es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de **“EL TRABAJO FINAL”**, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **“EL IPN”** en caso de que el contenido de **“EL TRABAJO FINAL”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, a abril de 2019

Atentamente



**AMPUDIA CORREA GUILLERMO**

  
**BAUTISTA ESCOBAR LUIS EDUARDO**

  
**FLORES MEDRANO RODOLFO**

  
**MEDINA PÉREZ KARINA**

  
**ORTIZ MILCHORENA JESÚS**

# Índice

Resumen .....	7
Abstract.....	8
Justificación.....	9
Objetivos:.....	10
Introducción .....	11
Capítulo I “El Agua” .....	12
1.1 ¿QUÉ ES EL AGUA?.....	13
1.2 Clasificación del Agua de acuerdo a su comportamiento y uso. ....	13
1.3 TRATAMIENTO PARA SU EMPLEO.....	15
1.3.1 Físico: .....	15
1.3.2 Químico:.....	16
1.3.3 Biológico:.....	16
1.4 Importancia del agua para fluidos de perforación. ....	17
Capítulo II “Fluidos de Perforación” .....	19
2.1 Definición General .....	20
2.1.1 API. ....	20
2.1.2 PEMEX. ....	20
2.2 Funciones básicas de un fluido de perforación. ....	21
2.2.1 Transporte y/o acarreo de los recortes a la superficie: .....	21
2.2.2 Suspensión de los recortes: .....	21
2.2.3 Control de las presiones de la formación: .....	21
2.2.4 Control de Filtrado: .....	22
2.2.5 Mantener estable el agujero:.....	22
2.3 Funciones complementarias de un fluido de perforación.....	23
2.3.1 Evitar la fricción:.....	23
2.3.2 Permitir la toma de registros: .....	23
2.3.3 Disminuir el peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento: .....	23
2.3.4 Controlar la corrosión de la tubería dentro del pozo: .....	24
2.3.5 Reducir el daño al ambiente: .....	24
2.3.6 Evitar el daño a formaciones productoras:.....	24
2.3.7 Medio impermeable: .....	24
2.3.8 Mantener los avances de perforación: .....	24
2.3.9 Transmisión de energía hidráulica: .....	25
Capítulo III “Clasificación de un fluido de control de acuerdo al medio portador y comportamiento reológico y tixotrópico.”.....	26
3.1 Clasificación de los fluidos de control de acuerdo a su medio portador.....	27
3.1.1 Condiciones para el desarrollo de propiedades en fluidos base acuosa y limitaciones. ....	29

<b>3.2 Clasificación de acuerdo a su comportamiento reológico-tixotrópico.....</b>	<b>30</b>
3.2.1 Reología.....	31
3.2.2 Tixotropía .....	32
<b>Capítulo IV “Contaminantes en el fluido de perforación” .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Detergentes.....</b>	<b>37</b>
4.1.1 Tipos de detergentes sintéticos.....	38
4.1.2 Características de los detergentes.....	40
4.1.3 Funcionamiento de los detergentes.....	40
4.1.4 Detergentes de polifosfato.....	41
4.1.5 Contaminación por detergentes.....	42
<b>4.2 Generación de espumas.....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Sales minerales utilizadas para la limpieza de detergentes.....</b>	<b>43</b>
<b>Capítulo V “Proceso de tratamiento a fluidos de perforación contaminados con detergentes” .....</b>	<b>46</b>
5.1 Proceso de dewatering.....	47
5.2 Proceso de tratamiento del agua residual domestica (Red Fox).....	50
5.3 Tratamiento terciario al agua industrial y del agua proveniente de la unidad Red Fox.....	51
<b>Capítulo VI “Evaluación de las propiedades básicas de los fluidos de perforación y descripción del equipo empleado” .....</b>	<b>53</b>
6.1 Densidad (balanza de lodos).....	54
6.2 Viscosidad cinemática (embudo Marsh).....	56
6.3 Viscosidad dinámica (viscosímetro FANN).....	57
6.4 Evaluación de fases dispersa y continua (retorta).....	60
6.5 Capacidad filtrante (prensa filtro API).....	64
6.6 Condiciones para su elaboración y aplicación.....	66
<b>Capítulo VII “Experimentación” .....</b>	<b>67</b>
7.1 Procedimiento.....	68
7.2 Conclusiones.....	73
7.3 Observaciones.....	75
<b>Conclusión .....</b>	<b>76</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>77</b>

# Resumen

Este trabajo presenta la alternativa para seleccionar tratamientos físico-químicos, previos al empleo del agua contaminada con agentes espumantes, para ser utilizada en la elaboración de fluidos de perforación base acuosa de naturaleza arcillosa; de acuerdo con las diferencias entre el fluido de perforación no contaminado y el contaminado, proponiendo así, la solución más adecuada para que cumpla con las propiedades hidráulicas requeridas para su aplicación.

# Abstract

This work presents the alternative of physical-chemical treatments, previous to the use of water contaminated with foaming agents, the results in the elaboration of drilling fluids of the base of the clayey nature; Obtaining comparisons between the unpolluted and contaminated drilling fluid, thus proposing the most adequate solution to comply with the hydraulic properties required for its application.



# Justificación

El propósito de este trabajo es el aprovechamiento del agua contaminada por agentes espumantes para la elaboración de fluidos de perforación base acuosa de naturaleza arcillosa, mediante tratamientos físico-químicos;

# Objetivos:

## Objetivo General:

- Encontrar un tratamiento que permita emplear el agua contaminada por agentes espumantes en la elaboración de fluidos de perforación base acuosa de naturaleza arcillosa debido a la escases de agua dulce

## Objetivos Particulares:

- Controlar la presencia de espumas causadas por detergentes en el agua empleada en la elaboración de fluidos de perforación base acuosa de naturaleza arcillosa
- Buscar la metodología para el control de espuma generada en el agua debido a agentes contaminantes
- Investigar métodos u técnicas que permitan el control de espumas presentes en el agua contaminada a usar que actualmente se encuentra en mayor volumen que el agua no contaminada

# Introducción

El agua es la sustancia más importante en el desarrollo de fluidos de perforación debido a que es el mayor componente en volumen. Incluso en lodos base aceite, el agua sigue jugando un papel importante en la elaboración de fluidos de perforación, implícita en la construcción de pozos petroleros debido a que sus características afectan cada paso de la operación de perforación desde su inicio hasta su terminación, la disponibilidad y contenido químico del agua debe ser considerado en la etapa de planeación.

En trabajos de Perforación de Pozos no se puede usar cualquier tipo de agua debido a que puede tener agentes contaminantes que impidan que los materiales y aditivos químicos desarrollen las propiedades requeridas para su aplicación, además se debe buscar un agua que no tenga agentes tóxicos no patógenos.

Cada proceso industrial requiere de unas características especiales del agua, exenta de determinados contaminantes. Para eliminarlos, el agua se somete a unos tratamientos físico-químicos; que a su vez, los procesos industriales introducen en el agua nuevos contaminantes. Las técnicas de tratamiento de agua cubren una amplia variedad de procesos de purificación. Si el agua fuese siempre pura, o siempre tuviese una composición constante de los contaminantes presentes, su acondicionamiento para un uso industrial sería simple y uniforme. Sin embargo, éste no es el caso, y la variabilidad de las impurezas, junto con las alternativas diferentes de tratamiento que podemos elegir, cada una óptima para las condiciones determinadas, requieren una evaluación experta, basada en conocimientos especializados.

# **Capítulo I**

## **“El Agua”**

## CAPÍTULO I. EL Agua

### 1.1 ¿QUÉ ES EL AGUA?

Es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H<sub>2</sub>O y se trata de una molécula muy estable.

En la estructura de la molécula los dos átomos de hidrógeno y el de oxígeno están dispuestos en un ángulo de 105°, lo cual le confiere características relevantes.

Es una molécula dipolar – en la que el átomo de oxígeno central comparte un par de electrones con cada uno de los dos átomos de hidrógeno – con un exceso de carga negativa junto al oxígeno, compensada por otra positiva repartida entre los dos átomos de hidrógeno.

### 1.2 Clasificación del Agua de acuerdo a su comportamiento y uso.

**Agua potable:** es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

**Agua salada:** agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).

**Agua salobre:** agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina.

**Agua dulce:** agua natural con una baja concentración de sales, generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

**Agua dura:** agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.

**Agua blanda:** agua sin dureza significativa.

**Aguas negras:** agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

**Aguas grises:** aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.

**Aguas residuales:** fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

**Agua bruta:** agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo o agua que entra en una planta para su tratamiento.

**Aguas muertas:** agua en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.

**Agua alcalina:** agua cuyo pH es superior a 7.

**Agua capilar:** agua que se mantiene en el suelo por encima del nivel freático debido a la capilaridad.

**Agua de gravedad:** agua en la zona no saturada que se mueve por la fuerza de gravedad.

**Agua de suelo:** agua que se encuentra en la zona superior del suelo o en la zona de aireación cerca de la superficie, de forma que puede ser cedida a la atmósfera por evapotranspiración.

**Agua estancada:** agua inmóvil en determinadas zonas de un río, lago, estanque o acuífero.

**Agua freática:** Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación y que tiene una superficie libre.

**Agua subterránea:** agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona formada principalmente por agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

**Agua superficial:** toda agua natural abierta a la atmósfera, como la de ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

## 1.3 TRATAMIENTO PARA SU EMPLEO

Hay tres alternativas de tratamiento:

### 1.3.1 Físico:

- **Adsorción:** Aprovecha las fuerzas físicas, comúnmente las de Van der Waals, entre los contaminantes y diferentes minerales o matrices con gran área superficial para atrapar los contaminantes. Este mecanismo se denomina adsorción y las matrices comúnmente utilizadas son el carbón activado, la zeolita, las resinas y las arcillas. Con este procedimiento es fácil retener los compuestos orgánicos disueltos y algunos metales pesados.
- **Filtros de arena:** Remueven las partículas que posiblemente no fueron retenidas en el tanque de sedimentación. Para aplicar este proceso se recomienda que previamente se haya hecho una estabilización de pH, una estructura que retenga las partículas grandes en el agua y un tanque de aireación.
- **Ciclón:** Es un centrifugador que separa la materia por sus propiedades físicas como la afinidad al agua.

- Aireación: Es el proceso utilizado ya sea para mezclar, circular, o disolver aire dentro de un líquido u otra sustancia. Se utiliza con frecuencia como un método secundario en el tratamiento de las aguas residuales. Los mezcladores o difusores de aireación se utilizan para exponer las aguas residuales o el agua sucia al aire. Cuando se agrega aire, se liberan algunos de los gases del agua, tales como el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno, este último responsable del mal sabor y olor del agua.

### **1.3.2 Químico:**

- Precipitación Química: Sirve para remover los coloides o las partículas suspendidas modificando su configuración electrónica, es decir modificando la carga de las partículas para volverla más afines a un coagulante especial y formar partículas más grandes, estos procesos son conocidos como floculación y coagulación.
- Oxidación Química: Este tratamiento consiste en modificar la estructura química de los contaminantes por medio de agentes químicos muy oxidantes, catalizadores e irradiación ultravioleta para disminuir su grado de toxicidad. Se usa para compuestos fenólicos y en industrias de teñido.

### **1.3.3 Biológico:**

- Consiste en el uso de microorganismos aerobios o anaerobios que degradan la materia orgánica en provecho de su metabolismo. Entre los procesos más utilizados están los reactores biológicos y tanques o lagunas de lodos activados.



## **1.4 Importancia del agua para fluidos de perforación.**

El agua de formación es rica en información referente a las rocas en las cuales residen, y pueden proporcionar datos cruciales para los análisis en todas las fases de la vida productora de un yacimiento. En las primeras etapas de la vida productiva de un campo y/o yacimiento, el agua de formación establece la salinidad y la resistividad del agua para la evaluación petrofísica.

Antes de seleccionar el material para la tubería de revestimiento o la tubería de producción, es vital evaluar la corrosividad del gas, el petróleo y el agua a producir. El gas libre presente en la formación puede contener constituyentes corrosivos tales como el H<sub>2</sub>S y el CO<sub>2</sub> y estos mismos constituyentes pueden disolverse en el agua de formación. Los pozos que producen dichos fluidos en concentraciones que exceden ciertos límites requieren tuberías de revestimiento con formulaciones metalúrgicas especiales resistentes a la corrosión, o tratamientos químicos inhibidores de la corrosión.

A medida que se producen los fluidos de yacimiento, la reducción de presión asociada puede causar la liberación de gas a partir de la solución, la precipitación y depositación de sólidos en los poros del yacimiento y sobre la tubería de producción y el equipo de fondo de pozo. A medida que se reduce la presión, el agua de formación libera gas CO<sub>2</sub>, el pH del agua se incrementa y la solución se sobre satura con carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), lo que puede producir la depositación de incrustaciones que eventualmente obstruyen el flujo.

Las incrustaciones también pueden formarse cuando se mezclan aguas con diferentes composiciones. Las tuberías obturadas parcialmente pueden limpiarse a veces con herramientas de reparación de pozos que despliegan abrasivos y la acción de chorros de limpieza. No obstante, si la incrustación es demasiado espesa, es poco lo que se puede hacer excepto extraer la tubería y reemplazarla a un costo significativo.

El agua en realidad es importante para casi todo. Incluyendo los procesos industriales y obviamente también en la perforación cumple sus funciones, y son dos:

**Empate:** el empate de un pozo se entiende que es el primer metro perforado, ahora esto puede extenderse aún más ya que si encontramos material de relleno que exceda el metro el empate sería mayor. Lo realmente importante es que el inicio del pozo este bien formado gracias al agua haciendo una especie de barro para estabilizar el material que no presente buena estabilidad. El empate es la base del pozo es decir la parte superior. Al igual que un edificio, mientras mejor tenga su base más difícil es que se derrumbe, y en un pozo pasa exactamente lo mismo.

**Control de polvo:** la perforación en si genera mucho polvo en suspensión y el agua nos sirve para controlarlo.

La cantidad de agua aplicable al empate y a la perforación misma, la determina el operador de la perforadora y es que no hay una formula exacta solo podremos dar con valores aproximados y es porque nos encontraremos siempre con terrenos diferentes al perforar, como por ejemplo arcilla, arena, roca sólida, material de relleno, y muchos más y mezclados entre sí también y es aquí donde las experiencias surgen en todo su esplendor. Además, debemos tener conciencia que al aplicar más agua de lo necesario no tardaran en aparecer los problemas al perforar y de la misma forma si no inyectamos el agua necesaria para la perforación.

En algunas perforadoras la inyección de agua depende directamente de una presión mínima de aire en la perforación para que funcione todo el sistema.

## **Capítulo II**

### **“Fluidos de Perforación”**

## **Capítulo II Fluidos de Perforación**

### **2.1 Definición General**

Cualquiera de una serie de fluidos líquidos y gaseosos o mezclas de fluidos y sólidos (en forma de suspensiones de sólidos, mezclas y emulsiones de líquidos, gases y sólidos) utilizados en operaciones de perforación de pozos de sondeo en la tierra. Es sinónimo de "lodo de perforación" en el uso general, aunque algunos prefieren reservar el término "fluido de perforación" a los "lodos" más sofisticados y bien definidos.

#### **2.1.1 API.**

Un fluido de perforación se define como un fluido circulante usado en la perforación rotatoria para ejecutar todas las operaciones de perforación requeridas.

#### **2.1.2 PEMEX.**

Fluido de control: fluido circulatorio formado por aditivos químicos que le imparten las propiedades físicas y químicas idóneas a las condiciones operativas y a las características de la formación litológica a intervenir.

En el sistema de perforación rotativo, es necesario utilizar un fluido que circule en el pozo y que cumpla las siguientes funciones generales, cualquiera sea ese fluido.

## **2.2 Funciones básicas de un fluido de perforación.**

### **2.2.1 Transporte y/o acarreo de los recortes a la superficie:**

El fluido de perforación deberá proporcionar un flujo adecuado para crear una turbulencia en el fondo, remoción de partículas de los dientes de la barrena, levantándolos para ser acarreados hacia la superficie. Estas funciones se diseñan mediante el diseño de un programa hidráulico basado en las propiedades Reológicas y Tixotrópicas.

### **2.2.2 Suspensión de los recortes:**

La suspensión de los recortes se efectúa principalmente cuando la circulación del fluido es detenido por un tiempo determinado debido a los cambios de diámetro de las tuberías y barrenas o por causas de inestabilidad del pozo ocasionadas por la depositación de sólidos la deficiente suspensión de sólidos propiciará el atrapamiento de las tuberías de perforación.

### **2.2.3 Control de las presiones de la formación:**

La densidad del fluido de perforación es importante ya que debe contener cualquier presión de la formación y evitar el flujo de los fluidos de la formación hacia el pozo, además de dar cierto margen de seguridad mientras se efectúa un viaje de tubería, una mala programación de la densidad propiciará el fracturamiento de las formaciones propiciando pérdidas de circulación.

#### **2.2.4 Control de Filtrado:**

Es importante que los fluidos de perforación tengan el mínimo filtrado posible, para minimizar la invasión a la formación. Debe entenderse que la filtración depende de gran manera de la capacidad del fluido de formar un enjarre consistente e impermeable contra la cara del medio poroso, para controlar el filtrado.

Debe tenerse presente que la fase líquida de los fluidos de perforación contienen sustancias químicas diseñadas para cumplir los propósitos adecuados en el fluido, así, el fluido contendrá sustancias alcalinas para controlar el pH, dispersantes para evitar la agregación de las partículas sólidas, cierto porcentaje de hidrocarburos, lubricantes, y, en el caso de los fluidos emulsionados, surfactantes para mantener la estabilidad de la emulsión y para obligar a los sólidos a ser mojados por la fase de aceite. También habrá cierta cantidad de sales disueltas.

#### **2.2.5 Mantener estable el agujero:**

Es importante mantener estabilizar las paredes del pozo mientras se perfora a través de formaciones inestables. Las causas de la inestabilidad en las formaciones pueden ser numerosas y son diferentes en cada área.

Estas causas deben quedar bien definidas, para así poder formular un fluido de perforación con requerimientos físicos y químicos que permitan evitar el problema.

## **2.3 Funciones complementarias de un fluido de perforación.**

### **2.3.1 Evitar la fricción:**

Durante la perforación se produce considerable calor debido a la intervención de sólidos y a la presencia de arena. El calor producido se transmite al fluido de perforación, el cual, por circulación, es llevado a la superficie. El fluido tiene que tener la capacidad de disipar el calor debido a la fricción de la formación con la barrena y con la sarta de perforación.

### **2.3.2 Permitir la toma de registros:**

Las propiedades del fluido no deben interferir con el programa de registro, deben facilitar la obtención de la información deseada. El lodo debe tener una resistividad definida para que cuando los registros se corran se pueda derivar la resistividad de la formación.

### **2.3.3 Disminuir el peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento:**

Esto se realiza por medio de un empuje ascendente que actúa en la tubería al estar sumergida en el fluido de perforación. Este empuje dependerá de la profundidad a la que se encuentra la tubería y de la densidad del fluido sustentante.

#### **2.3.4 Controlar la corrosión de la tubería dentro del pozo:**

El fluido de perforación no debe ser corrosivo, la corrosión aumentará conforme disminuye el PH, la corrosión puede llevar a: Roturas de la tubería por chorro erosivo, fallas en la bomba de lodos, fugas en las líneas de superficie.

#### **2.3.5 Reducir el daño al ambiente:**

Al descargar al agua que se empleó durante la perforación se debe tener cuidado para que no afecte el pH del agua donde se está descargando pues se puede alterar el ecosistema.

#### **2.3.6 Evitar el daño a formaciones productoras:**

El fluido utilizado para perforar la zona de producción tendrá un impacto importante en la productividad del pozo, la pérdida de producción resulta de: Arcillas hinchadas por hidratación, poros del yacimiento bloqueados con sólidos.

#### **2.3.7 Medio impermeable:**

Un buen fluido de perforación debe depositar un enjarre delgado y de baja permeabilidad en la pared del pozo frente a las formaciones permeables para consolidarlas y para retardar el paso del fluido desde el agujero hacia la formación permeable, la pérdida de lodo o filtrado causará daños a la formación.

#### **2.3.8 Mantener los avances de perforación:**

La velocidad de perforación se ve afectada por las propiedades del lodo, la filtración y los contenidos de sólidos, que casi siempre retardan la perforación. Para tener una perforación eficiente se necesita mantener el contenido de



sólidos tan bajo como sea posible. Con respecto a la filtración si se forma un enjarre rápidamente y éste es impermeable, dará como resultado un menor filtrado. Un fluido con una alta pérdida inicial de filtrado tiende a incrementar el ritmo de penetración, sin embargo, un alto filtrado inicial causará un alto daño a la formación.

### **2.3.9 Transmisión de energía hidráulica:**

Un fluido cuya viscosidad en la barrena se aproxima a la del agua, disminuirá las pérdidas de presión por fricción y aumentará la potencia hidráulica disponible a la barrena, esto se debe a que mientras más baja viscosidad tenga el fluido, menos pérdida por fricción en las paredes del pozo tendrá, ya que será más fácil el movimiento y, por lo tanto, aumentará el rendimiento de la potencia hidráulica disponible.

## **Capítulo III**

**“Clasificación de un fluido de control de acuerdo al medio portador y comportamiento reológico y tixotrópico.”**

## **Capítulo III Clasificación de un fluido de control de acuerdo al medio portador, reológico y tixotrópico.**

### **3.1 Clasificación de los fluidos de control de acuerdo a su medio portador.**

- **Lodos base agua:** dulce, salobre, saturada de sal, agua de mar
- **Lodos base aceite:**

Emulsiones directas: El medio portador es el agua y el disperso es el aceite.

Emulsiones inversas: El medio portador es el aceite y el disperso es la salmuera.

- **Lodos base aire:**

Aireado: Medio portador lodo. Disperso aire.

Espuma: Medio portador es el agua, y el disperso es el aire.

Niebla: el medio portador es el aire y el medio disperso es agua.

Medio portador fluido base	Medio disperso	Tipo de fluido
<b>Agua: él agua integra el 60 al 90 por ciento del volumen. Como base en la formulación de un tipo de fluido.</b>	Bentonita, Barita, dispersantes y ciertos polímeros, integran del 7 al 27 por ciento de sólidos y el 3 por ciento de lubricantes líquidos como volumen.	La fórmula de estos tipos de fluidos se conocen como base agua.
<b>Aceite: El aceite integra el 40 al 70 por ciento del volumen. Como base en la formulación de un tipo de fluido.</b>	Las salmueras de diversas sales como calcio o sodio ocupan entre el 10 al 20 por ciento como volumen, los emulsificantes el 5 por ciento y de un 15 a un 40 por ciento de sólidos	La fórmula de estos fluidos se conoce como base aceite.

Los fluidos de perforación de pozos están conformados por dos fases: La continua, que es el medio portador y la dispersa o discontinua que está formada por partículas coloidales de naturaleza arcillosa y/o compuestos orgánicos e inorgánicos, los cuales imparten de manera idónea las condiciones operativas a las características de la formación a perforar, su variación es monitoreada de manera continua.

El diseño de un fluido de control es necesario para evitar riesgos operativos, reducir costos, tiempos y maximizar la productividad del pozo. Para diseñar el fluido es necesario saber la localización, el tipo de pozo, las características geológicas, litológicas y el tipo de perforación.

Una vez que se han analizado y considerado todas las características del pozo, se está en la posibilidad de decidir el medio portador a utilizar, puede ser agua, aceite, aire o gas.

Los aceites y gases como medios portadores no deben ser tóxicos ni inflamables, deben poseer altos puntos de ignición y ebullición. En el caso de un fluido base aceite, la fase continua es el diesel y/ o aceites vegetales, sintéticos, minerales, el agua salada es la fase discontinua o dispersa.

Existen fluidos que se emplean para perforar zonas o contactos litológicos que por su naturaleza, requieren de condiciones operativas especiales, como son los fluidos basados en aire, gas o espuma, conocidos como fluidos neumáticos.

Para seleccionar fluidos a emplear es necesario conocer las características geológicas, litológicas y mi base agua es el agua. Algunos de los aditivos químicos que son sólidos se disuelven o se dispersan en la fase continua. Los sistemas de fluidos base agua se clasifican contaminantes de la formación y a sus temperaturas, debido a la incorporación de flujos como gases, sal, arcillas, yeso, líquidos y sólidos propios de la formación o de aditivos excedidos y degradados.

### **3.1.1 Condiciones para el desarrollo de propiedades en fluidos base acuosa y limitaciones.**

- Materiales sólidos finamente pulverizados y homogéneos: arcillas, materiales poliméricos, sólidos inorgánicos y orgánicos.
- Medio acuoso de baja salinidad con concentraciones.
- Libre de agentes surfactantes, aceites flamables y medios ácidos
- Alcalinidad entre 9 y 10
- Respuesta de materiales y aditivos en tiempos mínimos

### **3.2 Clasificación de acuerdo a su comportamiento reológico-tixotrópico.**

#### **Fluidos newtonianos:**

Un fluido Newtoniano, también llamado fluido verdadero es aquel, sometido a un esfuerzo tangencial o cortante se deforma con una velocidad que es proporcional directamente al esfuerzo aplicado.

Es decir, si se aplica un esfuerzo tangencial a un fluido newtoniano, este se pondrá en movimiento sin importar cuan pequeño sea el esfuerzo tangencial y se generará una cierta distribución de velocidad en el fluido.

Ese esfuerzo tangencial y el gradiente de la velocidad que se produce serán directamente proporcionales, a la constante de proporcionalidad se le define como viscosidad.

Los fluidos más comunes tales como el agua, el aire, la gasolina son newtonianos en condiciones normales.

#### **Fluidos no newtonianos:**

Los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de deformación son no newtonianos.

Esta definición es válida solo para materiales que tienen un esfuerzo de deformación cero. Comúnmente, los fluidos no newtonianos se clasifican con respecto a su comportamiento en el tiempo, es decir, pueden ser dependientes del tiempo o independientes del mismo.

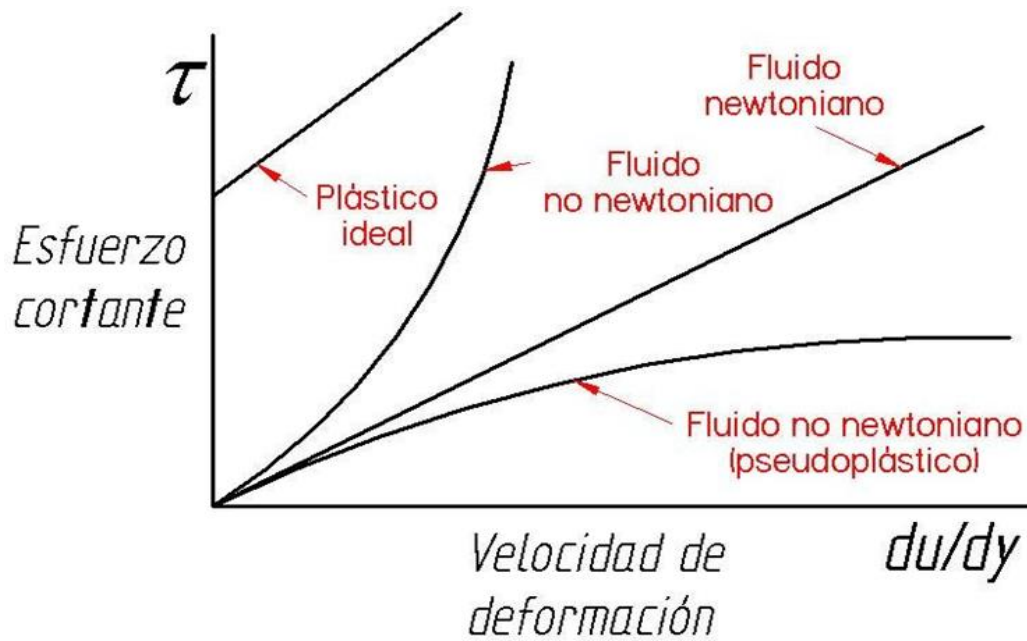


Figura No. 1. Relación entre esfuerzo y velocidad de un fluido.

### 3.2.1 Reología.

Es la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia. En el caso de los fluidos de perforación la reología es el estudio de las características que definen el flujo y las propiedades gelatinizantes del mismo.

Los factores por la reología del fluido son: limpieza del pozo, suspensión de sólidos, estabilidad del pozo, control de sólidos, densidades equivalentes de circulación, presiones de surgencia/pistoneo.

### Viscosidad:

Es la resistencia de un fluido al movimiento, se mide rutinariamente en el campo tiempo de escurrimiento del lodo utilizando el embudo Marsh.

La viscosidad la podemos clasificar en:

- Plástica: Resistencia al flujo causada por la fricción mecánica. Se ve afectada por la concentración de sólidos, tamaño y forma de los sólidos, Viscosidad de la fase fluida.
- Aparente: La viscosidad de un flujo medida a una determinada velocidad de corte y a una temperatura fija. Para que la medición de la viscosidad sea significativa, la velocidad de corte debe ser expresada o definida. También se ve influenciada por la concentración de sólidos y por el tamaño de las partículas.

### **3.2.2 Tixotropía**

Es la capacidad de formar geles en medios acuosos. Los parámetros que comprende para su evaluación son la gelatinosidad inicial y después de un tiempo, así como el punto cedente. Gracias a esta propiedad un fluido de perforación puede cumplir con la función de suspender los recortes.

La reología y tixotropía determinan el tipo de flujo a emplear para que los fluidos de control realicen las funciones de transporte, remoción, suspensión.

#### **Esfuerzo de gel:**

Las mediciones del esfuerzo Gel denotan las propiedades tixotrópicas del lodo. Es una medida de las fuerzas de atracción de las partículas coloidales que integran los lodos de perforación bajo condiciones estáticas o de punto de cedencia.

Está clasificado como geles de tipo progresivo (fuerte) o frágil (débil). Un gel progresivo comienza bajo, pero aumenta consistentemente con el tiempo; mientras que un gel frágil puede comenzar alto inicialmente pero sólo aumentar



ligeramente con el tiempo. El esfuerzo de gel depende del tiempo, la temperatura y de la concentración y resistencia de las partículas en atracción.

**Punto cedente:**

Es la resistencia al flujo causada por la dispersión o atracción eléctrica entre los sólidos, el punto cedente se ve afectado por el tipo, concentración de sólidos y cargas asociadas, sales disueltas, se incrementa debido a arcillas y lutitas perforadas hidratables que aumentan el contenido de sólidos reactivos y por la concentración insuficiente de desfloculantes.

El punto cedente es controlado por la desfloculación de las arcillas y la eliminación del ión contaminante.

## **Capítulo IV**

### **“Contaminantes en el fluido de perforación”**

## Capítulo IV. Contaminantes en los fluidos de perforación

Un contaminante es cualquier tipo de material (sólido, líquido o gas) que tiene un efecto perjudicial sobre las características físicas o químicas de un fluido de perforación. Los sólidos reactivos de baja densidad son contaminantes comunes en todos los fluidos de perforación. Estos sólidos se componen de sólidos perforados que se han incorporado dentro del sistema o que resultan del tratamiento excesivo con arcillas comerciales.

Los sólidos perforados y los problemas relacionados con su control tienen un mayor impacto sobre el costo del lodo que los otros tipos de contaminación. Sin embargo, consideraremos los siguientes contaminantes químicos comunes de los lodos base agua:

1. Anhidrita o yeso
2. Cemento
3. Sal (sal de roca, agua de preparación, agua salada, magnesio, calcio y cloruro de sodio, y agua irreductible).
4. Gases ácidos, incluyendo el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y el sulfuro de hidrógeno.

Con excepción de los gases ácidos, estos contaminantes químicos están directamente relacionados a las reacciones de intercambio de iones con las arcillas. Por lo tanto, la concentración de sólidos de tipo arcilloso en un lodo base agua está directamente relacionada con la severidad con la cual el contaminante químico afecta las propiedades del lodo.

La Capacidad de Azul de Metileno (MBC) constituye una buena indicación de la concentración de sólidos de tipo arcilloso. Los lodos con niveles de MBC inferiores a 15 lb/bbl son menos afectados por la contaminación química.

Una reacción de intercambio de iones puede ocurrir cuando la bentonita sódica está expuesta a los ambientes químicos que contienen altas concentraciones de otros iones metálicos, floculando inicialmente, y luego posiblemente convirtiendo químicamente la bentonita en una arcilla de rendimiento más bajo.

Esto afecta la cantidad de agua adsorbida y el tamaño, la forma y la asociación de las partículas, produciendo la inestabilidad de la reología y del control de filtrado. La severidad de estos contaminantes impuso la necesidad de desarrollar sistemas de lodo capaces de tolerarlos.

Estos sistemas incluyen lodos de lignosulfonato, lodos de polímeros con bajo contenido de coloides, lodos de calcio, lodos yeso y lodos salados. Muchos de estos sistemas son pre-tratados deliberadamente con lignosulfonato, sal (cloruro de sodio) y 96 materiales cálcicos como la cal o el yeso.

Por lo tanto, cuando concentraciones adicionales de estos contaminantes son encontradas, estas no tienen casi ningún efecto sobre los sistemas.

En la elaboración de fluidos de control existen diversos contaminantes que generan problemas a la hora de la perforación generando los siguientes problemas:

- Contaminación por arcillas
- Agua dulce contaminada con detergentes
- Contaminación por bicarbonato de sodio
- Contaminación por carbonatos
- Contaminación por anhidrita
- Contaminación por cemento

Todos los contaminantes normalmente aumentan la reología en los lodos base agua. Debe determinarse el ion contaminante para no realizar tratamientos innecesarios.

#### 4.1 Detergentes.

Los detergentes son sustancias químicas que tienen la capacidad de deshacer o separar la suciedad que está en la superficie de un objeto sin corroerlo ni dañarlo y se les conoce como agentes limpiadores. Para que se les considere detergentes, deben eliminar tanto la grasa como la suciedad sin afectar a los tejidos.

A diferencia de los jabones, los detergentes mantienen su capacidad limpiadora incluso en aguas duras.

La estructura de los detergentes se compone de dos partes: una llamada lipofílica y la otra, hidrofílica.

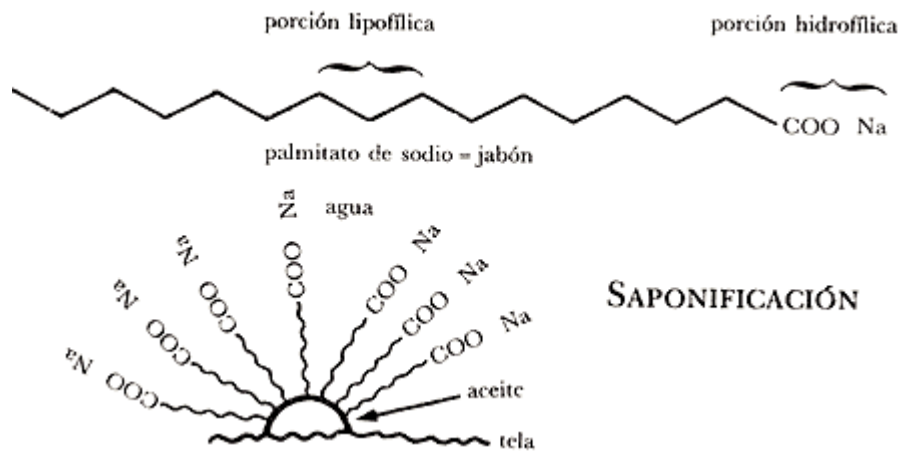


Figura No 2. Estructura de los detergentes.

- Parte lipofílica: tiene afinidad con grasas y aceites y se encarga de ubicarlos cuando se aplica un detergente.

- Parte hidrofílica: tiene afinidad con el agua y le da a los detergentes la característica de mantener sus capacidades limpiadoras en el agua.

Por lo general se les atribuye a los detergentes la capacidad de modificar la tensión superficial del agua para llevar a cabo el proceso limpiador.

Los detergentes tienen la capacidad de contener ácidos, fosfatos o álcalis y pueden llegar a utilizarse como elementos antisépticos.

#### **4.1.1 Tipos de detergentes sintéticos.**

1) detergentes aniónicos, que contienen comúnmente como grupos solubles, sulfatos y sulfonatos de sodio.

2) detergentes catiónicos, que son principalmente compuestos cuaternarios de amonio,

3) detergentes no iónicos como los productos de condensación del óxido de etileno con materiales fenólicos o ácidos grasos.

4) detergentes biológicos los cuales contienen enzimas para eliminar algunos tipos específicos de manchas de la ropa.

Tipos de Detergentes sintéticos		
Anicónicos	Liberan una carga negativa (anión) en solución acuosa, su parte hidrófila se carga negativamente.	Suelen utilizarse por su poder espumoso.
Catiónicos	Uno o más grupos funcionales que se ionizan en solución acuosa para proporcionar iones orgánicos cargados positivamente.	Uso Hospitalario e industrias alimentarias. Grandes contaminantes del agua.
No iónicos	Emulsificar aceites en presencia de agua y ejerce destacadas acciones detergentes, emulgentes y dispersantes. Su acción no se ve afectada por la presencia de las sales de calcio y/o magnesio, ni por los iones de los metales pesados o térreos.	Tensoactivo de productos ácidos, como pueden ser los decapantes o los desoxidantes, favoreciendo notablemente su acción.
Biológicos	Objetivo de las enzimas son eliminar la proteína, los almidones y la grasa que se pueden encontrar en suciedad	Pro medio ambiente Poca espuma Propician degradación natural

#### **4.1.2 Características de los detergentes.**

Los detergentes tienen las siguientes características:

- Son solubles en agua.
- Tienen una parte afín a las grasas.
- No afectan a los tejidos.
- No son tóxicos ni producen alergias.
- Son capaces de eliminar manchas.
- No tienen olor o se les agregan esencias que no los hagan desagradables.
- Algunos cuentan con enzimas capaces de deshacer manchas creadas por proteínas.

#### **4.1.3 Funcionamiento de los detergentes.**

La forma en la que trabajan los detergentes para llevar a cabo su acción limpiadora se define en cuatro pasos principales:

- Humectación: se refiere a la ruptura de la tensión superficial del agua para que una sola gota de esta sea capaz de mojar una mayor superficie. Si no se rompe la tensión, el agua se concentra en forma de gota y solo abarca una superficie muy pequeña.

- Penetración: una vez que la gota de agua pudo abarcar más superficie, comienza a penetrar por los poros de la superficie y entra en contacto con las zonas porosas donde se concentra la suciedad.

- Emulsión: en este paso se forman partículas finas de uno o más líquidos en otro líquido.



- Suspensión: esta es la parte en la que la suciedad se separa de la superficie en forma de partículas en solución. Cuando la suciedad forma las partículas en solución ya no se puede volver a depositar en la superficie.

Los detergentes suelen incluir agentes espumantes, aditivos o fosfatos que potencializan su capacidad limpiadora.

#### **4.1.4 Detergentes de polifosfato.**

Un componente de los detergentes sólidos es el meta fosfato llamado tripolifosfato de sodio,  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , que contiene al Ion  $(\text{O}_3\text{P}-\text{O}-\text{PO}_2-\text{O}-\text{PO}_3)$  5-. El ion trifosfato es de gran utilidad porque forma complejos solubles con los iones calcio, hierro, magnesio y manganeso, quitando las manchas que estos ocasionan en la ropa y ayudan a mantener en suspensión a las partículas de mugre de manera que pueden ser eliminadas fácilmente por el lavado.

A los aditivos de fosfato en los detergentes como el tripolifosfato de sodio se les llama formadores de fosfato y tienen tres funciones, primero actúan como bases haciendo que el agua del lavado sea alcalina (pH alto), lo cual es necesario para la acción detergente; segundo los fosfatos reaccionan con los iones calcio y magnesio del agua dura de manera que no actúan con el detergente y tercero ayudan a mantener las grasas y el polvo en suspensión, lo que facilita que sean eliminados.

En los detergentes líquidos se utiliza el pirofosfato de sodio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) o de potasio porque se hidroliza en el ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) a menor rapidez que el tripolifosfato de sodio.

Los detergentes hechos a base de fosfatos provocan un efecto destructor en el medio ambiente porque aceleran el proceso de eutrofización o eutrofización de las aguas de lagos y ríos. Como el uso de detergentes fosfatados ha generado problemas muy graves en el agua, algunos países han prohibido el uso de detergentes de este tipo.

#### **4.1.5 Contaminación por detergentes.**

Las actividades cotidianas de los seres humanos afectan a los ecosistemas marinos y terrestres y a diversos eslabones de las cadenas tróficas. Cuando se utiliza un detergente común para lavar la ropa, se contribuye, aunque sea a escala modesta, a la contaminación de las aguas de los ríos, favoreciendo la eutrofización.

Esto se debe a la composición química de los detergentes, que, en su mayoría contienen polifosfatos o fosfatos, empleados para fijar los iones calcio y magnesio de las aguas duras y favorecen la propia capacidad de emulsión del detergente.

Sin embargo, los detergentes no son los únicos culpables de la eutrofización de las aguas ya que a este fenómeno contribuyen tanto las aguas residuales procedentes de los alcantarillados urbanos, que depurar, aportan a los ríos y lagos tanto las aguas fecales como los vertidos industriales (ricos en fosfatos y nitratos), como, y aun de mayor medida, la escorrentía, lavado de los suelos agrícolas abandonados con un exceso de fosfatos y nitratos, que, al no ser absorbido por las plantas, acaban contaminando tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas (Mantos acuíferos). La mayoría de los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes debido a que no son descompuestos fácilmente por la acción bacteriana. A los detergentes que no son biodegradables se les llama detergentes duros y a los degradables detergentes blandos.

El uso de los compuestos tensoactivos en el agua, al ser arrojados a los lagos y ríos provocan la disminución de la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua con lo cual se dificulta la vida acuática y además, como les quitan la grasa de las plumas a las aves acuáticas les provoca que se escape el aire aislante de entre las plumas y que se mojen, lo cual puede ocasionarles la muerte por frío o porque se ahogan, de manera semejante como les ocurre con los derrames de petróleo en el mar. Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes.

El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte.

Para tratar la contaminación en un fluido de perforación se debe:

- Describir la manera en que cada contaminante afecta las propiedades del lodo.
- Describir la manera de usar los cambios de las propiedades del lodo para identificar al contaminante.
- Describir la manera de tratar el lodo para restablecer las propiedades originales.
- Como los cambios de las propiedades físicas del lodo, tales como el aumento de la reología y del filtrado debido a la floculación, son similares con cualquier contaminante químico que esté presente, dichos cambios de las propiedades físicas solo indican que existe algún contaminante. Será necesario realizar un análisis de los cambios de las propiedades químicas para identificar al contaminante. Por lo tanto, describiremos las fuentes, los efectos y las opciones de tratamiento de cada contaminante químico.

#### **4.2 Generación de espumas.**

Las espumas son como las emulsiones en capas de adsorción que rodean la fase dispersa en ambos sistemas. Sin embargo, las espumas difieren de las emulsiones en dos aspectos: la fase dispersa es un gas en las espumas y un líquido en las emulsiones; las burbujas de gas de las espumas son mucho más grandes que los glóbulos en las emulsiones. Las espumas son sistemas coloidales por la delgadez de las capas que rodean las burbujas de gas, éstas son de dimensiones coloidales o las capas tienen propiedades coloidales.

#### **4.3 Sales minerales utilizadas para la limpieza de detergentes.**

**Cloruro de sodio (NaCl):** comúnmente conocido como sal, es uno de los minerales más abundantes de la Tierra y un nutriente esencial para muchos animales y plantas. Se encuentra de forma natural en el agua de mar y en formaciones rocosas subterráneas.

Existen diferentes tipos de sal, según su procedencia:

- La sal marina y la de manantial, que se obtienen por evaporación.
- La sal gema, que procede de la extracción minera de una roca mineral denominada halita.
- La sal vegetal que se obtiene por concentración, al hervir una planta gramínea.

La sal, como ingrediente básico en la dieta y como materia prima de multitud de procesos industriales, tiene un campo de aplicaciones muy amplio cuyos beneficios revierten de forma directa en el bienestar y en la calidad de vida de las personas. Sus tres grandes aplicaciones pueden dividirse entre uso alimentario, uso industrial y uso en control de hielo en carreteras.

**Carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ):** Es una sal ternaria, perteneciente al grupo de las oxosales. Por tener oxígeno en su estructura. Al igual que el resto de los carbonatos, posee características de alcalinidad.

Su forma común es en polvo sólido y blanco, se encuentra en la naturaleza como mineral. Existen también varias formas hidratadas y básicas del carbonato de magnesio como minerales.

Por lo general los minerales de magnesita y dolomita se emplean para obtener directamente el magnesio y para fabricar ladrillos refractarios. El  $MgCO_3$  está contenido en muchos productos que con frecuencia se utilizan en el hogar tales como cosméticos, pasta de dientes, laxantes, antiácidos, sustancias a prueba de fuego y extintores.

En muchos casos el carbonato de magnesio es empleado en materiales de relleno, como supresor de humo en plásticos, como agente reforzante en goma de neopreno y agente de secado, entre otros.

**Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>):** Industrias muy diversas encuentran en el carbonato de calcio un producto indispensable para sus fines. Es el caso de la industria de plásticos y cauchos o la de jabones. En algunos casos, como en la de plásticos, el carbonato de calcio se convierte en el principal mineral utilizado.

Otro de los usos del carbonato de calcio se encuentra en la industria de productos de limpieza. En este caso se utiliza para mejorar los jabones y detergentes en distintas fases de su proceso de fabricación, sin cambiar sus cualidades. Su buen rango de abrasividad, una de las principales características del carbonato de calcio, también lo hace ideal para este sector.

**Capítulo V**  
**“Proceso de tratamiento a fluidos de perforación contaminados  
con detergentes”**

## **Capítulo V Proceso de tratamiento a fluidos de perforación contaminados con detergentes**

El lodo desechado, es tratado mediante el proceso de dewatering y el agua obtenida por este proceso es tratada mediante en la unidad Red Fox y finalizar con un tratamiento terciario.

Consideraciones para el tratamiento:

- A. Realizar el tratamiento de dewatering con productos compatibles con el lodo de perforación, en este caso se utiliza un polímero (poliacrilamida catiónica).
- B. Reciclar al máximo el agua industrial para la preparación de lodos, limpieza y refrigeración de equipos.
- C. Realizar pruebas de compatibilidad de agua con el lodo para asegurar las propiedades reológicas y la calidad del fluido de perforación.
- D. Disponer las aguas cumpliendo con todos los parámetros ambientales exigidos.

### **5.1 Proceso de dewatering.**

Este tratamiento se realiza solamente cuando el lodo base agua no se pueda continuar reciclando, el lodo desechado será tratado en la unidad de deshidratación (Unidad de Dewatering), esta deshidratación consiste básicamente en flocular todos los sólidos suspendidos en el lodo y decantarlos en su totalidad por medio de una centrífuga decantadora.

- A. Acorde con el objetivo principal de optimización del tratamiento de efluentes se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- B. Realizar pruebas de jarra previas al dewatering para seleccionar la concentración óptima de polímero que se utilizara con el lodo.
- C. Reutilizar el agua del dewatering en la preparación del polímero y en las diluciones del lodo cuando se requiera (Dewatering al Sistema Activo).
- D. Evitar el exceso de polímero para evitar floculación en el lodo cuando se recircule el agua al sistema activo.

El sistema de Dewatering consta de un tanque provisto de tres compartimentos en el cual, el primer compartimento tendrá la función de almacenar lodo descartado, en el segundo se recibe el agua del dewatering (retorno de la centrifuga) y tendrá la función de trampa de sólidos para sedimentar los flóculos remanentes, el tercer compartimento tendrá la función de tanque de tratamiento, este a su vez está dividido en 2 secciones en las cuales se prepara la solución de polímero.

Los flóculos depositados en el fondo del tanque serán evacuados periódicamente cada vez que se acumule un 20% de la capacidad del tanque, estos serán bombeados mediante bomba neumática al primer compartimento, para deshidratarlos por el sistema. Una vez que el agua de dewatering ya no sirva para re-uso, se transfiere hasta el frac tank (tanques verticales), en la cual se adiciona el tratamiento de clarificación y desinfección; y se mantiene oxigenada continuamente.



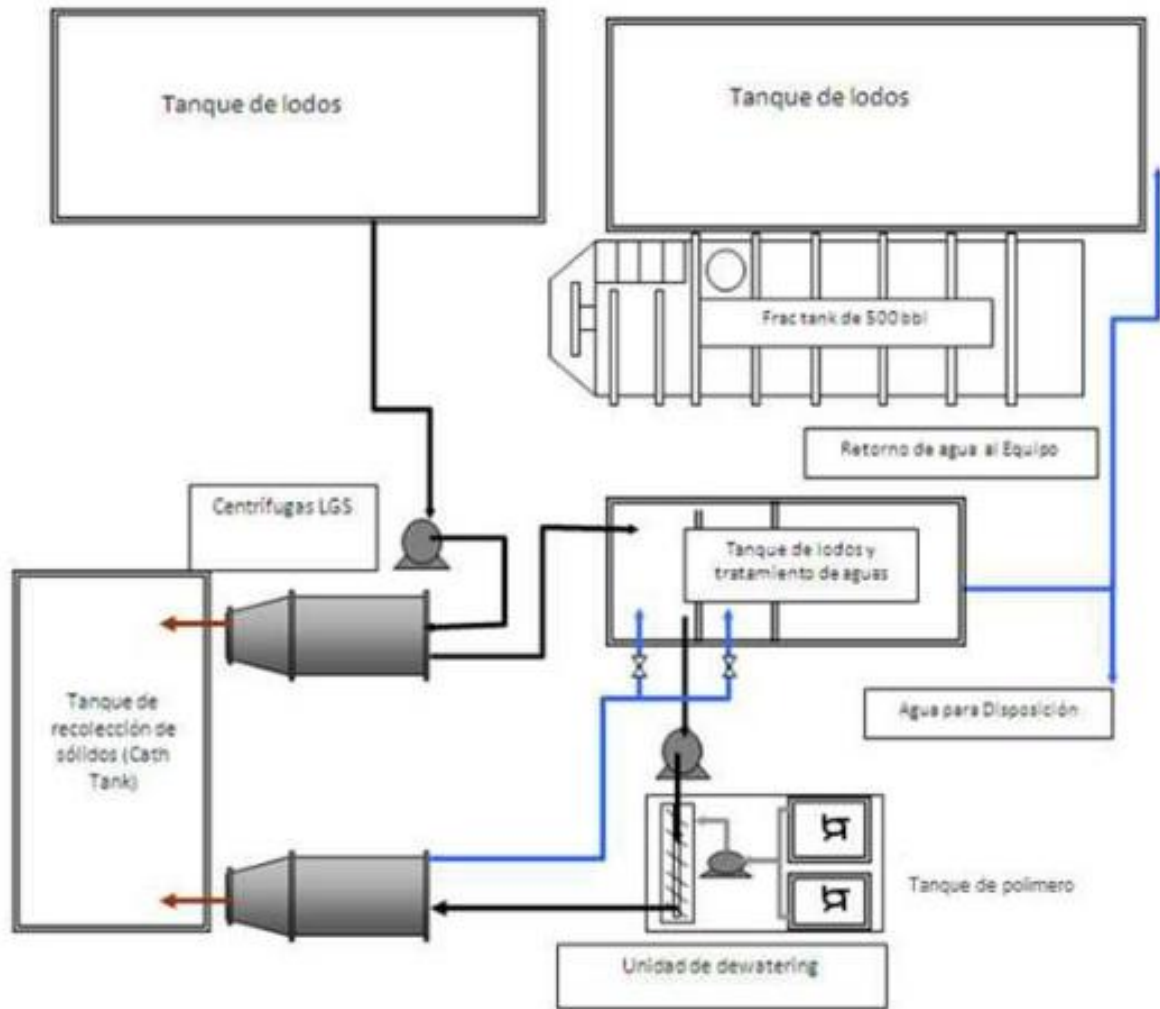


Figura No 3. Layout de equipos para dewatering.

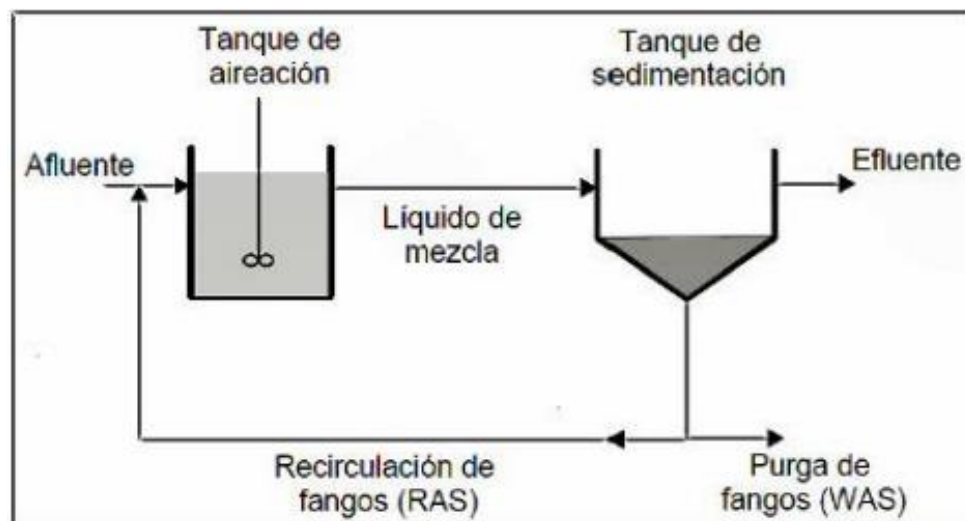
## 5.2 Proceso de tratamiento del agua residual domestica (Red Fox).

La unidad Red Fox se utiliza para tratar las aguas residuales domésticas de los pozos petroleros, las cuales provienen de las actividades cotidianas de los trabajadores del campo. Estas aguas residuales, tanto negras como grises, proceden de duchas, sanitarios, servicios de lavandería, cocina, lavamanos del campo donde están alojadas las personas del proyecto. Por otro lado, estas aguas residuales se caracterizan por tener alto contenido de microorganismos, materia orgánica y detergentes.

La unidad Red Fox es una unidad de tratamiento de lodos activados. En este reactor, se mantiene en suspensión un cultivo microbiano en condiciones aeróbicas, gracias a un tanque de aireación que suministra oxígeno a las bacterias que evita un asentamiento de la biomasa. Es importante tener en cuenta la concentración optima de oxígeno (2 mg/L), si hay un exceso este se desperdicia ya que los organismos no utilizan más de lo que requieren, por lo tanto se debe ejercer un control de la producción de aire con un temporizador para programar los tiempos de adición de oxígeno.

Cuando la materia orgánica es oxidada, el efluente se envía a un sedimentador o a un decantador secundario donde se separara el fango de la biomasa. Parte de la biomasa es recirculada al reactor para mantener en él una buena concentración de microorganismos; otra parte se desecha llevándola al tratamiento de lodos, con el fin de evitar excesivas acumulaciones de microorganismos.

Figura No 4. Tratamiento de unidad Red Fox.



La unidad Red Fox es una planta que cuenta con sistemas de cloración de efluente y de aireación inducida e inoculación de bacterias degradadoras. En estas unidades, se procesa la materia orgánica a través de la digestión bacteriana, generando acumulación de materia orgánica en la planta en forma de lodo activado; este proceso, es fundamental para la generación de bacterias permitiendo el aumento de la eficiencia del procesamiento de la planta.

### **5.3 Tratamiento terciario al agua industrial y del agua proveniente de la unidad Red Fox.**

#### **Micro filtración.**

La microfiltración tiene como objetivo habitual la eliminación de sólidos en suspensión y microorganismos, reteniendo las partículas en la superficie de los filtros membrana. Los círculos de color verde representan las partículas, los de color rojo las macromoléculas y los de color azul los microsolutos. Las membranas presentan una misma estructura en todo su espesor. En la microfiltración se alcanzan grandes velocidades de fluido en flujo cruzado a través de la superficie del filtro, mientras que la velocidad perpendicular a la superficie es relativamente pequeña. De esta manera se evita la formación de la torta filtrante y otros problemas debido a la elevada resistencia de la torta. Este proceso presenta presiones aplicadas bajas (<2bar).

#### **Ultrafiltración.**

La ultrafiltración es un proceso de separación de membrana que permite reducir sólidos suspendidos, coloides, bacterias y virus por medios mecánicos; los sólidos suspendidos involucran partículas en base al tamaño del poro y los coloides se incluyen dentro del término “materia de partículas”, que se define como el material que no se disuelve y permanece como partícula discreta suspendida en el agua. La ultrafiltración puede funcionar de tres modos: por flujo cruzado, extremo muerto y extremo muerto con descarga periódica. En el flujo cruzado parte del agua de alimentación recircula y/o fluye continuamente hacia los desechos con el fin de evitar que los sólidos retenidos se acumulen en la membrana. Cuando es por extremo muerto, no hay flujo residual desde el sistema ya que el filtro se conecta, se limpia o se reemplaza. Finalmente, cuando es por extremo muerto con descarga periódica no hay flujo residual continuo, aquí la membrana se descarga periódicamente para eliminar los sólidos retenidos en la

superficie de la membrana. El proceso de ultrafiltración consiste básicamente en impulsar el agua residual a presión hacia unas membranas con una luz de paso  $< 0,3$  micras mediante el uso de bombas eléctricas. en este proceso las sustancias de mayor tamaño que los poros de la membrana son retenidos totalmente, por el contrario, las sustancias más pequeñas se retienen parcialmente.

## **Osmosis inversa**

La osmosis se caracteriza por hacer pasar un flujo de solvente, en la mayoría de los casos agua, a través de una membrana por efecto de un gradiente de concentración. El flujo de solvente ocurre desde la zona de menor concentración de soluto hasta la zona de mayor concentración. La osmosis inversa hace que el flujo sea en el sentido contrario, es decir, desde la zona más concentrada hacia la zona con la solución más diluida a través de una presión mayor a la presión osmótica. En este proceso a nivel práctico hay una solución concentrada a un lado de la membrana, siendo específicamente en este proyecto el agua residual, y al aplicar suficiente presión se obtiene un solvente puro al otro lado de la membrana.

## **Capítulo VI**

**“Evaluación de las propiedades básicas de los fluidos de perforación y descripción del equipo empleado”**

## 6.1 Densidad (balanza de lodos).

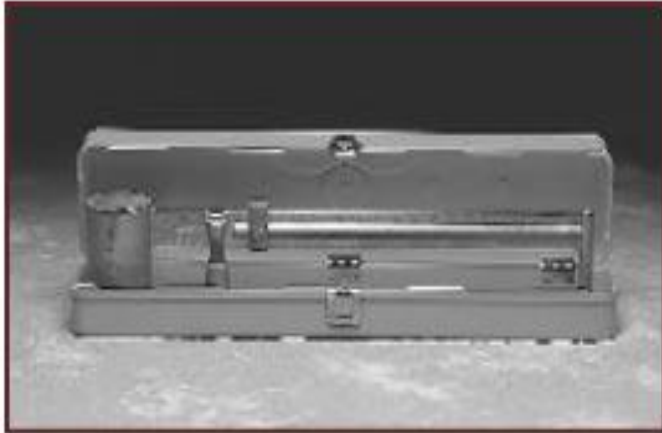
La masa por unidad de volumen de un fluido de perforación, sinónimo de densidad del lodo. El peso se expresa en lbm/gal (también conocido como ppg), kg/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup> (también llamado gravedad específica o SG), lb/pie<sup>3</sup> o en gradiente hidrostático, lb/pulg<sup>2</sup>/pie (psi/pie) o pptf (psi/1000 pies). El peso del lodo controla la presión hidrostática en el pozo y evita el flujo no deseado al pozo. El peso del lodo también evita el colapso de la tubería de revestimiento y el agujero descubierto. Un peso de lodo excesivo puede causar pérdida de circulación por la propagación, y posterior llenado, de fracturas en la roca.

Este procedimiento de prueba es un método para determinar el peso (densidad) de un volumen dado de un líquido. La densidad puede ser expresada como libras por galón (lb/gal), libras por pie cúbico (lb/ft<sup>3</sup>), gramos por centímetro cúbico (gr/cm<sup>3</sup>) o kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>).

La densidad (comúnmente llamada peso del lodo) se mide con una balanza de lodo de suficiente precisión para obtener mediciones con un margen de error de 0,1 (0,5 o 5 de profundidad).

La balanza de lodo se compone principalmente de una base sobre la cual descansa un brazo graduado con un vaso, tapa, cuchillo, nivel de burbuja de aire, caballero y contrapeso. Se coloca el vaso de volumen constante en un extremo del brazo graduado, el cual tiene un contrapeso en el otro extremo. El vaso y el brazo oscilan perpendicularmente al cuchillo horizontal, el cual descansa sobre el soporte, y son equilibrados desplazando el caballero a lo largo del brazo.

Figura No 5. Balanza de lodos.



Procedimiento que se sigue para determinar la densidad:

1. Quitar la tapa del vaso y llenar completamente el vaso con el lodo a probar.
2. Volver a colocar la tapa y girar hasta que esté firmemente asentada, asegurarse que parte del lodo sea expulsado a través del agujero de la tapa.
3. Limpiar el lodo que está fuera del vaso y secar el vaso.
4. Colocar el brazo de la balanza sobre la base, con el cuchillo descansando sobre el punto de apoyo.
5. Desplazar el caballero hasta que el nivel de burbuja de aire indique que el brazo graduado está nivelado.
6. En el borde del caballero más cercano al vaso, leer la densidad o el peso del lodo.

El resultado se debe ajustar a la graduación de escala más próxima, en lb/gal, lb/ft<sup>3</sup>, psi/1000 ft de profundidad o en Gravedad Específica (SG).

## 6.2 Viscosidad cinemática (embudo Marsh).

La viscosidad Cinemática puede ser definida como el cociente de la viscosidad absoluta en centistokes, dividida por la gravedad específica de un fluido, ambos a la misma temperatura.

El viscosímetro de Marsh es un embudo que tiene un diámetro de 6 pulgadas en la parte superior y una longitud de 12 pulgadas. En la parte inferior, un tubo de orificio liso de 2 pulgadas de largo, con un diámetro interior de 3/16 pulgada, está acoplado de tal manera que no hay ninguna constricción en la unión. Una malla de tela metálica con orificios de 1/16 de pulgada, cubriendo la mitad del embudo, está fijada a 3/4 de pulgada debajo de la parte superior del embudo.

Figura No 6. Embudo Marsh.



Procedimiento que se sigue para determinar la viscosidad con el embudo Marsh:

1. Mantener el embudo en posición vertical, tapar el orificio con un dedo y verter la muestra de lodo recién obtenida a través de la malla dentro de un embudo limpio, hasta que el nivel del fluido llegue a la parte inferior de la malla.
2. Retirar inmediatamente el dedo del orificio y medir el tiempo requerido para que el lodo llene el vaso receptor hasta el nivel de 946 cm<sup>3</sup> indicado en la jarra. El resultado se ajusta al segundo entero más próximo como indicación de



viscosidad Marsh. Registrar la temperatura del fluido en grados Fahrenheit o Celsius.

### 6.3 Viscosidad dinámica (viscosímetro FANN).

La viscosidad dinámica, también llamada viscosidad absoluta, es la resistencia interna entre las moléculas de un fluido en movimiento y determina las fuerzas que lo mueven y deforman.

$$F t = \mu \cdot \frac{s \cdot v}{y}$$

Los viscosímetros de indicación directa son instrumentos de tipo rotativo accionados por un motor eléctrico o manualmente. El fluido de perforación está contenido dentro de un espacio anular entre dos cilindros concéntricos. El cilindro exterior o manga del rotor es accionado a una velocidad rotacional constante (rpm). La rotación del cilindro externo produce un esfuerzo de torsión sobre el cilindro interno o plomada. Una torsión del resorte impide el movimiento del cilindro interno, y un disco graduado (dial) unido al cilindro interno indica el desplazamiento del cilindro interno. Las constantes del instrumento han sido ajustadas para que la viscosidad plástica y el punto de cedencia se obtengan utilizando lecturas de la velocidad de la manga del rotor de 300 y 600 rpm. El instrumento de 115 volts es accionado por un motor sincrónico de dos velocidades para obtener velocidades de 3, 6, 100, 200, 300 y 600 rpm. Este viscosímetro es el más usado.

La temperatura máxima de operación es de 120 para fluidos poliméricos y 150 para fluidos emulsión inversa. Si un fluido se eleva a mayor temperatura debe usarse un cilindro interior de metal sólido o uno hueco con el interior completamente seco. El líquido atrapado dentro de un cilindro interior hueco puede vaporizarse cuando se sumerge en fluidos de alta temperatura y causar que explote.

Figura No 7. Viscosímetro FANN.



Procedimiento para determinar la viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto de cedencia:

1. Colocar la muestra recién agitada dentro de un vaso térmico y ajustar la superficie del lodo al nivel de la línea trazada en la manga de rotor.
2. Calentar o enfriar la muestra hasta la temperatura de operación. Agitar a 600 rpm mientras se ajusta la temperatura.
3. Con la manga del rotor girando a 600 rpm, espere a que la lectura del disco alcance un valor fijo, anote la lectura obtenida a 600rpm. (Cambiar las velocidades solamente cuando el motor está en marcha).

4. Ajustar el conmutador a la velocidad de 300 rpm. Esperar que el cuadrante indique un valor constante y registrar el valor indicado para 300 rpm.

5. Para registrar el valor indicado a 3, 6, 100, 200 rpm se realiza el mismo procedimiento que en el punto 4 con sus respectivas revoluciones por minuto.

6. Viscosidad plástica en centipoise = indicación a 600 rpm menos indicación a 300 rpm.

7. Punto Cedente en  $\text{lb/ft}^2$  = indicación a 300 rpm menos viscosidad plástica en centipoise. 8. Viscosidad aparente en centipoise = indicación a 600 rpm dividida por 2.

Procedimiento para determinar el esfuerzo gel:

1. Agitar la muestra a 600 rpm durante aproximadamente 10 segundos.

2. Apagar el motor y permitir que el lodo permanezca en reposo durante 10 segundos pasado el tiempo de reposo se agita la muestra a una velocidad de 3 rpm, la lectura máxima leída es el valor de la fuerza de gel inicial (gel a 10 segundos) en  $\text{lb/100ft}^2$ .

3. Repetir las etapas del 1 al 3, dejando un tiempo de 10 minutos de reposo, reporte la lectura máxima leída como gel a 10 minutos en  $\text{lb/100ft}^2$ .

Todos los resultados de las lecturas a diferentes rpm (L600, L300, L200, L100, L6, L3) se expresan en cp.

- Viscosidad aparente (cp)
- Viscosidad plástica (cp)
- Punto de cedencia (lb/100ft<sup>2</sup>)
- Gelatinosidad (lb/100ft<sup>2</sup>)

#### **6.4 Evaluación de fases dispersa y continua (retorta).**

Las dos fases que forman los sistemas coloidales se distinguen por los términos de fase dispersa, para la fase que forman las partículas, y fase continua al medio en el cual se encuentran distribuidas. En términos más técnicos, un coloide es una dispersión de partículas muy finas de un sistema en el seno de otro.

El instrumento llamado retorta proporciona los medios para separar y medir los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra de lodo ya sea base agua o base aceite.

En la retorta se sabe el volumen de una muestra de lodo debido a que esta es calentada para vaporizar los componentes líquidos los cuales son condensados y recolectados en un receptor graduado. El volumen total de sólidos (suspendidos y disueltos) es obtenido por la diferencia (volumen total de la muestra, menos el volumen del líquido). El conocimiento del contenido de agua, aceite y sólidos es fundamental para el control adecuado de las propiedades del lodo tales como: relación aceite / agua, reología, densidad, filtración y salinidad de la fase acuosa. El conocimiento de los sólidos en un lodo base aceite es esencial para la evaluación del equipo de control de sólidos.

Instrumento retorta con accesorios:

1. Taza de muestra
2. Condensador de líquidos
3. Elemento de calentamiento
4. Colector del líquido (probeta)
5. Lana de acero fina
6. Grasa de silicón para altas temperaturas limpiador de tubería
7. Espátula con forma de cuchilla
8. Agente antiespumante

Figura No 8. Retorta.



Procedimiento que se sigue para determinar el contenido de aceite, agua y sólidos:

1. Asegurar de que la copa de la retorta para la muestra, el tubo del condensador y el recipiente del líquido estén limpios, secos y fríos a su uso previo.
2. Tomar una muestra de lodo y pasarlo por la malla 20 del embudo marsh para eliminar material de pérdida de circulación, recortes grandes o partículas.
3. Lubricar las cuerdas de la copa de la muestra y el tubo del condensador con una cantidad ligera de grasa de silicón. Esto previene que se pierda vapor a través de las roscas, facilita el desensamble del equipo y limpieza al final de la prueba.

4. Empacar ligeramente un anillo de fibra de acero en la parte superior interna de la cámara. Usar solamente la cantidad suficiente de esta para evitar que los sólidos pasen al colector de líquidos (esto es determinado por la experiencia).

5. Llenar la copa de la retorta con la muestra de lodo libre de gas.

6. Colocar con cuidado la tapa sobre la copa y dejar que el exceso de muestra salga por el agujero de la tapa, para asegurar el volumen correcto de muestra.

7. Con la tapa mantenida firmemente en su lugar, limpiar el exceso de lodo, asegurarse de que la cuerda de la tapa este todavía cubierta con la grasa de silicón y que el agujero de la tapa no este tapado.

8. Enroscar la copa en la cámara de la retorta con su condensador.

9. Colocar el recipiente del líquido, limpio y seco debajo del tubo de descarga del condensador.

10. Calentar la retorta y observar la caída del líquido por el tubo del condensador.

Continuar calentando durante 10 minutos más a partir del tiempo e que no se obtenga más condensado líquido.

11. Remover el receptor del líquido de la retorta. Verificar si hay sólidos en el líquido recuperado. Si es así el lodo entero ha hervido sobrepasando el excedente de la copa y la prueba deberá repetirse. 12. Leer el volumen de agua y aceite recibido después de que se enfrió a temperatura ambiente. Registrar los volúmenes (o por ciento de volumen) de agua y aceite colectado.

## 6.5 Capacidad filtrante (prensa filtro API).

Prueba a baja presión y baja temperatura, el equipo utilizado para esta prueba es una prensa de filtrado, consiste generalmente de una celda cilíndrica para el lodo, la cual tiene un diámetro de 3 pulgadas y una altura no más de 2.5 pulgadas.

Procedimiento para determinar el filtrado API:

1. Debe de estar seguro cada parte de la celda, particularmente de la malla, la cual debe de estar limpia y seca; las juntas no deben de estar deformadas o gastadas. Verter la muestra de lodo dentro de la celda a menos de 1/2 pulgada (13mm) de la tapa (para reducir al mínimo la contaminación del filtrado con CO<sub>2</sub>) y completar el ensamblado con el papel filtro en su lugar.

2. Colocar el cilindro graduado bajo el tubo de drenar para recibir el filtrado. Cerrar las válvulas de descarga y ajustar el regulador para aplicar una presión de 100 psi  $\pm$  5 (690 KPa  $\pm$  35) en 30 segundos o menos. El periodo de la prueba comienza en el instante en el que se aplica la presión.

3. Al cabo de 30 minutos medir el volumen del filtrado. Cerrar el flujo en el regulador de la presión y abrir la válvula de descarga cuidadosamente.

4. Reportar el volumen de filtrado en centímetros cúbicos (a 0.1 cm<sup>3</sup>) como filtrado API y la temperatura inicial del lodo en °F (°C). Guardar el filtrado para realizar pruebas químicas posteriormente.

5. Quitar la celda del armazón asegurándose primero de que se halla liberado primero toda la presión. Usar la más extrema precaución para liberar el papel filtro con un mínimo de alteración del enjarre, desarmar la celda y desechar el lodo. Lavar el enjarre sobre el papel con una corriente ligera de agua.

6. Medir y reportar el espesor del enjarre el cual debe de estar cercano a 1/32 de pulgada. (0.8mm).

7. Aunque las descripciones del enjarre son subjetivas, tales notaciones como duro, suave, resistente, elástico, firme etc., puede dar una información importante sobre la calidad del enjarre.



Reportar el volumen de filtrado en centímetros cúbicos (a 0.1 cm<sup>3</sup>) como filtrado API y la temperatura inicial del lodo en °F (°C).

Figura No 9. Prensa filtro API.



## **6.6 Condiciones para su elaboración y aplicación.**

### **Materiales y aditivos**

- Los materiales sólidos no solubles para su integración en el medio portador deben estar necesariamente pulverizados, los solubles pueden estar en grano fino o grajeas.
- Los medios continuos en el caso de aceites o gases no deben tener bajos puntos de ebullición y de ignición para evitar siniestros.
- Si el medio portador lo constituye el agua debe estar desprovisto de agentes patógenos, detergentes, aceites residuales, sales divalentes, ácidos y alcalinizantes. Es importante que este medio portador sea sometido a un previo análisis antes de su empleo para que los materiales aditivos químicos cumplan sus funciones requeridas de acuerdo a las necesidades operativas.
- La integración de los materiales se debe hacer bajo agitación continua.

## **Capítulo VII**

### **“Experimentación”**

## Capítulo VII Experimentación

### 7.1 Procedimiento.

En este capítulo nos enfocaremos a la simulación de un lodo de perforación con agua alcalinizada y con agua contaminada con detergente, en el cual se aplicarán tratamientos de limpieza del agua.

En esta experimentación nos enfocaremos en los tratamientos para la purificación del lodo de perforación.



### Materiales.

- Bentonita 40 gr (8%): Un mineral de arcilla que se compone principalmente de arcillas de tres capas, tales como la montmorillonita, y que es utilizado ampliamente como aditivo del lodo para control de filtración y viscosidad.
- Agua (500 ml): Es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno El agua de oxígeno; su fórmula molecular es  $H_2O$  y se trata de una molécula muy estable.

- Detergente: Sustancia procedente de aceites minerales que, sola o combinada con agua u otra sustancia, aumenta la eficacia del lavado.
- Báscula: Instrumento para pesar mediante la comparación del objeto que se quiere pesar con otro de peso conocido; en su forma más sencilla consiste en dos platos que cuelgan de una barra horizontal que está sujeta en su centro y permanece nivelada cuando alcanza el equilibrio; el objeto que se desea pesar se coloca en uno de los platos, y en el otro se van colocando pesas hasta nivelar horizontalmente la barra.
- Probeta: instrumento volumétrico que consiste en un cilindro graduado de vidrio borosilicatado que permite contener líquidos y sirve para medir volúmenes de forma exacta.
- Agitador: instrumento usado en los laboratorios de química que consiste en una varilla, regularmente de vidrio, que sirve para mezclar o revolver por medio de la agitación de algunas sustancias.
- Agitador mecánico: a veces llamado mezclador, es un dispositivo que se utiliza en los laboratorios para mezclar líquidos o preparar disoluciones y suspensiones.
- Embudo de Marsh: Un embudo de forma cónica, provisto de un tubo de diámetro pequeño en el extremo inferior a través del cual el lodo fluye bajo la presión de la gravedad. Una malla en la parte superior remueve las partículas grandes que podrían obstruir el tubo.
- Cronómetro: Un temporizador o minuterero es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo.
- Recipiente 800 ml: Contenedor de plástico o vidrio para almacenar sustancias.
- Sales (CaCo<sub>3</sub>),(NaCl): Las sales, compuestos químicos salinos, que incluyen tanto orgánicos como inorgánicos

- Vasos de precipitado: Un vaso de precipitado es un recipiente cilíndrico de vidrio borosilicatado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, sobre todo, para preparar o calentar sustancias, medir o traspasar líquidos.

- Balanza de lodos: Un dispositivo para medir la densidad (el peso) de lodo, cemento u otro líquido o lechada. La balanza para lodo se compone de un vaso para el lodo de volumen fijo con una tapa en un extremo de una barra graduada y un contrapeso en el otro extremo. Una pesa deslizante puede ser movida a lo largo de la barra y una burbuja indica cuando la barra está a nivel.

- Filtro de malla: Constan de una carcasa generalmente metálica, de forma cilíndrica que aloja en su interior al elemento filtrante.

El elemento filtrante está conformado por un soporte perforado metálico o plástico recubierto por una malla.

- Retorta: es un recipiente, generalmente de vidrio, que se usa en la destilación de sustancias. Consiste en una vasija esférica con un "cuello" largo inclinado hacia abajo. El líquido a destilar se pone en el vaso y se calienta.

- Filtro prensa: El filtro prensa es un sistema de filtración por presión. Es uno de los tipos de filtros más importantes usados para el desecado de lodos excedentes

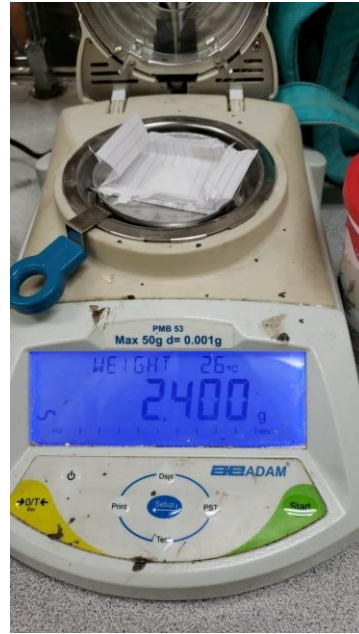
### **Procedimiento.**

1. En un recipiente colocamos 500 ml de agua,posteriormente agregamos una porción de detergente líquido.

2. Utilizaremos 8% de bentonita que es un total de 40 gr.

3. Medimos 40 gr de bentonita ,para agregar y no exista un pegamiento de sólido en las paredes del recipiente se agregará poco a poco el material mientras este es mezclado.

4. Dejamos mezclar durante 10 minutos.
5. Colocamos el lodo en reposo durante unos minutos.
6. Se coloca en la probeta el lodo de perforación y se realiza el cálculo de volumen de espuma.
7. Realizamos medición del volumen de espuma.
8. Medimos la viscosidad en el embudo de Marsh.
9. Medimos la viscosidad en la balanza de lodo.
10. Realizamos la separación de lodo en partes iguales, 80 ml en vasos de precipitado.
11. En el primer vaso dejamos la mezcla sin ningún tratamiento.
12. Segundo vaso: separación de espuma por medio de filtración.
13. 4 vasos siguientes le agregamos a cada uno diferentes tipos de sales, en los cuales se agregó 2.4 gr
14. Se realiza a una parte de la muestra una separación de espuma por el método físico donde se coloca un pedazo de manta de cielo.





## 7.2 Conclusiones.

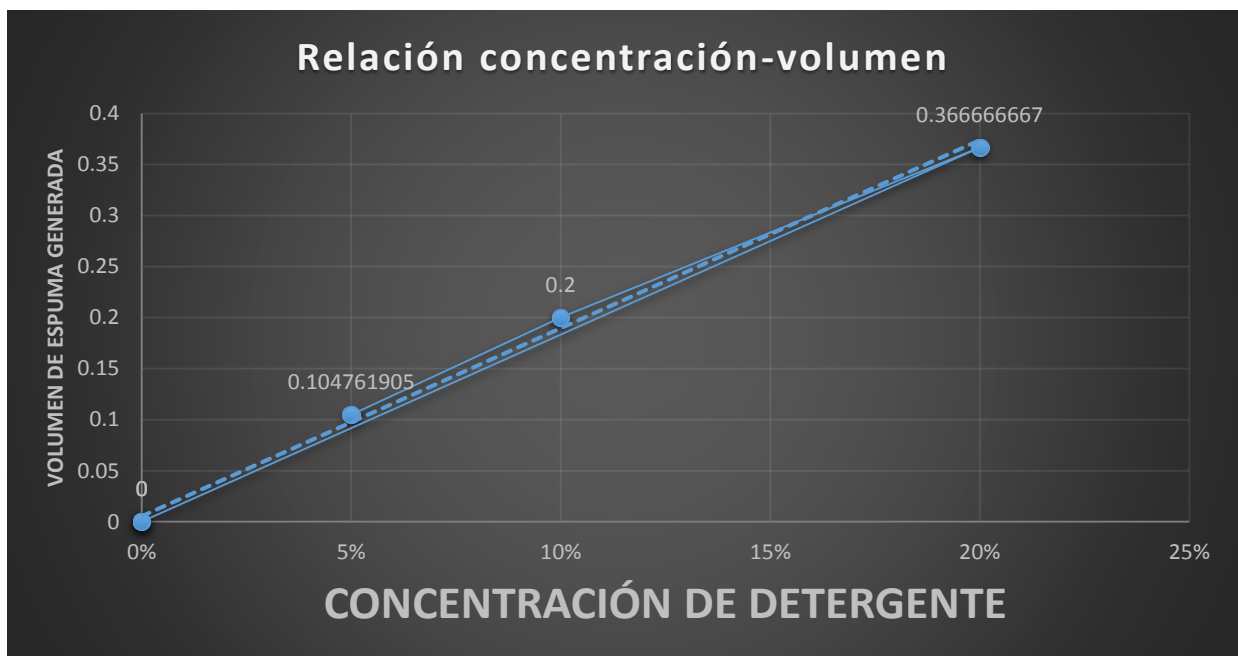
- En el agua contaminada con detergente pudimos observar generación de espuma la cual nos demostraba que la muestra estaba contaminada, por eso se aplicaron tratamientos.
- Al medir la viscosidad en el embudo de Marsh la espuma nos dio un tiempo de 1.54 segundos a comparación al lodo bentonítico al 8% en donde su tiempo fue de 24.5 segundos para 500 ml.
- En la balanza de lodos pudimos observar:

	Lodo <u>bentonítico</u> con agua alcalinizada	Lodo <u>bentonítico</u> con detergente
Balanza de lodos	1.3 gr/cc	Sin dato
Embudo de <u>Marsh</u>	24.5 segundos	1.54 segundos

- Pudimos observar una densidad tan pequeña que no se tuvo un dato en la medición.
- Para realizar los tratamientos químicos al realizar la filtración del lodo pudimos filtrar solo un 20% de la espuma total. Por eso vimos necesario implementar tratamientos químicos que sería agregarle agua dura, estos hacen una reacción de iones con el detergente lo que hace que este disminuya o se elimine.
- Las sales que agregamos fue sal, magnesio, calcio y cloruro de sodio.
- Con todas reaccionó, y se disminuyó el volumen de espuma.

Se puede observar en la siguiente tabla, los resultados de la misma metodología realizada 5 veces a 5 fluidos distintos, mostrando los siguientes resultados:

Concentración de detergente	Tipo de Fluido	Cantidad de Fluido	Volúmen de espuma generada
5%	LBBA	1 Lt.	0.104761905
10%	LBBA	1 Lt.	0.2
20%	LBBA	1 Lt.	0.366666667
0%	LBBA	1 Lt.	0
0%	H2O	1 Lt.	0



Donde:

- LBBA.- Lodo Bentonítico Base Agua
- H2O.- Agua

En la gráfica podemos observar que tanto aumento el volumen, observado en el lado izquierdo, considerando 1 = 100%, observando en la parte inferior de la gráfica la concentración de detergente utilizada.

Cabe mencionar que se utilizó jabón líquido de uso doméstico Axion, de la marca Colgate Palmolive, el cual tiene como ingrediente activo los tensoactivos anionicos (R10, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O, NH).

### **7.3 Observaciones.**

Al mezclar los 4 tipos de sales vimos que tuvo aún más reacción pero si solo tuviéramos un tipo de sal la que aplicaríamos ya que tuvo más reacción sería magnesio.

La espuma en el tratamiento físico no disminuye lo suficiente para solo realizar este tratamiento.

## **Conclusión**

Se puede concluir que en un pozo tenemos muchas problemáticas a la hora de realizar un fluido de perforación ya que no siempre se cuenta con los materiales adecuados para la elaboración de estos ,para eso se realizan diversos métodos para saber qué hacer en problemas a la hora de realizarlos.

El agua es fundamental en este trabajo ya que no siempre la encontramos en su estado más natural si no que encontramos llena de contaminantes en este caso detergente en cual para poder utilizarse de manera ideal se realizaron tratamientos los cuales pueden aplicarse en el pozo fácilmente.

Las propiedades descritas en la propuesta técnica de fluidos están sujetas a cambios en base al comportamiento del pozo y resolución de problemas que puedan surgir durante la perforación del mismo.

De acuerdo a lo dicho anteriormente cabe mencionar que la obligación principal del ingeniero de lodo es asegurarse que las propiedades del lodo sean correctas para el ambiente de perforación específico, así como también el análisis continuo de las propiedades del lodo, asegurando que los objetivos se cumplan.

Los fluidos de control requieren evaluación para determinar en qué etapas se pueden emplear de acuerdo a la naturaleza de la formación.

De igual manera es muy importante usar aguas tratadas, libres de sólidos y contaminantes para la elaboración de fluidos de control en el caso de los base agua.

## **Recomendaciones**

El aprovechamiento de agua previamente contaminada por espumas para la preparación de fluidos de perforación hará grandes cambios en el ambiente y en los costos totales de operación.

La mejor manera de no perder tiempo y dinero en la perforación es previniendo los problemas que pueden presentarse, como en los lodos de perforación que pueden presentar cambios en sus propiedades por causa de contaminantes y que para evitar estos problemas es necesario presentar alternativas de tratamientos para tener agua de calidad para su uso.