

RESUMEN DE LODOS PARA EL 1º PARCIAL

08/05/2009
UAGRM-INGENIERIA PETROLERA
Diego Arredondo





TEMA #1

Los Fluidos De Perforación: Definición, Funciones y Propiedades

Los primeros pozos perforados por el método de rotación solo se usaba agua como fluido que al mezclarse con los sólidos de formación formaban el lodo.

Si un pozo era demasiado espeso o pesado se le agregaba agua para adelgazarlo, y si la viscosidad era insuficiente se agregaba otro lodo de reserva para espesarlo. Cualquier problema en el lodo durante la perforación era solucionado agregando agua o lodo de reserva.

En 1901 HAGGEN Y POLLARD sugirieron que en pozos de gas debe llenarse el mismo cuando se saca la tubería a superficie para evitar un posible reventón.

Definieron el término **lodo nativo** como la mezcla de agua con arcilla la cual permanece en suspensión por un tiempo considerable.

Las arcillas más usadas fueron de naturaleza **GUMBO**, despreciando a las arenas y arcillas duras, recomendando un 20% en peso de arcilla en agua.

En 1916 LEWIS Y MC-MURRAY definieron al lodo nativo como:

“Una mezcla de agua con algún material arcilloso que pueda permanecer en suspensión por tiempo considerable que tenga una densidad de 1.05 a 1.1 $\frac{g}{cc}$ y que además debe ser delgado como el agua para evitar efectos negativos en algunas formaciones. Decían que un buen lodo debía ser capaz de sellar arenas de formación, además de evitar su lavado y contrarrestar las presiones del gas”

En 1921 STROUD fue encargado de encontrar un medio para aumentar la densidad para prevenir el descontrol de pozos de gas. Así surgió el **óxido de hierro** para preparar lechadas rápidas y bombeable de **15 a 18 $\frac{lb}{gal}$** .

En 1922 experimento con **BARITA O BARITINA**, material que presentaba ventajas sobre el óxido de hierro como ser alta gravedad específica, no es abrasivo, no es tóxico pero se usó en gran escala recién para el año 1929, cuando se solucionó el problema de la viscosidad y Gel necesaria para suspender el material.

La búsqueda de la solución al problema de gel y viscosidad dio lugar a varios aditivos que cumplan con el objetivo. Primero se desarrollaron compuestos de mezclas de aluminato de sodio y soda cáustica para luego en 1929 descubrir la **ARCILLAS BENTONICAS** con ventajas superiores en dar **viscosidad, gel y control de filtrado en la formación**.

La **BENTONITA** daba viscosidad y control de filtrado en lodos base agua dulce, la misma no tenía buenos resultados en lodos salados.

Por lo tanto en 1937 fue patentada la **ATAPULGUITA** para dar viscosidad a las soluciones saladas.

En 1937, para tener un mejor control de filtrado se desarrollaron **coloides orgánicos**, tales como el **almidón de maíz**, el cual debía sufrir una **Peptización** para su uso en lodos, pero es un producto que se fermenta, entonces se investigó otros materiales que fermentan menos con la temperatura llegando al descubrimiento del **CARBOXI METIL CELULOSA**.

Al profundizar un pozo, surgió el problema de alta viscosidad y gel en los lodos, necesitando productos que bajen el gel y la viscosidad, descubriendo así los **fosfatos no-hidratados**, los cuales en 1930 PARSONS menciona el uso de adelgazantes estabilizadores, y discute el efecto del PH sobre la viscosidad del lodo.

LOOMIS Y AMBROSE patentaron el uso del **tanino natural** para disminuir la viscosidad. El **QUEBRACHO** era de alto uso.

Luego de la 2ª guerra mundial se desarrollaron productos como **LIGNO SULFONATOS DE CALCIO, LIGNINA, LIGNOSULFATOS DE HIERRO Y CROMO** que se usaron como dispersantes de lodos desde la década de los 50's.

DEFINICIÓN DE LODOS

“Mezcla heterogénea de una fase continua (agua o aceite) con la fase que son los aditivos que se agregan y que pueden estar disueltos o dispersos en el medio continuo con la finalidad de darle al lodo **PROPIEDADES** adecuadas para que pueda cumplir **FUNCIONES** específicas en la perforación de pozos petroleros”

Son varias las funciones, y para saber si un lodo está cumpliendo sus funciones, de este se miden sus propiedades que tienen que estar dentro de un rango de trabajo.

Las **PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS** que debe tener un lodo son medidas a través de una serie de instrumentos y métodos los cuales fueron diseñados paralelamente con el desarrollo de los fluidos y problemas presentados en los mismos en la perforación de pozos.

En 1930 se crea la **balanza de lodos**, diseñada para medir la densidad, en este año, también se crea el **embudo de Marsh** que es un instrumento que relaciona **un volumen vertido por el embudo con el tiempo**, el cual fue adoptado por las normas API y nos da una idea de la viscosidad del fluido pero no indica a que se deben los cambios en viscosidad que puede tener un fluido.

Por la misma época fue introducido el **VISCOSIMETRO DE STORMER** que permite obtener datos de **TIXOTROPIA Y VISCOSIDAD APARENTE**.

En 1952 **MEMBROSE Y LILIENSTHALL** diseñaron un instrumento rotacional para medir la **viscosidad plástica, el punto cedente y el gel** llamado **Viscosímetro Rotacional**, que se usa tanto en el laboratorio como el campo.

JONES Y BALSON diseñaron un aparato a través del cual circulaba el lodo a presión y temperatura que estaban en contacto con arenas, para resolver problemas en formaciones arenosas muy permeables. Observaron que los lodos de bajos coloides y más aun lodos floculados, formaban películas gruesas y mojaban mucho las paredes de la formación; cosa que no se observaba en los lodos que contenían altos coloides.

En 1937 CIA BARIOD diseño un aparato para medir la pérdida de fluido en condiciones estáticas y presiones de 100psi. Más tarde se diseño el filtro prensa para medir fluido a altas presiones y temperaturas en condiciones estáticas.

En 1937 se empezó a dar **formulaciones de lodos** a los que se definió tipos de lodos que se diseñaron en función de las presiones anormales, contaminantes a encontrar, formaciones a atravesar siendo el **silicato de sodio** el primer tipo de lodo diseñado y de amplio uso hasta los años 1949, para ser reemplazado por los **lodos de cal** que nacieron para solucionar problemas en la perforación de arcillas muy activas de fácil hidratación la que era controlada con el agregado del ion calcio al lodo.

Estos lodos son modificados cuando tienen que perforar zonas de altas temperaturas, disminuyendo su contenido de cal en el lodo y se los conoce como **lodos de bajo cal**.

Los **lodos base aceite** inicialmente fueron diseñados para mejorar la **terminación de pozos** con **reservorios muy sensibles al agua**, y para perforar **LUTITAS muy activas**.

Los **lodos de emulsión inversa (EI)** fueron desarrollados en 1950; consisten una **fase continua base aceite** y una base discontinua **base agua** que encuentra en forma de **emulsión**; fue necesario desarrollar algunos **asfaltos y emulsificantes** para **estabilizarla**.

LEWIS en 1953 describió el uso de los lodos de **yeso** con la ventaja de ser estables a altas temperaturas, y que tiene alto contenido de **ion calcio** soluble, además de ser de **bajo PH**.

Los **lodos aireados** aparecieron con el desarrollo de algunos **SURFACTANTES** con la finalidad de estabilizar la mezcla del agua con el aire que forma la espuma.

Todo lodo al perforar genera sólidos de formación que si no son eliminados, sus propiedades decaen, el manejo del lodo se hace más difícil, como así también la velocidad de penetración disminuye, es por esto que todo equipo de perforación contaba inicialmente con la una **ZARANDA** bastante rudimentaria para tratar de eliminar los sólidos de mayor tamaño.

Para mejorar las condiciones del lodo como los tiempos de perforación, se introdujeron en el ámbito petrolero equipos de control de sólidos, como ser:

DESARENADORES, DESARCILLADORES, LIMPIA LODOS y CETRIFUGAS

para eliminar los sólidos más finos como ser arena y arcilla.

LA BARITINA

Básicamente es un Sulfato de Bario (SO_4Ba) de gravedad específica 4.2 a 4.35 que es muy utilizado para **dar densidad a los lodos**, es un material inerte e insoluble en agua y aceite que puede ser usado en un amplio rango de concentración según sean las condiciones exigidas.

Es de color blanco a gris oscuro, en EEUU produce el 25% del total.

Su uso puede llegar a elevar sustancialmente el costo global de lodo, y está sujeto a ciertas especificaciones normadas por API en cuanto a **molienda y materiales** que puedan contaminar.

LA BENTONITA

Es el material más usado en la preparación de lodos base agua. Es una arcilla (sílico aluminato) que sirve para dar viscosidad y control de filtrado a los lodos base agua fresca, su gravedad específica está alrededor de 2.6.

También las normas API rigen las especificaciones en cuanto a su rendimiento, molienda y contaminante.

El agregado de cualquier material al lodo se lo hace según una concentración dada, adecuada para obtener una determinada propiedad en un valor de trabajo; por lo general las unidades de uso para el agregado de material son libras de material por cada barril de líquido. Para conocer la densidad obtenida luego de agregar bentonita, lo hacemos con la siguiente expresión:

$$\rho_{Sn} = \frac{350 + m_B}{42 + \frac{m_B}{GS_B}}$$

(1.1)

ρ_{Sn} , es la densidad de la solución en lb/gal
donde: m_B , es la masa en lb de bentonita agregada

GS_B , es la gravedad específica de la bentonita ($GS_B = 2.6$)

COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO DE UN PERFORACIÓN

SISTEMA DE ENERGÍA

Es dado por los motores y generadores de energía necesarios para las operaciones del equipo. Estos motores pueden ser, motores a diesel, motores eléctricos, etc.

Toda la energía generada por los motores es usada para izar, rotar y bajar la herramienta, como también para mover las bombas de lodo.

SISTEMA DE SOPORTE, IZADO Y ROTACION

Comprende los siguientes elementos:

- **Torre o mástil de perforación** que en realidad es el soporte de todos los demás elementos.
- **Corona con la roldana**, donde se enhebra el cable de perforación.
- **Bloque viajero** unido a la corona a través del cable, acoplado a él, se encuentra el gancho con sus demás accesorios.
- **Vástago** con su respectiva cabeza de inyección donde va acoplada la manguera de inyección.
- **Mesa rotaria** (en caso de tener TOP DRIVE ya no se usa).
- **Sarta de perforación**, compuesta por:
 - **Barras de sondeo**, para llegar a la profundidad.
 - **Porta mechas** (donde están incluidas las barras pesadas), para darle peso a la herramienta.
 - **Estabilizadores** para mantener la desviación del pozo.

El **conjunto de barras pesadas, porta mecha, y estabilizadores** se lo conoce con el nombre de **arreglo de perforación**, el cual puede variar según las condiciones y diseño de pozo.

- Sistema de circulación , está compuesto por:
 - **Bomba de lodo**, es el elemento principal del sistema de circulación, es el nexo entre el quipo de perforación y el lodo. Las bombas más usadas son las DUPLEX (doble acción) y TRIPLEX (triple acción).
 - **Cajones de lodos**, son recipientes contenedores de lodo que pueden tener cualquier forma, como ser rectangulares, con fondo plano o inclinado, cilíndricos con fondo plano o esférico. Se los conoce también como tanques de lodos, presas, bandejas, etc. Son diseñados de pendiente de las capacidades del equipo.

Se tiene **TANQUES DE ZARANDAS**, que colectan los sólidos más gruesos. Los cajones de lodos cuentan con bombas de agitación-preparación, pistola de agitación, agitadores eléctricos y ventanas de evacuación.

El **CIRCUITO QUE SIGUE EL LODO** es el siguiente:

La bomba de lodo succiona el fluido de los cajones y envía el lodo a presión a través de conexiones de tuberías a la manguera de circulación para llegar a cabeza de inyección la cual está unida al vástago a través de un acople especial que le permite introducir el lodo en el vástago que está girando; el lodo continua circulando internamente descendiendo a través del sondeo, arreglo de perforación, hasta salir al espacio anular, por las boquillas del trepano, para luego ascender hasta la salida del lodo y retornar nuevamente a los cajones donde se limpia y nuevamente es tomado por la bomba.

Cabe decir que el lodo pierde energía en todo su trayecto, **bomba-línea de flujo** donde sale prácticamente sin presión, es decir que **hay un caída de presión** en todo el recorrido del lodo.

La energía generada por los motores llega a un elemento llamado **MALACATE** que contiene una serie de engranajes y ejes con la finalidad de distribuir la energía. Este elemento cuenta con una pieza principal llamada **FRENO**.

Es equipo de perforación también cuenta con tanques de agua, de combustible con sus respectivas bombas, bombas de preparación y/o agitación de lodos, galpones de materiales de lodo y cemento, equipo de control de sólidos, etc.

En forma global en equipo de control de sólidos cuenta con el siguiente circuito: **zarandas, desarenadores, desarcilladores, limpia lodos y centrifugas**. La utilización del total de los equipos depende de las condiciones POZO/LODO; pero la función principal es de eliminar la mayor cantidad de sólidos de formación generados por el trepano para que el lodo entre de nuevo al pozo lo más limpio posible.

Un **buen lodo** no es solo aquel que minimiza los problemas de perforación, sino también **debe economizar el costo final** del pozo perforado.

FUNCIONES DEL LODO

Cuando se definió lodo se dijo que era diseñado para cumplir ciertas **FUNCIONES**. Las funciones se las clasifica en:

FUNCIONES ESPECÍFICAS O BASICAS

Son aquellas que si o si debe cumplir el fluido para ser considerado el un lodo.

1. **Sacar los Recortes** de formación a superficie.
2. **Controlar las Presiones** de formación.
3. **No dañar las zonas productoras**.
4. **Estabilizar las paredes** de las formaciones.
5. **No dañar el medio ambiente**.

FUNCIONES DERIVADAS

Son las que se derivan de de las especificas y algunas pueden ser no cumplidas sin dejar de ser el fluido un lodo.

6. **Sacar Información** del fondo del pozo.
7. **Formar una película impermeable** sobre las paredes de la formación.
8. **Lubricar y enfriar la sarta** de perforación.
9. **Mantener en suspensión los sólidos**.
10. **No causar corrosión** a la herramienta.
11. **Transmitir energía** al fondo del pozo

Haremos un análisis de las distintas funciones.

1. **Sacar los Recortes** de formación a superficie, al perforar un determinado pozo se generan recortes de formación en tamaños y cantidad según sea el trepano y la velocidad de penetración. La remoción del recorte debe ser continua para dejar al trepano el espacio libre para que cumpla su función de cavar o hacer un hueco nuevo a cada instante. El lodo junto con el caudal de bombeo debe ser capaz de acarrear estos recortes a superficie dejando limpio el fondo del

pozo. La capacidad de limpieza del pozo es función del caudal de bombeo como de la densidad del lodo y su viscosidad.

2. **Controlar las Presiones** de formación. Toda formación tiene una determinada presión en sus poros denominada presión de poro o presión de formación, esta presión puede ser normal si su gradiente es de 0.433 a 0.465 $\frac{\text{psi}}{\text{ft}}$ (agua pura – agua salada de 1.07 $\frac{\%}{\text{cc}}$); todo valor por encima se llama presión anormal y todo valor por debajo se llama presión sub-normal. Si se conoce la presión y la profundidad de una formación se puede saber la densidad mínima que debe tener el lodo para controlar esa presión. La densidad mínima de trabajo debe estar por encima debido a que se toma como presión hidrostática más un factor de seguridad de 300psi, elevando la densidad del lodo necesario para controlar la presión de formación. Esta presión de 300psi es un factor de seguridad que puede cubrir la disminución de presión causado cuando se está sacando la herramienta del pozo; ya que casi siempre causa un efecto de pistón.

Para incrementar la densidad la industria cuenta con una serie de productos químicos, entre los más usados tenemos: **BARITINA, CARBONATO DE CALCIO, OXIDOS DE HIERRO, CLORURO DE SODIO, DE POTASIO, DE CALCIO**. Cada uno con sus ventajas y desventajas.

3. **No dañar las zonas productoras**, la finalidad de perforar un pozo petrolero es para producir hidrocarburos, esta producción dependerá de muchos factores de los cuales uno se refiere al daño a la productividad causada por el lodo. El daño causado por el lodo puede ser por excesiva cantidad de sólidos, por una sobre presión o por la incompatibilidad química del lodo con la formación productora, como ser inadecuada alcalinidad, contenido de emulsificantes que puedan causar la formación de emulsiones estables en los poros de las formaciones productoras.

Es común perforar los pozos por etapas o tramos, los cuales luego de terminados son aislados con cañería cementada, esto se debe a:

- Condiciones de formación
- Presiones a encontrar
- Asegurar la estabilidad del pozo en general.

4. **Estabilizar las paredes** de las formaciones. Las formaciones que se atraviesan varían en sus características físico-químicas, según sea la profundidad en que se encuentra como también en su posición en la tierra, la estabilidad de la formación dependerá de la condición con que se atraviesa como también de la relación lodo-formación.

La estabilidad de la formación depende en forma directa de la química de los lodos. Un ejemplo de estos es el de que al perforar formaciones llamadas GUMBOS, estas al entrar en contacto con el agua del lodo toman gran cantidad de la misma aumentando varias veces su volumen, provocando lo que se conoce como cierre de agujero que causa los conocidos arrastres y resistencias de la herramienta en movimiento.

5. **Sacar Información** del fondo del pozo, un lodo que esta perforando en un pozo, continuamente trae información del fondo del pozo que el ingeniero de lodos está capacitado para poder interpretar esta información y poder conocer las condiciones que están en el fondo del pozo.

6. **Formar una película impermeable** sobre las paredes de la formación, toda formación atravesada tiene cierta permeabilidad una más que otra; las arenas por lo general son bastante permeables y no así las arcillas, esta permeabilidad es lo que hace posible el paso del fluido a través de las rocas; debido a las exigencias de la perforación de tener una presión hidrostática mayor a la presión de formación, parte del líquido del lodo, llamado filtrado, penetra a horizontes en las formaciones, quedando sobre la pared de la formación una costra de sólidos conocido como película o revoque cuyo espesor queda definido por las características del lodo y las normas de perforación; esta película está muy ligada a la estabilidad del pozo que por lo general debe ser delgada, impermeable, lubricada y no quebradiza.
7. **Lubricar y enfriar la sarta** de perforación, los aditivos agregados al lodo generalmente son polímeros los cuales aparte de cumplir con sus funciones para los cuales fueron agregados dan al lodo características de lubricidad que ayuda a minimizar las fricciones entre la herramienta de perforación y las formaciones. Al girar la herramienta al girar o desplazarse genera fricciones con las formaciones el cual se manifiesta como torque (resistencia al giro), arrastre (cuando se saca la herramienta) y resistencia (cuando se mete la herramienta).

A medida que se perfora un pozo la temperatura aumenta con la profundidad. El gradiente de temperatura en normal cuando por cada 100ft perforados la temperatura en el fondo del pozo aumenta 1°F. El lodo entra desde superficie a bajas temperaturas y al circular a grandes profundidades va extrayendo calor de las formaciones enfriando el pozo; el lodo y el pozo en si forman un intercambiador de calor.
8. **Mantener en suspensión los sólidos**, el comportamiento del lodo como fluido NO-NEWTONIANO, tanto en estado dinámico como es estado de reposo es distinto al comportamiento de un fluido NEWTONIANO, el lodo tiene un propiedad muy importante que es la de mantener en suspensión a los sólidos que lo componen con la finalidad de que los mismos no se depositen y obstruyan la perforación del pozo. Se llama TIXOTROPIA a la capacidad que tiene el lodo de generar energía en estado de reposo.
9. **No causar corrosión** a la herramienta, el lodo debe estar diseñado en el sentido de minimizar el efecto de corrosión en la herramienta de perforación. Se llama **corrosión** a la **degradación continua del metal** el cual trata de alcanzar el estado inicial del cual partió. Es un **proceso de oxido-reducción** que ocurre sobre la superficie metálica por acción del fluido.
12. **No dañar el medio ambiente**, debido a las tendencias actuales de protección al medio ambiente, los lodos se están diseñando de tal manera que en su composición intervengan productos que no causen o sea mínimo el daño causado al medio ambiente, se trata de productos **BIODEGRADABLES**.

PROPIEDADES DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN

Para saber si un lodo está cumpliendo con las funciones para las cuales está diseñado, las normas API ha establecido normas para medir las propiedades de los lodos usando una serie de instrumentos y métodos con los cuales podemos apreciar el comportamiento del lodo.

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

Se define densidad como el peso que tiene que la unidad de volumen:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{g}{cm^3}; LPG \right] \quad (1.2)$$

BALANZA DE LODOS

Se compone de una copa receptora del fluido muestra, que tiene una tapa con un orificio para evacuar el lodo remanente; consta además de sistema de nivel de burbuja; un brazo escala graduado; un contrapeso deslizante, un receptáculo de perdigones, para la calibración de la balanza y un soporte o pedestal de equilibrio de la balanza.

El brazo graduado puede llevar distintas escalas de lecturas según sean las unidades de trabajo.

METODO

- 1º. Se llena la copa de fluido teniendo mucho cuidado de no entrapar aire.
- 2º. Se coloca la tapa, el fluido remanente sale por el orificio de la tapa, se lava y se seca la balanza, y luego se coloca en el pedestal del equilibrio.
- 3º. Con el contrapeso deslizante se equilibra la balanza hasta que la burbuja quede en el centro del visor.
- 4º. Se procede a la lectura de la densidad según la escala escogida.

La calibración de la balanza se hace con agua destilada a 20°C, cuyo valor debe ser de $1 \frac{g}{cc} (8.34LPG)$.

DETERMINACION DE LAS VISCOSIDADES

Se define a la viscosidad como la resistencia interna del fluido al movimiento.

VISCOSIDAD DE EMBUDO O DE MARSH

Se determina con el embudo de Marsh. El embudo consta del embudo propiamente dicho y de un vaso llamado **litrera o galonera**. El embudo consta con en su parte superior de una malla $\frac{3}{16} in$ de abertura con la finalidad de retener toda partícula mayor que pueda taponar el orificio inferior del embudo.

METODO

- 1º. Se llena el embudo a través de la malla hasta el tope de la malla manteniendo cerrado el orificio inferior del embudo.
- 2º. Una vez lleno se mide el tiempo que tarda en llenar la litrera hasta un cuarto de galón, expresándose la viscosidad como los segundos que tarda en fluir $\frac{1}{4} gal$.

El agua tiene una viscosidad de embudo de $26 - 27 \frac{seg}{\frac{1}{4} gal}$. Siempre que se realiza una determinación se debe especificar la temperatura de la prueba.

VISCOSIDAD PLÁSTICA, PUNTO CEDENTE Y GELES

El instrumento a usar es el viscosímetro rotacional o de FANN.

El instrumento se compone de:

- Cilindro giratorio
- Cilindro estacionario (bob).
- Resorte de restitución
- Dial de lectura directa
- Sistema de engranajes y perillas para cambio de velocidades
- Vaso contenedor de muestra del fluido

METODO

- 1º. Se coloca el sistema de cilindro giratorio estacionario dentro del vaso conteniendo un fluido a analizar.
- 2º. Se coloca la palanca en posición de velocidad variable y con la manivela se hace girar el fluido a fin de homogeneizarlo.
- 3º. Se coloca la palanca en la posición de 600rpm, se hace girar el cilindro, donde se estabilice el dial se toma la medida a 600rpm.
- 4º. Se coloca la palanca en la posición 300rpm, se hace girar el sistema y se procede a la anotación de la lectura a 300rpm.

$$\text{Viscosidad Plástica: } Vp \left[\frac{lb}{100ft^2} \right] = L_{600} - L_{300} \quad (1.3)$$

$$\text{Punto Cedente: } Pc \left[\frac{lb}{100ft^2} \right] = L_{300} - Vp \quad (1.4)$$

LECTURA DEL GEL

- 1º. Estando el lodo homogeneizado se controlan 10 segundos que el lodo este quieto.
- 2º. Con la perilla se procede a darle la velocidad de 3rpm
- 3º. En el dial se observara un incremento de la lectura hasta que la aguja llega a un máximo de, este valor es anotado como el **gel inicial**.

El gel nos da una idea de la energía necesaria para iniciar el movimiento del fluido.

DETERMINACION DEL FILTRADO

La cantidad de filtrado que pasa del lodo hacia la formación es muy importante en cuanto a la cantidad como a la calidad del filtrado. Se efectúa con el instrumento llamado **FILTRO PRENSA API**, el cual determina el volumen de líquido que pasa a través de un filtro en un tiempo determinado, cuando está sometido el sistema a una cierta presión de trabajo.

El dispositivo consta de:

- Celda contenedora (que puede ser armada o no)
- Malla de 60mesh, papel filtro
- Una tapa que tiene un dispositivo de entrada de presión.
- En la parte inferior lleva un orificio de salida de filtrado que es recibido en una probeta graduada.

- Soporte del sistema
- Cronómetro

LECTURA API

- 1º. Se coloca el fluido muestra en la celda a la cual se le aplica una presión de 100psi y se contabiliza el filtrado que fluye durante 30 minutos.

LECTURA HPHT

- 1º. En este caso la celda tiene que soportar una presión de 500psi y es introducido en una camisa calefactora de temperatura controlada.

DETERMINACION DEL LA COMPOSICION DEL LODO

El lodo está compuesto por sólidos y líquidos. El conocimiento de estos como de la densidad nos permite plantear balances de masas que nos permiten determinar al por menor la composición global del lodo.

RETORTA

Instrumento para determinar los sólidos totales y líquidos que componen al lodo.

Consta de:

- Recipiente contenedor de la muestra a analizar generalmente de 10cc.
- Tapa que tiene un orificio central para permitir el paso de los fluidos gasificados.
- Lo anterior acoplado a un sistema contenedor de sólidos arrastrados por los gases calientes (viruta metálica)
- Fuente de calor (horno) de hasta 600°C.

Los gases productos de la destilación pasan a un condensador donde se licuan y son recibidos en una probeta graduada. El resultado se expresa en % de volumen de sólidos y líquidos.

$$100\% = \% \text{liquidos} + \% \text{sólidos} \quad (1.5)$$

CONTENIDO DE ARENA

Dentro del total de sólidos que tiene el lodo esta la arena que es aportada por las formaciones y en algunos casos algunos productos químicos en pequeñas proporciones y que para conocer su cantidad se hace uso de una separación de partes a través de una malla que retiene la arena y se la cuantifica en % en volumen.

El instrumento se llama ARENOMETRO, que se compone de;

- Tubo de vidrio el que tiene una escala porcentual en la parte inferior donde se puede leer el contenido de arena en %volumétrico
- Tiene una marca que dice MUD HERE (lodo hasta aquí) y otra marca superior que dice WATER HERE (agua hasta aquí)
- Cilindro con malla 200mesh y un embudo

METODO

- 1º. Se agrega lodo hasta la marca MUD HERE y se completa con agua hasta la marca WATER HERE
- 2º. Se agita para formar una mezcla homogénea e inmediatamente se vierte la mezcla sobre la malla dejando limpio el tubo de vidrio lavándolo con agua limpia. Se procede al lavado de la muestra solida que queda sobre la malla
- 3º. Se invierte la posición del cilindro contenedor de la malla y se coloca el embudo procediéndose al agregado de agua para que lo retenido en la malla pueda caer sobre el tubo de vidrio y sea evaluado en forma de %volumétrico.

Existen otras determinaciones que se le hacen a los lodos base agua, como ser:

- Prueba de azul metileno
- Análisis de salinidad
- Análisis de la alcalinidad, lodos de emulsión inversa tienen un método especial
- Contenido de archilamida
- Determinación del calcio
- Determinación de la estabilidad eléctrica en lodos de emulsión inversa.

Existen diferentes tipos de fluidos dependiendo de la actividad realizada, agrandes rasgos tenemos:

**FLUIDOS DE PERFORACIÓN
FLUIDOS DE INTERVENCION O
REPARACION**

**FLUIDOS DE TERMINACIÓN
FLUIDOS DE EMPAQUES**

DETERMINACION DEL PH DEL LODO

El PH o potencial hidrógeno se define de la siguiente manera:

$$PH = \log \left(\frac{1}{H^+} \right) \quad (1.6)$$

Puede ser determinado por el método del papel PH que consiste en poner en contacto un papel especial y la muestra que dependiendo del PH de la muestra se desarrollara un determinado color el cual es comparado con una escala colorimétrica.

Otra manera es a través del PH-meter digital que consta de un electrodo de vidrio que al hacer contacto con la muestra a analizar da en un visor lecturas de las muestras.

PRODUCTOS QUIMICOS QUE COMPONEN EL LODO

Los productos químicos más comunes en lodos base agua son:

- ALMIDONES
- POLIMEROS EN GENERAL
- ARCILLA COMERCIAL (BENTONITA)
- SODA CAUSTICA
- BARITINA

Al ser así preparado el lodo, entra en contacto con las formaciones atravesadas, recortes generados y sus fluidos que contienen, los cuales pueden reaccionar con el lodo pudiendo cambiar sustancialmente las propiedades del lodo. La

corteza terrestre formada por arcillas y arenas en sus distintas naturalezas, minerales, fluidos líquidos ya gaseosos de hidrocarburos así como también agua con distintas sales, todas estas sustancias que reaccionan unas más que otras interfiriendo en forma química en la composición del lodo dando lugar a propiedades inadecuadas. Una variación de la viscosidad, aumento del filtrado, cambio en el PH son consecuencias de cambios en la composición química del lodo.

DETERMINACIONES QUÍMICAS EN LOS LODOS

DETERMINACION DEL Pf

El Pf es la alcalinidad del filtrado a la **fenolftaleína** y nos da una idea de la **cantidad de ion hidroxilo y carbonatos** que tiene el lodo.

MÉTODO

- 1º. Se debe tomar 1ml de filtrado, agregar 2 a 3 gotas de fenolftaleína (el indicador).
- 2º. Si el filtrado tiene un PH mayor a 8.3 se tornara de un color rojo.
- 3º. Luego se titula con acido sulfúrico 0.02N hasta que la coloración roja desaparezca y se da por terminada la titulación.
- 4º. El valor del Pf es la cantidad de ml de acido gastado por ml de filtrado.

DETERMINACION DEL Mf

El Mf es la alcalinidad del filtrado al **naranja metilo** y nos da una idea de la **cantidad de ion bicarbonato y carbonatos** que tiene el lodo.

MÉTODO

- 1º. Se debe tomar 1ml de filtrado, agregar 2 a 3 gotas de naranja metilo (el indicador), el filtrado tomara una coloración naranja.
- 2º. Luego se lo titula con acido sulfúrico 0.02N hasta que la coloración naranja se torne de color rosa, concluyendo la titulación.
- 3º. El valor del Mf son los ml de acido gastado por ml de filtrado.

DETERMINACION DEL Pm

El Pm es la **alcalinidad total del lodo a la fenolftaleína**, es decir es el aporte a la alcalinidad **todos los iones que tiene el lodo**, y se lo determina de la misma manera que el Pf pero **la muestra tomada es de lodo**.

DETERMINACION DEL ION CL⁻

El conocimiento de los ion cloruro que tiene el lodo es muy importante para hacer un buen mantenimiento de las propiedades.

MÉTODO

- 1º. Se debe tomar 1ml de filtrado, se determina el Pf
- 2º. Luego agregar 2 a 3 gotas de cromato de potasio K_2CrO_4 (el indicador), el cual nos da una coloración amarilla al filtrado.
- 3º. Titular con nitrato de plata $AgNO_3$ hasta que la coloración amarilla se torne de color rojo ladrillo, que indica el punto final de la titulación.
- 4º. El valor de los cloruros en $\frac{mg}{l}$, es:

$$Cl^- = F * ml \text{ de nitrato de plata gastado} \quad (1.7)$$

DETERMINACION DE LA DUREZA DEL FILTRADO

Este también es muy importante de conocer, ya que de su valor depende el tratamiento a efectuar.

MÉTODO

- 1º. Se debe tomar 1ml de filtrado, agregar 4 a 5 gotas de solución Buffer, que es una mezcla de cloruro de amonio con hidróxido de amonio
- 2º. Se le agrega 3 a 4 gotas de murexida, el filtrado se torna de color rojo guinda, luego se lo titula con solución EDTA 20EPM hasta que la mezcla se vuelve de color azul
- 3º. El valor de la dureza (ion calcio) es:

$$Ca\left(\frac{mg}{l}\right) = ml \text{ de Sn EDTA} * 400 \quad (1.8)$$

FACTORES QUE INCIDEN EN EL COSTO GLOBAL DE UN LODO

FACTORES SUPERFICIALES

1. **Ubicación del pozo**, la posición geográfica de la ubicación incide sobre la programación de un lodo. La accesibilidad del pozo es importante para analizar el costo de transporte de los productos, de deben escoger los productos más adecuados y efectivos.
2. **Disposición y calidad del agua**, de preparación del fluido base es otro aspecto a tener en cuenta.
3. **Calidad de los productos a usar**, incide sobre las propiedades de los fluidos.
4. **Regulaciones legales** sobre el uso de los productos.
5. **Deposición de los recortes generados**.
6. **Aspecto del servicio de ingeniería**, personal que debe preparar o supervisar los fluidos en el pozo.

FACTORES SUB-SUPERFICIALES

Entre estos tenemos los factores relacionados al diseño del lodo, como ser los aspectos:

**GEOLOGICOS
PRESIONES**

**GEOMETRICOS
TEMPERATURAS** a
encontrar

**PROFUNDIDADES
DIFICULTAD**, de las
formaciones a atravesar

Algunas veces factores superficiales pueden afectar al factor sub-superficial, como es el caso del **PERMAFROST** da lugar a inestabilidad de agujero en zonas de gravas y arenas.

La perforación de huecos de gran diámetro, profundidades grandes de huecos abiertos, crean problemas no solo en la limpieza o el control de sólidos en el lodo, sino también en el desplazamiento del lodo, ubicación de fluidos especiales, en las cementaciones efectuadas.

FACTOR EQUIPO

La capacidad de un equipo puede afectar en gran medida un programa de lodos, inadecuadas bombas, equipos de mezclado deficientes o pobre control de sólidos puede incrementar el consumo de materiales y algunas veces el programa de lodos preferido debe ser reformulado para compensar estas deficiencias.

Hay que tomar mucha atención al equipo de control de sólidos por su gran incidencia que tiene en el costo del lodo.



Tema #2

Química de las Arcillas

Al perforar la corteza terrestre nos encontramos con formaciones que contienen tanto gas, líquidos y sólidos; si bien los líquidos y gases hidrocarburos son la finalidad de la perforación petrolera, analizaremos las partículas sólidas que en mayor cantidad encuentra en la perforación y los que más actúan sobre el lodo.

ARENA

Llamamos así a toda partícula mayor a 74 micrones (1 micrón = 0.01mm)

SILT

Llamamos así a todas las partículas en el rango entre 74 y 2 micrones

ARCILLA

Son partículas cuyo tamaño es menor a 2 micrones. Las podemos definir como toda partícula compuesta de óxido de silicio y aluminio, es un silico-aluminato que al ser mezclada con agua forma una solución coloidal.

Para los geólogos, las arcillas son minerales de silicio y aluminio conformada por estructura cristalina de forma de tetraedros y octaedros que debido a sus tamaños pueden denominarse como micro cristales. Se dice que la arcilla es un material plástico moldeable.

Un cristal de arcilla no puede ser observado a simple vista, siendo necesario para ello, hacer uso de técnicas especiales, como ser: microscopía óptica, difracción de rayos X, espectro de adsorción o análisis térmico diferencial.

Los elementos que mayormente la componen son:

- | | | |
|------------|-------------|-----------|
| - OXIGENO | - HIDRÓGENO | - SILICIO |
| - ALUMINIO | - MAGNESIO | - POTASIO |
| - CALCIO | - SODIO | - HIERRO |

los cuales se encuentran en forma de iones.

ION

Es un elemento que ha perdido o ganado un electrón en su última capa electrónica.

CATION

El ion que ha perdido uno o más electrones.

ANION

Elemento que ha perdido uno o más electrones.

CICLO GEOLOGICO DE LAS ARCILLAS

PRIMERA ETAPA

Etapa de transporte desde las grandes profundidades de la tierra a la superficie debido a movimientos tectónicos de fallas geológicas, terremotos, etc. Proceso por el cual es

posible que las rocas que se encuentran en las profundidades de la tierra puedan emerger hacia la superficie.

SEGUNDA ETAPA

Etapa de erosión o degradación de las rocas **debido a condiciones climáticas** que imperan en la superficie.

La temperatura, frío, calor de superficie (dilatación–compresión) **afecta a las partes cementantes** que mantienen unidas a las partículas finas **provocando su fatiga por calentamiento y enfriamiento continuo** hasta romperlas y separarlas de las rocas grandes.

TERCERA ETAPA

Etapa de transporte en superficie, las partículas pequeñas son transportadas por los ríos hasta cuencas sedimentarias donde se depositan. En esta etapa las arcillas cambian en su estructura cristalina cambiando de un tipo de arcilla a otra debido a la interacción química que sufren con el medio químico por donde circulan, durante el trayecto hasta llegar a la cuenca.

CUARTA ETAPA

Etapa de enterramiento de las arcillas, debido a la deposición de más material que llega a la cuenca sedimentaria, aquí la arcilla sufre cambios en su estructura, debido a efectos de presión y temperatura. Este cambio se lo conoce como **Proceso Diagenético De Las Arcillas**.

QUINTA ETAPA

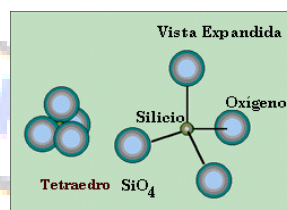
Es la **etapa de granitización**, donde las arcillas son **transformadas por proceso de isomorfismo** en rocas de granito que son rocas más antiguas y sin reacción química.

Debido al poder de reacción química que tienen las arcillas, es decir al poder de desprender o anexar iones en su estructura cristalina, da lugar a la gran cantidad de arcillas que se encuentra en la naturaleza. Existen 7 grandes grupos de arcillas desde el punto de vista de interés petrolero.

ESTRUCTURA CRISTALINA DE LAS ARCILLAS

Las arcillas por lo general están compuestas por un tetraedro de silicio y octaedro de aluminio, magnesio y u otro metal.

TETRAEDRO DE SILICIO



La figura muestra un tetraedro regular donde en los vértices van ubicados los átomos de oxígeno u oxidrilos y en el centro del tetraedro se ubica el átomo de silicio.

OCTAEDRO

Se muestra un tetraedro regular con el átomo metálico en el centro coordinado con 6 átomos de oxígeno u oxidrilos en los vértices. Cuando el centro del octaedro está ocupado por el Al, esta estructura se llama GIBSITA, que es la estructura del mineral $Al(OH)_3$.

Si es el Mg quien ocupa el centro del octaedro las estructura se llama BRUCITA, que es la estructura mineral de $Mg(OH)_2$.

A la combinación de de capa/s de tetraedro/s y un octaedro se llama capa unitaria las cuales se colocan en formas paralelas una encima de otras para constituir el mineral de arcilla.

Al tener un tamaño de partícula menor a 2 micrones caen dentro del rango de los **COLOIDES** y están comprendidas entre las partículas más pequeñas vistas por un microscopio óptico y las moléculas, pudiendo los mismos ser cualquier sustancia.

De los **sólidos que componen un lodo** están **aquellos que se agregan para obtener propiedades adecuadas** del lodo entre los que se encuentran los coloides y aquellos que son generados por el trepano llamados recortes **cuyo tamaño depende del tipo de trepano** usado. Por lo general los recortes caen dentro del rango SILT, por lo tanto no causa mayores problemas al lodo a no ser que estén en altas concentraciones.

Los coloides son una pequeña parte del total de sólidos, pero sí de gran interés ya que ellas ejercen mucha influencia en las propiedades del lodo. Analizaremos sistemas coloidales, donde el coloide se encuentra disperso en un medio continuo que lo contiene.

En estos sistemas las **partículas muy pequeñas de sólidos se mantienen en suspensión** en forma indefinida en el agua debido al fenómeno conocido como **MOVIMIENTO BROWNIANO** (bombardeo de moléculas de agua).

El **FENÓMENO DE SUPERFICIE** se explica debido a que las partículas que se encuentran en la superficie, sus cargas eléctricas que tienen no se encuentran balanceadas, en cambio sí lo están las que se encuentran al interior del fluido; por lo tanto, las que encuentran en la superficie llevan una carga eléctrica a cuyo tamaño y signo dependerá de la coordinación de los átomos.

Cuanto **más dividida se encuentra una partícula**, mayor es su actividad química debido a que **exhibe una mayor área de influencia**, es decir, que los efectos superficiales son función directa de la superficie expuesta por la arcilla. Como se puede observar, la división de una partícula en partículas más pequeñas aumentara en gran medida el área de acción.

Superficie específica, es la relación del área superficial por unidad de peso.

La **ACTIVIDAD COLOIDAL** depende de:

- a) **De la Superficie Específica**, que es función de las formas de la partícula.
- b) **Del Potencial Superficial** que varía con la estructura atómica.

Para que la arcilla pueda tener esta actividad coloidal, debe constar con las siguientes propiedades:

1. ADSORBER Y RETENER AGUA

a. Agua de Cristalización

Esta es una agua propia de la composición del cristal arcilloso y la eliminación de ella significa la destrucción del cristal, para ello es necesario altas temperaturas. La MONTMORILONITA requiere de 600°C para eliminar su agua.

b. Agua de Plano

Es el agua que se adhiere a todos los planos del cristal debido a que la arcilla puede no tener balanceada su carga eléctrica. Es cuando se une una partícula de agua a una partícula de agua a una partícula de arcilla, luego que esta se quiebra.

c. Agua de Unión Rota

Es el agua que se adhiere en las roturas de toda unión rota de la arcilla. El cristal de la arcilla puede romperse por distintas maneras como ser: **por circulación del lodo en un flujo turbulento, por acción del trepano, por la acción del los equipos de control de sólidos.**

Como puede verse, existen dos mecanismos de hidratación de las arcillas:

- **HIDRATACION SUPERFICIAL**, que es la adsorción de capas mono-moleculares de agua en la superficie o planos de la arcilla hasta un máximo de 4 moléculas.
- **HIDRATACION OSMOTICA**, es el agua adherida debido a la diferencia de concentración de los iones en la base del cristal.

La MONTMORILONITA SODICA adsorbe 0.5g de agua por g de arcilla seca llegando a duplicar su volumen, mientras que en la hidratación osmótica, la arcilla adsorbe 10g de agua produciendo un aumento de volumen mayor a 20 veces.

2. INTERCAMBIO DE BASE

De esta propiedad dependen la **hidratación, hinchamiento, dispersión**, además de otras características que tienen que ver con estabilidad de las arcillas.

Una causa de la sustitución isomórfica es la adhesión de iones monovalentes o bivalentes en la base del cristal que son los que mantienen unidas las capas de los cristales y constituyendo el tipo básico de la arcilla.

La arcilla sódica debido a la solubilidad de que tiene este ion, la arcilla puede acumular grandes cantidades de agua en su base. Al introducir un ion calcio, debido a su doble valencia y a que es menos soluble en agua compite en la estabilidad del cristal y desplaza al ion sodio de la base produciendo los que se conoce como intercambio de base.

Se llama **Capacidad De Intercambio Catiónico** CIC, a la capacidad que tienen las arcillas de intercambiar cationes en su base.

La serie de Hoffmeister mide la fuerza relativa de desplazamiento que tienen los cationes uno con respecto a otro. Es la siguiente:



Esto significa que el hidrógeno cuya unión puente hidrógeno es más fuerte puede desplazar de su posición al calcio, potasio, sodio y litio; el ion calcio no puede desplazar al hidrógeno, pero puede desplazar al potasio, sodio y litio.

3. FLOCULACION Y DEFLOCULACION

a. Floculación

Es el débil agrupamiento desordenado de las partículas de arcilla para formar flóculos o estructura gel. Es agrupamiento puede ser Borde-Cara, Borde-Borde, nunca Cara-Cara; pudiendo entrapar en su estructura formada grandes cantidades de agua.

Este agrupamiento depende del medio en que se encuentran; si es agua pura, las partículas no se aglomeran debido a la difusividad de la doble capa, pero si un electrolito es agregado, las partículas pueden acercarse más unas a otras tanto que las fuerzas atractivas predominan y la partícula se aglomera.

El calor de floculación depende no solo del catión de intercambio, sino también del espacio *c* de la base y de las sales agregadas. A mayor valencia del catión ya sea de la arcilla o de la sal, más bajo es el valor de la floculación.

Es importante saber que si la concentración de arcilla en una suspensión es bastante alta, la floculación podría causar la formación de una estructura gel continua en lugar de flóculos individuales. El gel observado en un fluido de perforación acuoso es el resultado de una floculación por sales solubles que está siempre presente en suficiente concentración en los lodos.

La estructura gel es producida lentamente con el tiempo a medida que la partícula se orienta dentro de la posición de mínima energía libre bajo la influencia del movimiento BROWNIANO de las moléculas de

agua. El tiempo requerido de un gel para obtener un máximo esfuerzo depende de:

- Valor de Floculación para el Sistema
- Concentración y Tipo de Arcilla
- Concentración de Sal

A muy bajas concentraciones de arcilla y sal, se podría tardar días para observar el proceso de gel, mientras que a altas concentraciones de sal, el proceso puede ocurrir instantáneamente.

b. Defloculación

Es el proceso inverso de la floculación y consiste en la destrucción del estado floculado. Este proceso consiste en neutralizar las fuerzas de atracción, el defloculante o adelgazante como se lo llama en la industria del petróleo puede ser sales de sodio de ciertos complejos aniónicos.

La floculación se puede prevenir por el aumento del valor de floculación del sistema, agregando en forma preventiva los adelgazantes adecuados que por lo general son sales solubles.

Las fuerzas que intervienen en la floculación son:

- FUERZAS DE VALENCIAS PARCIALES

Son fuerzas atractivas de valencias que han quedado sin neutralizar en una partícula; son causa principal de la floculación de una arcilla. Estas cargas sin neutralizar **provienen del rompimiento de la estructura neutra de la arcilla** y actúa de manera independiente.

- FUERZAS DE VAN DER WALS

Estas fuerzas son de corto alcance aunque **su radio de alcance varía según el tamaño de la partícula**. Son **fuerzas siempre atractivas** que están presentes siempre en toda partícula y no es específico en cuanto a la carga. Es comparable con las fuerzas gravitacionales de la tierra.

c. Agregación

Se refiere al colapso de la difusión de doble capa y a la formación de agregados de láminas paralelas, es decir una asociación **CARA-CARA** espaciada a menos de una distancia de 20 angstroms. En este proceso hay una disminución del espacio c del cristal, en ellas prevalecen las fuerzas atractivas entre las láminas unitarias; si bien en la floculación hay un incremento de la fuerza gel, en la agregación existe una disminución debido a que se reduce el número de unidades activas que generan la fuerza gel y se reduce el área de interacción por partícula.

d. Dispersión

Describe la subdivisión de las partículas agregadas ya sea por medios mecánicos o electro químico.

TEORIA DE LA DOBLE CAPA

Las **partículas arcillosas** en suspensión **mantienen cargas eléctricas en su superficie, las cuales atraen cargas positivas de las cuales se rodean**. A esta combinación de

cargas eléctricas positivas y negativas a manera de un condensador se la conoce como “Doble Capa Electrostática”.

POTENCIAL Z

Los cationes más próximos a la superficie de la arcilla están más firmemente adheridos y se mueven juntamente con la partícula, mientras que el resto que se encuentran más alejados de la partícula están sujetos a menor fuerza de adherencia conformando la capa difusa y que puede llegar a tener movimientos independientes de la partícula. Entonces el POTENCIAL Z es la diferencia entre la primera capa adherida y el seno de la solución.

Este potencial es el mejor factor controlador del comportamiento de la partícula. Cuando el agua de solución es agua pura, el potencial es máximo y la capa difusa posee mayor movilidad. Agregando electrolitos se comprime la fase difusa y se reduce el potencial Z y más todavía tomando en cuenta el aumento de valencia del ion adherido.

HIDRATACION DE LA ARCILLA

BENTONITA

Este producto es una arcilla comercial que contiene en su composición un elevado porcentaje de Esmeclita ya sea de sodio o de calcio, dependiendo de la concentración del ion dominante.

La bentonita de WYOMING es una arcilla con alto rendimiento bentonítico ya que está totalmente compuesta por mineral arcilloso sódico.

Al agregar bentonita al agua la misma se dispersa formando una solución coloidal y que al ir aumentando la concentración, el sistema va adquiriendo viscosidad debido a las propiedades que tiene la arcilla de adsorber y retener agua que es un proceso de hidratación bastante desarrollado que tiene esta arcilla.

PROCESO DE HIDRATACION

HIDRATACION CRISTALINA

Ocurre en las superficies externas de las láminas de arcilla por la adsorción del agua a través de ion hidrogenión el cual neutraliza las cargas negativas excedente que pueda tener la arcilla debido a la sustitución isomórfica que tienen estas arcillas.

HIDRATACION OSMOTICA

Se produce por una mayor concentración de iones en la parte basal de la arcilla donde lugar a la entrada de agua para equilibrar la presión osmótica resultante de la diferencia de concentraciones entre el agua y la parte basal de la arcilla.

Esta adsorción de agua da lugar a un aumento del espacio c de la arcilla que se llama hinchamiento siendo el osmótico de mayor consideración que el cristalino.

Debido a que el ion sodio tiene baja carga eléctrica se asocia a una sola capa de la lámina permitiendo la dispersión de la arcilla en el agua a parte de este ion tiene un alto potencial para hidratarse una con respecto a la otra pudiendo entrapar mas agua.

INHIBICION DE LA HIDRATACION

Toda hidratación de arcilla produce un aumento del sistema debido a la disminución del agua libre, cualquier acción que se tome para prevenir o destruir este estado se puede decir que estamos inhibiendo esa hidratación.

TIXOTROPIA

Es la propiedad que tienen las arcillas de generar energía cuando se encuentra en estado de reposo. El estado de tixotropía es sinónimo de gel.

El gel es un estado intermedio de la materia entre el estado líquido y el sólido, se dice que en la gelatinización las partículas coloidales aumentan su tamaño, mientras que disminuye el movimiento de traslación y el movimiento browniano queda restringido. Otra explicación del gel es que este consiste de una red tridimensional formada por entre cruzamiento de cadenas moleculares.

La gelificación va acompañada por un aumento grande de la viscosidad, aumento que es gradual y que varía con el tiempo.

ESTRUCTURA GEL

En estado estacionario las partículas de arcilla se alinean en forma de cintas infinitamente largas, además de que las cintas se forman, atraen a otras cintas formadas tanto por arriba como por debajo de estas. La distancia entre caras de las cintas es tal que entran en equilibrio.

Las propiedades del gel dependen estrechamente de la interacción entre la estructura del polímero y el líquido que lo contiene; el líquido impide que la red colapse en una masa compacta y la red impide que el líquido fluya libremente. La cadena formada por el gel puede ser:

- **RIGIDA**, cuando tiene muchos sólidos entre la estructura.
- **ELASTICA**, cuando las cadenas tienen líquidos en su estructura.

El crecimiento de un gel en volumen depende del PH del lodo, la temperatura y de la afinidad polímero-polímero que contiene la solución.

SINERGESIS

Es una propiedad de los geles que es cuando exudan pequeñas cantidades de agua cuando se deja en reposo el gel al mismo tiempo que se contrae, fenómeno que lo trata aun de explicar como una exudación de agua retenida por fuerzas capilares de la partícula muy hidratada.

Tema #3

Reología

Es la ciencia que estudia la deformación que sufren los fluidos cuando se les aplica fuerza. Es el estudio de los fluidos en movimiento.

Existen dos tipos de fluidos en la naturaleza:

FLUIDOS NEWTONIANOS

Son aquellos cuya viscosidad se mantiene constante independientemente de la velocidad a que están siendo cortados cuando se mueven en conductos de régimen laminar. Es decir, mantienen una relación directa y proporcional entre el esfuerzo de corte que genera el movimiento y la velocidad de corte a la cual se mueve. La relación que liga la fuerza con el desplazamiento está dada por la siguiente fórmula:

$$\frac{F}{A} \left[\frac{lb}{100 ft^2} \right] = \mu^* \left(\frac{v}{l} \right) \quad (1.10)$$

O expresada de la siguiente manera:

$$\tau_c = \mu \cdot \gamma_c \quad (1.11)$$

VISCOSIDAD

Es la resistencia interna del fluido al movimiento, y que gobierna la relación del esfuerzo y la velocidad.

Los fluidos que corresponden a la ecuación de Newton o fluidos newtonianos son: agua, glicerina, algunos compuestos de hidrocarburos, salmueras diluidas, etc.

TIPOS DE FLUJOS

Los fluidos se pueden mover según tres tipos de flujo:

FLUJO TAPON

Se da cuando se inicia el movimiento, a muy bajas velocidades, fluyendo con un perfil de velocidades donde el vector velocidad es siempre paralelo al eje del tubo y tiene el mismo sentido y magnitud alrededor de este, a excepción de las paredes del tubo. Es decir la velocidad es constante tanto en sentido como en intensidad, el perfil es achatado y plano.

FLUJO LAMINAR

A medida que crece la velocidad de flujo, el perfil va tomando la característica parabólica con vectores de velocidad mínimo en las paredes y que va creciendo hacia el centro del tubo donde tiene su máximo valor. La velocidad es paralela al eje del tubo, tiene el mismo sentido pero varía en intensidad.

FLUJO TURBULENTO

A mayor velocidad del fluido, en este caso la velocidad se vuelve caótica, no es paralela al eje del tubo, no tiene un sentido definido y tiene distintas intensidades aun en un mismo punto.

El paso de un flujo a otro depende de un número adimensional conocido como **Número De Reynolds** N_{re} , este número depende de factores como características del flujo que se mueve, geometría del conducto donde se mueve y caudal del fluido que fluye. A medida que la viscosidad del fluido crece el N_{re} va aumentando para el paso de laminar a turbulento y crece aun mas si el fluido es newtoniano.

FLUIDOS NO-NEWTONIANOS

Son los fluidos cuya viscosidad cambia con el esfuerzo de corte, este cambio puede ser ascendente o descendente. Es decir que la relación entre el esfuerzo y la velocidad de corte ya no es lineal.

Algunos ejemplos de estos fluidos son algunos polímeros, mezclas de arcillas con agua, lodos de perforación, pinturas, colas de pegar, etc.

CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS NO-NEWTONIANOS

FLUIDOS PSEUDO-PLASTICOS

Cuyo movimiento se inicia con la aplicación de la fuerza, entre los cuales están los fluidos adelgazantes, que son aquellos cuya viscosidad disminuye al crecer la velocidad de corte entre los que se encuentran los fluidos de perforación y los dilatantes, aquellos cuya viscosidad aumenta al crecer la velocidad de corte.

FLUIDOS PLASTICOS DE BHIMGAN

Son los que tienen cierta energía a vencer antes de iniciar el movimiento (Tensión de cedencia)

Existen otros fluidos No-Newtonianos más complejos en que la velocidad de corte no solo es función del esfuerzo de corte, sino también del tiempo y de la historia previa del esfuerzo aplicado al fluido, la viscosidad depende del tiempo y de la historia previa del esfuerzo aplicado al fluido, la viscosidad depende de la velocidad de corte y del tiempo durante el cual se aplica el esfuerzo. Entre estos tenemos

- **TIXOTROPICOS**, si el esfuerzo aplicado disminuye con el tiempo de aplicación.
- **REOPECTICOS**, si el esfuerzo de corte aumenta con el tiempo de aplicación; estos fluidos tienen o adquieren una alta energía cuando están en reposo.

MODELO MATEMATICO DE BINGHAN

Este modelo establece una relación lineal entre el esfuerzo de corte τ y la velocidad de corte en la siguiente forma:

$$\tau = \tau_x + Vp * \gamma$$

donde: τ_x = esfuerzo de corte en origen o punto cedente de Bhimghan (1.12)
 Vp = viscosidad plastica del fluido (pendiente)

Los fluidos que se asemejan al modelo de Bingham necesitan un esfuerzo de corte a un cierto valor conocido como el punto cedente, el cual una vez excedido, el fluido se moverá con una relación proporcional entre el esfuerzo de corte y la velocidad.

MODELO DE LEY DE POTENCIA

Responde a la ecuación exponencial:

$$\tau = k \cdot \gamma^n \quad (1.13)$$

Donde:

- “n” es llamado **índice de flujo** e indica la desviación que tiene el fluido del comportamiento lineal de los fluidos newtonianos, es un número adimensional que puede variar entre cero y mayor que uno. Para el valor $n=1$ se trata de un fluido newtoniano y el valor de k se convierte en la viscosidad.
- “k” se lo conoce como el índice de consistencia del fluido e indica cuan viscoso esta el fluido, se lo asimila a la viscosidad plástica. Depende del valor de “n” y sus unidades son: $\frac{lb \cdot s}{100 ft^2}$ ó $\frac{dinas \cdot s}{cm^2}$.

CAÍDA DE PRESIÓN INTERNA Y ANULAR

Se rige con la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{f \cdot v^2 \cdot \rho}{25.81 \cdot D} \quad (1.14)$$

CAPACIDAD DE LIMPIEZA DE AGUJERO

Una de las funciones que tiene el lodo es la de sacar los recortes desde el fondo del pozo hacia la superficie.

La capacidad de acarreo del lodo depende de muchos factores:

- Viscosidad (reología)
- Régimen de Flujo
- Excentricidad de la Herramienta
- Velocidad Anular
- Densidad, tamaño y forma de los recortes

Todo sólido en un medio fluido tiende a caer con mayor o menor velocidad dependiendo de la diferencia de densidades del recorte y el fluido donde está cayendo, como también de la viscosidad del fluido, según la ecuación:

$$V_{CR} = G \cdot dP \cdot \frac{(\rho_P - \rho_l)}{\mu} \quad (1.15)$$

A medida que disminuye la diferencia entre densidades, la viscosidad aumenta, lo que contribuye a que la velocidad de caída sea menor.

La rotación de la herramienta de perforación crea un efecto centrifugal en el recorte expeliéndolo hacia las paredes del pozo donde la velocidad del lodo es menor. Por otro lado la forma irregular y tamaño de partícula puede influir en la caída de la

partícula haciendo que caída en flujo laminar o turbulento. La capacidad de acarreo se puede modificar por los siguientes factores:

- **TIPO DE LODO**, los lodos de altos PH (lodos dispersos, lodos de cal, etc.) generalmente hacen pozos ensanchados, con pobre capacidad de limpieza de fondo de pozo.
- **INCREMENTO DE LA VISCOSIDAD, DENSIDAD O CAUDAL DE BOMBEO**, aumenta la capacidad de acarreo.

Estos tres últimos parámetros: viscosidad, densidad y caudal pueden incidir en la DEC y causarnos pérdidas de circulación; es por esta razón que un análisis de limpieza de agujero tiene que tener muy en cuenta al límite superior de presiones que es el gradiente de fractura de las formaciones.

La velocidad de ascensión del recorte es igual a:

$$V_{ascension} = v - V_{CR} \quad (1.16)$$

Estas dos expresiones bastante aceptable, no tienen en cuenta si la partícula asciende en flujo laminar o turbulento. Está bien claro que al herramienta al girar genera una fuerza centrífuga que expulsa al recorte lejos de la proximidad de la herramienta; el recorte expelido pasa por torrentes de velocidades con intensidad máxima en el centro del espacio anular y velocidad mínima en la paredes del hueco; por otro lado dada la forma irregular de la partícula, el movimiento ascendente en la zona próxima a la cañería puede llegar a ser turbulento.

SUAVEO Y SURGENCIA

Durante las operaciones de pozos en perforación, entre las que está, el cambio de trépano para lo cual es necesario sacar la herramienta del fondo del pozo para luego volver a meter nuevamente la herramienta con nuevo trepano y nuevo arreglo. Esta operación de sacada y metida se puede convertir en una operación de mucho riesgo para el pozo y equipo dependiendo del cumplimiento de normas por parte del personal de perforación como también de las condiciones en las que se encuentre el lodo en ese momento.

Una **sacada de herramienta muy rápida**, puede dar lugar a entrada de fluidos al pozo desde la formación pudiendo causar lo que se conoce como **descontrol de pozo**; esto es mucho mas critico en un pozo en calibre, lodos de alta viscosidad y densidad, herramienta que puede estar empaquetada de sólidos, boquillas de trepano tapadas, etc. Es decir, al sacar en esta situación **se estaría haciendo un efecto pistón** al pozo **provocando la entrada de fluidos**. Esto es lo que se conoce como **SUAVEO**.

Cuando se está **metiendo la herramienta de forma rápida** se puede causar una **sobre presión en el fondo del pozo**, la situación se complica aun mas si el pozo está en calibre, lodos de altos pesos y viscosidad, la causa final es una **pérdida de lodo hacia la formación**; esto es lo que conoce con el nombre de **SURGENCIA**.

PRESIÓN DE INICIACION DE CIRCULACIÓN

Debido a que el lodo es un fluido No-Newtoniano, se ha visto que para iniciar la circulación después de cierto periodo en el cual el lodo ha permanecido en reposo, es

necesario gastar una cierta energía para poder iniciar el movimiento; esta energía será mayor o menor en función de la tixotropía del lodo o los geles que desarrolle en ese tiempo de reposo.



Tema #4

Preparación y Mantenimiento de los Lodos

Los lodos están compuestos por una fase líquida y por otra fase sólida. La fase líquida puede ser agua en todo el rango de la salinidad; y en algunos casos emulsionada con aceite y la fase sólida y dispersa que está compuesta por los productos químicos agregados y los recortes de perforación.

El lodo siempre es primero probado en el laboratorio para luego aplicarlo a nivel del pozo. La equivalencia entre las pruebas que se hacen en laboratorio y lo que se hace en el mismo pozo:

En el laboratorio:	En el pozo:
350cc de líquido (bbl equivalente)	1bbl de líquido
1gr de sólido	1lb de sólido

Esta relación hace que se cumpla que el lodo se prepara en el laboratorio tenga las mismas propiedades que las del pozo. El tipo de agua, la agitación y el tiempo de agitación son factores muy importantes en obtener una mezcla homogénea.

El la mayoría de los lodos base agua es importante conocer la calidad el agua, puesto que el rendimiento de los polímeros que se agregan es función de la calidad del agua que se usa. En la industria se usan distintas aguas para la preparación de lodos, así se tiene; agua de pozos surgentes, agua retenidas en lagos, agua de río, agua de descarte de lavados en el pozo, agua de mar, etc. cada una de ellas tiene un cierto contenido en iones como ser cloruros, calcio, magnesio, sulfatos, etc.

AGUA DULCE O BLANDA

Se dice cuando el contenido de calcio es menor a 40ppm y el ion cloruro no sobrepasa los 2500ppm (aguas de pozos y lagunas)

AGUA DURA

Es la que cuya dureza total está por encima de los 40ppm (aguas de río o de descartes)

AGUAS SALADAS

Son todas las aguas que se encuentran durante la perforación de los pozos suelen tener una cierta cantidad de sales disueltas que cuando pasan el nivel de los 10000ppm de ion cloro, muchos de los productos químicos que se le agregan al lodo pierden su efectividad.

A medida que aumenta la salinidad y la dureza del agua, disminuye el rendimiento de la bentonita y la mayoría de los polímeros agregados necesitan entre un 30 a 100% mas para tener resultados similares a los lodos base agua.

PRODUCTOS MAS USADOS EN LOS LODOS BASE AGUA

LA BENTONITA

Un sólido agregado al agua cuya **función principal es dar la viscosidad** y como **función secundaria, controlar el filtrado**.

En los lodos base agua es el primer producto que se le agrega y su cantidad a agregar depende del tipo de lodo a preparar.

CARACTERÍSTICAS API

Lectura a 600rpm	Mínimo 30
Punto cedente $\frac{lb}{100ft^2}$	Máximo: $3 * Vp$
Filtrado	Máximo: 13.5cc
Humedad	Máximo: 10%
Residuo sobre malla 200mesh	Máximo: 2.5%
Rendimiento	Mayor a: $91.5 \frac{bbl \text{ de } 15cps \text{ de lodo}}{tn \text{ de bentonita}}$

Estas son propiedades de una suspensión de 22.5g de bentonita en 350cc de agua destilada y agitada durante 20 minutos, dejando reposar.

Se define como **RENDIMIENTO DE LA BENTONITA** como la cantidad de barriles de lodo obtenido con viscosidad aparente de 15cps cuando se le agrega al agua 1tn de arcilla seca al agua.

Cuando se usan aguas saladas o duras la bentonita difícilmente se hidrata debido al efecto inhibitor de hidratación que tienen las sales. En estos casos se puede usar la arcilla a base de Atapulguita para generar viscosidad.

Al agregar bentonita al agua, esta se dispersa poco a poco a medida que se hidrata, por proceso superficial y/o osmótico, adquiriendo la mezcla propiedades de viscosidad mayor a medida que aumenta la cantidad de bentonita agregada.

La concentración de uso oscila entre 5 a 22.5 $\frac{lb}{bbl}$, para operaciones normales y dependiendo del tipo de lodo a diseñar. Es importante decir que a mayor peso del lodo, menor cantidad es necesaria para su fabricación.

El agregado de bentonita al agua debe lograr los siguientes beneficios:

1. **Mejorar la capacidad de limpieza del pozo** a través de una mejor viscosidad.
2. **Formar un revoque delgado y lo mas impermeable posible.**
3. **Minimizar el derrumbe** debido a una película consistente y adherente.
4. **Controlar el filtrado** y la pérdida de circulación.

BARITINA

Es el sulfato de bario SO_4Ba usado para dar peso a todos los tipos de lodos. Es un material de alta gravedad específica ($GS = 4.5$ a 4.5).

Es de color claro blanco lechoso, es inerte, frágil, estable y pesado. Usado en lodos, pinturas, papel, medicina, etc. Sus impurezas más comunes son la cuarzo siderita, óxidos de hierro.

CARACTERÍSTICAS API

Gravedad Especifica	Mínimo: 4.2
Residuo sobre malla 200mesh	Mínimo: 3%
Residuo sobre malla 325mesh	Máximo: 5%
Contenido de metales Alcalinos	Máximo: 250ppm

El uso de este producto como de la bentonita, causa daño permanente a las formaciones productoras, ya que es un producto inerte a la mayoría de los ácidos.

REDUCTORES DE FILTRADO

Son productos que al agregarlos al lodo cumplen con la función de disminuir la cantidad de filtrado hacia formación.

CLASIFICACION DE LOS REDUCTORES

ALMIDONES

Son productos obtenidos de la yuca, maíz, papa, los cuales tienen que tener un proceso de pre-gelatinizado, para que sean solubles en el agua, se usa en concentración que varía desde 2 a 12 lb/bbl . Trabajan muy bien en lodos salados y cálcicos.

DEXTRINA

Es un producto derivado del almidón. El cual es transformado por un proceso de dextrinación, tratamiento con calor y con soda caustica. Su uso normal está entre 2 y 8 lb/bbl . Al igual que el almidón no se debe usar en pozos que tengan más de 200°F de temperatura, pues fermentan (generan H^+).

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA CELULOSA

Es un polímero derivado de la celulosa al cual se ha agregado un grupo carboximetil ligado a un átomo de carbono.

CARBOXIMETIL CELULOSA (CMC)

Se encuentra en el mercado de distinto grado dependiendo del grado de sustitución que tenga lugar, pudiendo variar de 0.8 a 1.2 la unidad de la sustitución. Es un producto aniónico que se adsorbe con facilidad a la superficie de las arcillas encapsulándolas y formando una película protectora y controladora de la hidratación. Su efectividad disminuye con la salinidad del agua. Existe el grado regular, técnico y de alta viscosidad, su concentración varía de 0.5 a 3 lb/bbl .

CELULOSA POLIANIONICA (CPA)

Al igual que el CMC puede ser de baja o de alta viscosidad, como de grado regular; su concentración va desde 0.5 a 3 lb/bbl . Este producto tolera mejor las temperaturas, teniendo buena estabilidad aún a 250°C.

El rango de concentración varía desde 0.1 a 3 $\frac{lb}{bbl}$. Cuando el fluido es de alto PH y si contiene calcio soluble, el producto actuaría como defloculante aun a bajas concentraciones.

Otros productos son como el **POLI-ACRILATOS DE SODIO** de bajo peso molecular, usados en lodos de bajo contenido de sólidos en concentración de 1 a 2 $\frac{lb}{bbl}$. **RESINAS** muy utilizadas en pozos de altas temperaturas en concentraciones de 2 a 4 $\frac{lb}{bbl}$.

También son utilizados, otros productos como ser los **dispersantes a base de LIGNOSULFATOS** que pueden ser **de Cromo, Hierro, Calcio** en concentración que puede variar desde 1 a 8 $\frac{lb}{bbl}$.

LIGNITOS que dispersan los lodos a altas temperaturas, pueden ser **PUROS o CAUSTICOS** en concentraciones de 2 a 4 $\frac{lb}{bbl}$.

ASFALTO para el **control de filtrado y sellar micro-fracturas** de las formaciones, su concentración puede variar desde 2 a 8 $\frac{lb}{bbl}$.

Productos para **INHIBICION DE HIDRATACION** por **MECANISMO DE ENCAPSULADO** como ser el **PHPA**, a base de poliacrilamidas.

En algunos tipos de lodos, la inhibición se la da por proceso químico a través de iones como el calcio que puede provenir de la cal o del yeso.

En lodos BASE CAL esta se encuentra en concentraciones que van desde 4 a 12 $\frac{lb}{bbl}$ dependiendo del tipo de lodo de cal a obtener.

En lodos BASE YESO este puede variar desde 3 a 4 $\frac{lb}{bbl}$.

Productos para **CONTROLAR EL PH** entre ellos se tiene la **SODA CAUSTICA** $NaOH$, la **POTASA CAUSTICA** (menos reactiva) KOH en concentraciones de:

$$\frac{0.15}{\text{para lodos de bajo PH}} - \frac{1}{\text{para lodos de alto PH}} \frac{lb}{bbl}$$

Un lodo base agua por lo general está compuesto por:

1. **Agua**, que es la fase continua y donde se disuelven los demás componentes.
2. **Arcilla Hidrofílica (Bentonita)** para dar viscosidad.
3. **Reductor de Filtrado**
4. **Caustico**
5. **Material para Encapsulado** (opcional)
6. **Material para Densidad**

Conforme se perfora los lodos necesitan otros materiales para mantener las propiedades y contrarrestar el efecto negativo de los recortes y fluidos de formación, así se deben usar:

- Dispersantes
- Lubricantes
- Viscosificantes específicos
- Inhibidores de Corrosión
- Antiespumantes

CONTAMINANTES

Se dice así a todo material que cause al lodo propiedades inadecuadas. Los contaminantes más comunes son:

1. Cemento $Ca(OH)_2$
2. Anhidrita $CaSO_4$
3. Sal $CLNa$
4. Carbonatos y Bicarbonatos CO_2
5. Sulfatos SO_4^-
6. Acido sulfhídrico H_2S
7. Sólidos
8. temperaturas

Cualquiera sea el contaminante que está en el lodo, se manifiesta en forma general de la siguiente manera:

- Aumenta La Viscosidad
- Aumenta Los Geles
- Aumenta El Filtrado

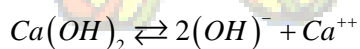
CONTAMINACION CON CEMENTO

El cemento no se encuentra en la naturaleza (es obtenido en hornos de la mezcla de arcilla con calizas); pero sí puede estar presente en los pozos como resultado de una operación efectuada como ser cementación de cañería; cementaciones re reparación, colocación de tapones de cemento para Side Truck, etc.

INDICADORES

- INCREMENTA EL PH
- INCREMENTA EL VALOR DEL Pf
- INCREMENTA EL CALCIO EN EL FILTRADO

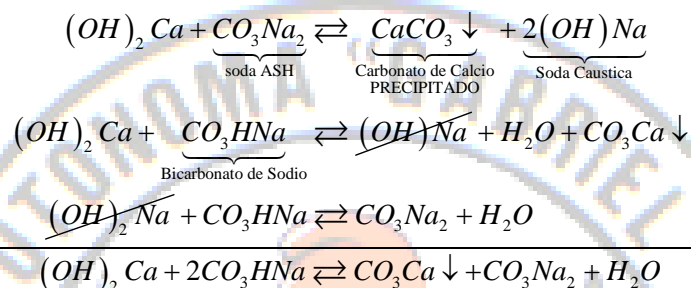
El cemento no es otra cosa que un hidróxido de calcio que se puede disociar en agua según la ecuación:



El cemento aporta iones hidroxilos $(OH)^-$ e iones calcio Ca^{++} , que en realidad son los contaminantes. El ion calcio causa floculación en los lodos base agua de bentonitas sódicas, y el ion hidroxilo $(OH)^-$ aumenta el PH y el Pf del lodo.

ACCIONES A TOMAR

Hacemos un ataque químico para eliminar los iones:



En la 1º ecuación se genera soda caustica que hace elevar el PH, en la última ecuación vemos que se genera agua lo cual ayuda a bajar la viscosidad.

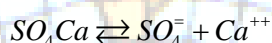
SOLUCIÓN GLOBAL

- 1º. Bajar la Viscosidad (agregando agua)
- 2º. Agregar Dispersante para bajar la viscosidad y la tixotropía.
- 3º. Agregar el Reactivo
- 4º. Como se agregó agua puede ser que la densidad del lodo baje, entonces se debe agregar Baritina.
- 5º. Como se agregó agua aumenta el filtrado y se aumenta reductor de filtrado.

Tómese en cuenta que el calcio nunca debe estar en cero, debe estar en un lodo base agua en concentraciones de 40 a 80ppm.

CONTAMINACION CON YESO

El yeso es el sulfuro de calcio SO_4Ca , es un compuesto que se encuentra en las formaciones como la anhidrita y se disocia en el agua como:



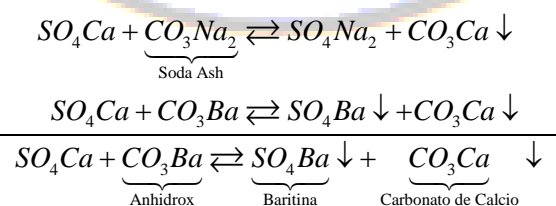
Donde el ion Ca^{++} es lo más crítico.

INDICADORES

- INCREMENTA EL CALCIO EN EL FILTRADO (400–600ppm)
- INCREMENTA EL SULFATO EN EL FILTRADO
- DISMINUYE EL VALOR DEL PH y el Pf

ACCIONES A TOMAR

Hacemos un ataque químico para eliminar los iones:



El ANHIDROX presenta el problema de que no es muy soluble en el agua por lo tanto se usan grandes cantidades y puede crear problemas de aumento de sólidos en el lodo.

SOLUCIÓN GLOBAL

- 1º. Bajar la Viscosidad (agregando agua)
- 2º. Agregar Dispersante para bajar la viscosidad y la tixotropía.
- 3º. Reductor de Filtrado

CONTAMINACION CON CARBONATOS, BICARBONATOS Y CO₂

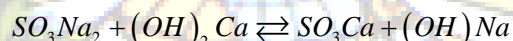
Los iones carbonatos CO_3^{2-} , bicarbonatos CO_3H^- y el gas carbónico CO_2 , se pueden encontrar en las formaciones ya sean por descomposición de materia orgánica, por entrada del aire de la superficie junto con el lodo, como también por solución de las sales que tienen las formaciones (aguas carbonatadas).

INDICADORES

- INCREMENTA EL Mf
- DISMINUYE EL VALOR DEL PH y el Pf
- POSIBLE REDUCCIÓN DEL ION CALCIO
- TAMBIÉN PO DISPOSITIVO GARRET GAS TRAIN
- AUMENTA EL CO_3^{2-} Y CO_3H^- EN EL FILTRADO

ACCIONES A TOMAR

Hacemos un ataque químico para poder precipitar el ion carbonato como un producto insoluble



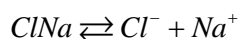
SOLUCIÓN GLOBAL

- 1º. Bajar la Viscosidad (agregando agua)
- 2º. Agregar Dispersante para bajar la viscosidad y la tixotropía.
- 3º. Reductor de Filtrado

CONTAMINACION CON SAL (ClNa₂)

En la corteza la sal se encuentra en las formaciones ya sea como agua salada o como sólido en las evaporitas o en los lodos salinos.

La sal en contacto con el agua se disocia de la siguiente manera:



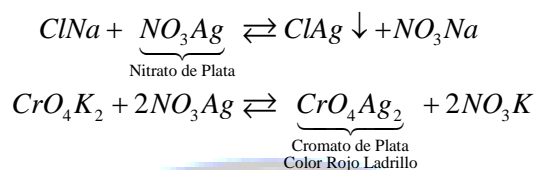
Donde el ion cloro le aporta carga negativa a la arcilla (provocando floculación)

El sodio provoca la floculación por efecto masa.

INDICADORES

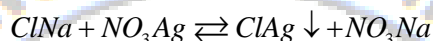
- INCREMENTA LOS IONES Cl^- EN EL FILTRADO
- DISMINUYE LEVEMENTE EL VALOR DEL PH y el Pf
- POSIBLE AUMENTO DEL VOLUMEN EN LOS CAJONES

Para determinar si existe el ion Cl^- se hace la siguiente reacción en el laboratorio:



ACCIONES A TOMAR

La contaminación con esta sal puede ser eliminada con la el siguiente tratamiento:



Pero el tratamiento resulta muy costoso.

SOLUCIÓN GLOBAL

Si la contaminación es debido a una entrada de agua, se debe procedes así:

- 1º. **Elevar la densidad** para evitar la entrada del agua salada al lodo.
- 2º. **Dispersar el lodo** ya que la floculación es mas critica con alto contenido de sólidos.
- 3º. **Agregar soda caustica** para mantener el PH y el Pf
- 4º. **Diluir con agua dulce** para bajar el contenido de sólidos y salinidad del lodo.
- 5º. **Agregar reductor de filtrado**

Cuando se perfora formaciones evaporíticas o domos salinos, lo mejor es trabajar con un lodo saturado con sal, de esta manera no se causa ensanchamiento del agujero.

CONTAMINACION CON ACIDO SULFHÍDRICO SH_2

Es un gas venenoso y un contaminante para los lodos. Se lo encuentra durante la perforación de pozos acompañando a los hidrocarburos que se encuentran en las formaciones atravesadas, como así también suele formarse de las descomposiciones de algunos polímeros debido a altas temperaturas.

PRESENTACION DEL SH_2

Si $PH < 7$, se encuentra como gas SH_2

Si $7 < PH < 12$, predomina el ion $HS^- + H^+$

Si $PH > 12$, predomina el ion sulfuro $S^{=} + H^+$

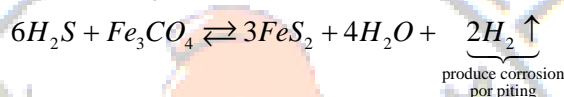
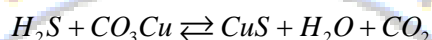
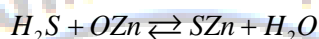
INDICADORES

- DISMINUYE LA DENSIDAD
- DISMINUYE EL VALOR DEL PH y el Pf
- PROBLEMAS GRAVES DE CORROSIÓN
- DISPOSITIVO GARRET GAS TRAIN

ACCIONES A TOMAR

Para solucionar el problema se puede seguir el siguiente tratamiento:

- 1º. Aumentar la densidad para minimizar la entrada del gas al lodo.
- 2º. Agregar soda caustica para mantener el PH>12 y el Pf en valores adecuados.
- 3º. Agregar removedores o secuestrantes de gas SH₂ o esponjas de acero.

**CONTAMINACION CON TEMPERATURA**

A medida que se profundiza un pozo, la temperatura aumenta según sea el gradiente de temperatura de la zona. El gradiente normal es de 1ºF cada 100ft de profundidad.

TEMPERATURA ESTÁTICA

Es la temperatura de la formación.

TEMPERATURA DE CIRCULACIÓN

Es la temperatura que adquiere el lodo cuando está circulando.

$$T_{est} > T_{circ}$$

INDICADORES

Aumenta la velocidad de reacción en el lodo, (un aumento de 15ºF puede duplicar la velocidad de reacción).

Incide negativamente en el rendimiento de algunos polímeros.

Aumenta el valor del Mf debido a la degradación de los polímeros que pueden generar iones H₂

Disminuye los valores de PH y Pf

ACCIONES A TOMAR

Dejar de usar los productos que se estaban usando y usar otros productos más adecuados.

ALCALINIDADES

Se puede definir como el potencial ácido-básico que tiene el lodo. Los lodos deben tener un PH>7.

ALCALINIDADES PRIMARIAS

Proviene de los álcalis fuertes o bases fuertes como la soda caustica, la potasa caustica, la cal, etc.

Las bases tienen en su fórmula el ion oxidrilo que es bastante activo.

ALCALINIDADES SECUNDARIAS

Proviene de sales menos básicas, como los carbonatos y bicarbonatos.

Definiremos PH como:

$$PH = -\log(H^+)$$

$PH > 7 \rightarrow$ Sn básica

Donde: $PH < 7 \rightarrow$ Sn ácida

$PH = 7 \rightarrow$ Sn neutra

La determinación del Pf, Mf, Pm, Ca^{++} , Cl^- ; constituye la parte química de los lodos, el conocimiento de estos valores indican la interacción que hay entre el lodo y la formación.

Pf (concentración de oxidrilos en el lodo, sobre 1ml de lodo) es la alcalinidad a la fenolftaleína que tiene el lodo hasta un PH 8.3 y el Mf (concentración de carbonatos, bicarbonatos en el filtrado) es la alcalinidad al naranja metilo del lodo hasta un PH 4.3.

Resultado de Análisis	Análisis						
	OH^-	CO_3^-	CO_3H^-	ION	Alcalinidad	EPM	PPM
Pf=0	0	0	Mf	CO_3H^-	Mf	20*Mf	1220*Mf
Pf=Mf	Pf	0	0	OH^-	Pf	20*Pf	340*Pf
2Pf=Mf	0	2Pf	0	CO_3^-	2Pf	40*Pf	1200*Pf
2Pf<Mf	0	2Pf	Mf-2Pf	CO_3^-	2Pf	20*Pf	1200*Pf
				CO_3H^-	Mf-2Pf	20*(Mf-2Pf)	1220*(2Mf-Pf)
2Pf>Mf	2Pf-Mf	2(Pf-Mf)	0	OH^-	2Pf-Mf	20*(2Pf-Mf)	340*(2Pf-Mf)
				CO_3^-	2(Mf-Pf)	40*(Mf-Pf)	1200*(Mf-Pf)

Si Pf=0, solo los iones CO_3H^- contribuyen a la alcalinidad; si Pf=Mf, la alcalinidad es debida a los iones OH^- . Y si 2Pf=Mf, la alcalinidad proviene de los CO_3^- . Los demás resultados, muestran combinaciones de los iones.

Desde el punto de vista de las condiciones del lodo, podemos tener las siguientes situaciones:

Pf=Mf, fluido en buenas condiciones con predominancia de iones OH^-

2Pf>Mf fluido en buenas condiciones pero puede desestabilizarse. Hay predominios leves de OH^- y CO_3^- .

2Pf=Mf fluido inestable pero puede recuperarse. Predominan levemente los iones CO_3H^- .

2Pf<Mf fluido inestable de difícil recuperación, predominan ampliamente los iones CO_3H^-

Pf=0 fluido muy inestable y muy difícil de recuperar, gran predominio de los iones CO_3H^- y CO_2 ; significa que el lodo tiene un alto valor de Mf que da lugar a un lodo de altos valores de geles muy difíciles de controlar.

