



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

**“PERFORACION Y REPARACION DE POZOS PETROLEROS CON  
FLUIDOS DE CONTROL BASE AGUA”**

**MEMORIA DE EXPERIENCIA LABORAL**

**PARA OBTENER**

**EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERIA QUIMICA**

**PRESENTA:**

**JOSE MANUEL GARCIA BOLAÑOS**

**ASESOR**

**M.C. RODOLFO RUIZ HERNANDEZ**

Noviembre 2007

**AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS**

POR EL MILAGRO DE LA VIDA QUE NOS DADA CADA DIA

**A MIS PADRES**

POR DARME LA VIDA Y LA OPORTUNIDAD DE SER UN HOMBRE

**A MI ESPOSA Y MIS HIJOS**

QUE SON EL MOTIVO PRINCIPAL DE MI EXISTENCIA Y QUE POR ELLOS ES ESTE LOGRO

**A MIS HERMANOS**

POR LA INFANCIA QUE PASAMOS JUNTOS

**A MI ASESOR Y AMIGO**

POR LAS ENSEÑANZAS DENTRO Y FUERA DE LAS AULA

**A LA FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y A LA U.M.SM.H.**

POR DARME LAS HERRAMIENTAS PARA ENFRENTAR LA VIDA LABORAL Y FORMAR UNA CARRERA PROFESIONAL DE CALIDAD

**A MIS AMIGOS**

POR SU AMISTADA Y APOYO EN LOS MOMENTOS PRECISOS

**A TODOS ELLOS**

MUCHAS GRACIAS POR FORMAR PARTE DE MI VIDA

**INDICE**

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	iv
<b>OBJETIVO</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>I.-INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 FLUIDOS DE PERFORACION.....	1
1.1.2 TIPOS DE FLUIDOS DE CONTROL.....	2
1.1.3.- FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.....	3
1.1.4 COMPOSICION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION A BASE AGUA.....	6
1.1.5 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.....	7
1.2 JUSTIFICACION.....	13
<b>II.-GENERALIDADES</b> .....	14
2.1 LA MATERIA.....	14
2.2.-QUÍMICA DE LAS ARCILLAS.....	15
2.2.1-TIPOS DE ARCILLAS.....	16
2.3.-QUÍMICA DE LOS POLÍMEROS Y SUS APLICACIONES.....	17
2.3.1-ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS.....	18
2.4.-SISTEMA DE CIRCULACION DE LODO.....	19
2.5.-FLUIDOS POLIMÉRICOS TRATADOS CON CALCIO (SISTEMA CALCICO).....	20

2.5.1.-PREPARACION (BAJO CAL).....	21
2.5.2.-CONVERSIÓN DE SISTEMA BASE AGUA A BASE CALCICA.....	22
2.5.3.-SOLUBILIDAD DEL CALCIO.....	23
2.6.-CONTAMINACION Y TRATAMIENTO DE LODOS A BASE DE AGUA.....	28
2.6.1-CONTAMINACION CON CALCIO.....	28
2.6.2-CONTAMINACION DE YESO O ANHIDRITA.....	28
2.6.3-CONTAMINACION CON CEMENTO.....	29
2.6.4-CONTAMINACION CON SÓLIDOS.....	30
2.6.5-CONTAMINACION POR ALTAS TEMPERATURAS.....	30
2.6.6-CONTAMINACION CON GAS.....	31
2.6.7-CONTAMINACION CON CARBONATOS Y BICARBONATOS.....	31
2.7.-TRATAMIENTO DE LOS FLUIDOS BASE AGUA CONTAMINADOS.....	32
<b>III.-FORMULACION Y APLICACIÓN DE FLUIDOS DE CONTROL.....</b>	<b>35</b>
3.1.-PROCEDIMIENTO DE CONVERSION.....	35
3.2.-APLICACIÓN DEL SISTEMA.....	36
<b>IV.-ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>V.-CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>VI.-BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>46</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>48</b>

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1.-Concentraciones de materiales para lodo cálcico de baja concentración.....	21
Tabla 2.-Propiedades para lodo cálcico de baja concentración.....	21
Tabla 3.-Alcalinidades para diferentes contenidos de concentración de cal.....	23
Tabla 4.-Estabilidad química del lodo en función de las alcalinidades.....	32
Tabla 5.-Contaminantes y tratamiento.....	33
Tabla 6.-Materiales y concentraciones para lodo cálcico.....	36
Tabla 7.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 517.....	39
Tabla 8.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 408 con TR's.....	40
Tabla 9.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 408 agujero descubierto.....	40
Tabla 10.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 527..	41
Tabla 11.-Alcalinidades para estabilidad química del lodo.....	57
Tabla 12.-Descripción de las columnas geológicas y tipo de formación presente.....	60

**LISTA DE FIGURAS**

Fig.1.- Equipo terrestre de perforación de pozos.....	13
Fig.2.- Sistema de circulación (ciclo del lodo).....	19
Fig.3.-Mecanismo de reacción para lodos con alta viscosidad por exceso de cemento.....	25
Fig.4.-Mecanismo de reacción para la eliminación de bicarbonatos con sosa y cal.....	25
Fig.5.- Mecanismo de reacción para tratamiento de lodo con yeso.....	26
Fig.6.-Mecanismo de reacción para precipitar bicarbonatos en un medio alcalino.....	27
Fig.7.-Equipo marino de perforación de pozos (plataforma).....	35
Fig.8.- Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 517.....	42
Fig.9.- Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 408 para TR 5”.....	42
Fig.10.-Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 408 agujero descubierto 4 1/8”..	43
Fig.11.-Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 527 TR 20”.....	43
Fig.12.-Diferentes tipos de balanzas para la densidad del lodo.....	49
Fig.13.-Embudo Marsh, jarras de plástico y acero inoxidable.....	50
Fig.14.-Viscosímetro de indicación directa típico.....	51
Fig.15.-Filtros prensa y accesorios.....	52
Fig. 17.- Retorta para determinar sólidos, aceites y agua.....	53
Fig.17.-Kit para contenido de arena.....	54
Fig.18.-Kit de azul de metileno.....	54
Fig. 19.-Medidor de pH.....	55
Fig.20.-Kit de análisis químicos.....	57
Fig.21.-Kit para cloruros.....	58
Fig. 22.-Kit para la determinación de calcio.....	58

## **OBJETIVO**

El objetivo principal es aplicar los conocimientos de la Ingeniería Química a los fluidos de control base agua en la perforación y reparación de pozos petroleros con el fin de hacer producir los yacimientos en el menor tiempo y el menor desgaste de equipos.

## **RESUMEN**

La perforación de pozos petroleros se ha hecho desde tiempos ancestrales pero las técnicas y operaciones han evolucionado, así mismo; por igual los fluidos de perforación han tenido cambios.

El desempeño del ingeniero químico en el campo de la perforación de pozos, es la aplicación de las teorías de los fluidos; además de realizar formulaciones para su aplicación y tener una mejor operación en la perforación y mantenimiento de pozos petroleros, así como realizar los balances de masa requeridos para realizar ajustes a los fluidos durante la operación, ya que; por efectos de temperatura, presión, fricción y otros factores, los materiales llegan a sufrir contaminaciones y/o degradación, para lo cual se realizan análisis y se da el tratamiento necesario para mantener dentro de los parámetros requeridos el fluido de control.

La finalidad es que se conozcan los aspectos del ingeniero químico en la industria petrolera, más específico en el área de fluidos que se refiriéndose a la perforación y reparación de pozos petroleros.

## I.-INTRODUCCION

### 1.1 ANTECEDENTES

#### 1.1.1 FLUIDOS DE PERFORACION

Fluido es una sustancia capaz de fluir y que se deforma continuamente al ser sometido a una fuerza externa, adaptándose a la forma del recipiente que lo contenga. Los fluidos pueden dividirse en líquidos y gases, existiendo entre ellos únicamente dos diferencias esenciales:

- Los fluidos ocupan un volumen definido y tienen superficies libres, no así los gases que se expansionan hasta ocupar todas las partes del recipiente que los contenga.
- Los fluidos son prácticamente incomprensibles y los gases comprensibles.

Los fluidos durante las labores de perforación de un pozo, son denominados como fluidos de perforación, este término está restringido a los fluidos que son circulados a través del espacio anular y cumplen con los requisitos mínimos de eficiencia de limpieza y seguridad durante la perforación de un pozo.

El término “**Fluido de perforación**” incluye gas, aire, petróleo, agua y suspensión coloidal a base agua y arcilla. Los fluidos usados en la perforación rotatoria que inicialmente fueron tomados como medio para transportar los recortes de las rocas a la superficie, son considerados ahora como uno de los factores más importantes para evitar fallas en las operaciones de perforación. Además de su cualidad de transportar los recortes a la superficie, los fluidos de perforación deben cumplir con otras funciones de igual importancia y directamente relacionada con la eficiencia, economía y total computación de la operación de perforación por esta razón la composición de los fluidos de perforación y sus propiedades resultantes están sujetas a muchos estudios y análisis.

Atendiendo a las necesidades, los fluidos de perforación deben poseer la capacidad de tener propiedades físicas y químicas que le permitan adaptarse a una gran variedad de condiciones, para satisfacer las funciones más complejas, por ello se ha requerido que la composición de los fluidos sea más variada y que sus propiedades estén sujetas a mayor control. Esto ha traído como consecuencia el incremento del costo de los fluidos de perforación.

### 1.1.2 TIPOS DE FLUIDOS DE CONTROL

Los fluidos de control (mejor conocidos como lodos), se dividen en:

- Lodos base agua
- Lodos base aceite
- Lodos de baja densidad (fapx) emulsión directa
- Salmueras (sódicas, cálcicas)

#### **LODOS BASE AGUA**

En este tipos de fluidos son como su nombre lo indica la base es agua que es la fase dispersa, en la cual; todos los materiales son agregados y son los fluidos más baratos por estar diluidos en agua que es el solvente universal y el más económico.

Entre estos fluidos se encuentran los bentoníticos (lodo base), poliméricos, dispersos, inhibidos, espumados, etc. Estos fluidos se utilizan al inicio de la perforación y primeras etapas en donde la temperatura no es elevada, las arcillas no son tan reactivas y en etapas de zonas productoras para evitar daños a la formación [1].

#### **LODOS BASE ACEITE**

Este tipo de fluidos son los más costosos ya que están hechos a base de aceite que es la fase dispersa en un porcentaje arriba de 75% y el resto lo conforma la fase discontinua, compuesta de la salmuera que forma parte de el lodo y que es donde se encuentran algunos materiales que le dan propiedades necesarias para que trabaje de manera efectiva, además de que los materiales son más caros porque la arcilla es modificada para que pueda trabajar en un medio aceitoso; y de los emulsificantes y polímeros a utilizar lo que eleva de manera considerable su costo.

Se utiliza en etapas donde la temperatura es muy elevada, ya que es muy estable a temperaturas altas y no como en el caso de los fluidos base agua o en formaciones es muy reactiva (arcillas jumbo o muy plásticas), y en este caso se recomienda utilizar este fluido

#### **LODOS BAJA DENSIDAD (FAPX)**

Este tipo de fluidos es más común en la reparación de pozos ya que es una emulsión directa en donde únicamente es agua, diesel y un emulsificante. Es un fluido libre de sólidos ya que por lo regular es para zonas productoras y así se evitan daños a la formación y únicamente se utiliza para limpiar el agujero y mantener la sarta de trabajo porque es de una densidad menor a 1.0 y viscosidades altas (arriba de 600 seg de viscosidad Marsh).

## SALMUERAS

Las salmueras son utilizadas en pozos de reparación o bien en el lavado y/o terminación de un pozo de perforación, son llamados fluidos limpios porque no contienen una cantidad elevada de sólidos y por su aspecto limpio (blanco), estos de los fluidos más costosos por la sal utilizada y por el mantenimiento que se le debe dar [1].

### 1.1.3.- FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.

Las principales funciones de un fluido de perforación son 8 y son las siguientes:

**a) Transportar los recortes de perforación del fondo del pozo hacia la superficie**

La habilidad para sacar partículas de diversos tamaños fuera del pozo es una de las funciones más importantes de un fluido de perforación. En la perforación de una formación, los cortes hechos por la mecha, o en algunos casos, pedazos de la formación provenientes de las paredes del pozo al ocurrir algún derrumbe, deben ser continuamente evacuados desde el pozo hasta la superficie. El cumplimiento de esta función dependerá de los siguientes factores:

- Densidad de fluido.
- Viscosidad del fluido.
- Viscosidad del fluido en el anular.
- Velocidad anular.
- Densidad de los cortes.
- Tamaño de los cortes.

En la mayoría de los casos, el mantener una velocidad anular suficiente da como resultado un movimiento neto hacia arriba de los cortes. Cuando la capacidad de la bomba es baja para proveer una velocidad anular suficiente para levantar los cortes, un incremento en la viscosidad del lodo, particularmente por el incremento del punto cedente, debe resultar en una mejor limpieza del hoyo.

Cuando la velocidad de asentamiento de las partículas es mayor que la velocidad anular, las partículas tienden a asentarse en el pozo ocasionando múltiples problemas. Para disminuir la velocidad de asentamiento de las partículas es necesario aumentar la viscosidad del lodo, reflejándose esto en un aumento de presión de funcionamiento de las bombas para mantener un caudal establecido, lo cual produce una alta contrapresión capaz de ocasionar pérdidas de circulación. Es recomendable, que antes de incrementar la viscosidad se consideren todos los posibles problemas que se pueden inducir.

Otra forma de disminuir la velocidad de asentamiento de las partículas es mediante el incremento de la densidad del fluido, ya que esto trae como consecuencia un efecto de flotación mayor sobre las partículas.

**b) Enfriar y lubricar la barrena y la sarta de perforación.**

La fricción originada por el contacto de la mecha o barrena y de la sarta de perforación con las formaciones genera una cantidad considerable de calor. Los lodos deben tener suficiente capacidad calorífica y conductividad térmica para permitir que el calor sea recogido del fondo del pozo, para transportarlo a la superficie y disiparlo a la atmósfera.

Es mínima la posibilidad de que este calor se elimine por conducción a través del subsuelo, en consecuencia debe eliminarse por el fluido circulante. El calor transmitido desde los puntos de fricción al lodo es difundido a medida que éste alcanza la superficie. En menor grado el lodo por sí mismo ayuda a la lubricación. Esta lubricidad es aumentada mediante el uso de emulsionantes, o aditivos especiales que afectan la tensión superficial. La capacidad lubricante es demostrada por la disminución de la torsión de la sarta, aumento de la vida útil de la mecha, reducción de la presión de la bomba, etc.

Con el uso cada vez más frecuente de las barrenas con cojinetes autolubricados, el efecto de la lubricidad de los lodos se manifiesta principalmente en la fricción de la sarta de perforación con las paredes del pozo.

**b) Prevenir el derrumbamiento de las paredes del pozo y controlar las presiones de las formaciones perforadas.**

Un buen fluido de perforación debe depositar un enjarre que sea liso, delgado, flexible y de baja permeabilidad. Esto ayudará a minimizar los problemas de derrumbes y atascamiento de la tubería, además de consolidar la formación y retardar el paso de fluido hacia la misma, al ejercer una presión sobre las paredes del pozo abierto.

Normalmente, la densidad del agua más la densidad de los sólidos obtenidos durante la perforación es suficiente para balancear la presión de la formación en las zonas superficiales. La presión de la formación es la presión que tienen los fluidos en el espacio poroso y puede estimarse usando los gradientes de la formación. La misma se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PF: Gradiente de formación (psi/pies) * Profundidad (pies)}$$

Siendo los gradientes normales **0.433 psi / pie** para el agua dulce y **0.465 psi/pie** para el agua salada.

La presión hidrostática es la presión debida a la columna de fluido. La ecuación para el cálculo de presión hidrostática está definida por:

$$PH = 0.052 \text{ psi} * \text{profundidad (pies)} * \text{densidad lodo (lpg)}$$

$$\text{pies} * \text{lpg}$$

Cuando la tubería se baja dentro del agujero, desplaza el fluido de perforación, haciendo que este suba a través del espacio anular entre la sarta de perforación y las paredes del agujero. Esto es análogo a la circulación del fluido y los cálculos de presión pueden ser obtenidos por medio de las fórmulas descritas anteriormente. El control de las presiones anormales requiere que se agregue al lodo, material de alta gravedad específica, como barita, para aumentar la presión hidrostática.

**c) Mantener en suspensión los recortes y el material densificante cuando se interrumpe la circulación.**

Las propiedades tixotrópicas del lodo, deben permitir mantener en suspensión las partículas sólidas cuando se interrumpe la circulación, para luego depositarlas en la superficie cuando esta se reinicia. Bajo condiciones estáticas la resistencia o fuerza de gelatinización debe evitar, en lodos pesados, la decantación del material densificante.

**d) Soportar parte del peso de la sarta de perforación o del revestidor.**

Con el incremento de las profundidades perforadas el peso que soporta el equipo de perforación, se hace cada vez mayor. El peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento en el lodo, es igual a su peso en el aire multiplicado por el factor de flotación.

$$\text{PESO TUBERIA} = \text{PESO TUBERIA (aire)} * \text{Factor de flotación}$$

Un aumento de la densidad del lodo conduce a una reducción del peso total que el equipo de superficie debe soportar.

**e) Prevenir daños a la formación.**

Además de mantener en sitio y estabilizada la pared del pozo para prevenir derrumbes; debe elegirse un sistema de lodo que dentro de la economía total del pozo, asegure un mínimo de modificación o alteración sobre las formaciones que se van perforando, no sólo para evitar derrumbes u otros problemas durante la perforación, sino también para minimizar el daño de la formación a producir que puede llevar a costosos tratamientos de reparación o pérdidas de producción. Es necesario que el lodo tenga valores óptimos en todas sus propiedades para obtener máxima protección de la formación, aunque a veces, algunas de ellas deban sacrificarse para obtener el máximo conocimiento de los estratos perforados.

Por ejemplo, la sal puede dañar un lodo y aumentar la pérdida de agua, no obstante, en otros casos se puede agregarse ex-profeso para controlar la resistividad y obtener una correcta interpretación de un perfil eléctrico.

**f) Facilitar la máxima obtención de información sobre las formaciones perforadas.**

La calidad del lodo debe permitir la obtención de toda la información necesaria para valorar la capacidad productiva de petróleo de las formaciones perforadas. Las características físico-químicas del lodo deben ser tales que puedan asegurar la información geológica deseada, la obtención de mejores registros y la toma de núcleos.

**g) Transmitir potencia hidráulica a la barrena.**

El fluido de perforación es un medio para transmitir la potencia hidráulica disponible a través de la barrena, ayudando así a perforar la formación y limpiar el fondo del agujero. La potencia debe ser considerada dentro del programa del lodo; en general esto significa que la tasa de circulación, debe ser tal que el rendimiento de la potencia óptima sea usada para limpiar la cara del agujero frente a la barrena.

Las propiedades del flujo del lodo: viscosidad plástica, punto cedente, etc., ejercen una considerable influencia sobre las propiedades hidráulicas y deben ser controladas en los valores apropiados. El contenido de sólidos en el lodo debe ser también controlado en un nivel óptimo para lograr los mejores rendimientos [2].

#### **1.1.4 COMPOSICION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION A BASE AGUA**

La mayoría de los fluidos de perforación son a base agua y forman un sistema constituido básicamente por las siguientes fases:

- **FASE LIQUIDA:** constituye el elemento de mayor proporción que mantendrá en suspensión de los diferentes aditivos que forman las otras fases. Esta fase puede ser agua o una emulsión.
  
- **FASE COLOIDAL O REACTIVA:** esta fase está constituida por la arcilla, que será el elemento primario utilizado para darle cuerpo al fluido. Se utilizan dos tipos de arcilla dependiendo de la salinidad del agua. Si el lodo es de agua dulce se utiliza montmorillonita, y para lodos elaborados con agua salada se utiliza una arcilla especial, cuyo mineral principal es la atapulgita.

- **FASE INERTE:** Esta fase está constituida por el material densificante que es la barita, el cual es el sulfato de bario pulverizado de alta gravedad específica. Los sólidos no deseables como la arena y sólidos de perforación, también se ubican dentro de esta fase.
- **FASE QUÍMICA:** está constituida por iones y sustancias en solución tales como dispersantes, emulsificantes, sólidos disueltos, reductores de filtrado, otras sustancias químicas, que controlan el comportamiento de las arcillas y se encargan de mantener el fluido según lo requerido por el diseño.

### **1.1.5 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.**

Durante la perforación de un pozo petrolero es de suma importancia el control de las propiedades físicas y químicas de los fluidos de perforación. Estas propiedades deben ser controladas de tal forma que el lodo proporcione un trabajo eficiente, en consecuencia se evalúan las propiedades del lodo para obtener. Estas propiedades son:

#### **a) DENSIDAD.**

Una de las principales propiedades del lodo es la densidad, cuya función es mantener los fluidos contenidos dentro del hoyo en el yacimiento durante la perforación. Adicionalmente, mantiene las paredes del pozo al transmitir la presión requerida por las mismas. La densidad máxima del lodo que se requiere en la perforación de un pozo, está determinada por el gradiente de presión. La presión de poro a una profundidad dada, muy frecuentemente excede la presión ejercida por el peso de la tierra, sobre la profundidad evaluada (presión de sobrecarga). Hay algunas variaciones en las presiones de sobrecarga asumidas en diferentes áreas de perforación. La presión de sobrecarga es tomada en la mayoría de las áreas como 1 psi/pie de profundidad.

Para prevenir la entrada de fluidos desde la formación al pozo, el lodo debe proveer una presión mayor a la presión de poros encontrada en los estratos a ser perforados. Un exceso en la densidad del fluido puede ocasionar la fractura de la formación con la consiguiente pérdida de fluido de control.

La capacidad de sostener y transportar los ripios en un lodo aumenta con la densidad. En el pasado, una gran cantidad de materiales fueron utilizados como agentes densificantes para el lodo, tales como barita, óxido de hierro, sílica amorfa, carbonato de calcio y arcillas nativas. De todos estos materiales en la actualidad es la barita la más utilizada debido a su bajo costo, alta gravedad específica y por ser inerte.

**b) REOLOGIA.**

Reología, es un término que denota el estudio de la deformación de materiales, incluyendo el flujo. En terminología de campo petrolero la frase propiedades de flujo y la viscosidad, son las expresiones generalmente usadas para describir las cualidades de un lodo de perforación en movimiento.

Por definición, viscosidad es la resistencia que ofrece un fluido a deformarse (a fluir). Los fluidos de perforación son tixotrópicos y una medida de viscosidad de un fluido de este tipo será válida únicamente para la tasa de corte a la cual la medida fue hecha. Han sido desarrolladas ecuaciones, que usan los valores medidos de viscosidad plástica, punto cedente y fuerza de gel para calcular las pérdidas de presión en la tubería de perforación y en el anular, y para estimar la velocidad de levantamiento de los cortes ( Modelo plástico de Bingham y Modelo Exponencial ).

La viscosidad de los fluidos de perforación, es una función de muchos factores, algunos de los cuales son:

- Viscosidad de la fase líquida continúa.
- Volumen de sólidos en el lodo.
- Volumen de fluido disperso.
- Número de partículas por unidad de volumen.
- Forma y tamaño de las partículas sólidas.
- Atracción o repulsión entre las partículas sólidas y entre sólidos y la fase líquida.

Entre las propiedades reológicas están:

**VISCOSIDAD PLASTICA.**

Es aquella parte de la resistencia a fluir causada por fricción mecánica. Esta fricción se produce:

- Entre los sólidos contenidos en el lodo.
- Entre los sólidos y el líquido que lo rodea.
- Debido al esfuerzo cortante del propio líquido.

En general, al aumentar el porcentaje de sólidos en el sistema, aumentará la viscosidad plástica. El control de la viscosidad plástica en lodos de bajo y alto peso es indispensable para mejorar el comportamiento reológico y sobre todo para lograr altas tasas de penetración. Este control se obtiene por dilución o por mecanismos de control de sólidos.

### **VISCOSIDAD APARENTE.**

Se define como la medición en centipoises que un fluido Newtoniano debe tener en un viscosímetro rotacional, a una velocidad de corte previamente establecida, y que denota los efectos simultáneos de todas las propiedades de flujo.

### **RESISTENCIA A LA GELATINIZACION.**

Entre las propiedades del lodo, una de las más importantes es la gelatinización, que representa una medida de las propiedades tixotrópicas de un fluido y denota la fuerza de floculación bajo condiciones estáticas.

La fuerza de gelatinización, como su nombre lo indica, es una medida del esfuerzo de ruptura o resistencia de la consistencia del gel formado, después de un período de reposo. La tasa de gelatinización se refiere al tiempo requerido para formarse el gel. Si esta se forma lentamente después que el lodo está en reposo, se dice que la tasa de gelatinización es baja y es alta en caso contrario. Un lodo que presenta esta propiedad se denomina tixotrópico. El conocimiento de esta propiedad es importante para saber si se presentarán dificultades en la circulación.

El grado de tixotropía se determina midiendo la fuerza de gel al principio de un período de reposo de 10 segundos, después de agitarlo y 10 minutos después. Esto se reporta como fuerza de gel inicial a los 10 segundos y fuerza de gel final a los 10 minutos. La resistencia a la gelatinización debe ser suficientemente baja para:

- Permitir que la arena y el ripio sea depositado en el tanque de decantación.
- Permitir un buen funcionamiento de las bombas y una adecuada velocidad de circulación.
- Minimizar el efecto de succión cuando se saca la tubería y de pistón cuando se introduce la misma en el hoyo.
- Permitir la separación del gas incorporado al lodo.

Sin embargo, este valor debe ser suficiente para permitir la suspensión de la barita y los sólidos incorporados en los siguientes casos:

- Cuando se está añadiendo barita.
- Al estar el lodo estático.

### **PUNTO CEDENTE.**

Se define como la resistencia a fluir causada por las fuerzas de atracción electroquímicas entre las partículas sólidas. Estas fuerzas son el resultado de las cargas negativas y positivas localizadas cerca de la superficie de las partículas.

Generalmente, el punto cedente alto es causado por los contaminantes solubles como el calcio, carbonatos, etc., y por los sólidos arcillosos de formación. Altos valores del punto cedente causan la floculación del lodo, que debe controlarse con dispersantes.

### **c) PERDIDA DE FILTRADO.**

La pérdida de fluido es una de las propiedades del lodo con importancia fundamental en las operaciones de perforación o completación. Básicamente hay dos tipos de filtración: Estática y Dinámica. La estática ocurre cuando el fluido no está en movimiento, mientras que la dinámica ocurre cuando el lodo fluye a lo largo de la superficie filtrante. Como es de esperarse, ambos tipos ocurren durante la perforación de un pozo.

Durante el proceso de filtración estática, el enjarre aumenta de espesor con el tiempo y la velocidad de filtración disminuye por lo que el control de este tipo de filtración consiste en prevenir la formación de enjarres muy gruesos. Por otro lado la filtración dinámica se diferencia de la anterior en que el flujo de lodo a medida que pasa por la pared del pozo tiende a raspar el enjarre a la vez que el mismo se va formando, hasta que el grosor se estabiliza con el tiempo y la velocidad de filtración se vuelve constante, por lo que el control de este tipo de filtración consiste en prevenir una pérdida excesiva de filtrado a la formación.

Los problemas que durante la perforación se pueden presentar a causa de un control de filtración inadecuado son varios: Altos valores de pérdida de filtrado casi siempre resultan en agujeros reducidos lo que origina excesiva fricción y torque, aumentos excesivos de presión anular debido a la reducción en el diámetro efectivo del hueco como resultado de un enjarre muy grueso, atascamiento diferencial de la tubería debido al aumento en la superficie de contacto entre esta y la pared del agujero.

Las rocas altamente permeables permiten altas tasas de pérdida de fluido, y al contrario las formaciones menos permeables producirán tasas más bajas de pérdida de fluido. La mejor forma de controlar la filtración es controlando la permeabilidad del enjarre. El tamaño, la forma, y la deformabilidad de las partículas bajo presión son los factores más importantes a considerar. Las partículas pequeñas, delgadas y planas son mejores ya que forman un enjarre más compacto. La bentonita es el material cuyas partículas satisfacen adecuadamente estas especificaciones. Los contaminantes solubles disminuyen el rendimiento de la bentonita y originan altas filtraciones.

#### d) CONTENIDO DE SOLIDOS.

En un fluido de perforación existen sólidos deseables como la arcilla y la barita, y sólidos indeseables como recortes y arena, los cuales hay que eliminar del sistema. Para controlar en un mínimo los sólidos perforados se utilizan varios métodos, ya que es de suma importancia mantener el porcentaje de sólidos en los fluidos de perforación en los rangos correspondientes al peso del lodo en cuestión.

Los sólidos es uno de los mayores problemas que presentan los fluidos de perforación cuando no son controlados. La acumulación de sólidos de perforación en el sistema causa la mayor parte de los gastos de mantenimiento del lodo. Un programa adecuado de control de sólidos ayuda enormemente a mantener un fluido de perforación en óptimas condiciones, de manera que sea posible obtener velocidades de penetración adecuadas con un mínimo de deterioro para las bombas y demás equipos encargados de circular el lodo.

Algunos efectos de un aumento de los sólidos de perforación son:

- Incremento del peso del lodo.
- Alteraciones de las propiedades reológicas, aumento en el filtrado y formación de un enjarre deficiente.
- Posibles problemas de atascamiento diferencial.
- Reducción de la vida útil de la mecha y un aumento en el desgaste de la bomba de lodo.
- Mayor pérdida de presión debido a la fricción.
- Aumento de la presiones de pistoneo.

Aunque es imposible remover todos los sólidos perforados, con el equipo y las prácticas adecuadas, es posible controlar el tipo y la cantidad de los mismos en un nivel que permita una perforación eficiente.

Los sólidos de perforación se pueden controlar utilizando los siguientes métodos:

- Dilución.
- Asentamiento.
- Equipos mecánicos de control de sólidos.

La dilución consiste en añadir agua al lodo, para reducir los sólidos en el volumen considerado. Este método es el más costoso.

El asentamiento, consiste en pasar el lodo por un tanque o fosa de asentamiento en donde los sólidos puedan decantar. La eliminación por asentamiento se aplica esencialmente a los lodos de baja viscosidad y peso, y necesita un área relativamente grande para darle tiempo a las partículas a asentarse.

El tercer método de control de sólidos es a través de equipos mecánicos. Para esto se utiliza: Las zarandas, desarenador, limpiadores de lodo y centrífugas. Las zarandas o vibradores constituyen el medio primario para controlar los sólidos y consiste en hacer pasar el fluido por una malla que filtra solamente las partículas que tengan un diámetro menor que los orificios de la malla. Los desarenadores ofrecen un medio mecánico muy eficaz para remover los sólidos nativos y la arena del fluido de perforación y los limpiadores de lodo están diseñados para descartar todas las partículas mayores de 15 micrones [3].

## 1.2 JUSTIFICACION

La justificación del presente trabajo es la de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la licenciatura y aplicados en el campo de la perforación y reparación de pozos petroleros, donde se puede desarrollar dentro de esta industrias con amplias posibilidades de trabajar en otras partes del mundo; ya que en esta rama otorga la oportunidad de relacionarse con varios departamentos dentro de la perforación de pozos. Es a dar conocer como él ingeniero químico se desarrolla en el área de fluidos.

De los conocimientos mas aplicados son los balances de materia para balancear y mantener las propiedades física y químicas de los fluidos y en el tratamiento del mismo, ya que es de suma importancia saber y determinar el tipo de tratamiento que se aplicara con las cantidades adecuadas de material indicado, todo esto; debido al análisis que se le realiza de manera constante y de la interpretación de los resultados y de los reportes que se llevan.

Así mismo el conocimiento de la naturaleza química de los componentes y/o contaminantes y su comportamiento hidráulico, ya que; esto nos indicara si el funcionamiento del equipo de perforación es el optimo o si presenta deficiencias a causa de un mal acondicionamiento del fluido o fallas en el equipo de control de sólidos, esto nos generaría atrasos en las operaciones desgastes de equipos y herramientas de perforación (bombas de lodos, centrifugas, tubería de perforación, tubería de revestimiento, barrenas, herramientas especiales, etc.).

En este trabajo se abocara mas a los fluidos base agua tratados con cal (lodo cálcico), por representar el inhibidor más económico para el tratamiento químico de las arcillas de formación y el más fácil de comprender desde su composición química.



Fig.1.- Equipo terrestre de perforación de pozos.

## II.-GENERALIDADES

### 2.1 LA MATERIA

Los ingenieros de lodos manejan química todos los días. La química es el estudio de la materia, incluyendo su composición, sus propiedades, su transformación en, o reacción con, otras sustancias (reacciones químicas). La materia es algo que tiene masa y ocupa espacio. La masa es una medida de la cantidad de materia o la cantidad de material que algo contiene. La masa es una de las cantidades fundamentales sobre la cual todas las mediciones físicas están basadas. La masa causa que la materia tenga peso en un campo gravitacional e inercia cuando está en movimiento. El peso de algo es la fuerza de gravedad que actúa sobre una masa dada y es directamente proporcional a la masa las veces de fuerza gravitacional (aceleración). Las unidades comunes para masa son los gramos (g) y las libras-masa.

El volumen es una medida de la cantidad de espacio ocupado por la materia. Las unidades de volumen del campo petrolífero comunes son galones (gal), barriles (bbl), pies cúbicos (ft<sup>3</sup>), litros (l) y metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

La densidad es definida como la proporción de masa dividida por volumen. Las unidades de densidad de campo petrolífero comunes son libras por galón (lb/gal), libras por pie cúbico (lb/ft<sup>3</sup>), kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) y gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>). La gravedad específica es una expresión especial de densidad utilizada con frecuencia para líquidos y sólidos. Es la proporción de una densidad de sustancia dividida por la densidad de agua pura a una temperatura establecida, usualmente 4°C. Igualmente, la densidad de gases es seguidamente expresada como una “gravedad de gas”, o la proporción de la densidad de un gas particular dividida por la densidad de aire puro en condiciones estándares [4].

#### Clasificación de la materia

Todas las sustancias caen dentro de uno de tres estados físicos:

- Sólido
- Líquido
- Gas

Los **sólidos** tienen usualmente mayor densidad que los líquidos y los gases. Estos son sustancias que no son fluidas y, por lo tanto, no fluyen cuando se les aplica fuerza. Los sólidos no se conforman fácilmente a la forma de su contenedor.

Los **líquidos** generalmente tienen una densidad menor que los sólidos, pero mayor que los gases. Los líquidos se conforman fácilmente a la forma de su contenedor. Ambos, líquidos y gases, son fluidos que “fluyen” cuando una fuerza es aplicada.

Los **gases** no sólo se conforman a, sino que se expanden, para llenar su contenedor.

Todas las sustancias pueden también ser separadas en una o dos categorías:

- Homogénea (sustancias puras)
- Heterogéneas (mezclas de sustancias)

Un ejemplo de un material homogéneo sería la sal de mesa, en donde cada grano es idéntico en composición química. Un ejemplo de un material heterogéneo (no-uniforme) sería la grava de lecho de río; es una mezcla de rocas — de una variedad de fuentes — con diferentes composiciones químicas, apariencia y propiedades. Los fluidos de perforación y la mayoría de los materiales encontrados en la naturaleza son mezclas. Los materiales homogéneos (sustancias puras) se encuentran ocasionalmente en la naturaleza, pero con más frecuencia son fabricados por procesamiento para separar los materiales diferentes o para remover impurezas. Las sustancias puras pueden ser identificadas porque estas son homogéneas y tienen una composición uniforme, sin importar cómo estas están subdivididas o dónde fueron encontradas.

Las sustancias puras pueden ser separadas en una de dos categorías principales:

- Elementos
- Componentes

Los elementos no pueden ser separados (descompuestos) o subdivididos en sustancias más simples por métodos químicos ordinarios. Los elementos son los bloques de edificación básicos de todas las sustancias y tienen propiedades únicas. Los componentes pueden ser reducidos en dos o más sustancias más simples (ya sean elementos o grupos de elementos). Una sustancia pura es un componente si este puede ser subdividido en cuando menos dos elementos. Todos los componentes son formados por la combinación de dos o más elementos. Si una sustancia pura no puede ser separada en dos o más elementos, este debe ser un elemento.

## **2.2.-QUÍMICA DE LAS ARCILLAS**

Una comprensión total de las arcillas puede ser la herramienta más valiosa del ingeniero de lodos. Las arcillas pueden ser añadidas intencionalmente, o puede entrar en el lodo como un contaminante principal a través de la dispersión de los sólidos de perforación. En cualquiera de los casos, ésta se vuelve una parte activa del sistema. Por esta razón, es necesario entender la química básica de las arcillas para controlar adecuadamente los lodos con base agua. La química de las arcillas es también importante con relación a las interacciones entre los lodos de base agua y las pizarras que afectan la estabilidad del agujero.

La **arcilla** es un término vasto, comúnmente utilizado para describir sedimentos, tierras o rocas que consisten de partículas minerales extremadamente granulosas y finas y materia orgánica. Un buen ejemplo es la arcilla (o algunas veces llamada **arcillas jumbo** [pegajosas]) encontrada en el patio trasero o a lo largo de las orillas de los ríos. Estas arcillas son con frecuencia suaves y plásticas cuando están húmedas, pero se vuelven duras cuando están secas. Esta propiedad física, “suave cuando están húmedas, duras cuando están secas”, puede estar relacionada a la presencia de ciertos minerales de arcilla. La arcilla también se utiliza como un término de grupo para partículas con un tamaño menor a 2 micrones de diámetro, lo que incluye la mayoría de los minerales de arcilla. Los minerales de arcilla son minerales de silicato de aluminio de grano fino con microestructuras bien definidas. En la clasificación mineralógica, los minerales de arcilla están clasificados como silicatos en capas porque la estructura dominante consiste de capas formadas por láminas de sílica y alúmina. Las arcillas de las formaciones son inevitablemente incorporadas en el sistema de fluido de perforación durante las operaciones de perforación y pueden causar varios problemas. Así, los minerales de arcilla pueden ser benéficos o dañinos al sistema de fluidos.

El término **bentonita** es utilizado para la montmorillonita de sodio extraída comercialmente (que es una forma de esmectita) que es usada como un aditivo para el lodo de perforación. Geológicamente, la bentonita es un lecho de cenizas volcánicas alteradas. Uno de los mayores depósitos de esta ceniza volcánica ocurrió alrededor de 60 millones de años atrás en áreas de Norteamérica, hoy conocida como las Colinas Negras de Wyoming y Dakota del Sur, y las Montañas de Gran Cuerno de Wyoming. La arcilla de bentonita extraída en Wyoming proviene realmente de este lecho de bentonita depositado volcánicamente. La arcilla de bentonita extraída en otras áreas del mundo puede provenir de otros tipos de depósitos geológicos.

### **2.2.1-TIPOS DE ARCILLAS**

Existe un gran número de minerales de arcillas, pero aquellos con los que estamos involucrados en los fluidos de perforación pueden ser clasificados en tres tipos. El primer tipo son las arcillas que no se hinchan, en forma de agujas, como la atapulgita o sepiolita. Se cree que la forma de las partículas es la responsable por la habilidad de la arcilla para fabricar viscosidad. El tamaño de fino cristal natural y la forma de aguja causan que ésta fabrique una estructura de “escobilla” en suspensión y por tanto exhibe alta estabilidad coloidal aun en presencia de una alta concentración de electrolito. El segundo tipo son las arcillas no hinchables (o ligeramente hinchables), con forma de placa: ilita, clorita y kaolinita, discutidas posteriormente. El tercer tipo son las montmorillonitas altamente hinchables, con forma de placa.

El segundo y tercer tipo de minerales de arcilla son encontrados en las pizarras de formación, en el siguiente orden, en cantidades decrecientes: (1) ilita, (2) clorita, (3) montmorillonita y (4) kaolinita. Debido a que estas arcillas están presentes en las

formaciones perforadas, estas son dispersadas en el sistema de fluido de perforación en cantidades variantes. La montmorillonita en las pizarras es usualmente la montmorillonita de calcio, ya que está en equilibrio con el agua de formación, que es normalmente rica en calcio.

Normalmente, la montmorillonita de sodio es también añadida a un lodo para aumentar la viscosidad y reducir la pérdida de fluido. La filtración y propiedades reológicas del lodo se convierten en una función de las cantidades de varias arcillas contenidas en el lodo. Ya que la motmorillonita es intencionalmente añadida a un lodo para controlar estas propiedades, los otros tipos de arcilla pueden ser considerados contaminantes, ya que no son tan efectivas como la arcilla comercial.

Es relevante en este momento considerar también el efecto de pH sobre el rendimiento de bentonita. La mayoría de todos los lodos de perforación son tratados para ser alcalinos, por ejemplo, estos deben tener un pH arriba de 7. Una de las consideraciones primarias, ya que el pH no afecta la viscosidad, es la selección de la clasificación de pH más deseable para optimizar las propiedades reológicas del fluido de perforación. La viscosidad de una suspensión de bentonita es menor en la clasificación de pH de 7 a 9.5. esta es una razón de por qué la mayoría de los fluidos de perforación con base agua son corridos en esta clasificación. La dispersión aumentada de las arcillas resulta cuando el pH está arriba de 9.5, aumentando la viscosidad del fluido de perforación.

### 2.3.-QUÍMICA DE LOS POLÍMEROS Y SUS APLICACIONES

Los polímeros han sido utilizados en los fluidos de perforación desde 1930, cuando el almidón de maíz fue introducido con un aditivo de control de pérdida de fluido. Desde este momento, los polímeros se han vuelto más especializados y por lo tanto su aceptación ha aumentado. Hoy en día, realmente algunos sistemas son totalmente dependientes del polímero y son referidos ampliamente como sistemas de polímeros.

Un **polímero** es una molécula grande que se compone de unidades de repetición, idénticas y pequeñas. Las unidades recurrentes y pequeñas reciben el término *monómeros*. La polimerización ocurre cuando los monómeros son enlazados juntos para formar la molécula grande polímero. Los polímeros pueden tener pesos moleculares en los millones o pueden consistir de sólo unas pocas unidades de repetición.

Un amplio arreglo de polímeros está disponible actualmente. Algunos polímeros — como los almidones, por ejemplo — se originan de fuentes naturales. Otros, polímeros más especializados son polímeros naturales modificados, mientras que todavía otros polímeros más sofisticados se derivan de los sintéticos. El potencial ilimitado del desarrollo del polímero hace los polímeros aplicables a virtualmente cada función del fluido de perforación. Con la tecnología de los polímeros, es posible analizar una situación a un nivel

molecular y diseñar un polímero con las propiedades específicas para abordar la situación. Por esta razón, los polímeros tienen un futuro ilimitado en los fluidos de perforación.

### **2.3.1-ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS**

Las estructuras de los polímeros están clasificadas como lineares, ramificadas o de enlace cruzado. Los ejemplos se dan a continuación.

Lineal

Ejemplo:

CMC (Carboximetilo de celulosa), PHPA (Poliacrilamida Parcialmente Hidrolizada) y HEC (Hidroxiloetilo de celulosa)

Ramificado

Ejemplo: Almidón y goma xantan.

De enlace cruzado

Ejemplo: goma xantan de enlace cruzado.

Hay una posibilidad infinita de variaciones estructurales. Algunas de las posibilidades estructurales que afectan el desempeño de los polímeros están enlistadas a continuación.

- Tipo de monómero o monómeros.
- Peso molecular.
- Tipo y extensión de modificación química subsecuente en el polímero.
- Número de grupos de ramificaciones o enlaces cruzados en la cadena del polímero [5].

## 2.4.-SISTEMA DE CIRCULACION DE LODO

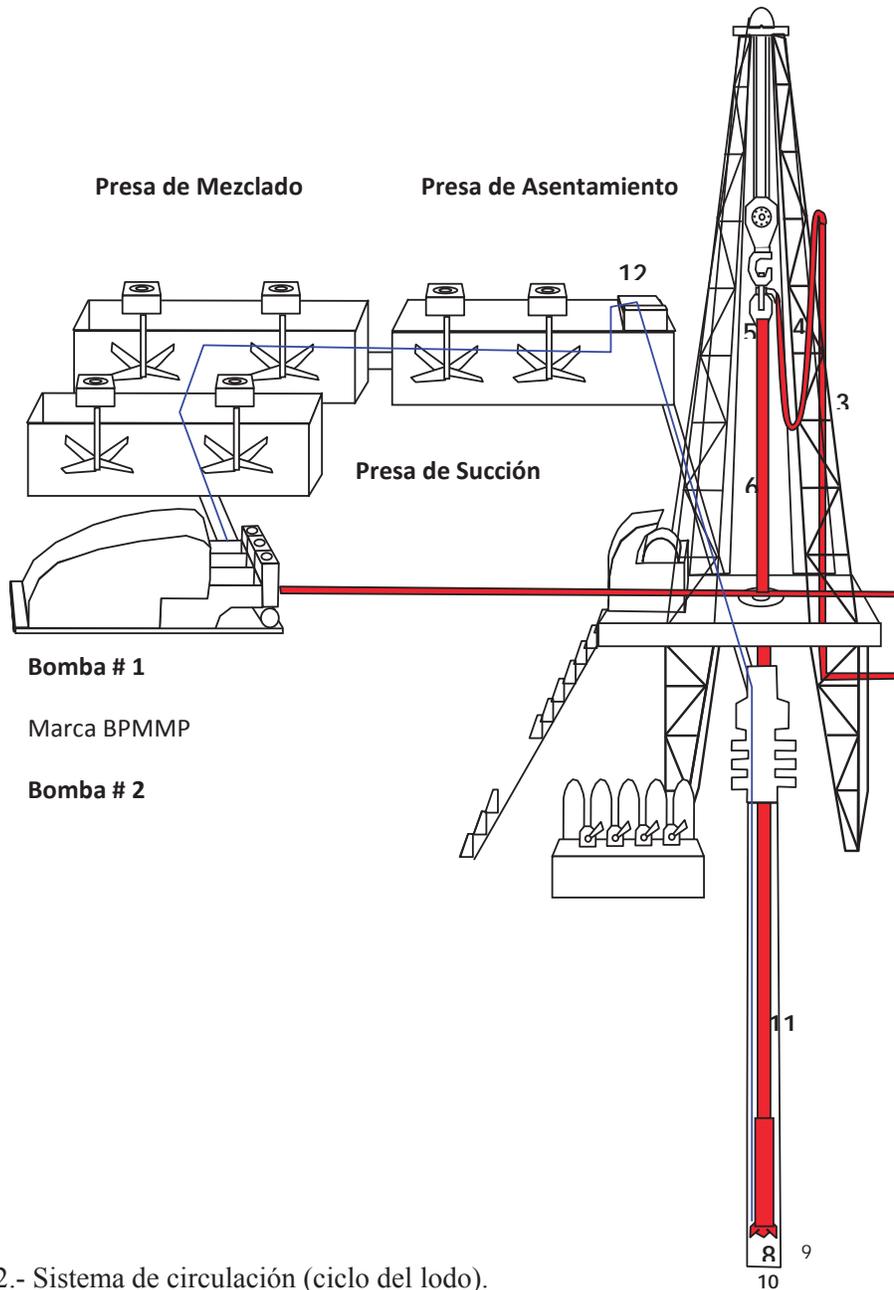


Fig.2.- Sistema de circulación (ciclo del lodo).

Utilizado para perforar en condiciones normales de sobrebalance, donde la formación no está fracturada y tiene gradientes de presión mayores de 1.03

En este sistema el fluido de perforación a usar puede ser diesel, emulsiones directas e inversas de agua y diesel, agua dulce, salmueras, mezclas de agua con arcilla y polímeros, etc. A todos estos fluidos es posible aumentar su densidad, desde su valor inicial (.90gr/cc el menor) hasta 2.40 gr/cc.

En este sistema el circuito de circulación consiste en llenar los depósitos denominados presas de lodos(1), con el fluido de perforación a utilizar, el fluido es succionado por las bombas de lodos(2), que lo envían al tubo vertical(3), que a través de la manguera de perforación(4) llega a la unión giratoria(5), pasando a través de la flecha(6), a la tubería de perforación(7), a través de la cual es conducido hasta la barrena(8), de la cual sale a través de los orificios denominados toberas(9), golpeando el fondo(10), captura los recortes, e inicia su ascenso a la superficie a través del espacio anular (11) entre el agujero escavado por la barrena y las tuberías de perforación, llegando a la superficie es filtrado en las zarandas vibratorias(12), donde se limpia de los recortes de roca, llegando nuevamente a las presas de lodos, cerrando el circuito

## **2.5.-FLUIDOS POLIMÉRICOS TRATADOS CON CALCIO (SISTEMA CALCICO)**

Unos de los más antiguos sistemas de Fluidos Inhibidos que se utilizo fue el sistema a base de Cal. Su tolerancia a los sólidos de perforación fue el instrumento por medio del cual gano amplia aceptación en un tiempo en el cual el control de sólidos era mucho menos efectivo que hoy. Permanecen en uso debido a su naturaleza inhibitoria y bajo costo. Los fluidos a base de cal utilizan el mismo principio de intercambio cationico encontrado en otros sistemas tratados con calcio, sin embargo, el calcio soluble se conserva a un valor mucho más bajo.

Alcalinidades más altas ajustadas con adiciones de sosa cáustica, suprimen la solubilidad del calcio en el filtrado haciendo posible controlar las propiedades del fluido en los rangos deseados. La cal se conserva en exceso en el fluido para reponer el calcio que se gasta en el intercambio iónico con los materiales arcillosos.

Los fluidos a base de cal se nombran generalmente bajo tres categorías: Baja Cal, Media Cal y Alta Cal, representando la cantidad de exceso de cal conservado en el fluido. Mientras que todos los rangos de los fluidos a base de cal son igualmente inhibidos, los de mayor cantidad de cal en el sistema son más tolerantes a los sólidos. Sin embargo, los rangos más bajos de cal hacen al sistema menos susceptible a la gelación por alta temperatura.

**2.5.1.-PREPARACION (BAJO CAL).**

<b>Bentonita</b>	<b>40 -- 60 Kg/M3</b>
<b>Sosa Cáustica</b>	<b>5 -- 9 Kg/M3</b>
<b>Reductor de Filtrado</b>	<b>11 – 18 Kg/M3</b>
<b>Dispersante</b>	<b>5 – 12 Kg/M3</b>
<b>Cal</b>	<b>9 – 15 Kg/M3</b>
<b>Barita</b>	<b>La necesaria</b>

Tabla 1.-Concentraciones de materiales para lodo cálcico de baja concentración.

Dependiendo de las condiciones del pozo y para ayuda del sistema se agregará algún aditivo lubricante para reducir el torque, estabilizador de arcillas y alguna Celulósica Polianionica para Viscosificar y Reducir Filtrado.

**PROPIEDADES FISICAS:**

VISCOSIDAD MARSH	38 – 42	SEGUNDOS
VISCOSIDAD PLÁSTICA	18 – 22	CENTIPOISES
PUNTO CEDENTE	6 – 12	LB/100 Ft <sup>2</sup>
FILTRADO API	4 – 8	ML
CALCIO SOLUBLE	80 – 200	PPM
PH	12	S/D
Pf	0.7 – 1.0 CC DE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.02N	
EXCESO DE CAL	2.8 – 6.00	Kg/M3

Tabla 2.-Propiedades para lodo cálcico de baja concentración.

**VENTAJAS:**

Los lodos tratados con calcio ofrecen ventajas con respecto a los lodos convencionales de agua dulce; debido a sus características inhibitorias, son capaces de mantener una baja viscosidad, baja resistencia de gel con alta tolerancia a los sólidos, por lo tanto soportan densidades altas manteniendo sus reologías bajas. Algunas ventajas importantes las mencionaremos tales como:

- Inhibición de Arcillas.
- Estable a Temperaturas de 150 °C
- No es afectado por Contaminaciones de Cemento.

- Resistente a la Sal y Agua Salada.
- Tolerante a los Sólidos Coloidales.
- Bajo Costo.
- Fácil Mantenimiento.

#### **AREAS DE USO:**

- Para Perforar Lutitas Tipo “GUMBO”
- Para Perforar Grandes Intervalos de Cemento.
- Para Estratos de Sal y Flujos de Agua Salada.
- Temperaturas de Fondo de 150 °C.

#### **ALCALINIDAD**

Durante la conversión de la sosa y los dispersantes se añaden al fluido con la adición del compuesto calcio con el propósito de reducir a un mínimo el espesamiento del lodo. La solubilidad del calcio se controlara variando la alcalinidad.

#### **CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS**

El grado de aumento de la viscosidad depende de la concentración de los sólidos así como del tipo de los sólidos, cuando mayor es el contenido de sólidos mayor es la viscosidad durante la conversión.

#### **2.5.2.-CONVERSIÓN DE SISTEMA BASE AGUA A BASE CALCICA**

La conversión de un sistema base agua a base cálcica nos permite tener un sistema inhibido que puede utilizarse en base a las necesidades en un sistema de baja media o alta concentración de la fuente de cal.

El efecto de la inhibición de sistema cálcico se refleja en un intercambio de iones sodio, propios de las arcillas o bentonitas comerciales por el ion calcio. Este desplazamiento iónico da al sistema una capacidad de inhibición de las arcillas perforadas, evitando su hidratación y haciendo más estables las propiedades reológicas del fluido de perforación.

Para que el sistema cálcico sea más funcional deberá acoplarse con un sistema integral de control de sólidos que permita tener una última instancia el menor porcentaje de sólidos y permita tener una última instancia el menor porcentaje de sólidos coloidales (MBT), además de tener como un sistema lubricante que evite los enbolamientos de la barrena. Se recomienda usarlo si la temperatura de fondo del intervalo a perforar no rebase los 150 °C para evitar que el lodo solidifique por el efecto de iones calcio. Se recomienda hacer la conversión en la zapata para amortiguar el efecto floculante de calcio sobre las arcillas de lodo.

Los lodos de calcio se dividen en categorías de contenido bajo, medio y alto de cal, según la cantidad de exceso de cal se selecciona en base a la severidad anticipada de la contaminación y según las prácticas locales. Las alcalinidades y concentraciones de exceso de cal típicas para las categorías de contenido bajo, medio y alto de cal, según la cantidad de exceso de cal que contienen. Este nivel de exceso de cal se selecciona en base a la severidad anticipada de la contaminación y según las prácticas locales. Las alcalinidades y concentraciones de exceso de cal típicas para las categorías de contenido bajo, medio y alto de cal están indicadas a continuación.

ALCALINIDADES		
Contenido bajo de cal	Pf (cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0.5 - 1
	Pm(cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.4 - 4.8
	Exceso de cal (lb/bbl)	0.5 - 1
Contenido medio de cal	Pf (cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1 -- 4
	Pm(cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4.8 - 19
	Exceso de cal (lb/bbl)	1 -- 4
Contenido alto de cal	Pf (cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4 -- 10
	Pm(cc 0.02N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	19 - 46
	Exceso de cal (lb/bbl)	4 - 9.4

Tabla 3.-Alcalinidades para diferentes contenidos de concentración de cal.

### 2.5.3.-SOLUBILIDAD DEL CALCIO.

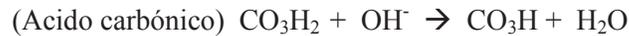
El calcio como cal, varía inversamente proporcional al pH

- Es prácticamente insoluble a un pH mayor de 12.5
- Pero es soluble a un pH bajo

Es decir, cuando solo se añade cal Ca(OH)<sub>2</sub> el pH no aumenta por encima de 12.5; pero cuando se añade sosa cáustica NaOH el pH aumenta por encima de 12.5 y el calcio soluble disminuye rápidamente, (es decir el NaOH y el calcio libre en el sistema al hidrolizarlo esto hace que el pH se balancee y no aumente). También mencionaremos que el hidróxido de calcio libre nos va a ayudar a amortiguar el pH cuando se encuentran gases ácidos como el CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono) o el H<sub>2</sub>S (ác. Sulfúrico); de esta manera el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S se comen la alcalinidad que nos brinda la cal Ca(OH)<sub>2</sub> libre o insoluble, y no se

come la alcalinidad que nos brinda el pH (nuestro medio alcalino). La solubilidad del calcio también está directamente relacionada con la salinidad o la concentración de Cl<sup>-</sup> (cloruros), por lo tanto, la concentración de calcio soluble en agua salado suele ser de 1.200 mg/lit y aumenta con la salinidad.

El CO<sub>2</sub> puede inducir al CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> a reacción con el agua:

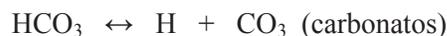


Una fuente de CO<sub>2</sub> es el agua utilizada para preparar el lodo: toda agua debe ser analizada para determinar CO<sub>2</sub>.

La cantidad de CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> y HCO<sub>3</sub> en el fluido depende del pH de lodo.

*Nota: el ion HCO<sub>3</sub> no puede existir a valores de pH mayores de 10.3 con un pH > 10.3 la concentración de los iones de (OH<sup>-</sup>) es suficientemente alta para formar una reacción cuyo resultado final será CO<sub>2</sub><sup>-3</sup> y agua.*

El CO<sub>2</sub> disuelto en H<sub>2</sub>O reacciona con ella para formar ácido débil o ácido carbónico: CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ↔ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (ác. Carbónico) no es tóxica pero sí corrosiva, y se le conoce como agua burbujeante gaseosa y pueden formarse los iones CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, HCO<sub>3</sub> en medio alcalino.



*Nota: el H<sub>2</sub>S puede ser tratado con NaOH con un pH alto y parte del sulfhídrico se transforma en sulfuro de Sodio y el CO<sub>2</sub> normalmente acompaña el sulfhídrico.*

- El cemento como Ca<sup>++</sup> desplaza al Na<sup>+</sup> de las plaquetas de arcilla
- Las arcillas cargadas negativamente se agrupan alrededor del Na<sup>+</sup> formando floculos
- El cemento nos brinda el ion OH<sup>-</sup> lo que hace que suba o se mantenga el pH al dar tratamiento con lignosulfonato
- Este efecto disminuye si el nivel de sólidos es baja
- Si se ha inhibido la hidratación de arcillas
- Si hay dispersantes activos

*Tratamiento:* dispersante lignosulfonato, NaOH para en dado caso aumentar el pH ( $< OH^-$ ) y de esta forma una alta concentración de hidróxidos suprimirá la tendencia del cemento de liberar  $Ca^{++}$ .

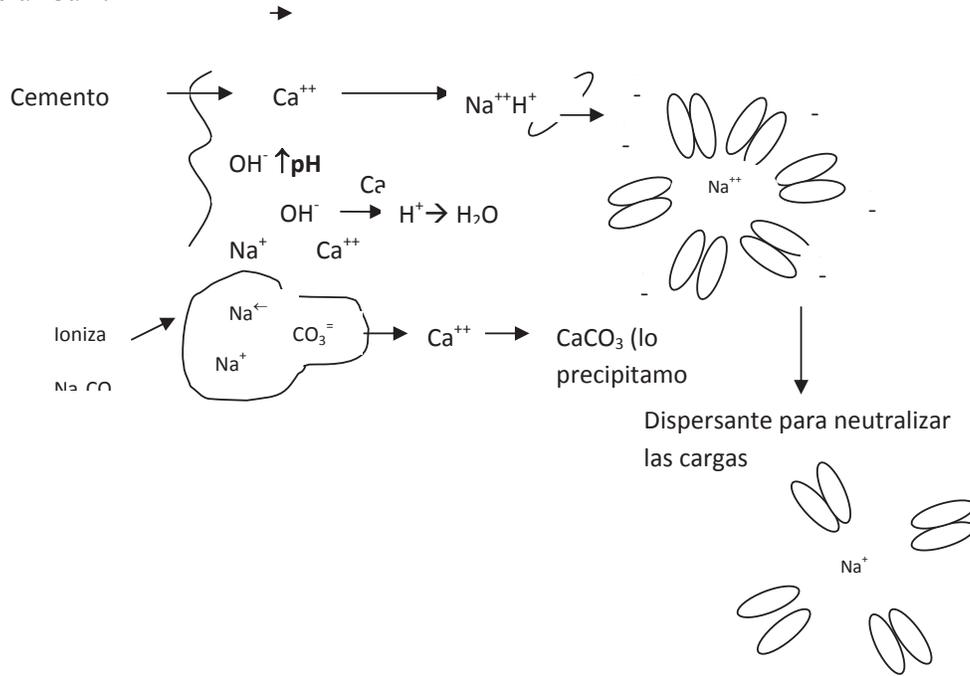


Fig.3.-Mecanismo de reacción para lodos con alta viscosidad por exceso de cemento

→  $Na_2CO_3$  para remover el ion calcio; este se ioniza en  $Na^+ \quad CO_3^{--}$ ; el carbonato se combina con el calcio formando  $(CaCO_3)$  que es un material inherente que se precipita un sobretratamiento con  $Na_2CO_3$  deja libre iones carbonato, causándonos altas reologías y tixotropías, y los iones carbonato se reflejaran en un incremento de la diferencia entre Mf y Pf

Alternativa:  $NaHCO_3 \leftrightarrow Na^+ + HCO_3^-$

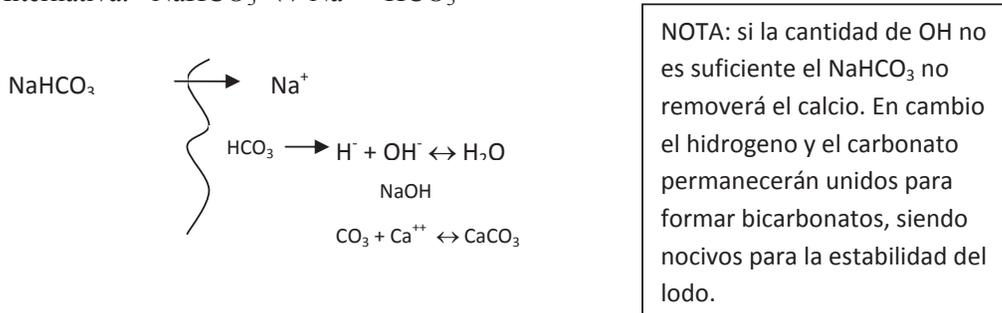


Fig.4.-Mecanismo de reacción para la eliminación de bicarbonatos con sosa y cal.

**ANHIDRITA Y YESO:** la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) se ioniza en iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{SO}_4^{=}$  en la fase continua; el incremento del ion calcio se pone en evidencia en el ensayo de calcio (dureza total del filtrado). Un número relativamente pequeño de iones calcio puede causar daño:

- Dificultan al control de la perdida de filtrado
- A altas temperaturas puede causar gelificación excesiva
- El pH disminuye, esto se debe en parte a que los iones  $\text{Ca}^{++}$  desplazan los iones hidrógeno en la estructura de las arcillas.
- El ion  $\text{Ca}^{++}$  de la anhidrita se combina con los iones oxhidrilos  $\text{OH}^-$  para formar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Cal.
- Este efecto disminuye si el nivel de sal es bajo
- Si se ha inhibido la hidratación de las arcillas
- Si hay dispersantes activos

**Tratamiento:** con carbonato y bicarbonato de sodio precipitamos los iones calcio, eliminándolos de la fase continua.

Pero también un tratamiento excesivo de estas sustancias puede ser nocivo para las propiedades.

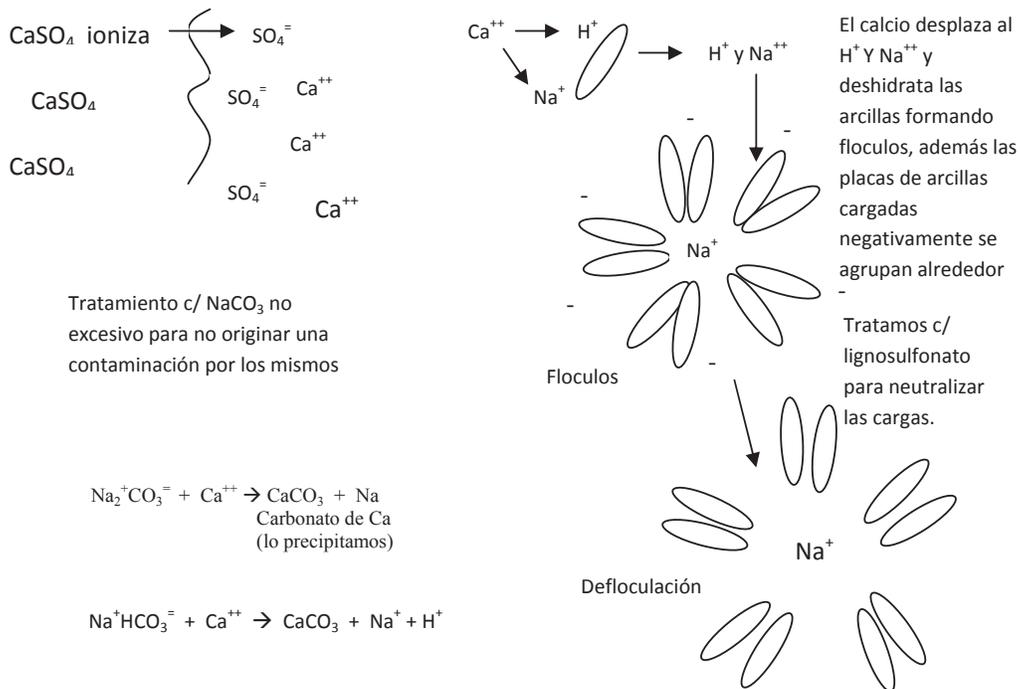


Fig.5.- Mecanismo de reacción para tratamiento de lodo con yeso.

El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) es químicamente idéntico a la anhidrita excepto por el agua de cristalización presente en el que afecta el lodo de la misma forma que al anhidrita.

**CAL:** la cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) se ioniza dándonos  $\text{Ca}^{++}$  y iones  $\text{OH}^-$ , de esta forma los lodos que tienen una alta concentración de iones  $\text{OH}^-$ , la cal nos servirá como una fuente potencial de iones  $\text{Ca}^{++}$ .

*Nota: en un lodo no pueden existir los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{CO}_3^{=}$  en forma libre y de existir se combinarán para formar  $\text{CaCO}_3$ .*

*Por consiguiente en un lodo cálcico cuando se sospecha de la presencia de  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{HCO}_3^-$  se agrega cal para precipitar de  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{CO}_3^{=}$  y soda para incrementar los  $\text{OH}^-$ .*



Al bajar el pH sube el % de  $\text{H}^+$ , de esta forma se une con el ion  $\text{CO}_3^{=}$  para formar  $\text{HCO}_3^-$ ; subimos el pH (el % de  $\text{OH}^-$ ) de esta forma erradicaremos el  $\text{H}^+$  y dejamos libre el  $\text{CO}_3^{=}$ .

Por lo tanto, el ion calcio para unirse con el ion carbonato forman  $\text{CaCO}_3$  y precipitarlo.

Ejemplo

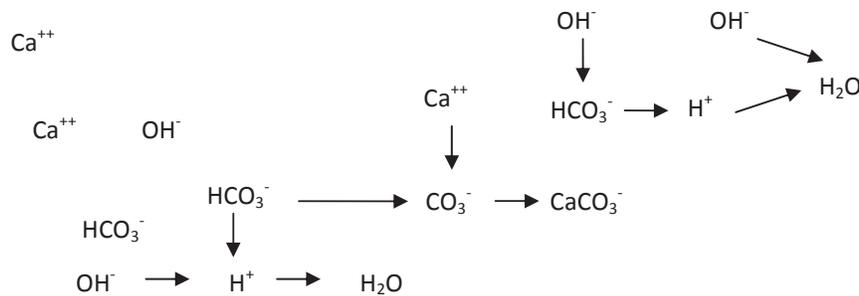


Fig.6.-Mecanismo de reacción para precipitar bicarbonatos en un medio alcalino

En general, los sistemas de cal son usados para reducir los efectos de los gases ácidos como  $\text{CO}_2$  o  $\text{H}_2\text{S}$  y/o reducir la hidratación de las arcillas de la formación. Los sistemas de cal usan la cal como fuente de calcio. Como la cal tiene un pH alto (12.4), el pH del sistema será alto. El pH del sistema depende de la concentración de cal y soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ). Los lodos de calcio mantienen una concentración de exceso de cal que no está en solución, ya que la solubilidad de la cal varía en relación inversamente proporcional al pH. Por lo tanto, este exceso (reserva) de cal sólo entra en solución cuando el pH del sistema es reducido por las reacciones con los contaminantes ácidos incorporados dentro del sistema durante las operaciones de perforación. Esto hace que el exceso de cal tenga un efecto amortiguador sobre el pH, lo cual aumenta la estabilidad del sistema

## **2.6.-CONTAMINACION Y TRATAMIENTO DE LODOS A BASE DE AGUA.**

La composición y tratamiento de los fluidos de perforación a base agua depende de los materiales que se encuentren o agreguen intencionalmente durante las operaciones de perforación. Casi todo material podrá ser considerado contaminante en uno u otro caso. En términos generales, un contaminante es cualquier sustancia que pueda causar propiedades indeseables al lodo. En este sentido, todos los componentes del lodo base agua pueden ser contaminantes en algunos casos. Estos materiales, aunque en si pueden ser contaminantes por definición, no serán parte de esta discusión, ya que los de interés primordial serán aquellos que requieran tratamiento químico. Los tratamientos son posibles en algunos casos pero imposibles en otros. La regla de mayor importancia es de todas maneras, que el tratamiento y su efecto en el lodo deben ser compatibles.

### **2.6.1-CONTAMINACION CON CALCIO.**

El ión calcio es un contaminante principal de los lodos a base agua. Este puede introducirse en el lodo por medio del agua, formaciones de yeso o anhidrita o al perforar cemento. La contaminación con calcio cambia drásticamente la naturaleza de los sistemas de agua dulce con base arcilla. El ión calcio tiende a reemplazar los iones de sodio por medio de un cambio de base lo cual resulta en la floculación y no dispersión de las partículas de arcilla. La capa de agua entre las partículas de arcilla es reducida resultando en un grado menor de hidratación e hinchamiento. El efecto de la contaminación de calcio en los lodos base agua es un incremento de las propiedades reológicas, aumento de la pérdida de filtrado, así como un aumento del contenido de iones calcio e incremento del pH (cemento) o disminución del pH (yeso). La severidad de la contaminación de calcio o magnesio dependerá de la cantidad del ión contaminante, el contenido de sólidos y la cantidad de productos dispersantes presentes en el lodo.

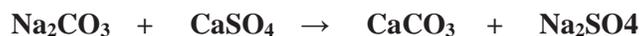
### **2.6.2-CONTAMINACION DE YESO O ANHIDRITA.**

El yeso y la anhidrita son compuestos de sulfato de calcio que se encuentran en algunas perforaciones. El yeso es sulfato de calcio hidratado mientras que la anhidrita es sulfato de calcio sin agua. El sulfato de calcio causará agregación y floculación en un lodo base agua, al mismo tiempo causará un incremento de las propiedades geológicas, filtrado y disminución del pH. El sulfato de calcio parcialmente soluble incrementará la dureza y el contenido de sulfato en el filtrado. Si se utiliza un lodo en base calcio, la contaminación con sulfato de calcio será pequeña o no afectará las propiedades del lodo. La contaminación del sulfato de calcio es similar a la de cemento debido a que ambas producen ión calcio que tiende a causar floculación y se diferencia del cemento en que no aumenta el pH ya que sufre un radical de sulfato y no hidróxido. El radical sulfato ayuda a la floculación aunque en grado mucho menor a los iones de calcio. A medida que la concentración de sulfato de calcio aumenta y la solubilidad del calcio se aproxima al límite,

aproximadamente 600 ppm de  $\text{Ca}^{++}$ , ocurre un cambio de base que directamente afecta la bentonita en el lodo y las propiedades tanto de filtración como de reología tienden a aumentar y a ser difíciles de controlar.

Cuando aparezca el problema de contaminación con sulfato de calcio, hay varias maneras de combatirlo. El fluido puede mantenerse como lodo de bajo calcio, precipitando el calcio en solución, o se puede hacer la conversión a un lodo a base de yeso. Para pequeñas cantidades de contaminación de sulfato de calcio, la extracción química puede fácilmente efectuarse con carbonato de sodio (Soda Ash). Aproximadamente 0.093 LPB de Soda Ash son suficientes para precipitar 100 ppm de ión de calcio.

La reacción que ocurre es más o menos la siguiente:



Debido a que el sulfato de sodio producido en esta reacción puede resultar en un aumento de la reología, es aconsejable utilizar un dispersante para reducir la viscosidad y los geles.

### 2.6.3-CONTAMINACION CON CEMENTO.

En la mayoría de las operaciones de perforación ocurre contaminación con cemento una o más veces cuando se cementa la tubería de revestimiento y se perforan los tapones de cemento. El grado de contaminación y la severidad con que afectará las propiedades del lodo dependen de muchos factores, como contenido de sólidos, tipos y concentración de dispersantes y cantidad de cemento incorporado. El cemento contiene compuestos de silicato tricálcico, silicato de calcio y aluminato tricálcico, todos los cuales reaccionan con agua para formar grandes cantidades de hidróxido de calcio. Es la cal que produce el cemento al reaccionar con el agua la que causa la mayor dificultad en la contaminación con cemento.

La contaminación con cemento causará: aumento de la reología, pH y filtrado. La alcalinidad, Pf, y el contenido de calcio en el filtrado también aumentará, y el enjarre será grueso y esponjoso.

Cuando el cemento está ya seco, como 10 % queda libre para la contaminación, mientras que si este está suave más o menos el 50% del mismo se dispersa con capacidad de reacción. Cuando tratamos una contaminación con cemento es necesario hacer dos cosas: reducir el pH y remover el calcio soluble. Un procedimiento común para tratar la contaminación con cemento y dispersar las arcillas floculadas es remover el calcio con bicarbonato de sodio, y al mismo tiempo bajar el pH y tratarlo con un dispersante orgánico.

La reacción es la siguiente:



Para extraer químicamente 100 mg/lit de calcio proveniente de la cal, se requiere aproximadamente 0.0735 LPB de bicarbonato de sodio. Se debe considerar también el contenido de sólidos de baja gravedad, ya que un alto contenido de sólidos arcillosos es causa primordial de la floculación del sistema al ser contaminado por cemento.

#### **2.6.4-CONTAMINACION CON SÓLIDOS.**

Los sólidos perforados son los peores contaminantes del lodo y uno de los mayores problemas para el ingeniero de lodos. Por consiguiente, deben ser removidos del sistema de circulación lo más pronto y con la mayor eficiencia posible, antes que se fragmenten y dispersen durante la circulación haciéndose más difícil su remoción y, por ende, el control de las propiedades del lodo.

La contaminación con sólidos se reconoce por la alta: densidad, viscosidad plástica, pérdida de filtrado, presión de bombeo y la baja tasa de penetración. Para evitar este problema se debe optimizar los equipos de control de sólidos y mantener una dilución adecuada.

#### **2.6.5-CONTAMINACION POR ALTAS TEMPERATURAS.**

En los lodos a base agua, cuando se incrementa la temperatura, aumenta la velocidad de las reacciones químicas entre los muchos componentes de estos fluidos. En lodos contaminados con sal, cemento y cal, el aumento en la temperatura produce serios daños en sus propiedades, resultando difícil mantenerlos en óptimas condiciones.

La degradación térmica ocurre por distintos mecanismos como la hidrólisis (reacción de una sal para formar un ácido y una base) o la reacción entre dos o más componentes del lodo. La velocidad de degradación depende de la temperatura, ya que todos los aditivos químicos tienden a sufrir degradación entre 250 a 400 °F, y por otra parte a elevadas temperaturas un pequeño incremento en la misma resulta en una rápida degradación del material. Muchos de los aditivos y dispersantes para controlar la pérdida de filtrado fracasan o llegan a ser inefectivos a medida que la temperatura aumenta.

Para prevenir la degradación térmica se recomienda:

- Evaluar los aditivos a la máxima temperatura de fondo registrada.
- Utilizar un mantenimiento adecuado al lodo.
- Mantener un pH sobre 10 y eliminar el uso de aditivos poco resistentes a altas temperaturas.
- Mantener el porcentaje de agua óptimo en el lodo.

- Utilizar productos resistentes a temperaturas elevadas.
- Efectuar pruebas pilotos (añejamiento) en el campo para optimizar el uso de aditivos químicos.

### 2.6.6-CONTAMINACION CON GAS.

La contaminación con gas ocasiona la disminución de la densidad del lodo, aumento del volumen de los tanques activos, y disminución de la eficiencia volumétrica de las bombas. Para tratar el lodo es necesario circularlo a través del desgasificador, mantener baja la gelatinización para ayudar a la desgasificación del lodo y mantener el peso del lodo en el tanque de succión.

### 2.6.7-CONTAMINACION CON CARBONATOS Y BICARBONATOS.

En algunos casos, cantidades considerables de carbonatos y bicarbonatos solubles pueden contaminar un lodo. Estos iones pueden afectar adversamente las propiedades del fluido de la misma manera que la sal del sulfato de sodio. El carbonato puede originarse de un tratamiento excesivo contra el calcio o cemento, de la formación en sí, o de la reacción entre el dióxido de carbono y la soda cáustica.

Las propiedades reológicas son afectadas de dos maneras cuando la alcalinidad del lodo proviene de  $\text{CO}_2$  = ó  $\text{HCO}_3^-$ . Primero el carbonato y el bicarbonato en presencia de arcillas causan un incremento en los geles y el punto cedente. Cuando existe una contaminación fuerte de carbonatos y bicarbonatos se crea una situación donde el Pf, pH y la fase sólida parecen ser apropiados. Sin embargo la viscosidad y la pérdida de filtrado no responden a tratamientos químicos.

Estas contaminaciones causan más o menos los mismos problemas que el caso de las contaminaciones por calcio y se tratan agregando calcio en solución para precipitarlo como  $\text{CaCO}_3$ . Como regla común si Mf llega a más de 5, es una buena indicación de que hay suficientes carbonatos y bicarbonatos para crear problemas en el control del lodo. Los tratamientos para la contaminación de bicarbonato y carbonato deben ser precedidos de un análisis a fondo de las alcalinidades del filtrado, pH y la concentración de calcio.

La exactitud en la titulación y las reacciones de los tratamientos es de hecho menor en lodos con alto contenido de dispersantes orgánicos, debido a la interferencia que presentan los ácidos orgánicos. Por esta razón, pruebas piloto completas y detalladas deben efectuarse para determinar la mejor manera de resolver el problema. Al añadirle cal al lodo, se presenta el peligro de que a alta temperatura y con lodos de alta densidad, se formen sales cálcicas o ácidos húmicos, que disminuyan la capacidad de controlar la pérdida de filtrado a alta temperatura y presión.

Si el coeficiente **PPM  $\text{HCO}_3^-$ /PPM  $\text{Ca}^{++}$  < 3**, deberá agregarse soda cáustica para aumentar el pH a 9.4 aproximadamente. Esto convertirá el bicarbonato de calcio a

carbonato de calcio y carbonato de sodio. En este caso, se debe agregar yeso o cal, además de cromolignosulfonato o lignito, para la defloculación.

Si el pH es menor de 9.4 y el coeficiente **PPM HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/PPM Ca<sup>++</sup> > 3** no será necesario agregar soda cáustica. Se agrega cal para precipitar el HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, además de agregar lignito y cromolignosulfonato para estabilizar las propiedades reológicas y de filtración.

Si el pH es mayor de 9.4, prácticamente todo el bicarbonato ha sido convertido a carbonato y sólo requerirá tratamiento con cal o yeso. Los cromolignosulfonatos deben usarse para el control reológico según sea necesario.

La presencia de los iones OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> o la combinación de estos, puede verificarse relacionando los valores de la alcalinidad Pf y Mf de la siguiente forma:

	<u>OH<sup>-</sup> (ppm)</u>	<u>CO<sub>3</sub><sup>=</sup> (ppm)</u>	<u>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm)</u>
<b>Pf= 0</b>	0	0	1200 Mf
<b>Pf= Mf</b>	340 Pf	0	0
<b>2Pf= Mf</b>	0	1200 Pf	0
<b>2Pf&lt; Mf</b>	0	1200 Pf	1200 (Mf-2Pf)
<b>2Pf&gt; Mf</b>	340 (2Pf-Mf)	1200 (Mf-Pf)	0

Tabla 4.-Estabilidad química del lodo en función de las alcalinidades [2].

## 2.7.-TRATAMIENTO DE LOS FLUIDOS BASE AGUA CONTAMINADOS

Cada contaminante va a causar una serie de cambios en las propiedades del lodo que son característicos. La importancia de analizar el lodo de una manera constante es importante ya que la detección y tratamiento inmediato de un contaminante puede ser la diferencia entre perder un pozo u operar de una manera normal.

La primera defensa para la detección de una contaminación en potencia es un análisis periódico de la densidad y de la viscosidad. En base a los contaminantes se hizo la siguiente tabla:

CONTAMINANTE	MATERIAL A USAR	PRESENTACION DEL MATERIAL	FACTOR DE MATERIAL A USAR POR CADA PPM DE CONTAMINANTE (KG/M3)
Ca ++	CARBONATO DE SODIO	25.0 Kg.	0.00264
Ca ++	BICARBONATO DE SODIO	50.0 Kg.	0.002097
Mg ++	SODA CAUSTICA	25.0 Kg.	0.00328
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	CAL	25.0 Kg.	0.001229
HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	CAL	25.0 Kg.	0.001229
H <sub>2</sub> S	CAL	25.0 Kg.	0.00217
H <sub>2</sub> S	CARBONATO DE ZINC	25.0 Kg.	0.00366
H <sub>2</sub> S	OXIDO DE ZINC	25.0 Kg.	0.00239

Tabla 5.-Contaminantes y tratamiento.

Y obtuvimos las siguientes ecuaciones:

#### Contaminación por Ca

(mg/l de contaminante)(M3 de Fluido)(1.0582E-4) = # scs Carbonato de sodio

#### Contaminación por HCO<sub>3</sub>

(mg/l de contaminante)(M3 de Fluido)(4.9192E-5) = # scs de Cal

#### Contaminación por CO<sub>3</sub>

(mg/l de contaminante)(M3 de Fluido)(4.9192E-5) = # scs de Cal

#### Contaminación por H<sub>2</sub>S

(mg/l de contaminante)(M3 de Fluido)(1.434176E-4) = # scs de Oxido de zinc

#### Contaminación por H<sub>2</sub>S

(mg/l de contaminante)(M3 de Fluido)(1.302E-4) = # scs de Cal

**Contaminación por H<sub>2</sub>S**

(mg/l de contaminante)(M<sup>3</sup> de Fluido)(2.196E-4) = # scs de Carbonato de zinc

**Contaminación por Mg**

(mg/l de contaminante)(M<sup>3</sup> de Fluido)(1.312E-4) = # scs de sosa

**Contaminación por Ca**

(mg/l de contaminante)(M<sup>3</sup> de Fluido)(8.388E-5)(1/25) = # scs Bicarbonato de sodio

### III.-FORMULACION Y APLICACIÓN DE FLUIDOS DE CONTROL

#### 3.1.-PROCEDIMIENTO DE CONVERSION

Para la preparación del fluido de control se debe realizar una secuencia, ya que; de lo contrario se puede no llevar a cabo al 100% y ni se puede asegurar que los materiales hayan reaccionado de manera efectiva.

Primeramente se debe de asegurar que las presas de trabajo están libres de residuos de fluido base aceite, porque esto inhibe en un porcentaje la conversión del sistema, y que el agua que se utilizara no tiene una dureza elevada porque las sales de magnesio resultan un contaminante difícil de eliminar de manera mecánica.



Fig.7.-Equipo marino de perforación de pozos (plataforma).

Para estos seguiremos los siguientes pasos y realizar la preparación de un fluido polimérico inhibido (cálcico):

- a) Reducir el mínimo aceptable del contenido de sólidos arcillosos en el lodo ya sea por dilución o de preferencia mecánicamente.
- b) Agregar la cantidad necesaria de dispersantes para proteger la arcilla del lodo, del efecto de los iones calcio.
- c) agregar sosa cáustica necesaria para mantener el  $\text{pH} > 11.5$  para reducir la solubilidad del calcio y aumentar la solubilidad del dispersante.
- d) agregar la cantidad de cal necesaria De A cuerdo a las necesidades del sistema (baja, media o alta cal) como fuentes de suministro inhibidores calcio.
- e) agregar si es necesario la cantidad de dispersante para amortiguar el efecto floculante de la cal y mantener los valores reologicos en su rango de trabajo.

- f) agregar polímero reductor de filtrado para ajustar el mismo a su valor de trabajo.
- g) agregar sosa cáustica para mantener el  $\text{pH} > 11.5$  para producir hidróxido de calcio y controlar la solubilidad de la cal según la reacción.



- h) verificar que las alcalinidades del filtrado (Pf) y del lodo (Pm) se mantengan en sus valores requeridos de acuerdo a las necesidades del sistema (baja, media o alta cal.
- i) Asegúrese que el exceso de cal en el lodo se mantenga en sus valores requeridos agregando cal por los embudos, porque si el lodo no mantiene el lodo óptimo de calcio, es decir, si se agota el intercambio iónico de ir sustituyendo el sodio por el calcio, las arcillas tenderán a hidratarse ocasionando altos valores reológicos.

$$\text{Exceso de cal} = 0.742 ((\text{Pm}) - ((\% \text{ de agua})(\text{Pf})/100))$$

La formulación para preparar el fluido base agua cálcico viene dado en la siguiente tabla:

MATERIAL	CONCENTRACION	UNIDADES	OBSERVACIONES
AGUA	900	LT/M3	
SOSA	2-3	KG/M3	
BENTONITA	30-45	KG/M3	
POLIMERO	4-6	KG/M3	
DISPERSANTE	8-12	KG/M3	
HIDROXIDO DE CALIO	5-30	KG/M3	
INHIBIDOR DE ARCILLA	10-12	LT/M3	
LUBRICANTE	5-10	LT/M3	
DETERGENTE	5-10	LT/M3	

Tabla 6.-Materiales y concentraciones para lodo cálcico.

### 3.2.-APLICACIÓN DEL SISTEMA

Este fluido se utilizo en diferentes etapas en diferentes pozos al inicio de la perforación de un pozo, así como en la reprofundización o reparación mayor en otros pozos dando magníficos resultados.

Los pozos en donde se utilizo este fluido fueron:

Pozo Oxiacaque 26: donde se utilizo para perforar la segunda etapa con barrena de 26" se perforo de 870 m a 2600 m.

Pozo Samaria 1001: se perforo pozo desde inicio a 1100 m (pozo somero), profundidad total.

Pozo Paredón 1: en donde se perforo con barrena de 4 1/8" siendo el primer pozo que se deja con ese diámetro en agujero descubierto para producción.

Pozo Tecominoacan 517: se perfora reprofundizando de 4985 m a 5400 m en una zona de lata presencia de gas de CO2 con buenos resultados sin observar una notoria degradación de los materiales

Pozo Tecominoacan 408-A: perforo 4539 m a 5150 m quedando para producción en agujero descubierto.

Pozo Tecominoacan 527: con barrena de 26" se perforo a 1000 m sin observar contaminación fuerte en el fluido.

De esta manera se ha aplicado este fluido a diferentes pozos y en diferentes condiciones de operación y profundidades distintas entrando en diferentes zonas geológicas.

A continuación veremos algunas tablas en donde se ha aplicado este sistema y de acuerdo a la zona geológica en que se utilizo van a varias las propiedades fisicoquímicas.

A continuación se presentan las tablas de los análisis del fluido utilizado en algunos de los pozos en donde se utilizo este sistema observando en algunos la disminución de la densidad, por tratarse de zonas productoras evitando fracturas y/o daños a la formación para lo cual únicamente tomamos los últimos pozos perforados teco 517, teco 408-A y teco 527.

Este tipo de información es básica para un análisis más rápido en cada etapa y tomar datos correlativos para pozos de desarrollo en dicho campo [6], [7], [8].

### POZO TECOMINOACAN 517 CON BARRENA 4 1/8" AGUJERO DESCUBIERTO

REPORTE	FECHA	PROFUNDIDAD(mts)	DENSIDAD(Gr/Lt)	VISC.EMBUDO(Seg)	SAMPLE TEMP	REOLOGIA						ANAL.QUIMICO													HCO3
						V.A	V.P.(cps)	P.C. LB/100FT2.	GELES 0 /10	ENJARRE	API	PM	PF	MF	CLORUROS	DUREZA	EXCE.DE CAL(Kg/M3)	PH	%SOL	% AGUA	%LUBRICANTE	OH	CO3		
05	10-abr-06	5040	1.05	45	49	14.0	11	6	2	5	1	10.0	1.6	0.6	1.5	1,200	120	0.7	11.0	1	98	2	0	720	1098
40	15-may-06	4950	1.21	61	49	32.0	25	14	8	16	1	6.7	9.8	2.1	3.2	1,100	120	5.9	12.0	7	89	4	340	1320	0
41	16-may-06	5000	1.21	61	49	31.5	24	15	8	16	1	6.7	9.8	2.1	3.2	1,100	120	5.9	12.0	6	90	4	340	1320	0
42	17-may-06	5000	1.21	63	49	32.5	25	15	8	16	1	6.6	9.8	2.1	3.2	1,100	120	5.9	12.0	6	90	4	340	1320	0
43	18-may-06	5000	1.21	63	49	32.5	25	15	8	16	1	6.6	9.8	2.1	3.2	1,100	120	5.9	12.0	6	90	4	340	1320	0
44	19-may-06	5000	1.21	62	49	34.0	26	16	8	16	1	6.6	9.8	2.1	3.2	1,100	120	5.9	12.0	6	90	4	340	1320	0
45	20-may-06	5000	1.21	65	49	31.0	25	12	9	20	1	7.4	10.5	2.3	4.0	1,300	80	6.3	12.0	6	89	5	204	2040	0
46	21-may-06	5000	1.21	63	49	29.5	23	13	9	19	1	7.6	10.2	2.1	3.2	1,200	80	6.1	12.0	6	90	4	340	1320	0

47	22-may-06	5000	1.21	60	49	28.5	22	13	10	21	1	7.8	9.5	1.6	2.5	1,100	80	6.0	11.5	7	89	4	238	1080	0
48	23-may-06	5000	1.21	62	49	29.5	23	13	10	22	1	8.0	9.4	1.5	2.4	1,100	80	6.0	11.5	6	90	4	204	1080	0
49	24-may-06	5000	1.21	65	49	30.0	23	14	10	21	1	8.0	9.3	1.4	2.4	1,000	80	5.9	12.0	6	90	4	136	1200	0
50	25-may-06	5000	1.03	55	49	30.0	23	14	10	21	1	8.0	9.3	1.4	2.4	1,000	80	5.9	12.0	6	90	4	136	1200	0
51	26-may-06	5000	1.03	55	49	18.5	14	9	4	8	1	8.6	4.7	1.4	2.2	1,300	80	2.5	11.0	1	98	1	204	960	0
52	27-may-06	5000	1.03	55	49	17.5	13	9	3	7	1	8.8	12.1	2.8	3.5	1,300	80	6.9	12.0	1	98	1	714	840	0
53	28-may-06	5000	1.03	55	49	20.0	16	8	4	5	1	8.2	12.0	2.7	3.6	1,200	80	6.9	12.0	1	98	1	612	1080	0
54	29-may-06	5000	1.03	55	49	19.0	15	8	3	5	1	8.4	11.8	2.6	3.2	1,300	80	6.8	12.0	1	98	1	680	720	0
55	30-may-06	5000	1.03	58	49	23.0	18	10	5	9	1	7.8	9.6	1.8	2.6	1,200	80	5.8	12.0	1	97	2	340	960	0
56	31-may-06	5013	1.03	60	49	23.5	18	11	4	8	1	7.8	9.3	1.7	2.6	1,300	80	5.7	12.0	1	97	2	272	1080	0
57	01-jun-06	5013	1.03	60	49	20.0	15	10	5	11	1	8.0	8.3	1.2	2.1	1,300	80	5.3	12.0	1	97	2	102	1080	0
58	02-jun-06	5031	1.03	1	60	24.5	14	15	6	5	80	0.0	2.2	7.4	1.3	29	0	0.0	9.3	0	2	1	136	1080	0
59	03-jun-06	5053	1.03	1	61	24.5	14	16	6	5	80	0.0	2.9	7.8	1.7	29	0	0.0	10.0	0	2	2	170	1440	0
60	04-jun-06	5091	1.03	1	63	24.5	14	18	6	5	80	0.0	2.9	7.8	1.7	29	0	0.0	9.5	0	2	2	170	1440	0
61	05-jun-06	5113	1.03	1	61	24.5	14	16	6	5	80	0.0	2.9	7.7	1.6	29	0	0.0	10.0	0	3	2	102	1560	0
62	06-jun-06	5113	1.03	1	60	24.5	14	15	6	5	80	0.0	3.1	7.8	1.7	29	0	0.0	10.2	0	3	2	102	1680	0
63	07-jun-06	5113	1.03	1	60	24.5	14	14	6	5	120	0.0	2.8	8.0	1.5	29	0	0.0	11.0	0	3	3	68	1560	0
64	08-jun-06	5154	1.03	1	57	24.5	14	16	6	5	120	0.0	3.1	8.4	1.6	29	0	0.0	9.4	0	3	3	34	1800	0
65	09-jun-06	5200	1.03	1	57	24.5	14	15	6	5	120	0.0	3.5	8.4	1.8	29	0	0.0	10.9	0	2	3	34	2040	0
66	10-jun-06	5234	1.03	1	57	24.5	14	14	6	5	120	0.0	3.7	8.4	1.9	29	0	0.0	11.5	0	3	2	34	2160	0
67	11-jun-06	5234	1.03	1	60	24.5	14	15	6	5	120	0.0	4.5	8.0	2.7	29	0	0.0	14.0	0	3	2	306	2160	0
68	12-jun-06	5238	1.03	1	58	24.5	11	13	5	4	120	0.0	3.8	8.0	2.1	29	0	0.0	12.9	0	2	2	136	2040	0
69	13-jun-06	5244	1.03	1	60	24.5	11	15	5	4	120	0.0	4.9	7.6	2.9	29	0	0.0	13.8	0	2	2	306	2400	0
70	14-jun-06	5244	1.03	1	58	24.5	11	13	5	4	120	0.0	3.2	8.6	1.7	29	0	0.0	11.5	0	3	3	68	1800	0
77	21-jun-06	5330	1.03	1	56	24.5	11	13	6	4	120	0.0	3.6	9.0	1.9	29	0	0.0	11.2	0	2	2	68	2040	0
72	16-jun-06	5330	1.03	1	58	24.5	11	12	5	4	120	0.0	3.3	9.0	1.8	29	0	0.0	12.0	0	2	2	102	1800	0
73	17-jun-06	5330	1.03	1	57	24.5	11	12	5	4	120	0.0	3.4	9.0	1.8	29	0	0.0	12.1	0	2	2	68	1920	0
74	18-jun-06	5330	1.03	1	57	24.5	12	11	5	4	120	0.0	3.6	9.0	1.9	29	0	0.0	12.0	0	3	2	68	2040	0
75	19-jun-06	5330	1.03	1	60	24.5	11	12	5	4	120	0.0	3.8	9.0	2.0	29	0	0.0	11.2	0	2	2	68	2160	0
76	20-jun-06	5330	1.03	1	60	24.5	11	12	5	4	120	0.0	3.8	9.0	2.0	29	0	0.0	11.2	0	2	2	68	2160	0
77	21-jun-06	5330	1.03	1	56	24.5	11	13	6	4	120	0.0	3.6	9.0	1.9	29	0	0.0	11.2	0	2	2	68	2040	0
78	22-jun-06	5350	1.03	1	57	24.5	15	15	7	5	120	0.0	3.6	8.0	2.0	29	0	0.0	11.5	0	2	2	136	1920	0
79	23-jun-06	5372	1.03	1	58	24.5	18	17	8	6	120	0.0	3.7	7.8	2.2	29	0	0.0	11.7	0	2	2	238	1800	0
80	24-jun-06	5377	1.03	1	56	24.5	15	15	7	5	120	0.0	3.3	8.1	1.8	29	0	0.0	10.8	0	2	2	102	1800	0
81	25-jun-06	5377	1.03	1	55	24.5	18	16	8	6	120	0.0	3.4	8.5	2.0	29	0	0.0	11.2	0	2	2	204	1680	0
82	26-jun-06	5394	1.03	1	57	24.5	18	17	8	6	120	0.0	3.4	8.5	2.0	29	0	0.0	11.2	0	2	2	204	1680	0
83	27-jun-06	5400	1.03	1	58	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.3	8.7	1.8	29	0	0.0	10.9	0	2	2	102	1800	0
84	28-jun-06	5400	1.03	1	58	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.3	8.8	1.8	29	0	0.0	10.8	0	2	2	102	1800	0

85	29-jun-06	5400	1.03	1	58	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.3	8.8	1.8	29	0	0.0	10.8	0	2	2	102	1800	0
86	30-jun-06	5400	1.03	1	57	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.2	8.9	1.7	29	0	0.0	10.6	0	2	2	68	1800	0
87	01-jul-06	5400	1.03	1	58	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.2	8.9	1.7	29	0	0.0	10.6	0	2	2	68	1800	0
88	02-jul-06	5400	1.03	1	57	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.2	9.0	1.7	29	0	0.0	10.5	0	2	2	68	1800	0
89	03-jul-06	5400	1.03	1	57	24.5	18	18	8	6	120	0.0	3.2	9.0	1.7	29	0	0.0	10.5	0	2	2	68	1800	0

Tabla 7.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 517.

**POZO TECOMINOACAN 408-A ETAPA BNA 5 7/8" PARA TR 5"**

REPORTE	FECHA	AVANCE Mis	DENSIDAD(GR/CC)	VISC.EMBUDO(Seg)	SAMPLE TEMP	REOLOGIA			TIX.		FILTRADO		ANAL.QUIMICO				RETO RTA					
						V.A	V.P.(cps)	P.C: LB/100FT2.	GELES 0 / 10	ENJARRE	API	ALCALINIDAD (Pm)	EXC. DE CAL Kg/M3	AgNO3	CLORUROS	% SOLIDOS	% AGUA	% ACEITE				
78	24/12/06	0	1.12	80	49	44.0	34	20	14	17	1.0	5.6	1.9	0.8	1.9	0	0	7.0	91	2		
79	25/12/06	5	1.12	80	49	39.5	29	21	14	26	1.0	6.4	2.8	1.5	1.9	1,900	0	7.0	90	3		
80	26/12/06	22	1.12	62	49	26.0	20	12	5	10	1.0	5.2	10.0	5.4	2.0	2,000	0	7.0	90	3		
81	27/12/06	31	1.12	62	49	33.0	29	8	6	8	1.0	5.8	10.0	5.6	2.0	2,000	0	6.0	92	2		
82	28/12/06	15	1.12	65	49	37.0	31	12	5	8	1.0	5.9	9.8	5.6	1.9	1,900	0	6.0	92	2		
83	29/12/06	2	1.12	63	49	32.5	27	11	5	7	1.0	5.9	9.9	5.8	1.9	1,900	0	6.0	92	2		
84	30/12/06	43	1.12	70	49	38.0	32	12	9	19	1.0	8.0	10.0	6.2	2.1	2,100	0	6.0	92	2		
85	31/12/06	56	1.12	73	49	38.5	30	17	8	18	1.0	7.4	9.0	5.4	2.2	2,200	0	6.0	92	2		
86	1/01/07	19	1.12	72	49	37.5	29	17	8	19	1.0	7.4	8.5	4.8	2.2	2,200	0	5.0	93	2		
87	2/01/07	7	1.12	74	49	36.0	27	18	9	20	1.0	7.4	9.0	5.4	2.5	2,500	0	6.0	92	2		
88	3/01/07	61	1.12	72	49	37.0	28	18	9	20	1.0	7.6	8.0	4.7	2.3	2,300	0	5.0	93	2		
89	4/01/07	39	1.12	65	49	35.0	28	14	9	19	1.0	7.0	9.0	4.4	2.5	2,500	0	4.0	94	2		
90	5/01/07	0	1.12	78	49	35.0	27	16	10	21	1.0	7.0	7.5	3.0	2.6	2,600	0	4.0	94	2		
91	6/01/07	0	1.12	78	49	32.0	24	16	10	19	1.0	7.4	8.0	3.8	2.3	2,300	0	4.0	94	2		
92	7/01/07	36	1.12	67	49	36.0	28	16	11	21	1.0	7.6	10.0	4.8	2.6	2,600	0	4.0	92	4		
93	8/01/07	48	1.12	67	49	35.5	27	17	10	22	1.0	7.8	10.2	5.0	2.3	2,300	0	4.0	92	4		
94	9/01/07	22	1.12	69	49	35.5	27	17	11	21	1.0	7.8	11.0	4.9	2.3	2,300	0	4.0	92	4		
95	10/01/07	0	1.12	79	49	32.0	23	18	12	22	1.0	7.8	10.5	4.8	2.4	2,400	0	4.0	92	4		
96	11/01/07	0	1.12	71	49	33.0	24	18	12	23	1.0	8.0	9.0	4.3	2.2	2,200	0	4.0	92	4		
97	12/01/07	0	1.12	70	49	34.0	25	18	12	22	1.0	8.0	9.0	4.4	2.3	2,300	0	4.0	92	4		
98	13/01/07	40	1.12	60	49	28.0	21	14	8	16	1.0	8.0	13.5	6.2	2.3	2,300	0	4.0	92	4		
99	14/01/07	0	1.12	61	49	22.0	16	12	6	13	1.0	8.4	13.3	5.9	2.4	2,400	0	4.0	92	4		
100	15/01/07	0	1.12	60	49	26.5	20	13	9	17	1.0	8.6	13.2	6.0	2.0	2,000	0	4.0	92	4		

101	16/01/07	0	1.12	64	49	25.0	19	12	9	18	1.0	8.7	11.7	6.1	1.9	1,900	0	4.0	92	4		
102	17/01/07	0	1.12	65	49	24.0	18	12	10	18	1.0	8.7	11.8	6.2	1.9	1,900	0	4.0	92	4		
103	18/01/07	0	1.12	65	49	24.5	19	11	9	18	1.0	8.8	11.9	6.5	2.0	2,000	0	4.0	92	4		
104	19/01/07	0	1.03	53	49	18.5	13	11	4	9	1.0	8.0	0.8	0.2	0.8	800	0	1.0	99	0		
105	20/01/07	0	1.03	50	49	19.0	14	10	4	9	1.0	7.4	0.8	0.2	0.8	800	0	2.0	98	0		
106	21/01/07	0	1.03	60	49	18.0	13	10	4	7	1.0	8.0	8.7	2.8	2.1	2,100	0	2.0	98	0		
107	22/01/07	0	1.03	60	49	17.0	12	10	4	7	1.0	7.6	8.8	3.9	2.2	2,200	0	2.0	98	0		
108	23/01/07	14	1.02	56	49	17.0	12	10	4	8	1.0	7.2	8.0	4.1	2.0	2,000	0	2.0	96	2		
109	24/01/07	39	1.01	60	49	17.0	12	10	4	7	1.0	7.8	8.0	4.5	1.5	1,500	0	2.0	97	1		
110	25/01/07	54	1.00	58	49	17.0	12	10	4	8	1.0	7.4	8.0	4.1	1.5	1,500	0	2.0	97	1		
111	26/01/07	1	0.99	60	49	17.0	12	10	4	9	1.0	7.5	8.0	4.3	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
112	27/01/07	0	1.00	58	49	17.5	12	11	4	9	1.0	7.6	8.1	4.3	1.4	1,400	0	2.0	97	1		

Tabla 8.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 408 con TR's.

**POZO TECOMINOACAN 408-A ETAPA 4 1/4" AGUJERO DESCUBIERTO**

REPORTE	FECHA	AVANCE Mts	DENSIDAD(GR/CC)	VISC.EMBUDO(Seg)	SAMPLE TEMP	REOLOGIA			TIX.		FILTRADO		ANAL.QUIMICO				RETORTA					
						V.A	V.P.(cps)	P.C: LB/100FT2.	GELES 0 / 10	ENJARRE	API	ALCALINIDAD (Pm)	EXC. DE CAL Kg/M3	AgNO3	CLORUROS	% SOLIDOS	% AGUA	% ACEITE				
107	22/01/07	0	1.03	60	49	17.0	12	10	4	7	1.0	7.6	8.8	3.9	2.2	2,200	0	2.0	98	0		
108	23/01/07	14	1.02	56	49	17.0	12	10	4	8	1.0	7.2	8.0	4.1	2.0	2,000	0	2.0	96	2		
109	24/01/07	39	1.01	60	49	17.0	12	10	4	7	1.0	7.8	8.0	4.5	1.5	1,500	0	2.0	97	1		
110	25/01/07	54	1.00	58	49	17.0	12	10	4	8	1.0	7.4	8.0	4.1	1.5	1,500	0	2.0	97	1		
111	26/01/07	1	0.99	60	49	17.0	12	10	4	9	1.0	7.5	8.0	4.3	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
112	27/01/07	0	0.98	68	49	18.0	13	10	4	8	1.0	7.5	8.1	4.3	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
113	28/01/07	26	0.90	60	49	17.0	12	10	4	8	1.0	7.5	8.0	4.2	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
114	29/01/07	11	0.90	60	49	18.0	13	10	4	9	1.0	7.5	8.2	4.4	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
115	30/01/07	0	0.90	60	49	17.0	12	10	4	9	1.0	7.6	8.2	4.4	1.4	1,400	0	2.0	97	1		
116	31/01/07	26	0.90	58	49	18.0	13	10	5	9	1.0	7.5	8.1	4.3	1.5	0	0	2.0	97	1		
117	1/02/07	0	0.90	58	49	18.0	13	10	5	9	1.0	7.5	8.1	4.3	1.5	0	0	2.0	97	1		

Tabla 9.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 408 agujero descubierto.

**POZO TECOMINOACAN 527 BNA 26'' PARA TR 20''**

REPORTE	FECHA	AVANCE Ms	DENSIDAD(GR/CC)	VISC.EMBUDO(Seg)	SAMPLE TEMP	REO	V.P.(cps)	P.C: LB/100FT2.	TIX.		FILTRADO		ANAL.QUIMICO					RETORTA						
						LOGI			A	0	10	ENJARRE	API	ALCALINIDAD (Pm)	EXC. DE CAL Kg/M3	AgNO3	CLORUROS	ARENA	% SOLIDOS	% AGUA	% ACEITE			
01	26/02/07	0	0.00	0	0	0.0			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0
02	27/02/07	0	1.13	65	49	18.5	14	9	5	4	1.0	8.0	24.0	14.9	1.8	2	0	5.0	95	0				
03	28/02/07	0	1.12	62	49	18.0	13	10	5	4	1.0	8.0	24.0	14.9	1.8	2	0	5.0	95	0				
04	1/03/07	0	1.12	58	49	16.0	11	10	3	4	1.0	8.0	23.5	14.7	1.7	2	0	5.0	95	0				
05	2/03/07	0	1.12	55	49	14.5	10	9	3	4	1.0	8.0	25.0	15.6	1.5	2	0	5.0	95	0				
06	3/03/07	0	1.12	55	49	15.5	11	9	3	4	1.0	8.0	25.0	15.5	1.5	2	0	5.0	95	0				
07	4/03/07	0	1.12	58	49	17.0	12	10	4	6	1.0	8.0	25.0	15.7	1.6	2	0	5.0	95	0				
08	5/03/07	130	1.14	64	49	20.0	14	12	4	6	1.0	7.6	32.0	21.4	1.4	1	2	9.0	90	1				
09	6/03/07	178	1.20	64	49	23.0	17	12	4	7	1.0	8.0	35.0	23.6	1.5	2	1	11.0	88	1				
10	7/03/07	45	1.20	60	49	24.0	18	12	3	7	1.0	7.8	33.0	22.1	1.5	2	1	11.0	88	1				
11	8/03/07	77	1.22	63	49	24.0	18	12	4	7	1.0	7.8	32.0	21.3	1.4	1	1	12.0	87	1				
12	9/03/07	101	1.22	66	49	27.5	20	15	4	9	1.0	7.6	32.0	21.0	1.3	1	1	12.0	87	1				
13	10/03/07	116	1.25	67	49	30.0	23	14	7	13	1.0	7.0	39.0	26.3	1.3	1	1	13.0	86	1				
14	11/03/07	22	1.25	57	49	22.5	16	13	4	12	1.0	7.0	42.0	27.6	1.6	2	1	13.0	86	1				
15	12/03/07	67	1.27	53	49	23.0	17	12	4	12	1.0	8.0	45.0	29.7	1.6	2	1	13.0	86	1				
16	13/03/07	69	1.30	57	49	25.5	18	15	5	13	1.0	8.0	43.0	28.4	1.4	1	1	14.0	85	1				
17	14/03/07	62	1.30	56	49	26.5	19	15	5	13	1.0	8.0	42.0	27.2	1.5	2	1	14.0	85	1				
18	15/03/07	32	1.30	52	49	24.5	18	13	5	11	1.0	7.6	40.0	25.8	1.8	2	1	14.0	85	1				
19	16/03/07	86	1.33	55	49	26.0	18	16	6	13	1.0	7.0	40.0	25.6	1.8	2	1	14.0	85	1				
20	17/03/07	15	1.33	58	49	24.5	18	13	4	11	1.0	7.0	40.0	25.4	1.8	2	1	14.0	85	1				
21	18/03/07	0	1.35	56	49	24.5	18	13	5	11	1.0	7.0	37.0	23.4	1.8	2	1	14.0	85	1				
22	19/03/07	0	1.35	58	49	24.0	17	14	4	10	1.0	7.0	37.0	23.5	1.8	2	1	14.0	85	1				
23	20/03/07	0	1.35	58	49	24.0	17	14	4	10	1.0	7.0	37.0	23.5	1.8	2	1	14.0	85	1				
23	20/03/07	0	1.35	58	49	24.0	17	14	4	10	1.0	7.0	37.0	23.5	1.8	2	1	14.0	85	1				

Tabla 10.-Resultados de análisis de las propiedades en campo pozo Tecominoacan 527.

#### IV.- ANALISIS Y DISUSION DE RESULTADOS

Podemos observar que el comportamiento del sistema es muy similar en las diferentes etapas en donde se ha utilizado. Lo cual nos indica que el fluido tiene excelentes resultados dándole el tratamiento adecuado es muy efectivo y que puede ayudar de manera eficaz para evitar contaminaciones por gas, arcilla, H2S; teniendo en cuenta que el equipo de control de sólidos debe de operar al máximo de su eficiencia.

##### PROPIEDADES REOLOGICAS DEL FLUIDO

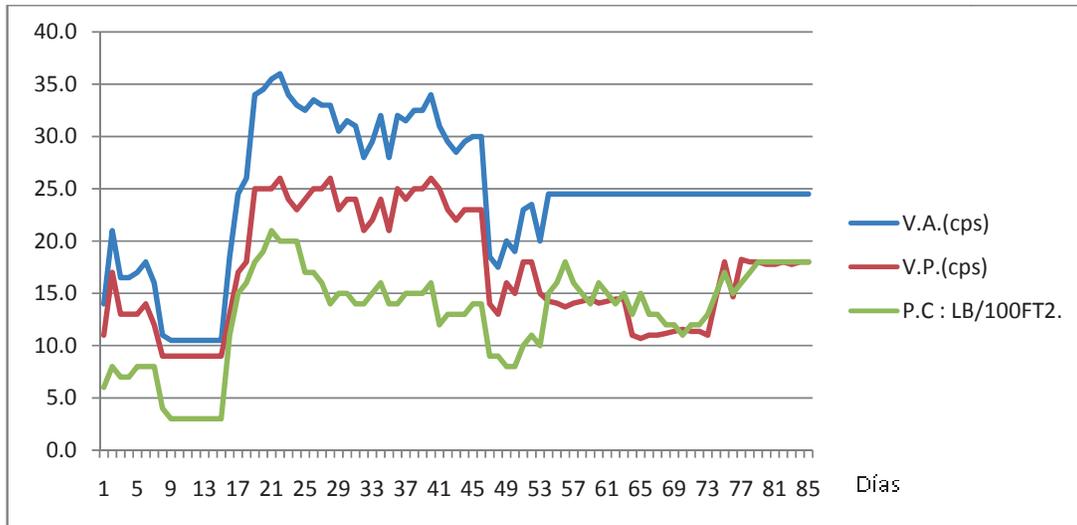


Fig.8.- Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 517

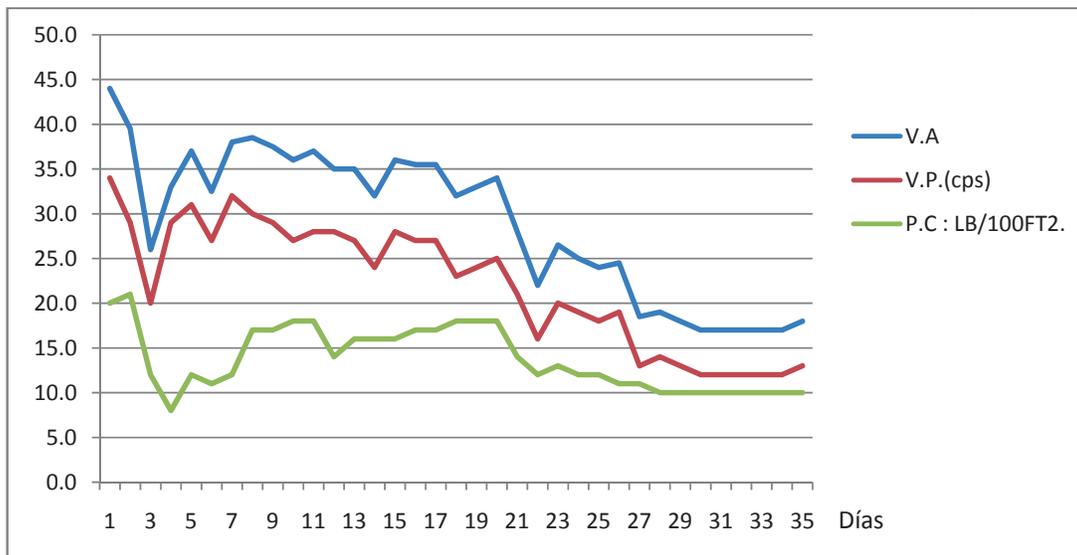


Fig.9.- Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 408 para TR 5"

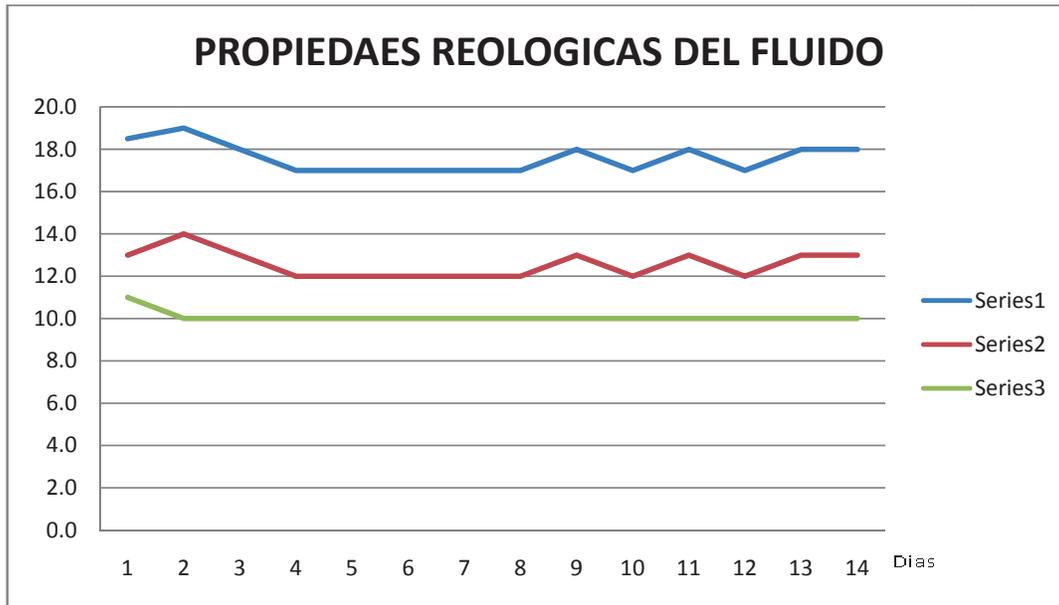


Fig.10.-Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 408 agujero descubierto 4 1/8”

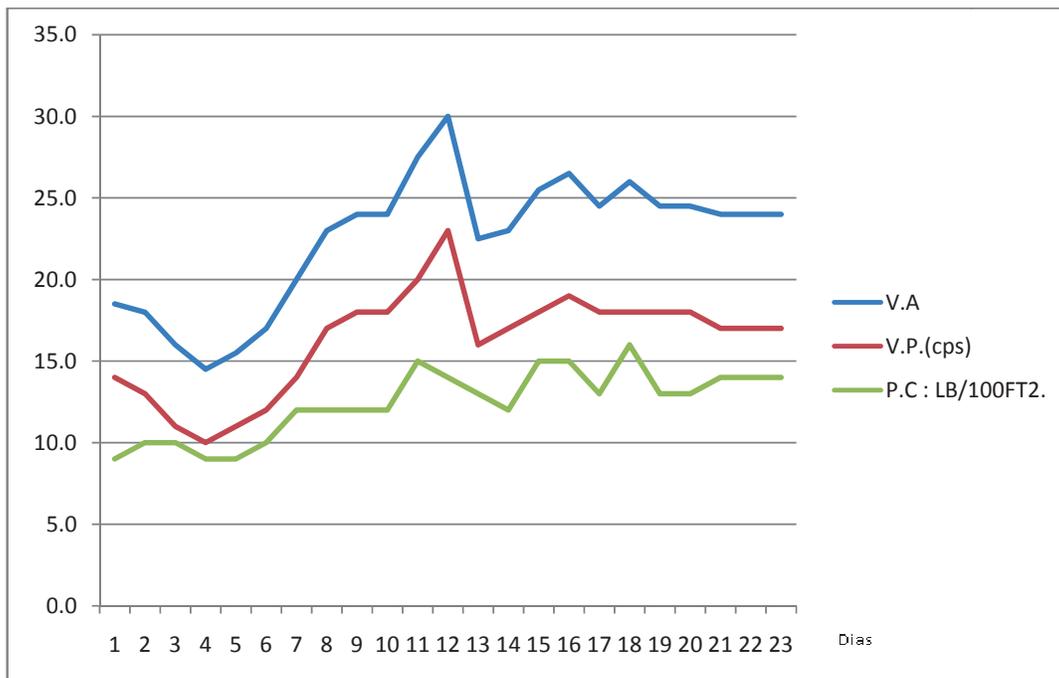


Fig.11.-Propiedades del fluido en el pozo Tecominoacan 527 TR 20”

Como podemos observar en las curvas de las figuras 8, 9, 10 Y 11 vemos que tiende a bajar los valores reologicos y terminan constantes, esto se debe a la disminuci3n de la densidad de trabajo utilizada en el pozo que por programa se bajo eliminando el material densificante (barita).

En otros casos se observa que despu3s de un tiempo y sobre todo durante los viajes tambi3n se observa valores constantes.

## VI.- CONCLUSIONES

Podemos decir, que hemos visto de manera general de uso de los fluidos de perforación, así como de manera más específica los que son base agua (cálcico), y vemos que este tipo de fluidos son los más económicos, ya que; de otra manera hay otros que son a base de diesel que elevan demasiado su costo por el tipo de materiales utilizados.

Con este tipo de fluido podemos tener un velocidad de penetración alta debido a que el agua es el mejor erosionante que existe y que por la inhibición utilizada el problema de sólidos no deseables (arcillas), están perfectamente inhibidas lo que nos beneficia a que se eviten problemas de atrapamientos, derrumbes, entre otros, y las formaciones arenosas las eliminamos a través de los equipos de control de sólidos (temblorinas, vibradores, limpiadores, desarenadores y centrifugas).

Además de que se ha demostrado en campo que este fluido puede combinarse con otros materiales para realizar perforaciones sin necesidad de equipo bajo-balance y tener fluidos espumados lo que nos reduce la densidad de trabajo sin modificar las propiedades principales de este sistema, como se observa en la grafica correspondiente al pozo Tecominoacan 517 (fig.8); en donde al bajar la densidad (1.21 gr/cc a 1.03 gr/cc), vario únicamente en los valores reologicos, es a consecuencia de que al existir menos cantidad de sólidos en el sistema son las únicas propiedades que se modifican y fuera de eso mantiene todas sus propiedades químicas sin alteración alguna [6].

Por otra parte, en el pozo Tecominoacan 408 observamos este mismo fenómeno al finalizar la perforación del pozo (fig.9), bajando la densidad de 1.12 gr/cc a 1.03 gr/cc, y manteniéndose constante en la siguiente etapa debido a que se utilizo el mismo sistema con material espumante sin modificar sus propiedades, en donde se bajo a la densidad de 1.03 gr/cc a 0.90 gr/cc (fig.10) [7].

Para finalizar, en el pozo Tecominoacan 527, tenemos que; durante la perforación de la primera etapa no se presenta contaminación por agentes químicos (gas, fluido invasor), lo que se observo únicamente fue un incremento en la cantidad de sólidos pero que se debe en parte al aumento en la densidad de trabajo, como se observa en la tabla correspondiente (tabla 13), en donde se inicia con una densidad de 1.13 gr/cc y terminando con 1,35 gr/cc esto debido a que es necesario para mantener la estabilidad del pozo [8].

## **BIBLIOGRAFIA**

[1] MANUAL PARA ESPECIALISTAS EN FLUIDOS DE CONTROL

PEMEX COMERCIALIZADORA GRECO 2007

[2] MANUAL DE FLUIDOS

BAROID DRILLING FLUIDS

CAP 5 CAP11 1998

[3] CIEN AÑOS DE LA PERFORACION

PEMEX

[4] FLUIDOS DE PERFORACION BASE AGUA

MARTINEZ SARMIENTO, HIRIAM

AIPM 1979

[5] QUIMICA GENERAL

NEKRASCOV B.V.

EDITORIAL MIR MOSCU 1975

[6] BASE DE DATOS BJ (RECAP)

POZO TECOMINOACAN 517 2006

[7] BASE DE DATOS BJ (RECAP)

POZO TECOMINOACAN 408 2006

[8] BASE DE DATOS BJ (RECAP)

POZO TECOMINOACAN 527 2007

[9] NORMA API RP 13G,

SEGUNDA EDICION

MAYO 1982

**APENDICE A****PRÁCTICA RECOMENDADA Y PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR PARA PRUEBAS DE CAMPO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA.**

El propósito de esta práctica es proporcionar procedimientos estándar para la prueba de fluidos de perforación base agua.

Esta práctica está organizada para seguir las pruebas como se listan en el Reporte de Fluidos de Perforación API, forma (API RP 13G, Segunda Edición, Mayo 1982). En el apéndice de esta práctica se dan pruebas adicionales [9].

**REFERENCIAS.**

## API

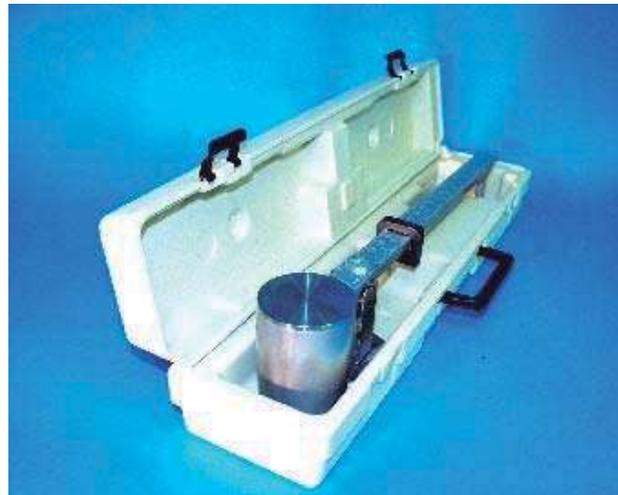
RP 13B-2	Práctica Recomendada para Procedimiento Estándar para Pruebas de Campo de Fluidos de Perforación Base Aceite.
Bul 13C	Boletín sobre el equipo de procesamiento de fluidos de perforación.
Bul 13D	Boletín sobre la Reología de Fluidos de Perforación para Pozos de Aceite.
RP 13E	Práctica Recomendada para la designación de las mallas en las temblorinas.
RP 13G	Práctica Recomendada para la forma del reporte del lodo de perforación.
RP 13I	Prácticas Recomendadas para pruebas de laboratorio de fluidos de perforación.
RP 13J	Prácticas recomendadas para pruebas de salmueras pesadas.
RP 13K	Práctica Recomendada para el análisis químico de barita.

**PESO DEL LODO (DENSIDAD).**

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



Balanza de lodos (escala vertical).



Balanza de lodos (escala horizontal).



Balanza presurizada para determinar densidad de fluidos.

Fig.12.-Diferentes tipos de balanzas para la densidad del lodo

**VISCOSIDAD Y FUERZA DE GEL.**

Los siguientes instrumentos son los que se utilizan para medir la viscosidad y/o fuerza de gel de los fluidos de perforación:

Embudo Marsh.- Es un dispositivo sencillo para determinar la viscosidad en forma rutinaria.

Viscosímetro de indicación directa. - Es un dispositivo mecánico para medir la viscosidad a varias velocidades de corte.

La viscosidad y la fuerza de gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo de los lodos. La reología estudia la deformación y flujo de la materia.



Fig. 13.-Embudo Marsh, jarras de plástico y acero inoxidable.

**VISCOSÍMETRO DE INDICACIÓN DIRECTA.**

Los viscosímetros de indicación directa son instrumentos del tipo rotacional, operados por un motor eléctrico o manualmente. El fluido de perforación está contenido en un espacio anular entre dos cilindros concéntricos. El cilindro externo o manga del rotor es accionado a una velocidad rotacional constante (rpm). La rotación del cilindro externo en el fluido produce un esfuerzo de torsión sobre el cilindro interno o plomada (bob). Un resorte de torsión 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 se han ajustado para que la viscosidad plástica y el punto de cedencia se obtengan utilizando lecturas de las velocidades de la manga del rotor de 300 y 600 rpm.



Fig.14.-Viscosímetro de indicación directa típico.

### **FILTRACIÓN.**

La medición del comportamiento de la filtración y las características del enjarre de un lodo, son fundamentales para el control y el tratamiento de los fluidos de perforación, también lo son las características del filtrado, tales como el contenido de aceite-agua o emulsión.

Estas características son afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el fluido y sus interacciones físicas y químicas, las cuales también se ven afectadas por la temperatura y presión. Por lo tanto las pruebas se elaborarán de dos formas una de baja presión/baja temperatura y otra de alta presión/alta temperatura, las cuales requieren de diferentes equipos y técnicas.



Fig.15.-Filtros prensa y accesorios.

### **CONTENIDO DE ACEITE, AGUA Y SÓLIDOS.**

El instrumento llamado retorta proporciona los medios para separar y medir los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra de lodo base agua. En la retorta sabemos el volumen de una muestra de lodo debido a que ésta es calentada para vaporizar los componentes líquidos los cuales son condensados y recolectados en un receptor graduado. Los volúmenes de líquido son determinados directamente por la lectura de las fases de aceite y agua en el recipiente. El volumen total de sólidos (suspendidos y disueltos) es obtenido por la diferencia (volumen total de la muestra – volumen de líquido). Los cálculos son necesarios para determinar el volumen de sólidos suspendidos puesto que cualquier sólido disuelto estará retenido en la retorta. Los volúmenes relativos de baja gravedad de los sólidos y sus materiales densificantes pueden ser calculados. Tener conocimiento de la concentración y composición de los sólidos es considerado básico para el control de la viscosidad y filtración de los lodos base agua.



Fig. 17.- Retorta para determinar sólidos, aceites y agua.

*Volumen por ciento de Agua ( $V_w$ ):*

$$V_w = \frac{100 \text{ (volumen de agua en cm}^3\text{)}}{\text{Volumen total de la muestra en cm}^3}$$

*Volumen por ciento de aceite ( $V_o$ ):*

$$V_o = 100 \text{ (volumen de aceite en cm}^3\text{)}$$

Volumen total de la muestra en cm<sup>3</sup>

*Volumen por ciento de sólidos ( $V_s$ ):*

$$V_s = 100 - (V_w + V_o)$$

### **ARENA.**

La arena contenida en el lodo es el volumen por ciento de partículas de más de 74 micrones es medido por un sistema de tubo colador.



Fig.17.-Kit para contenido de arena.

### **CAPACIDAD AZUL DE METILENO (CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO).**

La capacidad de azul de metileno en un fluido de perforación es un indicador de la cantidad de arcillas reactivas (bentonita y/o sólidos de perforación) presentes según la determinación de la prueba azul de metileno (MBT). La capacidad de azul de metileno proporciona una estimación de la capacidad total del intercambio cationico (CIC) de los sólidos del fluido de perforación. La capacidad de azul de metileno y la capacidad de intercambio cationico, no es necesariamente equivalente, normalmente primero viene una cosa antes que la actual capacidad de intercambio cationico.

Los fluidos de perforación frecuentemente contienen sustancias adicionadas con las arcillas reactivas los cuales fijan el azul de metileno por absorción. El tratamiento previo con peróxido de hidrogeno pretende remover los efectos de los materiales orgánicos tales como lignosulfonatos, lignitos, polímeros celulósicos, poliacrílicos y similares.

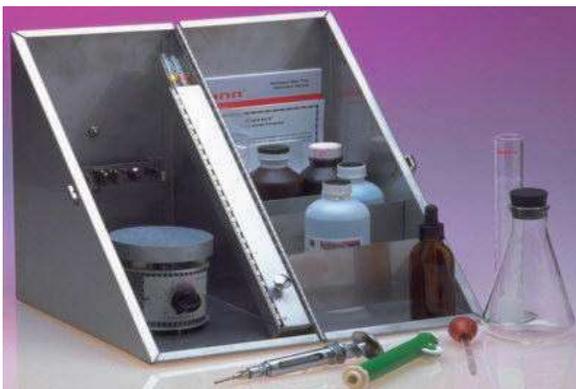


Fig.18.-Kit de azul de metileno.

La capacidad de azul de metileno se puede reportar como libras por barril de bentonita equivalente (basado sobre la bentonita con una capacidad de intercambio cationico de 70 meq/100 gramos) calculado como sigue:

$$\text{Bentonita equivalente, Lb/bbl} = \frac{5 (\text{azul de metileno, cm}^3)}{\text{fluido de perforación, cm}^3}$$

$$\text{Bentonita equivalente, Kg /m}^3 \text{ g} = 2.85 (\text{bentonita equivalente, lb/bbl})$$

## PH

Las mediciones del campo del pH del fluido de perforación (ó filtrado) y ajustes en el pH es fundamental para el control de los fluidos de perforación. La interacción con arcilla, la solubilidad de varios componentes y sus contaminantes, y la efectividad de aditivos son todos dependientes del pH, como lo es el control de los procesos de corrosión por ácido y de sulfuros.

El método recomendado para la medición del pH de los fluidos de perforación es por medio de un medidor de pH con electrodo de vidrio. Este método es preciso y da valores confiables del pH, está libre de interferencias si se utiliza un sistema de electrodo de alta calidad con un instrumento de diseño apropiado. Instrumentos de pH resistentes que automáticamente compensan la pendiente por temperatura, están disponibles y son preferidos sobre los instrumentos ajustados manualmente.



Fig. 19.-Medidor de pH.

## ANÁLISIS QUÍMICO.

### ALCALINIDAD Y CONTENIDO DE CAL.

La alcalinidad es el poder de neutralización de ácido de una sustancia. En la prueba de fluidos de perforación, las medidas de alcalinidad pueden hacerse ya sea sobre el lodo completo (designado con un signo índice m) ó sobre el filtrado (designado con un signo índice f). Los datos colectados de la prueba de alcalinidad pueden inclusive ser usados para estimar la concentración de iones hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) en el fluido de perforación. El conocimiento de las alcalinidades del lodo y el filtrado es importante para muchas operaciones de perforación para asegurar el control adecuado de la química de lodos. Los aditivos para el lodo, particularmente algunos defloculantes, requieren un medio alcalino para funcionar adecuadamente.

La alcalinidad generada por iones hidroxilos es generalmente aceptada como benéfica, mientras que la proveniente de sulfatos y/o bicarbonatos pueden tener efectos adversos sobre el funcionamiento del lodo.

Los iones que son principalmente responsables de la alcalinidad en el filtrado son los hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). Es importante señalar que los carbonatos pueden cambiar de una forma a otra debido a un cambio de pH en la solución. La interpretación de la alcalinidad en el filtrado involucra calcular la diferencia entre los valores de la titulación involucrados en este método. Por esta razón se debe poner atención para hacer la medición exacta en todos los pasos del procedimiento. Además es importante establecer que los cálculos siguientes son solo estimados de las concentraciones de las especies iónicas basadas en las reacciones teóricas del equilibrio químico.

La composición del filtrado del lodo es frecuentemente tan compleja, que la interpretación de la alcalinidad en términos de la estimación de los componentes iónicos puede ser errónea. Cualquier valor de la alcalinidad en particular representa todos los iones que reaccionan en el ácido con el rango de pH sobre el cual el valor fue analizado. Los iones inorgánicos que pueden contribuir a la alcalinidad, en adición a los iones hidroxilos, carbonatos y bicarbonatos son: *boratos, silicatos, sulfuros y fosfatos*. Los adelgazadores orgánicos, reductores de filtrado y sus productos de degradación pueden contribuir en gran medida al valor de la alcalinidad, además de enmascarar el punto final del cambio de color (vire).

Estos materiales orgánicos contribuyen en gran medida a la alcalinidad  $M_f$  y hacen la prueba altamente inexacta en los lodos tratados con adelgazantes orgánicos. Sin embargo para los sistemas de lodos bentoníticos sin aditivos dispersantes orgánicos la alcalinidad de la fenoltaleína ( $P_f$ ) y el Naranja de Metilo ( $M_f$ ) puede ser usada como una guía para determinar la contaminación de carbonato/bicarbonato y el tratamiento necesario para disminuir sus efectos contaminantes. Si los adelgazantes orgánicos están presentes en grandes cantidades, la prueba  $P_f/M_f$  es inadecuada y el método  $P_1/P_2$  debe ser usado.

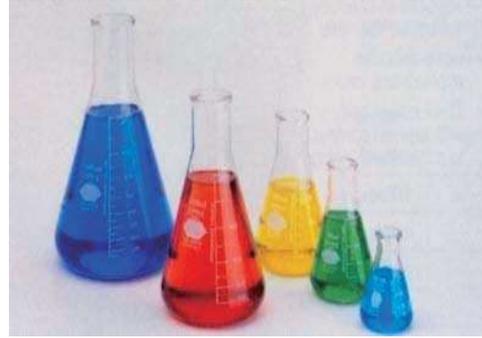


Fig.20.-Kit de análisis químicos.

	$\text{OH}^-$	$\text{CO}_3^{-2}$	$\text{HCO}_3^-$
$P_f = 0$	0	0	$1220 M_f$
$2P_f < M_f$	0	$1200P_f$	$1220 (M_f - 2P_f)$
$2P_f = M_f$	0	$1200P_f$	0
$2P_f > M_f$	$340 (2P_f - M_f)$	$1200 (M_f - P_f)$	0
$P_f = M_f$	$340 M_f$	0	0

Tabla 11.-Alcalinidades para estabilidad química del lodo

Estimación de cal, lb/bbl =  $0.260 (P_m - F_w P_f)$

Estimación de cal,  $\text{Kg/m}^3 = 0.742 (P_m - F_w P_f)$

### CLORUROS.

La prueba mide la concentración del ion cloro en el filtrado del lodo.

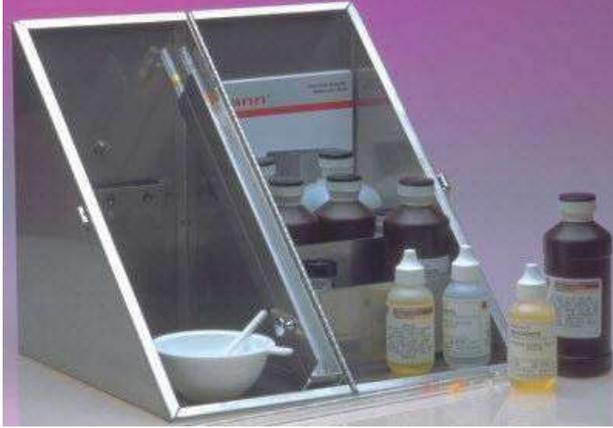


Fig.21.-Kit para cloruros.

### CALCIO COMO DUREZA TOTAL.

La dureza del agua ó dureza del filtrado del lodo se debe ante todo por la presencia de iones de calcio y magnesio. Cuando es adicionado el EDTA (ácido etilen diamino tetra acético ó sus sales), esta se combina con el calcio y magnesio, y el punto final es determinado con un indicador apropiado. La dureza total del agua es expresada en miligramos por litro de calcio. Un punto final oscuro por componentes oscuros pueden remediarse por oxidación con un reactivo como el hipoclorito de sodio.

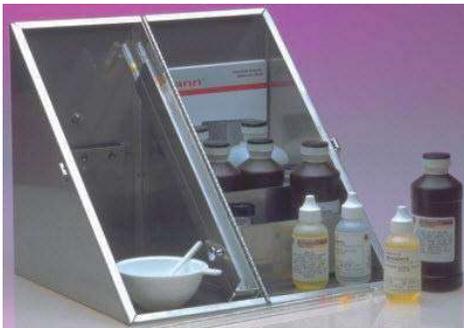


Fig. 22.-Kit para la determinación de calcio.

El siguiente cálculo puede ser empleado para determinar la dureza de calcio:

$$\text{Dureza total de calcio, mg/L} = \frac{400 (\text{volumen de EDTA, cm}^3)}{\text{Volumen de la muestra, cm}^3}$$

**COLUMNA GEOLOGICA COMPUESTA TABASCO-CHIAPAS**

CUATERNARIO	ACTUAL	RECIENTE	INDETERMINADO
	PLEISTOCENO	PARAJE SOLO	
TERCIARIO	PLIOCENO	FILISOLA	La constituyen potentes cuerpos de arena gris claro de grano fino a grueso y lentes de lutita arenosa (limolita) gris verdoso.
		Fm. FILISOLA	Potentes cuerpos de lutitas y lutitas arenosas gris verdoso y gris oscuro con intercalaciones de capas de arena gris claro y gris oscuro de grano medio, en esta zona se distingue únicamente en los pozos que se perforan cerca de la actual línea de costa y hasta en una línea imaginaria y paralela a la misma situada aproximadamente a 30 km tierra adentro.
	MIOCENO	CONCEPCIÓN SUPERIOR	Lutitas arenosas gris claro y gris verdoso bien estratificado, incluye capas de arena gris claro y gris verdoso de grano fino a medio.
		CONCEPCIÓN INFERIOR	Constituida por lutita arenosa gris, gris verdoso y gris oscuro intercaladas con capas de arena gris claro arcillosa de grano fino.
		ENCANTO	Potentes cuerpos de lutita ligeramente arenosa gris y gris claro, hacia la base presentan intercalación de cuerpos de arenisca blanca de grano fino. En algunos campos, esta formación es productora de aceite.
		DEPÓSITO	Potentes cuerpos de lutita gris verdoso, en partes arenosas, con intercalaciones de arenisca de cuarzo; pueden ser con intercalaciones de cuarzo gris claro de grano medio a fino, bien cementada con material calcáreo; se observan lentes de bentonita gris verdoso, descansa en una discordancia sobre sedimentos arcillosos del Oligoceno Medio.
	OLIGOCENO MEDIO		Constituida principalmente por lutita bentonítica gris verdosa, con intercalaciones de capas delgadas de bentonita verde y azul.
	EOCENO		Potentes espesores de lutitas gris claro y gris verdoso, compacta, masiva, calcárea; en la cima presenta intercalaciones con capas de caliza brechoide blanco cremoso y bentonita verde azuloso.
PALEOCENO		Predominan lutitas bentonítica calcáreas de gris verdoso, dura, en la cima presentan capas de arenisca gris clara, en la base se encuentran brechas de caliza blanco cremosos, indican la discordancia regional entre el Terciario y el Cretácico superior.	
CRETÁCICO	SUPERIOR	Fm. MÉNDEZ	Formada principalmente por margas café rojizo claro, hacia la cima presentan brechas calcáreas color blanco cremoso; incluyen calizas tipo Mudstone, Wackestone, Packestone y Greinstone
		SAN FELIPE	Representado por calizas bentonítica, gris verdoso, con intercalaciones de finas capas de bentonita verde claro.
		AGUA NUEVA	Consiste de una caliza crema (Mudstone blanco cremoso) y gris claro, compacta, presenta microfracturas en ocasiones impregnadas de aceite, así como abundancia en bandas de nódulos de pedernal biogeno gris claro, gris oscuro, café claro, negro y ámbar; hacia la base está constituido por Mudstone arcilloso, café obscuro, negro y gris verdoso.

	MEDIO	<p>El Cretácico medio varía dependiendo de la zona, dentro del área Chiapas – Tabasco.</p> <p>1ª fase: de Sur a Norte; desde las primeras estribaciones de la sierra de Chiapas hasta el Sur del campo Sitio Grande, incluyendo en una línea Este - Oeste, los campos Giralda, Iris, Dorado, Mundo Nuevo, etc., se constituye por calizas de plataforma (Wackestone, Packestone y Greinstone) de colores café claro y gris claro.</p> <p>2ª fase: comprende rocas de mar abierto, constituida por brechas con clastos de calizas, incluyendo restos de microfósiles, rudistas, caliza dolomitizada y dolomía café claro y gris claro, esta franja parece corresponder a una margen de cuenca o talud arrecifal.</p> <p>3ª fase: más al Norte se encuentran calizas de aguas profundas (de cuenca), como Mudstone de color blanco cremoso café claro, compacto con dolomía café claro, gris, gris claro y textura microcristalina y mesocristalina.</p>	
	INFERIOR	<p>Representado por calizas Mudstone arcillosas gris, gris verdoso y café oscuro, compacto; y Mudstone incipientemente dolomitizado gris verdoso, gris y café oscuro; en su parte media y hacia la base pasa a dolomía gris pardusco y gris verdoso, en ocasiones con intercalaciones de anhidrita blanca; en el Norte del área Chiapas – Tabasco lo constituye un Mudstone gris oscuro y gris verdoso que hacia la base se gradúa a Packestone y Greinstone de oolitas; su espesor varía de 500 m en la cuenca a 1000 en plataforma.</p>	
JURÁSICO	SUPERIOR	TITHONIANO	<p>Constituido en toda el área por Mudstone arcilloso, café oscuro y negro, en ocasiones parcialmente dolomitizado; además puede estar presente dolomita arcillosa café oscuro. Estas rocas son consideradas las principales generadoras de hidrocarburos líquidos y gaseosos, su espesor varía entre los 100 y 600 metros.</p>
		KIMMER	<p>Consiste de una secuencia alternante de Packestone y Greinstone de oolitas peletoides café cremoso y gris verdoso compacto, con intercalaciones de anhidrita en capas delgadas, en algunos campos del área se presentan las rocas descritas ligeramente dolomitizadas o en otras transformadas en dolomía. Se incluye también Mudstone verde claro y verde oscuro. Estas rocas son consideradas como excelentes almacenadoras de hidrocarburos, y su espesor varía de 265 a 548 metros.</p>
		OXFORDIANO	<p>Formado por Mudstone y Wackestone café claro, gris verdoso y gris oscuro, puede presentar dolomitización incipiente, en alternancia con capas de anhidrita blanca y yeso blanco de espesor variable. Incluye Packestone de oolitas café claro, compacto. La potencia de estas rocas varía de 265 a 900 metros.</p>
	MEDIO	CALLOVIANO	<p>Representada por Mudstone y Wackestone café claro, gris claro oscuro, compacto, con microfracturas selladas por calcita; en la parte media y basal (de lo hasta ahora perforado). Hacia la cima consiste de Packestone, Greinstone de biógenos café cremoso y gris verdoso, incipientemente dolomitizados; presenta capas intercaladas de anhidrita blanca y yeso blanco, ambos de aspecto masivo; incluye además Mudstone arcilloso gris oscuro y café oscuro compacto. El espesor es de 1146 metros. □□□</p>

Tabla 12.-Descripción de las columnas geológicas y tipo de formación presente.

**APENDICE B****GLOSARIO DE TERMINOS****Absorción:**

Penetración de moléculas o iones de una o más sustancias en el interior de un sólido.

**Acidez:**

Potencia ácida relativa de los líquidos, que se mide por medio del pH.

Acidez implica un pH inferior a 7.0

**Adhesión:**

Fuerza que mantiene juntas a moléculas diferentes.

**Aditivos para lodos:**

Cualquier material que se añade a un lodo para lograr un propósito determinado.

**Adsorción:**

Fenómeno de superficie exhibido por un sólido que le permite mantener o concentrar gases, líquidos o sustancias disueltas sobre su superficie; esta propiedad es debida a la adhesión.

**Agente floculante:**

Sustancia, como la mayor parte de los electrolitos, polisacáridos, polímeros naturales o sintéticos, que causan aumento en la viscosidad de un lodo.

**Aglomeración:**

Agrupamiento de partículas individuales.

**Agregación:**

Formación de agregados. En los lodos, la agregación se produce cuando se acumulan plaquetas de arcilla, una arriba de otra, cara a cara.

**Agua connata:**

Agua salada que probablemente se depositó y quedo atrapada con depósitos sedimentarios; esto la diferencia de las aguas migratorias que han entrado en los depósitos después que ellos se formaron.

**Agua intersticial:**

Agua contenida en los intersticios o espacios vacios una formación.

**Alcalí:**

Cualquier compuesto que tenga marcadas propiedades básicas.

**Alcalinidad:**

Poder de combinación de una base medido por el número máximo de equivalentes de un ácido con los que puede combinarse para formar una sal. En los análisis de agua, representa los carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos contenidos en el agua.

**Almidón:**

Grupo de hidratos de carbono que se encuentran en las células de muchas plantas.

**Análisis de lodo:**

Prueba que se realiza a un lodo para determinar sus propiedades y sus condiciones físico-químicas.

**Anhidro:**

Sin agua.

**Anión:**

Átomo o radical negativamente cargado en solución de un electrolito.

**Antiespumante:**

Sustancia que se emplea para impedir la espuma mediante la disminución de la tensión superficial.

**Anular:**

Espacio entre la columna de perforación y la pared del pozo revestimiento.

**Arcilla:**

Dícese de aquella materia plástica, blanda, de varios colores, generalmente compuesta por silicato de aluminio, formada por la descomposición del feldespato y otros silicatos de aluminio.

**Arcillas nativas:**

Son arcillas que se encuentran al perforar diversas formaciones.

**Arena:**

Material granular suelto, resultante de la desintegración de las rocas. Está formado fundamentalmente por sílice.

**Atapulgita:**

Arcilla coloidal compuesta por silicato hidratado de aluminio y magnesio utilizada

en agua salada.

**Barita:**

Sulfato de bario natural que se usa para aumentar la densidad de los lodos. El mineral se manifiesta en depósitos de color gris, blanco, verdoso y/o rojizo, y en estructuras masivas de cristal.

**Barril:**

Unidad volumétrica de medida empleada en la industria petrolera.

Equivale a 42 galones.

**Barril equivalente:**

Unidad de laboratorio empleada para la evaluación o pruebas del lodo.

Un gramo de material, cuando se añade a 350 cc de lodo, equivale a la adición de una libra de material a un barril (42 galones) de lodo.

**Base:**

Compuesto de un metal o un grupo metal-simil con hidrógeno y oxígeno en la

proporción requerida para formar un radical  $\text{OH}^-$ , que se ioniza en soluciones acuosas produciendo un exceso de iones hidróxilos.

**Bentonita:**

Arcilla plástica, coloidal, constituida principalmente por Montmorillonita sódica, que es un silicato de aluminio hidratado.

**Bloqueo por agua:**

Reducción de la permeabilidad de la formación debido a la invasión de agua en los poros. La disminución en permeabilidad puede tener su origen en el hinchamiento de las arcillas o en algunos casos por el bloqueo capilar debido a fenómenos de tensión superficial.

**Catión:**

Partícula positivamente cargada en la solución de un electrolito que bajo la influencia de un potencial eléctrico, se moviliza hacia el cátodo (electrodo negativo).

**Caudal de circulación:**

Velocidad del flujo del lodo circulante, en volumen, que generalmente se expresa en galones o barriles por minuto.

**Cemento:**

Mezcla de aluminatos y silicatos de calcio que se produce combinando cal y arcilla, con calor. Contiene aproximadamente 62.5 % de hidróxido de calcio, el cual es la fuente más importante de dificultades cuando el lodo es contaminado por cemento.

**Coagulación:**

En terminología de lodos, es un sinónimo de floculación.

**Coalescencia:**

Combinación de glóbulos de una emulsión causada por la atracción molecular de las superficies.

**Cohesión:**

Fuerza de atracción entre una misma clase de moléculas.

**Coloide:**

Estado de subdivisión de la materia que consiste en grandes moléculas individuales o en agregados de moléculas más pequeñas, dispersadas en el grado que la

grado que la fuerza de superficie se convierte en un factor importante para determinar sus propiedades. El tamaño de las partículas coloidales varían entre 0.001 a 0.005 micrones.

**Contaminación:**

Presencia en un lodo de cualquier sustancia extraña que puede tender a producir efectos nocivos en sus propiedades.

**Copolímero:**

Sustancia que se forma cuando dos o más sustancias se polimerizan al mismo tiempo, dando por resultado un producto que no es una mezcla de polímeros individuales sino un complejo que tiene propiedades diferentes de cada polímero que lo componen.

**Daño a la formación:**

Daño a la productividad de una formación como resultado de la invasión a la misma de fluido o partículas provenientes del lodo y / o formaciones adyacentes.

**Descomposición térmica:**

Descomposición química de un compuesto por la temperatura en sustancias más simples o en sus elementos constitutivos.

**Defloculación:**

Destrucción de las estructuras gelificadas (floculadas) por medio de dispersante.

**Deshidratación:**

Acción de perder un compuesto el agua libre que contiene o el agua de mezcla.

**Dispersante:**

Toda sustancia química que promueve la dispersión de la fase dispersa.

**Dureza del agua:**

Dícese del contenido de calcio y magnesio en el agua.

**Electrolito:**

Sustancia que se disocia en iones cargados, positivos y negativos, cuando está en solución y que conduce una corriente eléctrica

**Extendedor de arcilla:**

Sustancias, generalmente compuestos orgánicos de alto peso molecular, que cuando se añade a bajas concentraciones a la bentonita ejercen un efecto viscosificante.

**Falla:**

Término geológico que significa ruptura de la formación, hacia arriba o hacia abajo, en los estratos subterráneos.

**Filtrado:**

Líquido forzado a través de un medio poroso durante el proceso de filtración.

**Floculación:**

Asociación de partículas sin gran cohesión, en grupos ligeramente unidos por fuerzas electrolíticas en geometría perpendicular de las partículas.

**Gelación:**

Asociación de partículas para formar una estructura continua.

**Gumbo:**

Cualquier formación de consistencia pegajosa, como las arcillas encontradas en la perforación de sedimentos marinos.

**Hidratación:**

Acto por el cual una sustancia admite agua por medio de absorción y / o adsorción.

**Hidrólisis:**

Reacción de una sal con agua para formar un ácido y una base.

**Hidróxido:**

Compuestos básicos que contienen el radical OH-

**Humectación:**

Adhesión de un líquido a la superficie de un sólido.

**Lutitas:**

Arcilla de origen rocoso, finamente granular, con clivaje tipo pizarra, que es una sustancia orgánica parecida al petróleo.

**Micrón:**

Unidad de longitud igual a la millonésima parte de un metro.

**Molécula:**

Unión de dos o más átomos.

**Orogénesis:**

Movimientos tectónicos que originan los relieves.

**Permeabilidad:**

Propiedad de los materiales a ser atravesados por fluidos.

**Polímero:**

Sustancia formada por la unión de dos o más moléculas iguales, unidas extremo con extremo, dando por resultado una sustancia que posee los mismos elementos en la misma proporción que las moléculas originales, pero de mayor peso molecular y con diferentes propiedades físicas.

**Porosidad:**

Espacio vacío en una roca de formación, que usualmente se expresa como el porcentaje de espacio vacío por el volumen total.

**Porosidad efectiva:**

Cantidad de espacios porales interconectados entre sí.

**Reología:**

Ciencia que se ocupa de la deformación y el flujo de fluidos.

**Revoque:**

Material sólido depositado sobre la pared del pozo.

**Sensibilidad de la formación:**

Tendencia de ciertas formaciones productoras a reaccionar adversamente con los fluidos invasores.

**Tensión interfacial:**

Fuerza requerida para romper la superficie entre dos líquidos inmiscibles entre sí.

**Tensión superficial:**

Fuerza que actúa en la interfase entre un líquido y su propio vapor, y que tiende a mantener el área de esa superficie en un mínimo.

**Titulación:**

Método para la determinación de la cantidad de alguna sustancia en una solución; para ello se emplea un procedimiento basado en el uso de otra solución llamada solución estándar.

**Tixotropía:**

Capacidad de un fluido para desarrollar resistencia de gel con el tiempo. Cualidad de una suspensión coloidal de desarrollar una fuerza gelificante cuando se encuentra en reposo, pero que se convierte nuevamente en fluido por agitación mecánica.

**Viscosidad:**

Resistencia interna al flujo ofrecido por un fluido debido a atracciones entre moléculas.

**Zona productora:**

Parte de la formación penetrada que contiene petróleo o gas en cantidades aprovechables comercialmente.