



PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

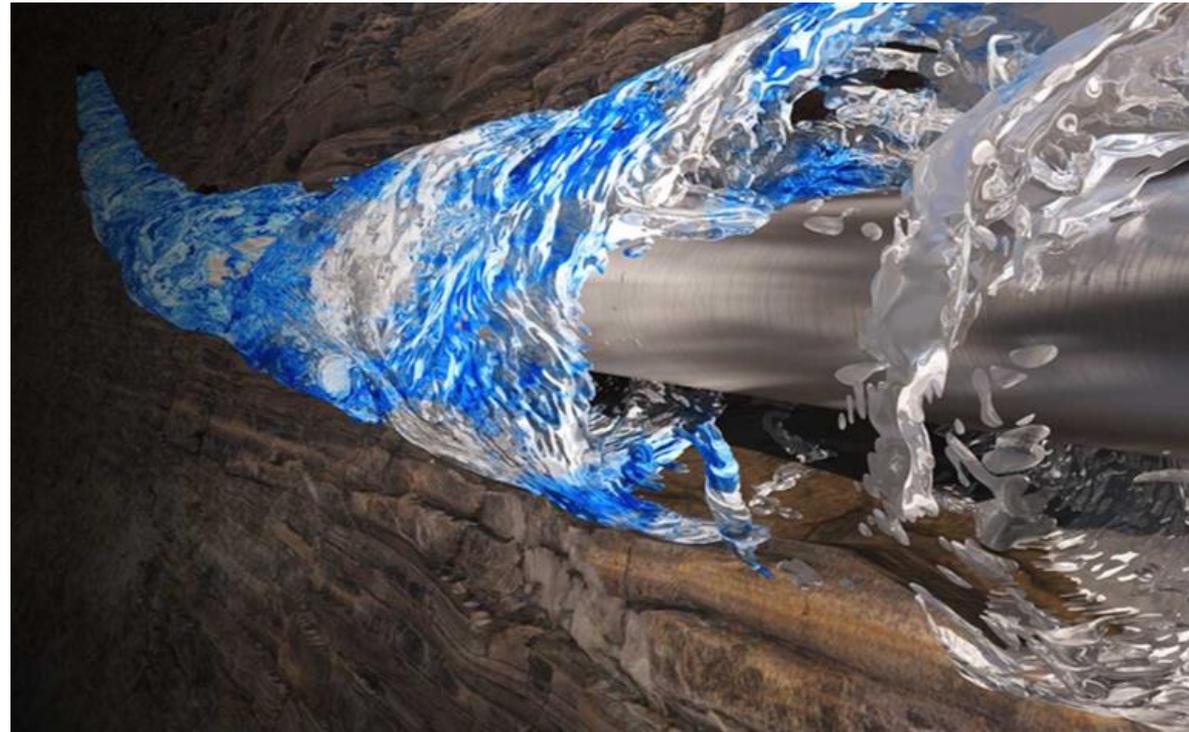
El fluido de perforación o lodo, cumple muchas funciones en el proceso de perforación de un pozo. Para ayudar al cumplimiento y logro de dichas funciones, el Fluido de Perforación debe poseer ciertas propiedades (físico / químicas).

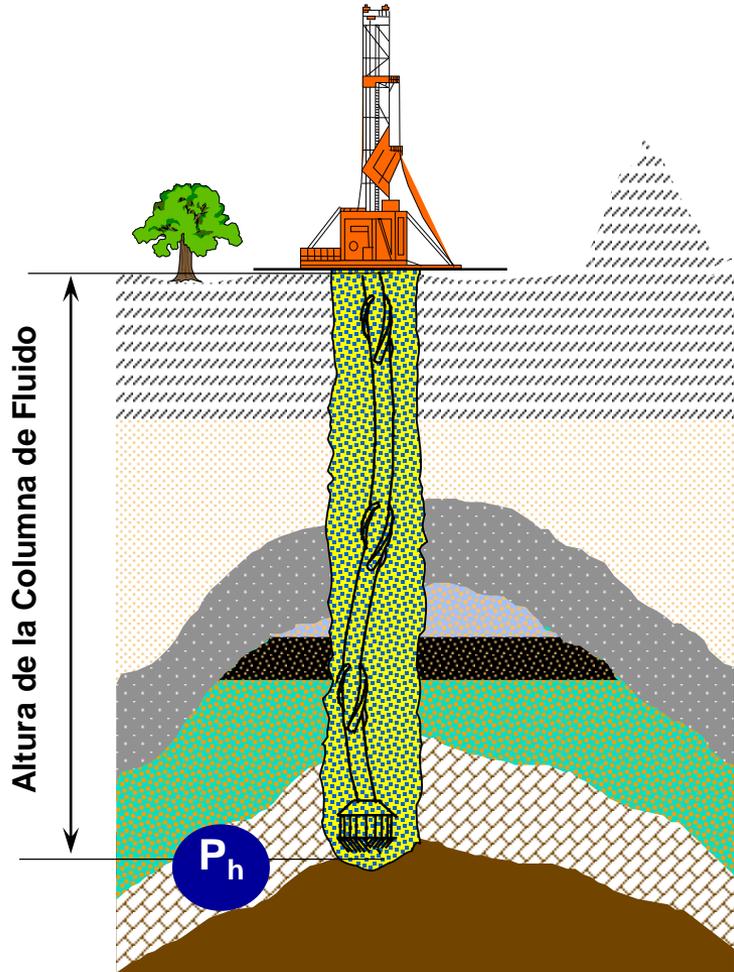
Estas propiedades deben ser controladas debidamente para asegurar un desempeño adecuado del Lodo durante las operaciones de perforación; por lo que, son verificadas sistemáticamente en el pozo por el Ingeniero de Lodos (Mud Engineer), quien las registra en un formulario denominado Reporte de Lodo API (API Mud Report).



Entre las propiedades más importantes del fluido de perforación podemos detallar las siguientes:

- Densidad.
- Viscosidad.
- Propiedades Reológicas.
- PH y alcalinidad.
- Control de Filtrado.
- Temperatura.
- Contenido de Sólidos





Es una propiedad física característica de cualquier materia que representa el peso que tiene la unidad de volumen.

La función de la densidad es generar una presión hidrostática que logre controlar las presiones de la formación durante la perforación. Adicionalmente, mantiene las paredes del hoyo al transmitir la presión requerida por las mismas. La densidad mínima del lodo que se requiere en la perforación de un pozo, está determinada por el gradiente de presión de poros.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

$$PH = 0,052 * \rho_{\text{lodo}} * h_{TVD}$$

Donde:

PH = Presión Hidrostática (psi)

ρ = Densidad del fluido (lpg, ppg)

h = Altura del fluido (ft)

DENSIDAD

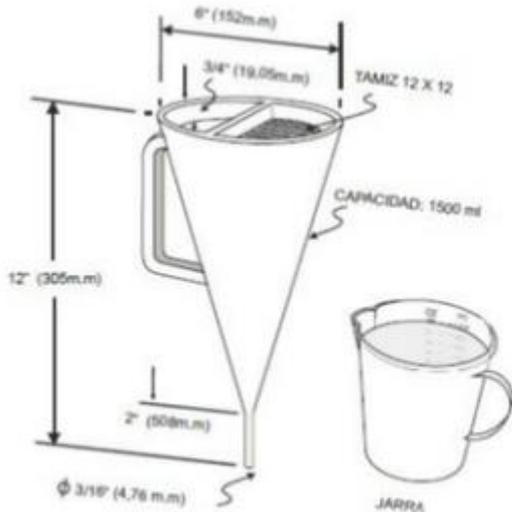


La densidad del lodo se mide en una balanza, donde se pesa un volumen exacto de lodo, sin sólidos ni burbujas.

La barita es el sólido más comúnmente usado para incrementar la densidad del lodo. Para un óptima disolución o reducción de densidad, los lodos densificados se tratan químicamente. Cuando los productos químicos no funcionan, se puede ser añadir agua para reducir el peso del lodo y para recuperar el agua que se haya perdido. Las centrífugas pueden ser utilizadas para remover del lodo las partículas sólidas que estén en exceso.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD





Embudo Marsh

Es la resistencia interna de un fluido a circular. Define la capacidad del lodo de lograr una buena limpieza del espacio anular, de mantener en suspensión y desalojar los recortes y de facilitar su decantación en las zarandas.

Es preciso adoptar, por tanto, una solución de compromiso: evitar las altas viscosidades para que el lodo sea fácilmente bombeado, pero no tan baja para que impida al lodo extraer los recortes producidos.

La viscosidad del lodo se determina por medio del denominado "embudo Marsh", y según normas API, expresándose por el tiempo (en segundos) que tarda en salir por un orificio calibrado un determinado volumen de lodo.

Para la perforación de pozos, la viscosidad óptima suele oscilar entre 40 y 45 segundos, preferentemente alrededor de 38 (la viscosidad Marsh es aproximadamente de 26 s). La medida de la viscosidad debe realizarse con lodo recién agitado.

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD



Perforación



VISCOSIDAD PLÁSTICA

Es la medida de la resistencia al flujo ó al movimiento y está en función a la cantidad, tipo y tamaño de los sólidos presentes en el fluido.

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. Para lograr tal propósito, es fundamental que los equipos de control de sólidos funcionen en buenas condiciones.

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.

El punto cedente, bajo condiciones de flujo depende de las propiedades en la superficie de los sólidos del lodo, la concentración de los sólidos en el volumen de lodo y la concentración y tipos de iones en la fase líquida del lodo.

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.

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.



VISCOSÍMETRO DE FANN (REÓMETRO)

Instrumento utilizado para medir la viscosidad y la resistencia de gel de un lodo de perforación. El viscosímetro de indicación directa es un instrumento compuesto por un cilindro giratorio y una plomada.

Hay dos velocidades de rotación, 300 y 600 rpm, disponibles en todos los instrumentos, pero algunos tienen 6 velocidades o velocidad variable.

Los parámetros reológicos del modelo plástico de Bingham se calculan con facilidad a partir de las lecturas del viscosímetro de Fann.

$$VP = L_{600} - L_{300}$$

$$PC = L_{300} - VP$$

$$V_A = \frac{L_{600}}{2}$$

Donde:

VP = Viscosidad Plástica (cp)

PC = Punto Cedente (lb/100ft²)

V_A = Viscosidad Aparente (cp)

L₆₀₀ = Lectura del reómetro a 600 rpm (lb/100ft²)

L₃₀₀ = Lectura del reómetro a 300 rpm (lb/100ft²)

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS



PH Y ALCALINIDAD



Las condiciones de equilibrio químico de un lodo marcan la estabilidad de sus características. Una variación sustancial del pH debida por ejemplo a la perforación de formaciones salinas, calcáreas u horizontes acuíferos cargados de sales, puede provocar la floculación del lodo, produciéndose posteriormente la sedimentación de las partículas unidas.

La estabilidad de la suspensión de bentonita en un lodo de perforación es esencial para que cumpla su función como tal, por lo que será necesario realizar un continuo control del pH. Esto se puede llevar a cabo mediante la utilización de papeles indicadores de PH.

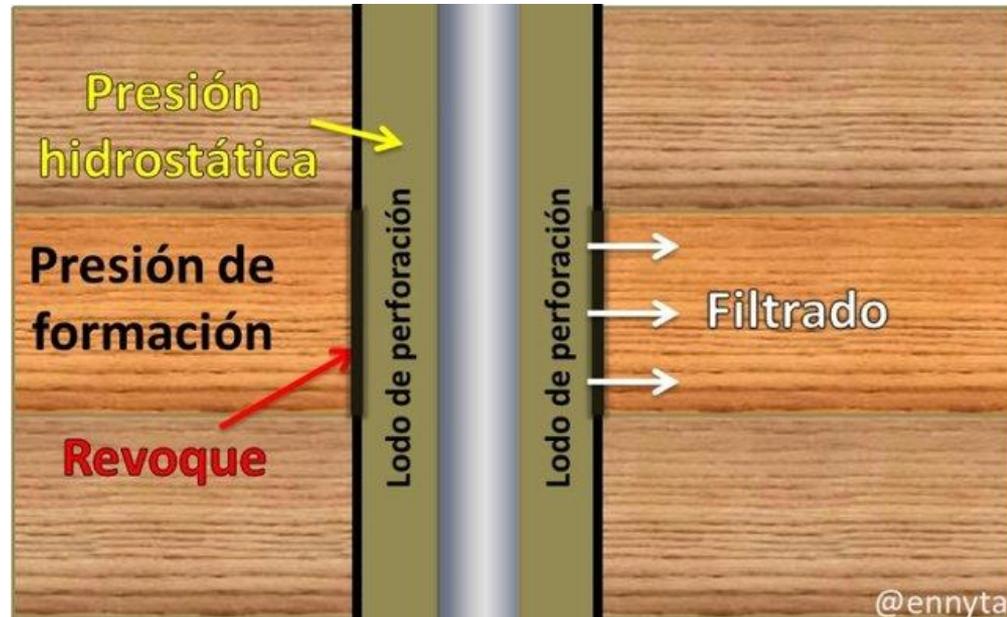
En general, un lodo bentonítico es estable cuando su pH está comprendido entre 7 y 9,5, aproximadamente, precipitando fuera de este intervalo.

La mayoría de los fluidos base acuosa son alcalinos y trabajan con un rango de pH entre 7.5 a 11.5. Cuando el pH varía de 7.5 a 9.5, el fluido es de bajo pH y cuando varía de 9.5 a 11.5, es de alto pH.



Las partículas más grandes al tamaño de los poros cubren la cara de la formación y forman el revoque de lodo. El lodo de perforación fluye a través de la formación permeable debido a la presión diferencial entre el hueco y la formación. La fase líquida que invade la formación se llama filtrado de lodo.

El filtrado del lodo es la cantidad de fluido que invade la formación por acción de la presión de la columna del lodo.



Básicamente hay dos tipos de filtración: Estática, ocurre cuando el fluido está en reposo, el revoque de lodo 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 revoques muy gruesos, mientras que la Dinámica ocurre cuando el flujo de lodo a medida que pasa por la pared del pozo tiende a raspar el revoque 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.

DETERMINACIÓN DEL FILTRADO



Existen dos tipos de filtrados: API y HT-HP. El primero aplica para los fluidos a base agua (WBM) y el segundo para los fluidos a base aceite (OBM).

La propiedad de filtración y/o formación de revoque de un lodo es determinada con el filtro prensa API / HT-HP. La prueba consiste en determinar la velocidad a la cual se fuerza un fluido a través de un papel filtro bajo ciertas condiciones de tiempo, temperatura y presión especificadas en la norma API RP 13B.

La prueba de filtrado API es realizada a la temperatura superficial y a una presión de 100 psi (690 KPa), y los resultados se registran como número de mililitros perdidos en 30 minutos.

La prueba de filtrado HT-HP es realizada a una temperatura de 300 °F (148.9 °C) y a una presión diferencial de 500 psi (3449 KPa), y los resultados se registran como el doble del número de mililitros perdidos en 30 minutos.

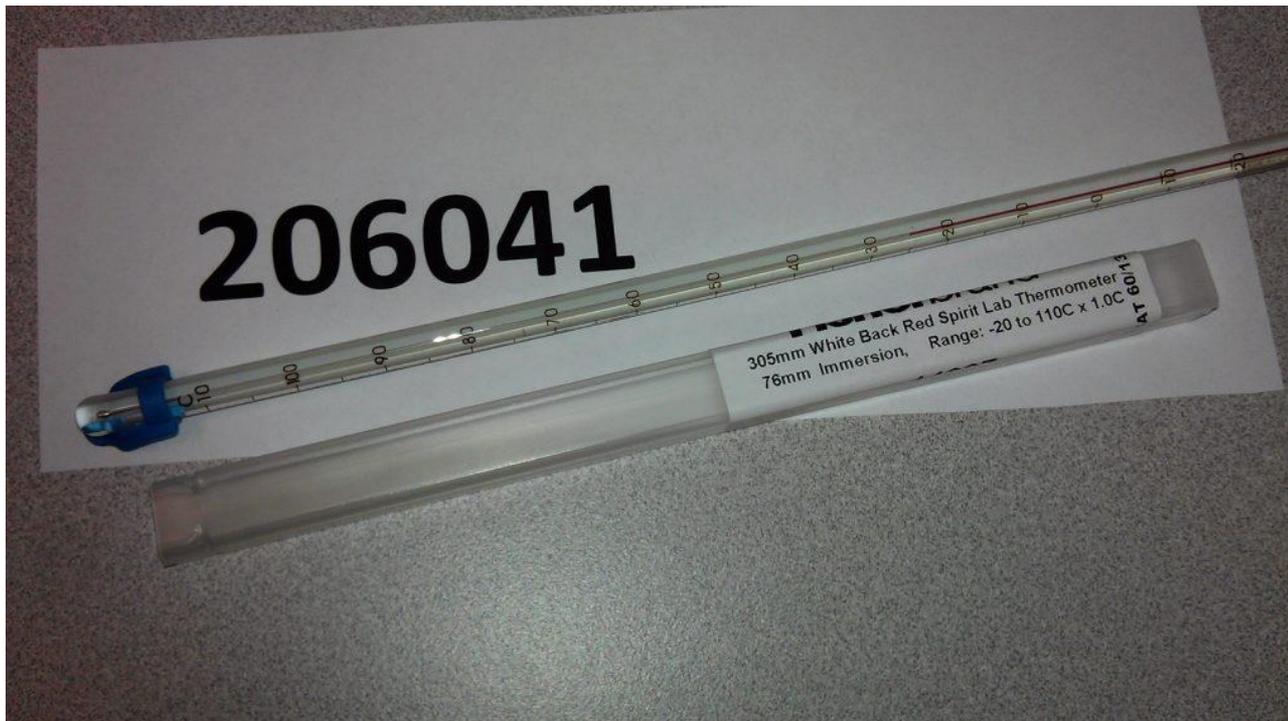


En ambos casos, después de finalizada la prueba se mide el espesor del revoque sólido (filter cake) que se ha asentado en 1/32 in (mm). Comentarios acerca de la calidad del revoque son descritos en el reporte de lodo tales como: color, textura, dureza, compresibilidad, flexibilidad, etc.

TEMPERATURA



La importancia de chequear constantemente la temperatura se debe a que en los lodos a base agua, cuando se incrementa la temperatura aumenta la velocidad de las reacciones químicas entre algunos componentes de estos fluidos. La velocidad de degradación de algunos materiales depende de la temperatura. Muchos de los aditivos y dispersantes para controlar la pérdida de filtrado fracasan o llegan a no ser tan efectivos a medida que la temperatura aumenta.



En un fluido de perforación existen sólidos deseables como la arcilla y la barita y sólidos indeseables como ripios y arena, los cuales hay que eliminar del sistema. Para controlar al 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.



La presencia de 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.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS



La retorta se emplea para determinar la cantidad de líquidos y sólidos en el fluido de perforación. El fluido se coloca en un contenedor de acero y se calienta hasta que se evaporen los componentes líquidos. Los vapores pasan a través de un condensador y ser recogen un cilindro graduado.

La retorta provee un medio para la separación y medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra de fluidos de perforación. Se calienta un volumen conocido de muestra, hasta vaporización de los componentes líquidos, los cuales son luego condensados y colectados en una probeta graduada.

Los volúmenes líquidos se determinan de la lectura de las fases oleosa y acuosa en la probeta graduada.

El volumen total de sólidos, tanto los suspendidos como los disueltos, se obtiene por diferenciación del volumen total de muestra versus el volumen final de líquido colectado. Son necesarios cálculos para determinar el volumen de los sólidos suspendidos, debido a que ningún sólido disuelto será retenido en la retorta.



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS



FLASH RECORDATORIO



Perforación

- *Las propiedades físicas de un fluido de perforación, la densidad y las propiedades reológicas son monitoreadas para facilitar la optimización del proceso de perforación.*
- *Estas propiedades, correctamente determinadas y con el seguimiento correspondiente, contribuyen a varios aspectos importantes para la perforación exitosa de un pozo.*
- *Cada pozo es único, por lo tanto es importante que estas propiedades sean controladas respecto a los requisitos para un pozo en particular y del fluido que se está usando.*
- *Las propiedades reológicas de un fluido pueden afectar negativamente un aspecto, al mismo tiempo que producen un impacto positivo importante sobre otro. Por lo tanto se debe lograr un equilibrio para maximizar la limpieza del pozo, minimizar las presiones de bombeo y evitar los influjos de fluidos o de la formación, además de impedir la pérdida de circulación hacia la formación que se está perforando.*

