



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

9  
207

**CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES ARCILLOSOS  
Y SU TRASCENDENCIA EN LA PERFORACION DE  
POZOS PETROLEROS**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:  
**INGENIERO PETROLERO**

Presenta:

**MANUEL CAJIGAS SILVA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F. 1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION . . . . .	1
I. GENERALIDADES . . . . .	2
II. FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LAS ARCILLAS . . . . .	9
III. NORMAS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA BARI TA Y BENTONITA . . . . .	18
- Norma API que define la calidad de la Bentonita . . . . .	32
- Norma Internacional/Europea que define la calidad de la Bentonita . . . . .	41
- Norma SP-SQ Sección 2 que define la ca lidad de la Bentonita . . . . .	49
- Norma API que define la calidad de la Barita . . . . .	68
- Norma SP-SQ Sección 1 que define la ca lidad de la Barita . . . . .	80
- Norma IMP que define la calidad de la Barita . . . . .	87
IV. PROBLEMAS CAUSADOS POR ARCILLAS FUERA DE ESPECIFICACION . . . . .	99
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	100
BIBLIOGRAFIA . . . . .	101

## INTRODUCCION

Debido a que la industria petrolera ha sido fundamental para el desarrollo técnico, científico, político, económico y social de los pueblos, a causa de la gran demanda de hidrocarburos en el mundo, recurso no renovable, se ha tenido la necesidad de encontrar y mejorar técnicas para su explotación, lo cual ha requerido del mejoramiento o desarrollo de materiales que satisfagan las necesidades actuales como son:

La perforación de pozos profundos en los que se tiene la presencia de altas temperaturas, altas presiones y formaciones inestables, para lograr estos objetivos ha sido necesario emplear controles de calidad estrictos sobre todo, en materiales de gran consumo como son la Barita y la Bentonita empleados para limpiar, acarrear y dar estabilidad al agujero.

Considerando la importancia de estos materiales y definiendo que la normalización, ha sido el único medio que ha garantizado su calidad y reducido ó evitado problemas operacionales se hace necesario conocer las técnicas que se han venido empleando por controlar y mantener su calidad, por consiguiente este trabajo tiene como propósito dar a conocer para que siga manteniendo y optimizando el control de calidad de materiales empleados en la perforación, terminación y reparación de pozos petroleros.

## GENERALIDADES

El control de calidad es un conjunto de esfuerzos efectivos de los diferentes grupos de una organización para integrar, desarrollar, mantener y superar la calidad de un producto, con el fin de hacer posibles fabricación y servicio a satisfacción del consumidor al nivel mas económico.

Industrialmente la palabra calidad quiere decir mejor dentro de ciertas condiciones como, cumplir con el uso a que el material se destina, como es el caso de la Barita y Bentonita empleadas para elaborar fluidos de perforación los cuales deben cumplir con las siguientes funciones específicas:

- ENFRIAR Y LUBRICAR LA BARRENA
- TRANSMITIR POTENCIA HIDRAULICA A LA BARRENA
- TRANSPORTAR Y ACARREAR LOS RECORTES A LA SUPERFICIE
- CONTROLAR LAS PRESIONES DE FORMACION
- ESTABILIZAR LAS PAREDES DEL POZO

Por consiguiente la calidad de un producto puede, definirse como la resultante de una combinación de características de ingeniería determinantes del grado de satisfacción que el producto proporciona al consumidor durante su uso.

Para que se lleve a cabo el control de calidad -

debe existir tanto en el productor como en el consumidor - la responsabilidad e interés en producir y consumir respectivamente calidad. Para lograr éxito en el control de calidad es necesario se cuente con personal experto y consciente de la calidad con conocimientos tecnológicos sólidos para definir sistemas confiables en cuanto a la especificación de tolerancias, métodos de evaluación y técnicas de muestreo.

Anteriormente tanto por escrito como de palabra - el control de calidad era definido como una forma de inspección de muestras basado solamente en el examen visual del personal que realizaba la inspección como era el caso de la Barita y Bentonita, materiales que actualmente son analizados química y físicamente para verificar su grado de calidad y confiabilidad.

Desde el punto de vista de la calidad, el hombre dedicado al ejercicio del control de calidad no es considerado como un inspector sino como un ingeniero de control de calidad con conocimientos sobre la tecnología aplicable al producto, métodos de inspección y estudios de confiabilidad así como de otras disciplinas para mejorar y controlar la calidad del producto.

Para alcanzar la meta de calidad es necesario se cumplan los siguientes requisitos:

A.- Establecimiento de Normas, para definir el funcionamiento y confiabilidad del producto.

B.- Estimación de conformidad entre el producto manufacturado y las normas con lo cual se podrá aplicar la corrección adecuada para mejoramiento del producto o de las normas.

## NORMA

De acuerdo al concepto de norma aceptado y usado según lo establece nuestra Ley General de Normas y Pesas y Medidas en su artículo 4º menciona como "Norma Industrial" al conjunto de especificaciones en que se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades y usos a que está destinado.

Por su esencia las normas pueden clasificarse en Normas Básicas o Fundamentales y Normas Industriales.

Normas Básicas.- Son aquellas que definen conceptos fundamentales de la ciencia y de la técnica, tales como unidades, símbolos, terminología y definiciones. Estas normas por su naturaleza, son el producto de investigación científica o tecnológica, y por lo tanto, no expuestas a discusión.

Normas Industriales.- Son aquellas que establecen las referencias respecto a las cuales se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades de uso a que está destinado, y deben ser producto de un proceso de normalización. Comprende

didas en este grupo pueden considerarse las siguientes --- clases de normas:

**Normas de Calidad.**- Que determinan mediante especificaciones el conjunto de características físicas, químicas o biológicas que debe tener una materia prima, elemento o producto que va a ser útil para el uso a que se destina.

**Normas Dimensionales.**- Que definen formas, dimensiones y tolerancias de elementos, piezas y objetos. Este grupo de normas difícilmente puede separarse del grupo de normas de calidad ya que, generalmente, hay problemas dimensionales que a la vez son de calidad.

**Normas de Métodos de Prueba.**- Que contienen las disposiciones que regulan los sistemas y procedimientos de prueba elegidos, incluyendo ocasionalmente los procesos de muestreo, análisis químico, pruebas físicas y biológicas - descripción del equipo utilizado e ilustraciones necesarias.

**Normas de Seguridad.**- Que trata sobre las medidas que deben tomarse para prever y evitar accidentes de empleados y equipo.

En México, el Proceso de Normalización es llevado a cabo por la Secretaría de Industria y Comercio a través de su Dirección General de Normas.

El control de calidad se hace posible gracias a la



normalización la cual, como instrumento público al servicio del país aporta el consenso de todas las partes interesadas en la elaboración de cada norma: científicos, técnicos, productores, consumidores y representantes del gobierno a fin de proteger al consumidor final asegurándole, que lleguen a él artículos de calidad que cumplan en eficiencia con el fin u objetivo para los que han sido producidos.

Una norma bien proyectada, generalmente está escrita en un lenguaje que elimina toda ambigüedad y el peligro de una mala interpretación, por lo tanto la norma, además de ser un importante medio de información favorece la exportación de productos normalizados.

Dentro del panorama de la economía nacional, es una necesidad y una conveniencia contar con normas para los productos utilizados, ya que elevar el nivel de vida de una población no depende solamente del establecimiento de nuevas fuentes de trabajo, sino que estas deben manufacturar sus artículos utilizando las técnicas de control de calidad y normas que permitan al consumidor, en el caso de Pemex tener confianza en que los materiales adquiridos cumplan con las funciones a que se destinan, al nivel más económico.

Las economías de esfuerzos y de materiales que se hacen posible con la introducción de la normalización, así como el mejor aprovechamiento de todos los recursos, ofre-

cen ventajas en el proceso de desarrollo de un país.

La calidad junto con los bajos costos son el único instrumento que México tiene para lograr un mejoramiento substancial en su nivel de vida. Consumir productos con calidad constante y a bajos costos es el único medio seguro que se tiene para evitar se siga lesionando la economía -- del país.

Así como una sociedad y sus miembros dependen de las leyes morales para el establecimiento de un orden social, así la economía u optimización en la perforación de pozos petroleros depende de las normas de calidad. En general el aplicar normas de calidad ofrece las siguientes ventajas:

#### PARA LA PRODUCCION

- Planeación de la producción desde las materias primas - hasta el producto terminado.
- Documentación técnica mantenida al día por un organismo especializado.
- Eliminación de desperdicios.
- Aumento de la Producción.
- Abatimiento de costos.
- Eliminación de la competencia desleal.
- Argumento de venta

## PARA EL CONSUMO

- Garantías precisas de calidad, regularidad, confianza y seguridad.
- Posibilidad de comparación de ofertas.
- Abatimiento de costos para materiales de la misma calidad.
- Facilidad para ordenar compras.

## PARA LA ECONOMIA GENERAL

- Mejoramiento en la producción nacional en lo que respecta a calidad, cantidad y confianza.
- Mejor entendimiento entre la oferta y la demanda.
- Disminución de litigios.
- Reducción de los costos de distribución tanto para el productor como para el consumidor.
- Establecimiento gradual de un catálogo de productos nacionales.
- Incremento de la productividad nacional.

## FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LAS ARCILLAS

La calidad de las arcillas empleadas en la elaboración de fluidos de perforación está definida por las propiedades reológicas, tixotropicas, impermeabilizantes y densificantes que se requieren para que el lodo proporcione una potencia hidráulica óptima a la barrena, mantenga limpio el agujero, dé estabilidad a las paredes del pozo y suspenda los recortes procedentes de la formación cuando el fluido no está en movimiento. Las propiedades reológicas tixotropicas se determinan mediante la viscosidad plástica, viscosidad aparente, punto o valor de cedencia y geles, parámetros obtenidos a través de esfuerzos de corte generados a diferentes velocidades, originando los siguientes tipos o modelos ideales de fluidos que son:

- Newtonianos (también llamados verdaderos)
- Pseudoplásticos
- Dilatantes
- Plásticos de Bingham

Los tres últimos tipos de fluidos se conocen también con el nombre genérico de no-Newtonianos.

El comportamiento de todos ellos se caracteriza por medio de modelos matemáticos siendo el modelo Bingham el más representativo de los fluidos de perforación.

Fluidos Newtonianos.- Se caracterizan porque la relación del esfuerzo de corte con la velocidad de corte es constante; esto es, su viscosidad es constante si permanecen fijas la temperatura y la presión. Esta condición la cumplen también los gases y desde este punto de vista pueden considerarse como fluidos Newtonianos. (ver fig. 1)

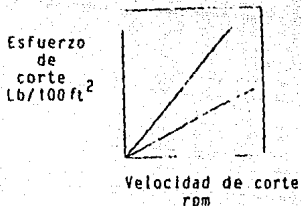


Figura 1

Como ejemplos de fluidos verdaderos o Newtonianos tenemos el agua, alcohol etílico y éter.

Fluidos Seudoplásticos. - En éstos fluidos la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de corte. Ejemplos: Soluciones de Latex y algunas soluciones de jabón. (Ver fig. 2)

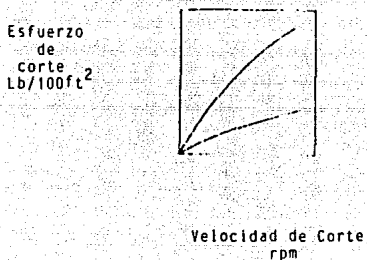


Figura 2

Fluidos Dilatantes.- El valor de la viscosidad -- aumenta al aumentar la velocidad de corte. Ejemplos, Resinas Vinílicas y engrudo de almidón. (Ver fig. 3)

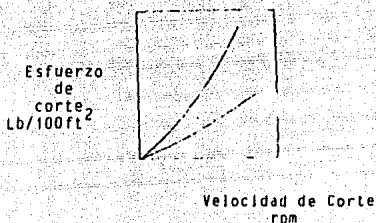


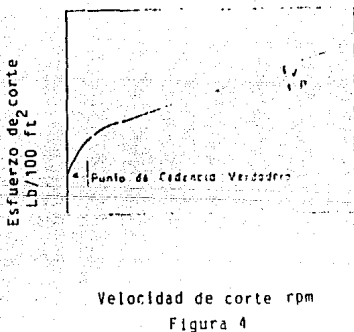
Figura 3

Fluidos Plásticos de Bingham.- El comportamiento de estos fluidos bajo diferentes valores de esfuerzos de corte se caracterizan por los siguientes parámetros:

- Viscosidad Plástica
- Punto de Cedencia

Se requiere un valor determinado del esfuerzo de corte para obtener una velocidad de corte apreciable. Este valor mínimo del esfuerzo de corte lo denominamos punto o valor de cedencia. Al aumentarse todavía más el esfuerzo de corte, se reduce la viscosidad del líquido en la región donde el régimen de flujo es de tapón y en la región de --

transición de flujo de tapón a flujo laminar. En la región de flujo laminar la viscosidad permanece constante y se le denomina viscosidad plástica. El valor de esta viscosidad disminuye nuevamente en la región de flujo turbulento. Estos fluidos plásticos se comportan en forma similar a los verdaderos o Newtonianos, es decir el esfuerzo de corte es directamente proporcional a la velocidad de corte. Como ejemplos de estos fluidos aparte del lodo de perforación ya mencionado, están las lechadas de cemento y las gelatinas de fracturamiento empleadas en los pozos petroleros. (Ver fig. 4)



El punto de cedencia o valor inicial del esfuerzo de corte se debe a una propiedad de estructuración por cargas químicas residuales de las partículas coloidales en suspensión originando que los líquidos plásticos en reposo adquieran una consistencia gelatinosa la cual desaparece -



por agitación. A esta propiedad se le denomina "Tixotropía" y es un proceso reversible e isotérmico.

El valor de la viscosidad plástica de un fluido -- plástico de Bingham depende de los siguientes factores.

- Temperatura del Líquido
- Viscosidad del medio dispersante (fase líquida)
- Concentración de los Sólidos
- Forma de los Sólidos

Cualitativamente, la viscosidad se define como -- "La resistencia interna de un fluido a fluir". Sin embargo sólo los fluidos Newtonianos como el agua, cuyas características de flujo tienen una viscosidad verdadera, pueden definirse por un sólo término.

Todos los fluidos no-Newtonianos incluyendo a los lodos de perforación, tienen características de flujo no - lineales que requieren de mas de un término para definir - su comportamiento viscoso y tixotrópico.

#### TERMINOS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO

El comportamiento reológico se define mediante: la viscosidad aparente y viscosidad plástica, en términos generales la viscosidad se define como la resistencia que presenta un fluido al flujo, sus unidades las representa el Poise o el Centipoise. En el caso de la viscosidad plásti

ca se define como la resistencia del flujo causada por la fricción mecánica debida a la acción reciproca de partículas sólidas y líquidas en el lodo.

#### TERMINOS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO TIXOTROPICO

El comportamiento tixotropico está definido por el punto o valor de cedencia y la gelatinosidad. La tixotropía se puede definir como "el fenómeno exhibido por algunos geles que se hacen fluidos con el movimiento, siendo este cambio reversible e isotérmico.

Físicamente el punto cedente, es la medida de las fuerzas de atracción electroquímicas del lodo en condiciones de flujo es decir, se requiere de un valor finito del esfuerzo de corte para iniciar el flujo del fluido, y sus unidades son Lb/100 Pies<sup>2</sup>. La fuerza de Gelatinosidad o simplemente Gelatinosidad, es el valor del esfuerzo de corte necesario para iniciar una velocidad de corte apreciable en un lodo. Las medidas se reportan generalmente como fuerzas de gelatinosidad inicial (sin tiempo de reposo; algunas veces llamada también Gelatinosidad a 10 segundos), y final o a 10 minutos de reposo.

#### FILTRADO O PERDIDA DE AGUA

El efecto de la presión en el volumen del filtrado es variable y depende principalmente de la cantidad, tamaño y forma de los sólidos en el lodo, especialmente --

de los sólidos coloidales. El enjarre de los lodos bentoníticos es compresible de modo que a mayores presiones no se obtienen filtrados proporcionalmente más altos. Un lodo formado por agua y Bentonita de buena calidad tiene prácticamente el mismo filtrado a 100 y a 5000 Lb/Pg<sup>2</sup>.

Para que el material arcilloso desarrolle propiedades reológicas, tixotropicas e impermeabilizantes es necesario que se hidrate en agua dulce como es el caso de la Bentonita la cual se hincha (ver fig. 1) manifestando aumento en su volumen y capacidad para atrapar y suspender Barita, material densificante usado para controlar las presiones de la formación así como habilidad para formar un sello impermeable en las paredes del pozo que sirve para evitar o controlar la pérdida de agua. Es condición importante que tanto la Bentonita como la Barita se integren al medio acuoso bajo agitación mecánica continua, de lo contrario el comportamiento reológico, tixotropico, impermeabilizante y densificante no será satisfactorio.

## BENTONITA

Su acción en aguas con concentraciones moderadas de cloruros (6,000-10,000 p.p.m.)



Placas en estado nativo.



Placas hidratadas absorben agua y se dispersando - viscosidad y - gelatinosidad.

inmediatamente

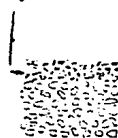


1 hora despues



Absorción de agua

Enjarre



Produce bajo filtrado y - enjarre delgado.

Cortes



La gelatinosidad - suspende la Barita y los cortes cuando el lodo está -- estático.

Figura (1)

## NORMAS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA BARITA Y BENTONITA

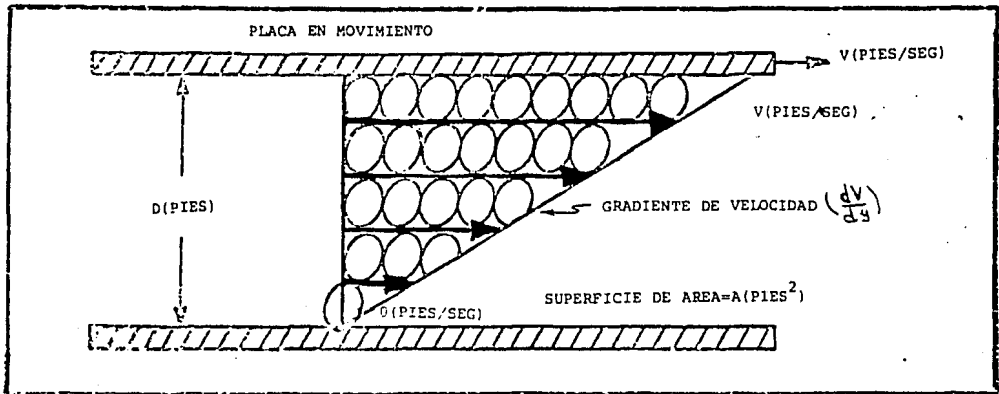
La calidad requerida de estos materiales para ser usados en la industria de la perforación, internacionalmente se ha venido rigiendo por normas emitidas por el Instituto Americano del Petróleo. Sin embargo cada país que perfora las ha ido modificando como es el caso de México en el que la calidad de estos productos la determina la aplicación de normas elaboradas por el Instituto Mexicano del Petróleo mismas que han sido aceptadas por el usuario --- Petroleos Mexicanos. A la fecha todas las normas que rigen la calidad de estos materiales tienen como objetivo fijar las especificaciones, métodos de prueba, equipos de evaluación y técnicas de muestreo. Por lo general todas las normas que rigen estos materiales para la industria de la perforación hacen uso de equipos de evaluación estandarizados por el Instituto Americano del Petróleo como son: el viscosímetro rotacional de velocidad variable, filtro-prensa de baja presión y temperatura y matraz Le Chatelier los cuales se describen a continuación:

Viscosímetro Rotacional de Velocidad Variable Fann V-G Modelo 35 de Dos Velocidades, 115 Volts.

Se emplea en el control de propiedades reológicas y tixotropicas necesarias para mantener la limpieza del agujero que se está perforando.

El principio en el cual se basan las indicaciones directas del viscosímetro es similar al de las placas planas y paralelas entre sí, (ver fig. "A") en la que inicialmente el sistema está en reposo, pero a un tiempo  $T = 0$  la lamina inferior se pone en movimiento con una velocidad constante  $V$  (pies/seg). Las capas de fluido se moverán entre  $0$  (pies/seg) y  $V$  (pies/seg). Esta distribución de velocidades a través del fluido entre las dos placas divididas entre la distancia perpendicular que separa las dos placas, es la velocidad de corte del fluido  $(dv/dy)$ . En el viscosímetro el cilindro interior gira a velocidad constante (rpm) impartiendo un valor de velocidad de corte entre las capas de fluido. Asimismo mediante un resorte de rigidez conocida se podrá aumentar la fuerza de corte aplicada al fluido. La desviación de la vibración es indicada en la escala en grados de rotación, o sea una medida angular, sin embargo con la geometría de la manga, la constante del resorte, la definición matemática de los fluidos plásticos de Bingham y las lecturas a 600 y 300 rpm. del rotor se podrá determinar la viscosidad plástica en (centipoises) y el valor del punto de cendencia en  $(lb/100 \text{ pies}^2)$ .

Como se puede observar en la fig. "B" este viscosímetro cuenta con un vaso o recipiente<sup>(1)</sup> en cuyo interior se coloca el lodo que se prueba, un soporte<sup>(2)</sup> platina<sup>(3)</sup>



GRADIENTE DE VELOCIDAD / DOS PLACAS PARALELAS

Fig A

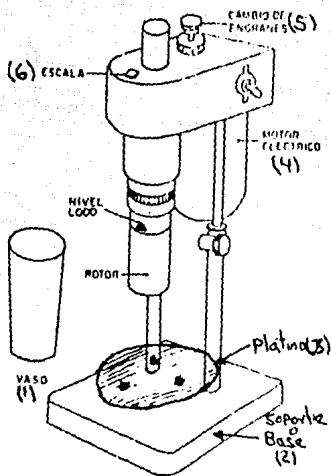


Fig 8

VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE VELOCIDAD VARIABLE FAHN V-6



con tres orificios para fijar el recipiente y levantarlo - con el lodo hasta sumergir el rotor en este a la altura - de la marca grabada en el rotor indicando el nivel del lodo, el rotor es accionado por un motor eléctrico de dos ve- locidades<sup>(4)</sup> las que nos permiten hacer el cambio de engranes localizado en la parte superior<sup>(5)</sup> y así obtener seis diferentes velocidades de rotación (de 3,6,100,200,100 y 600 rpm.), también cuenta en la parte superior con una es- cala<sup>(6)</sup> en la que se leen directamente los valores del esfuerzo de corte a las diferentes velocidades de rotación.

Las lecturas del esfuerzo de corte obtenidas a 300 y 600 rpm. forman una recta (ver fig. "C") cuya pendiente es el valor de la viscosidad plástica o rigidez.

Por consiguiente la viscosidad plástica se define como el valor del incremento del esfuerzo de corte que produce un aumento unitario en la velocidad de corte. Las lecturas a 300 y a 600 rpm. en el viscosímetro Fann, están normalmente dentro del régimen de flujo laminar de los lodos.

Los datos proporcionados por el viscosímetro multirrotacional, se presentan en la figura "C" estos se emplean para determinar los siguientes parámetros:

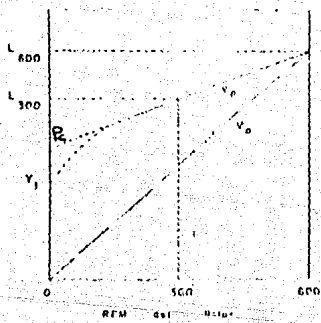


FIG C

Viscosidad Plástica =  $V_p$  cps

Viscosidad Aparente =  $V_a$  cps

Punto de cedencia de Bingham  $P_c$  Lb/100 pie<sup>2</sup>

Punto de cedencia Verdadero  $Y_t$  Lb/100 pie<sup>2</sup>

Valor del esfuerzo de corte en la  
escala del viscosímetro a 300 rpm ( $L_{300}$ )

Lectura de la escala a 600 rpm. ( $L_{600}$ )

Por definición, de acuerdo al diseño del equipo:

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

$$V_a = 1/2 L_{600}$$

$$\delta \quad V_a = V_p + Yh/2$$

$$P_c = L_{300} - V_p$$

$$\delta \quad P_c = 2(V_a - V_p)$$

$$Y_t = 3/4 P_c$$

### Manejo del Equipo:

- 1.- Cuando el viscosímetro es accionado por motor eléctrico, cerciórese que el voltaje disponible es el correcto.
- 2.- Introducir la muestra en el recipiente receptor -- (vaso metálico) hasta el aforo marcado en el vaso. Coloque el vaso en el soporte del equipo, asegúrelo y levántelo hasta que el rotor (cilindro móvil) quede sumergido en lodo hasta la marca grabada en dicho rotor.
- 3.- Se hace girar al rotor a su máxima velocidad ---- (600 rpm) durante 5 ó 10 segundos para romper la gelatinosidad (lo mismo se hace si el viscosímetro es manual) alcanzada la estabilidad se efectúa la lectura correspondiente a 600 rpm la cual se da directamente en cps.
- 4.- Cambie la velocidad del motor y los engranes para obtener 300 rpm. Anote la lectura  $L_{300}$

La viscosidad plástica se reporta directamente en cps y el punto de cedencia de Bingham en  $Lb/100 pie^2$ .

Obtenidas las lecturas se limpia el instrumento -- haciendo girar el rotor a alta velocidad sumergido en agua. Quite el rotor y seque todas las partes perfectamente.

### FILTRO PRENSA DE BAJA PRESION Y TEMPERATURA

Se emplea para determinar la pérdida de agua de una suspensión coloidal así como para conocer la habilidad de sus componentes sólidos para formar películas delgadas o enjarres lo cual es importante para mantener la estabilidad del agujero y disminuir el daño a las formaciones potencialmente productoras. La prueba del filtrado consiste en determinar la cantidad de agua, fase continua del lodo, que se extrae de una muestra de lodo por medio de un filtro prensa (fig. D) de área filtrante especificada, a una presión de  $100 \text{ Lb/Pg}^2$  y durante un intervalo de tiempo de 30 minutos. En esta prueba debe especificarse la temperatura del lodo y el espesor del enjarre.

Se observa en la (fig. D) que el filtro prensa de baja presión y temperatura está formado principalmente de una armazón o esqueleto (1), un cilindro (2) abierto en sus extremos, dos tapas del cilindro una superior por donde se aplica la presión (3) y una inferior de descarga(4) una probeta graduada(5) y un soporte móvil(6). El esqueleto a su vez está constituido por dos barras una en la parte superior(7) por la cual atraviesa el tornillo "T"(8) y la otra llamada central(9) se encuentra aproximadamente a 2/3 partes de la altura del armazón formando un soporte fijo sobre el cual se coloca la celda con la muestra de lodo que se prueba. En la parte inferior del esqueleto se

localiza un soporte móvil(6) sobre el que deberá colocarse una probeta graduada receptora.

Existen varios modelos de filtros prensa de baja presión y temperatura, siendo la diferencia principal entre ellos -- las fuentes de presión que utilizan y que puede ser: aire o nitrógeno comprimidos, gas carbónico o presión hidráulica

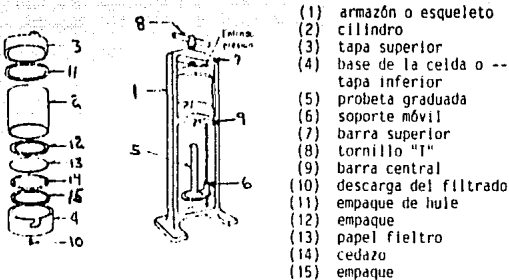


Figura D

#### MANEJO DEL EQUIPO:

- 1.- Asegúrese que todas las parte del filtron estén limpias y secas y de que los empaques no estén gastados o deformados.
- 2.- Sobre la base de la celda coloque empaques, cedazo, papel fieltro y el cilindro hueco - cierre el candado y llene con lodo dejando 1 cm. de borde libre del lodo.

- 3.- Coloque la celda en el soporte, cierre con la tapa superior y coloque una probeta graduada para recibir el filtrado.
- 4.- Aplique  $100 \text{ Lb/pg}^2$  de presión durante 30 minutos en caso de que sean 7/2 minutos multiplicar por dos el volumen obtenido.
- 5.- A los 30 minutos mida el volumen del filtrado en la probeta, cierre la fuente de gas comprimido, cierre el regulador de presión y abra la válvula de escape con cuidado.
- 6.- Retire la celda del soporte, vierta el lodo en un recipiente, desármela y obtenga el papel filtro con el enjarre. Lave el enjarre con un chorro débil de agua. Mida su espesor en milímetros.
- 7.- Lave y seque inmediatamente todas las parte del filtro.

Reporte el volumen del filtrado en centímetros cúbicos aproximando a 0.1 cc. indicando la presión de filtración empleada ( $100 \text{ Lb/Pg}^2$ ) y la duración de la prueba en minutos, siendo la prueba A.P.J. de 30 minutos.

### Matraz de Le Chatelier (Figura "ñ")

Es un matraz que tiene la cualidad de medir la densidad y peso específico de materiales sólidos; para esto es necesario tener un líquido como referencia del cual tengamos bien identificadas su propiedades físicas como su densidad y viscosidad. En éste caso se empleará Diesel.

También se puede hacer mediciones de densidad y peso específico para líquidos, pero para éste caso necesitamos que el líquido a medir sea miscible en el líquido de referencia.

#### Fundamento:

El fundamento en el que se basa el matraz Le Chatelier es el principio de Arquímedes el cual expresa; "Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje hacia arriba igual al peso del fluido desalojado".

#### Manejo del Equipo:

1.- Secamos en una estufa a temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$ , 100 gramos de polvo de Barita.

2.- Metemos a un desecador la muestra de polvo de Barita para enfriar y de ahí tomamos solamente 80 gramos.

3.- Aforamos el matraz Le Chatelier a "cero" utilizando para ello "diesel".



4.- Agregamos nuestra muestra de polvo de Barita hacia el matraz Le Chatelier asentando el matraz con un -- golpe suave sobre la superficie de franela o cartón compacto.

5.- Después de agregar toda nuestra muestra, metemos al matraz Le Chatelier a "baño maría" hasta que la -- lectura se estabilice.

6.- Después de permanecer en el experimento durante media hora, el volumen desplazado leído fué de 19.2 ml., habiendo anotado el aforo igual a "cero".

7.- Y por la sencilla relación de  $d = m/v$ , donde:

m = masa

v = volumen

d = densidad

La densidad del polvo de Barita será igual a:

$$d = \frac{80 \text{ gramos}}{19.2 \text{ ml.}} = 4.1666 \text{ gr/cc.}$$

Para que nuestro polvo de Barita pase "control -- de calidad", el valor de su densidad deberá estar en un -- rango de 4.2 a 4.6.

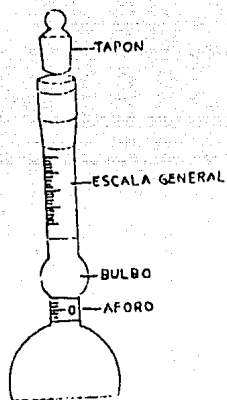


FIG. N

## NORMA A.P.I. QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BENTONITA

La calidad API de la Bentonita se considera que cumple con esta especificación si una muestra compuesta representa no mas de un día de producción conforme a los requisitos físicos de la siguiente tabla

### Requerimientos físicos de la Bentonita

Requisitos o Propiedades de la suspensión	Especificación
Lectura del viscosímetro a 600 rpm.	30 Mínimo
Relación punto de cedencia/viscosidad plástica	3 Máximo
Volumen de filtrado	15 Cm <sup>3</sup> Máximo
Residuos Mayores a 74 micrometros	4% Máximo en peso
Humedad	10% Máximo en peso

## PROPIEDADES DE SUSPENSION

## x.2 Equipo

- a) Termómetro:  $32-220 \pm 1^{\circ}F$  ( $105 \pm 05^{\circ}C$ ).
- b) Balanza: precisión a  $\pm 0.01$  g.
- c) Mezcladora: Con la alimentación aplicada a  $11,000 \pm 300$  rpm, con propulsor sencillo de onda sinusoidal aprox. de 7" (180 mm) de diámetro (ej. Multimezcladora con propulsor 9B29X modelo 98 o su equivalente).

El propulsor deberá reemplazarse cuando cada cuchilla de onda sinusoidal pese un mínimo de 5.1 g. El peso original es de 5.5 g, aproximadamente. La velocidad de la mezcladora con la carga de la muestra se determinará y registrará una vez cada 90 días, a menos que el fabricante haya presentado evidencias objetivas para extender el tiempo de calibración.

- d) Recipiente: dimensiones aproximadas 7" (180 mm) de profundidad,  $3 \frac{13}{16}$ " (97 mm) parte superior,  $2 \frac{3}{4}$ " (70 mm) parte inferior (ej. VasiJa Mezcladora Hamilton -- Beach No. M110-D o equivalente).

- e) Espátula.

- f) Viscosímetro indicador directo: como se describe en API RP 138, Sección 2.

g) Presión del filtro: como se describe en ----  
API RP 13B, I, Sección 3.

h) Probeta graduada:  $500 \pm 5 \text{ cm}^3$

i) Agua destilada o desionizada.

Nota: El agua desionizada contendrá metales alcalinoterreos solubles en agua no medibles como el calcio.

El agua desionizada deberá probarse para dureza:  
El agua no se usará si indica dureza.

j) Recipiente sellado: alrededor de  $500 \text{ cm}^3$  --  
con tapa.

k) Cronómetro: dos, mecánicos o digitales, --  
precisión  $\pm 0.1$  minuto.

l) Probeta graduada:  $10 \text{ cm}^3 \pm 0.1 \text{ cm}^3$

x.3 Procedimiento - Lectura 600 rpm. viscosidad plástica,  
punto de cedencia.

a) Prepare una suspensión de la muestra de Bentonita, usando  $22.5 \pm 0.01$  g. de arcilla (como se reciba) - por  $350 \pm 5 \text{ cm}^3$  de agua desionizada ó destilada.

b) Después de agitarla en la mezcladora 5 minutos, extraiga el recipiente y raspe sus lados con la espátula para remover cualquier Bentonita que se adhiera a las

paredes del recipiente. Asegurese de que toda la Bentonita adherida a la espátula sea incorporada a la suspensión.

c) Vuelva a poner el recipiente en la mezcladora y actívela por 15 minutos aproximadamente. El tiempo total de activación deberá igualarse a  $20 \pm 0.1$  minutos.

d) Guarde la suspensión de la Bentonita en un recipiente sellado a temperatura ambiente por 16 horas.

e) Después del reposo, agítela bien y después vierta la suspensión en el recipiente de la mezcladora y agite la suspensión en la mezcladora por  $5 \pm 0.5$  minutos.

f) Vierta la suspensión en la vasija que viene con el indicador directo del viscosímetro. Registre los ajustes de la velocidad del rotor en las lecturas de la carátula del viscosímetro a 600 y 300 rpm. cuando alcanzen un valor constante para cada rpm. Las lecturas deben ser tomadas a una temperatura de prueba de  $77^{\circ}\text{F} + 2^{\circ}\text{F}(25 \pm 1^{\circ}\text{C})$ . Calcule la viscosidad plástica y el punto de cedencia según el API RP 13B.

#### x.4 Procedimiento - Volumen de filtrado.

a) Vuelva a combinar toda la suspensión como se preparó y probó en el Párrafo x.3 y agítelo en el recipiente de la mezcladora por  $1 \pm 0.5$  minutos.

b) Vierta la suspensión en la celda del filtro-

de presión. Asegúrese de que cada parte de la celda del filtro esté seca y que las empaquetaduras no estén deformadas o desgastadas. Vierta la suspensión a 1/2" de la parte superior de la celda y complete el ensamblado de la base del filtro de presión. Ponga la celda del filtro en un bastidor, cierre la válvula de seguridad, ponga un recipiente debajo del tubo de desague.

c) Ponga un contador por 7.5  $\pm$  0.1 minutos y otro por 30  $\pm$  0.1 minutos. Inicie ambos contadores y ajuste la presión en la celda a 100  $\pm$  5 Lb/pg<sup>2</sup>. Ambos pasos deben efectuarse en menos de 15 segundos. La presión debe suplirse por aire a presión, nitrógeno o helio.

d) Después de los 7.5 minutos del primer contador, extraiga el recipiente y cualquier líquido adherido al tubo de desague y deseche. Ponga una probeta graduada seca debajo del tubo de desague y continúe recogiendo el filtrado hasta el final del segundo contador de 30 minutos. Extraiga la probeta graduada y registre el volumen de su filtrado.

#### x.5 Cálculo - Volumen de filtrado.

a) Volumen de filtrado = 2 tiempos del volumen filtrado recogidos entre 7.5 y 30 minutos en cm<sup>3</sup>.

RESIDUOS MAYORES A 74 MICROMETROS

## x.6 Equipo

- a) Horno: regulado a  $220 \pm 5^{\circ} \text{F}$  ( $105 \pm 3^{\circ} \text{C}$ )
- b) Hexametáfosfato de sodio (CAS # 10124-56-B)
- c) Balanza: precisión a  $\pm 0.01 \text{ g}$ .
- d) Mezcladora: con la alimentación aplicada a  $11,000 \pm 300 \text{ rpm}$ . con un propulsor simple de onda sinusoidal aprox. 1" (25 mm) de diámetro (ej. Multimezcladora con propulsor 9B29X modelo 9B o su equivalente rebaba de montaje. El propulsor deberá reemplazarse cuando cada cuchilla de onda sinusoidal pese un mínimo de 5.1 g. El peso original es de 5.5 g. aproximadamente. La velocidad de la mezcladora con la carga de la muestra se determinará y registrará una vez cada 90 días, a menos que el fabricante haya presentado evidencias objetivas para extender el tiempo de calibración.
- e) Recipiente: dimensiones aproximadas 7" (180 mm) de profundidad, 3 13/16" (97 mm) parte superior, 2 3/4" (70 mm) parte inferior (ej. VasiJa mezcladora Hamilton --- Beach No. M110-D o equivalente).
- f) Espátula.
- g) Un cedazo de 74 micrometros: dimensiones --- aproximadas 3" (76 mm) de diámetro con 2.5" (63 mm) desde la parte superior de la armazón hasta la tela metálica.



h) Boquilla rociadora: 1/4 TT de cuerpo (Compañía de sistemas de rociado No. TG 6.5 boquilla con 1/4 TT de cuerpo o equivalente) adherido a la línea de agua a un ángulo de 90 grados,

i) Regulador de la presión de agua con presión manométrica:  $10 \pm 1$  Lb/pg<sup>2</sup>.

j) Cápsula de evaporación.

k) Matraz lavador.

#### x.7 Procedimiento.

a) Pese  $10 \pm 0.01$  g. de Bentonita.

b) Añada la muestra pesada en 350 cm<sup>3</sup> de agua - que contenga 0.2 g. de hexametáfosfato de sodio.

c) Revuelva la suspensión en la mezcladora por  $30 \pm 1$  m.

d) Cambie la muestra al cedazo. Use el matraz lavador para extraer el material del recipiente al cedazo. Lave el material en el cedazo con agua controlada a  $10 \text{ Lb/pg}^2$  con la boquilla rociadora por dos minutos  $\pm 15$  segundos. Mientras la lava, permita que se doble el codo de la boquilla para que descansa en el aro del cedazo y -- rocíe agua repetidamente en la muestra.

e) Transfiera los residuos del cedazo a una cápsula de evaporación tarada.

f) Seque los residuos en el horno hasta que el peso se repita dentro de 0.01 g.

#### x.8 Cálculo.

$$\text{Peso del Residuo \% mayor} = 100 \times \frac{\text{Peso del residuo, g}}{\text{Peso de la muestra, g}}$$

a 74 micrometros

#### HUMEDAD.

#### x.9 Equipo.

- Horno: regulado a  $220 \pm 5$  F ( $105 \pm 3$  C)
- Balanza: precisión a  $\pm 0.01$  g.
- Cápsula de evaporación.
- Espátula.
- Secadora con Drierite o su equivalente.

#### x.10 Procedimiento.

- Pese  $10 \pm 0.01$  g. de la muestra de la Bentonita en una cápsula de evaporación tarada.

b) Seque la muestra en un horno a un peso constante a la temperatura de  $220 \pm 5^{\circ}\text{F}$  ( $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ).

c) Enfríela a la temperatura ambiente en una secadora.

d) Vuelva a pesar la cápsula de evaporación que contiene la Bentonita seca.

#### x.11 Cálculo

$$\text{Humedad, } = 100 \times \frac{(\text{peso de la muestra original} - \text{muestra seca g.})}{\text{peso de la muestra original, g}}$$

NORMA INTERNACIONAL/EUROPEA QUE DEFINE LA CALIDAD  
DE LA BENTONITA

x.1 Descripción

a) La calidad de la Bentonita Internacional/Europea es arcilla montmorillonítica común que por naturaleza de sus fuentes no cumple con todas las condiciones de la especificación 13A sección 1 de la API.

b) Dichas arcillas de la Bentonita se someterán a los requisitos físicos y químicos especificados en la -- Tabla x.1 y cuando se requiera quedarán sujetas a lo enunciado en la Tabla x.2

Tabla x.1  
Bentonita Internacional/Europea

Requisitos	Valor numérico
Propiedades de la suspensión	
Lectura del viscosímetro a 600 rpm.*	30, mínimo
Punto de cedencia, lb/100 pie <sup>2</sup>	Viscosidad plástica 6 veces máximo
Filtrado, relativo, 30 min.	16.0 cm <sup>3</sup> , máximo

Análisis de la tela metálica húmeda	2.5 porcentaje máximo
Residuos en cedazo US No. 200**	
Humedad, como se recibe desde el lugar de manufactura	13.0 porcentaje máximo

\* Lectura del viscosímetro, punto de cedencia y filtrado - son medidas a una suspensión de 22.5 g. de Bentonita en 350 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Las medidas de filtrado y la lectura del viscosímetro serán tomadas a una temperatura de 75°F ± 5 (24°C ± 3).

\*\* La descripción del cedazo según ASTM E AA: Cedazos para pruebas, disponibles en la Sociedad americana de materiales de prueba, 1916 race st., Philadelphia, PA 19103.

NOTA: Los requisitos de la Tabla x.1 resultan en una cedencia mínima para 15 cp (lectura del viscosímetro 600 rpm. dividida entre dos) lodo de perforación 91 bbl por ton. US, por ejemplo 16 m<sup>3</sup> por 1000 kg.

#### Tabla x.2 Declaración

Los productores y proveedores serán responsables de proporcionar, si se les solicita, por escrito detalles del tipo y extensión del tratamiento de la Bentonita con -

polimero, carbonato sodico y otros materiales.

## x.2 Equipo

- a) Horno: regulado a  $220^{\circ}\text{F} \pm 5$  ( $105^{\circ}\text{C} \pm 3$ )
- b) Secadora.
- c) Balanza: precisión a  $\pm 0.01$  g.
- d) Mezcladora: con la alimentación aplicada a --  
11,000 rpm.  $\pm 300$ , con propulsor estriado sencillo aproxima-  
damente 1" (25 mm) de diámetro (ej. Multimezclador con -  
propulsor 9B29X modelo 9B. El propulsor 9b29X deberá reem-  
plazarse cuando ocurra la pérdida de 1/8 de peso. El peso  
original es de 5.5 g. aproximadamente).
- e) Recipiente: 7" (180 mm) de profundidad, - - -  
3 13/16" (97 mm) parte superior, 2 3/4" (70 mm) parte infe-  
rior (ej. vasiija mezcladora No. M110-D Hamilton Beach).
- f) Espátula.
- g) Viscosímetro indicador directo: como se des-  
cribe en API RP 13B, Sección 2.
- g) Termómetro 32-220<sup>0</sup>F (0 - 105<sup>0</sup>C).
- i) Presión del filtro: como se describe en API  
RP 13B, I, Sección 3.

j) Cronómetro: dos exactos  $\pm 0.1$  minutos, mecánicos o digitales.

k) Probeta graduada:  $10 \text{ cm}^3$  con tolerancia  $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ .

l) Fosfato neutro: tetrafosfato de sodio.

m) Cedazo standard U.S No. 200  $3''$  (76 mm) de diámetro y  $2.5''$  (63 mm) desde la parte superior de la armazón hasta la tela metálica.

n) Boquilla rociadora:  $1/4$  TT de cuerpo (Compañía de sistemas de rociado No. TG 6.5 boquilla con  $1/4$  TT de cuerpo) adherido a la línea de agua a un ángulo de  $90^\circ$  grados.

o) Regulador de la presión de agua con presión manométrica (efectiva) :  $10 \text{ LB/pg}^2$ .

p) Cápsula de evaporación: dos  $100 - \text{cm}^3$  a  $150 - \text{cm}^3$ .

### x.3 Procedimiento - Propiedades de suspensión.

a) Prepare una suspensión de la muestra de Bentonita usando  $22.5 \pm 0.01 \text{ g}$  de arcilla (como se recibió) /  $350 \text{ cm}^3$  de agua destilada.

NOTA: si el contenido de humedad de la arcilla (como se --

recibe) excede del 10% de peso, pese arcilla que sea equivalente a 22g. con 10% de humedad.

b) Después de cinco minutos, extraiga el recipiente de la mezcladora y raspe los lados para quitar la Bentonita adherida al recipiente.

c) Vuelva a poner en la mezcladora y continúe moviendola por 15 minutos más (tiempo total de mezclado 20 minutos).

d) Guarde la suspensión por 16 horas aproximadamente (durante la noche) en un recipiente sellado a temperatura ambiente.

e) Revuelva la suspensión en la mezcladora por 5 min.

f) Con el viscosímetro indicador directo, registre las lecturas de la carátula a 600 y 300 rpm. a una temperatura de prueba de  $75^{\circ}\text{F} \pm 5$  ( $24^{\circ}\text{C} \pm 3$ ). Calcule la viscosidad plástica y el punto de cedencia según el API RP 1B, I, sección 2.

#### x.4 Procedimiento - Filtrado de suspensión.

a) Use la suspensión preparada en la parte X.3 muevala por un minuto después de medir la viscosidad.

b) Fije un cronómetro por 7.5 minutos y otro --



por 30 min.

c) Asegúrese que cada parte de la celda, particularmente la tela metálica esté limpia y seca y que las empaquetaduras no estén deformadas o desgastadas. Vacíe la muestra del lodo de perforación en la celda a 1/2" (13 mm) de la parte superior (para minimizar CO<sub>2</sub> contaminación de filtrado), y complete el ensamblado con el papel filtro.

d) Inicie los contadores. Cierre la válvula de seguridad y ajuste el regulador para que se obtenga una presión de 100 LB/pg<sup>2</sup> en 30 segundos o menos.

e) Después de 7.5 minutos, quite el líquido adherido al tubo de desagüe. Coloque una probeta graduada seca para que recoja el filtrado y continúe la prueba por 30 min.

NOTA: No es necesario medir el volumen de filtrado de la prueba por los primeros 7.5 minutos.

f) Al cabo de 30 minutos, extraiga la probeta graduada y el líquido que se adhiriera, al tubo de desagüe antes de cerrar la presión. Registre el volumen del filtrado recogido entre los 7.5 y 30 minutos.

x.5 Cálculo - Filtrado de suspensión.

a) Filtrado relativo 30 minutos, cm<sup>3</sup> filtrado relativo a 7.5 minutos = 2 volumen obtenido, cm<sup>3</sup>.

x.6 Procedimiento - Análisis de la tela metálica húmeda.

- a) Pese 10 g  $\pm$  0.01 de Bentonita.
- b) Añada la muestra pesada a 350 cm<sup>3</sup> de agua -- que contenga 0.2 g de fosfato neutral.
- c) Agítela en la mezcladora por 30 minutos.
- d) Dejela en reposo por 2 horas mínimo. Agítela en la mezcladora por 5 minutos.
- e) Cambie la muestra al cedazo standard U.S. - No. 200. Con una boquilla rociadora lave el material en la tela metálica con agua a 10 Lb/pg<sup>2</sup> por dos minutos. Mientras la lava, permita que se doble el codo de la boquilla para que descansa en el aro del cedazo y rocíe el agua repetidamente sobre la superficie de la tela metálica.
- f) Transfiera los residuos de la tela metálica a una cápsula de evaporación tarada. Seque los residuos - en el horno y peselos a  $\pm$  0.01 g.

x.7 Cálculo - Análisis de la tela metálica húmeda.

$$\text{Residuos, porcentaje en malla 200} = \frac{100 (\text{peso de los residuos})}{\text{peso de la muestra}} \quad (a)$$

x.8 Procedimiento - Humedad

a) Pese 10 g  $\pm$  0.01 de bentonita en una cápsula de evaporación tarada.

b) Sequela a un peso constante a una temperatura de 220<sup>o</sup>F  $\pm$  5 (105<sup>o</sup>C  $\pm$  3) y enfríela a la temperatura -- ambiente en una secadora.

c) Vuelva a pesar la cápsula de evaporación.

#### x.9 Cálculo - Humedad.

$$\text{Humedad, \%} = \frac{100 (\text{muestra original} - \text{peso de la muestra seca})}{\text{peso de la muestra original}} - (a)$$

NORMA SP-SQ SECCION 2  
QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BENTONITA

2.1 OBJETIVO.

Fijar las especificaciones y métodos de prueba del material denominado Bentonita, empleado para formar una suspensión coloidal hidrófila en agua dulce.

2.2 MUESTREO.

El material en sacos, deberá formarse en lotes de 1000 sacos (o menos), estibándolos en 10 columnas de 10 sacos en hileras de 10 en fondo (fig. 1). Se tomarán 32 muestras (aproximadamente la raíz cuadrada de 1000) de este lote en tres de las caras expuestas, siguiendo diagonales imaginarias. Se empleará muestrero con las dimensiones dadas en la (fig. 2). Las muestras se mezclan perfectamente para obtener una representativa para el análisis.

2.3 ESPECIFICACIONES FISICAS PARA LA BENTONITA.

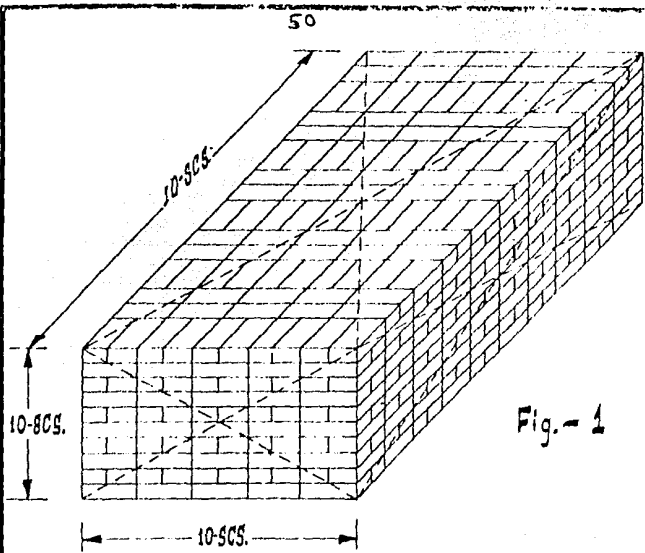


Fig.- 1

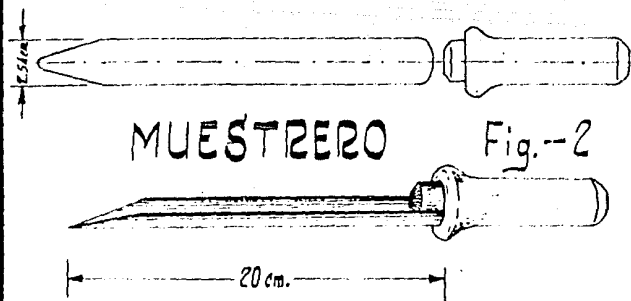


Fig.- 2

TABLA 2.3

CONCEPTO	VALOR NUMERICO
Viscosidad plástica	8.0 cps mínimo
Filtrado	14.0 cc máximo
Molienda. Residuo en malla No. 200 (U.S. # 200).	3.0 % máximo
Humedad	10.0 % máximo

#### 2.4 METODOS DE PRUEBA.

Las especificaciones dadas en la tabla 2.3, deben determinarse de acuerdo con los siguientes métodos de prueba:

##### 2.4.1 VISCOSIDAD PLASTICA.

Para la determinación de la viscosidad plástica de una suspensión de Bentonita, se empleará el viscosímetro Fann VG, modelo 35.

- a) Prepare una suspensión de la muestra de Bentonita, usando 64 gramos de ella en 1000 cc de agua destilada a la temperatura ambiente. Lentamente agregue la Bentonita al agua mientras se agita y continúe agitando por 20 minutos, tiempo total de agitación. La suspen

sión se agita en un agitador de alta velocidad del tipo Multimixer, modelo 9B con una - propela número 9B 29 en la parte inferior, - fabricada por "Prince Castle Mfg. Div. Inc. - Sterling, Ill". Esta suspensión deberá de- jarse reposar 16 horas como mínimo en un --- frasco cerrado.

- b) Agite la suspensión 5 minutos en el mismo -- agitador. En el viscosímetro Fann tome la - lectura a 600 y a 300 revoluciones por minu- to. Estas lecturas deberán ser hechas al -- minuto exacto de iniciar la agitación a 600 y a 300 rpm. respectivamente.

- c) Calcule la viscosidad plástica de la suspen- sión, en la siguiente forma:

Viscosidad plástica en cps = Lectura a 600 rpm. menos  
lectura a 300 rpm.

#### 2.4.2 FILTRADO.

Para la determinación del filtrado, se empleará una parte de la misma suspensión según el párrafo 2.4.1 - inciso a) y un filtro prensa Baroid o Fann modelos 302 y -- 12-A, respectivamente y papel filtro Whatman número 50 de 9.0 cm. de diámetro.

- a) La filtración se hará a  $7 \text{ Kg/cm}^2$  durante 30 minutos.
- b) El valor del filtrado de la suspensión será el número de cc de líquido, obtenido de la prueba de filtración anterior.

### 2.4.3 MOLIENDA.

Para la determinación de la molienda se empleará el método de vía húmeda, utilizando un cedazo certificado de malla número 200, según designación de la ASTM-E-11.

- a) Pese aproximadamente 10 g de Bentonita a  $\pm 0.01 \text{ g}$ . Agréguela a 350 cc de agua que contenga 0.2 g de tetrafosfato de sodio, agitando en el agitador indicado en el inciso 2.4.1. Continúe agitando por 20 minutos.
- b) Deje en reposo dos horas como mínimo.
- c) Agite 5 minutos y vacíe la suspensión a través de un cedazo de malla número 200. Lave el residuo con agua corriente. Transfiera el residuo a un vidrio de reloj tarado.
- d) Seque el residuo a  $110^{\circ} \text{ C}$  durante una hora, deje enfriar en desecador y péselo con aproximación de  $\pm 0.01 \text{ g}$ .



- e) El porcentaje de residuo en la malla número - 200 se calcula en la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de residuo} = \frac{\text{Peso del residuo} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

#### 2.4.4. HUMEDAD.

Para la determinación de la humedad se utiliza - el siguiente método:

- a) Pese aproximadamente 10 g de Bentonita a  $\pm$  0.01 g.
- b) Seque a peso constante a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .
- c) Enfríe la muestra en un desecador y pese con la misma aproximación.
- d) El porcentaje de humedad de la Bentonita se - calcula en la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje humedad} = \frac{(\text{Peso de la muestra húmeda menos peso de la muestra seca} \times 100)}{\text{Peso de la muestra húmeda}}$$

#### 2.5 ENVASE.

La Bentonita deberá envasarse en sacos de papel Kraft de  $70 \text{ g/m}^2$  con 5 capas, siendo una de ellas impermeable. Los sacos deberán tener válvula y contener 50 Kg. --

netos de producto.

**NOTA:** Estas especificaciones entrarán en vigor a partir -  
del día 1o. de julio de 1963.

## NORMA IMP. QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BENTONITA

1. GENERALIDADES Y DEFINICIONES.

## 1.1 GENERALIDADES.

La Bentonita, objeto de esta Norma, es empleada para crear una suspensión coloidal, que sirva para sacar los cortes de la barrena y debe ser capaz de suspender en su seno los materiales provenientes de la perforación y al mismo tiempo formar un enjarre tal que le de consistencia a las paredes del pozo, disminuyendo la pérdida de fluidos hacia las formaciones mediatas del agujero.

## 1.1.1 ALCANCE.

Esta Norma se refiere a las Bentonitas usadas en fluidos de perforación y terminación de pozos petrolíferos.

## 1.2 DEFINICIONES.

1.2.1 Se entiende por Bentonita un conjunto de arcilla donde la mayor proporción de ellas pertenecen al tipo de la montmorillonita sódica, las cuales habiendo sido beneficiadas, llenan las especificaciones de esta Norma.

## 2. CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES.

### 2.1 CLASIFICACION.

Las Bentonitas aquí especificadas son de un solo tipo y grado de calidad.

### 2.2 ESPECIFICACIONES

#### 2.2.1 Físicas.

Las especificaciones están incluidas en la tabla 1, que a continuación aparece:

ESPECIFICACION	VALOR	
Humedad %	10.0	máximo
Viscosidad plástica ( $V_p$ ) cps a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$	8.0	mínimo
Punto de Cedencia	$3 \times V_p$	máximo
Filtrado en ml. a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$	14.0	máximo
Granulometría % (retenido en la Malla # 200)	3.0	máximo

#### 2.2.2 Muestreo.

2.2.2.1 Alcance.- Se establece el método de muestreo a seguir para comprobar la calidad de este material, el cual se efectuará en el lugar fijado de común acuerdo entre comprador y productor.

#### 2.2.2.2 Definiciones.

Lote de entrega.- Es la cantidad total de sacos motivo de la transacción comercial o reclamación.

Lote unitario.-- Es el compuesto por 1000 sacos o fracción.

Unidad de producto.- Es cada uno de los sacos de 50 kilos que constituyen el lote de entrega.

Muestra.- Es el conjunto de unidades de producto extraídas conforme a lo especificado en 2.2.2 4.2, que deben someterse a inspección para determinar su calidad.

Especimen.- Es cada una de las porciones de -- producto extraídas de las unidades de producto para formar la muestra representativa.

Muestra representativa reducida.- La muestra representativa se reduce por cuarteos hasta aproximadamente un kilogramo, lo cual constituye la -- muestra representativa reducida.

Muestra para análisis.- Es la cuarta parte de -- la muestra representativa reducida, suficiente -- para verificar en ella todas las pruebas requeridas por esta Norma.

### 2.2.2.3 Aparatos.

#### 2.2.2.3.1 Para tomar los especímenes:

- Recipientes apropiados.
- Sonda para muestrear sólidos (calador).
- Un saco de los utilizados para envase.

#### 2.2.2.3.2 Para preparar la muestra para análisis:

- Charolas.
- Colector.
- Bolsas de polietileno de 30 x 20 cm.

#### 2.2.2.4 Procedimiento.

2.2.2.4.1 Estibado.- Los lotes de entrega deben estar estibados como lotes unitarios de 1000 sacos cada uno, de tal forma que el 100 % de los sacos sea accesible al muestreo por medio de su válvula, - dejando un corredor libre entre estibas de por lo menos 50 cm, con una altura máxima de 16 -- camas.

2.2.2.4.2 Tamaño de muestra.- Para lotes de entrega menores de 1000 sacos el tamaño de muestra es la --- raíz cuadrada del número de sacos, seleccionados de acuerdo con 2.2.2.4.3.

2.2.2.4.3 Selección de unidades de producto.- Para la selección de las unidades de producto que constitu

yen el tamaño de muestra se debe tomar como base las tablas de números aleatorios, siendo el programa de muestreo fijado por el comprador.

#### 2.2.2.5 Criterio de aceptación o rechazo.

El criterio a seguir para la aceptación o rechazo del lote, será el siguiente: Se procede a -- aceptar el lote si todos los resultados de las - pruebas cumplen con las especificaciones de la - Norma. El lote se rechazará si uno o más de los resultados de las pruebas no cumplen con la Norma.

#### 2.2.3 Marcado.

2.2.3.1 Cada saco deberá llevar Impreso, por lo menos en una de sus caras y caracteres claros, lo siguiente:

- Nombre del producto.
- Nombre, razón social, marca registrada.
- Número progresivo de lote de producción.
- Peso neto al envasar.
- La leyenda "HECHO EN MEXICO".

#### 2.2.4 Envasado.

2.2.4.1 Las Bentonitas deben ser envasadas en sacos de - 50 Kg, netos de producto  $\pm$  5 %, en bolsas de 5 - capas de papel Kraft, siendo la primera de ellas

de 80 g/m<sup>2</sup> y las cuatro restantes de 70 g/m<sup>2</sup>. La tercera o cuarta de dichas capas deberá ser impermeabilizada por medio de una capa de plástico adherida al papel previamente a la manufactura de la bolsa, el plástico debe tener un espesor mínimo de 0.13 cm, los sacos deberán tener válvula.

### 3. MÉTODOS DE PRUEBA.

#### 3.1 DETERMINACION DE HUMEDAD.

##### 3.1.1 Alcance.

Para la determinación de la humedad en los productos empleados en la manufactura y tratamiento de fluidos de perforación, reparación y terminación de pozos petrolíferos que no se descompongan a temperaturas de 110<sup>0</sup>C o mayores.

##### 3.1.2 Aparatos y Equipo.

3.1.2.1 Una balanza analítica de precisión.

3.1.2.2 Desecador.

3.1.2.3 Charola de aluminio de aproximadamente 12.5 cm. de diámetro.

3.1.2.4 Estufa de secado.



### 3.1.3 Procedimiento.

Pese aproximadamente 10 gramos de Bentonita con la exactitud de la balanza.

Seque a peso constante a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$ .

Enfríe la muestra en un desecador.

Pese de nuevo la muestra seca.

### 3.1.4 Cálculos.

Determine el % de humedad en la siguiente forma:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{peso de la muestra seca} \times 100}{\text{Peso de la muestra húmeda}}$$

## 3.2 DETERMINACION DE VISCOSIDAD PLASTICA Y PUNTO DE CEDENCIA.

### 3.2.1 Alcance.

El alcance específico para el producto tema de esta Norma.

### 3.2.2 Aparatos y Equipo.

- Viscosímetro Fanna Multi-rotacional, Modelo 35.
- Copa térmica para Viscosímetro Fann Modelo 35.
- Mezclador de tipo Multimixer, Modelo 9B y con una sola propela en la parte inferior, del tipo 9B-29.
- Vaso metálico apropiado para el mezclador.
- Balanza granataria.

- Espátula de acero inoxidable de 12.7 cm ----  
(5 pulg).
- Un medidor de tiempo de intervalos con alarma.
- Un frasco de vidrio con boca ancha de capacidad mínima de un litro.

### 3.2.3 Preparación del Especimen.

3.2.3.1 Se pesan 32 gramos de la muestra de Bentonita -- base seca.

3.2.3.2 Se agrega la Bentonita lentamente a 500 ml. de - agua destilada, contenida en el vaso metálico -- mientras se está agitando en el mezclador. Evite la formación de grumos en las paredes del agitador utilizando una espátula.

3.2.3.3 Una vez terminada la adición, continúe agitando durante 20 minutos.

3.2.3.4 Transfiera la suspensión de la Bentonita al frasco de vidrio y déjela en reposo 16 horas como -- mínimo y 24 como máximo, cerrado herméticamente.

3.2.3.5 Transfiera la suspensión coloidal del frasco de vidrio a un vaso metálico y agítese durante 5 - minutos en el mezclador Multimixer.

3.2.3.6 Inmediatamente pase la suspensión a la copa térmica del viscosímetro Fann y establezca su con-

tenido a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Proceda a tomar la lectura a 300 rpm. Estas lecturas deberán ser hechas al minuto exacto de iniciar la agitación a 600 rpm. y a 300 rpm. respectivamente.

#### 3.2.4 Cálculos.

Para determinar la viscosidad plástica, proceda de la siguiente forma:

A la lectura de 600 rpm. reste la lectura a 300 rpm. y esta cantidad repórtela como viscosidad plástica.

Para la determinación de punto de cedencia, réstese a la lectura de 300 rpm. el valor de la viscosidad plástica anteriormente obtenida.

### 3.3 DETERMINACION DEL FILTRADO.

#### 3.3.1 Alcance.

El alcance específico para el producto tema de esta Norma.

#### 3.3.2 Aparatos y Equipo.

- Filtro prensa de baja presión, marca Baroid o Fann.
- Probeta graduada de 25 ml.
- Un medidor de tiempo de intervalos con alarma
- Papel filtro Whatman No. 50 de 9 cm. de diámetro.

- Un termómetro con escala de  $0^{\circ}$  -  $50^{\circ}\text{C}$ ,

### 3.3.3 Preparación del Especimen.

3.3.3.1 Igual al 3.2.3.1 hasta el 3.2.3.5.

3.3.3.2 Cuando la suspensión tenga la temperatura de  $-25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , pase la suspensión a la celda del filtro prensa, colóquela en la armadura y aplique  $7 \text{ Kg/cm}^2$  de presión recogiendo el filtrado en la probeta. Mantenga la presión durante 30 minutos  $\pm 1$  minuto y lea los ml. recogidos.

### 3.3.4 Cálculos.

El valor del filtrado será el número de ml. de líquido recogido en la probeta.

## 3.4 GRANULOMETRIA.

### 3.4.1 A alcance.

El alcance específico para el producto tema de esta Norma.

### 3.4.2 Aparatos y Equipo.

- Balanza analítica.
- Agitador Multimixer.
- Cedazo certificado de Malla # 200 según designación ASTM-L-11, equivalente a abertura -

nominal de 0.074 mm.

- Frasco de boca ancha.
- Vaso de precipitado de 600 ml.
- Cápsula de porcelana.
- Estufa.
- Desecador.

### 3.4.3 Preparación del Especimen.

#### 3.4.3.1 Pese aproximadamente 10 g $\pm$ 0.001 g de Bentonita previamente secada a peso constante.

Se transfiere la muestra al vaso de precipitado, se agregan 350 ml de agua destilada, 0.2 g de -- pirofosfato tetrasódico anhidro, se agita en el agitador Multimixer4 durante 10 minutos.

Se deja en reposo 1 hora como mínimo.

Se agita 5 minutos y se vacía la suspensión a -- través del cedazo.

Se lava el residuo con agua corriente. Se transfiere el residuo a una cápsula de porcelana.

Se seca el residuo a 110<sup>0</sup>C durante una hora, se deja enfriar en desecador y se pesa con aproximación de  $\pm$  0.01 g.

#### 3.4.4 Cálculos.

El porcentaje de residuo en la Malla # 200 se ---

calcula en la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de residuo} = \frac{\text{Peso del residuo} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

## NORMA API QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BARITA

## 2.1 Descripción.

La calidad de la Barita es producida por una variedad de minerales comerciales que contienen sulfato de bario, y puede ser un solo metal o combinaciones de metales. La calidad de la Barita puede ser un producto directo extraído o el material procesado obtenido por varios métodos productivos; por ejemplo, (lavando, taladrando, formando, o flotando). Los materiales comunes adicionales diferentes al mineral sulfato de bario ( $BASO_4$ ) incluyen al dióxido de silicio cristalino, lidita, otros silicatos, carbonatos, óxido metálico y compuestos del sulfato. Debido a sus impurezas minerales, el producto comercial podrá variar en color desde blanco a gris, a rojo o café.

La calidad API de la Barita se considera que cumple con esta especificación si una muestra compuesta representa no mas de un día de producción, conforme a los requisitos físicos y químicos de la tabla 2.1 y representa al producto vendido.

TABLA 2.1

## REQUISITOS FISICOS Y QUIMICOS DE LA BARITA

Requisitos	Especificación
Densidad	4.20 g/cm <sup>3</sup> . mínimo
Metales alcalinoterreos solubles en agua como calcio	250 mg/kg. máximo
Residuos mayores a 74 micrometros	3.0 porcentaje de peso, máximo
Partículas menores a 6 micrometros en diámetro esférico equivalente	30 porcentaje de peso, máximo



## DENSIDAD

## 2.2 Equipo - Método del matraz de Le Chatelier.

- a) Horno: regulado a  $220 \pm 5^{\circ}\text{F}$
- b) Secadora con sulfato de calcio (CAS# 7778-18-9) desecante o su equivalente.
- c) Matraz Le Chatelier: fijado o contrapesado - para prevenir la flotación en el baño María.
- d) Solución alcohólica de Kerosena o mineral.
- e) Baño a temperatura constante transparente:  $90 \pm 1^{\circ}\text{F}$  regulada a  $\pm 0.1^{\circ}\text{F}$  (por ejemplo acuario de 10-galones con calentador/bomba de circulación).
- f) Balanza: precisión a  $\pm 0.01$  g.
- g) Probeta volumétrica: una  $10\text{-cm}^3$ .
- h) Lupa.
- i) Espiga de madera: aproximadamente  $5/16$ " de diámetro y  $12$ " de largo o un equivalente funcional.
- j) Kleenex.
- k) Un recipiente contrapesado de forma baja con pico:  $100\text{ cm}^3$  de capacidad aproximadamente o su equivalente funcional.
- l) Cepillo de cerdas finas.

### 2.3 Procedimiento.

a) Tome aproximadamente 100 g de Barita seca y equilibrela a temperatura ambiente en la secadora.

b) Llene un matraz Le Chatelier limpio con kerosena a aproximadamente 7/8" bajo la marca cero.

c) Ponga el matraz en el baño a temperatura constante. El nivel de agua en el baño debe ser -- mayor a la graduación de  $24 \text{ cm}^3$  del matraz, pero abajo del nivel de la tapadera. Asegúrese que el matraz quede estabilizado usando abrazaderas o contrapesos.

d) Deje que el matraz y los contenidos se equilibren por un mínimo de una hora. Usando la lupa observe atentamente con el lente concavoconvexo, registre el volumen inicial lo mas cercano a  $0.05 \text{ cm}^3$  (digital dudoso) sin sacar el matraz del baño a la temperatura constante.

NOTA: Si el nivel de la kerosena está arriba o abajo del margen de volumen de  $-0.2$  a  $+ 1.2 \text{ cm}^3$  después de equilibrarlo, use la probeta de  $10 \text{ cm}^3$  para añadir o quitar kerosena con el fin de que alcance este margen. Deje que el matraz se equilibre por lo menos una hora y registre el -- volumen inicial como en el paso "d".

e) Saque el matraz Le Chatelier del baño, séquelo

y quítele la tapa. Enrolle varias longitudes de kleenex - diagonalmente a lo largo de la espiga de madera, y use este armado como un escobillón para secar el cuello interior del matraz. No deje que el escobillón toque la kerosena - que está en el matraz.

f) Pese  $80 \pm 0.05$  g de Barita seca en el recipiente pesado y transfírela cuidadosamente al matraz Le - Chatelier. Tenga cuidado, evite mojar la kerosena o conectar el matraz con Barita a la cubeta mas baja. Este es un proceso lento, requiere transferencias repetidas de cantidades pequeñas de Barita. Use un cepillo para transferir los residuos de la Barita al matraz después reemplace el tapón.

g) Si es necesario, cuidadosamente tape el cuello del matraz con la espiga de madera para sacar la Barita adherida a las paredes o agítelo de lado a lado. La Barita sobrante adherida a las paredes debe ser sacada primero asegurandose que el tapón de vidrio se encuentra en su lugar antes de invertir rápidamente el matraz para aflojar y sacar la Barita.

h) Ligeramente ruede el matraz en una superficie suave a no mas de 45 grados de vertical, o agite el matraz por el cuello entre la palma de sus manos, para sacar el aire arrastrado de la muestra de la Barita. Repita este procedimiento hasta que ya no suban burbujas de la --

Barita.

i) Regrese el matr az al baño y déjelo por media hora.

j) Saque el matr az del baño y repita el paso "h" para sacar el aire que quede en la muestra de la Barita.

k) Sumerja nuevamente el matr az en el baño por lo menos una hora.

l) Registre el volumen final de la misma manera como se describe en el paso "d".

#### 2.4 Cálculo.

$$\text{Densidad (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso de la muestra, g}}{\text{volumen final, cm}^3 - \text{volumen inicial cm}^3}$$

#### METALES ALCALINOTERREOS SOLUBLES EN AGUA COMO EL CALCIO

#### 2.5 Equipo.

a) Balanza: capacidad excediendo 100 g con una precisión a 0.01 g.

b) Matr az Erlenmeyer: 250 cm<sup>3</sup>, capacidad nominal equipado con un tapón de ajuste.

c) Probeta graduada que contenga:  $100 \text{ cm}^3$  de capacidad con graduaciones de  $1 \text{ cm}^3$ .

d) Solución EDTA acuosa:  $3.72 \pm 0.01 \text{ g}$  de sal disódica de ácido dihydrate etilendiaminetetraacético [sal disódica - de (etilendinitrilo) dihydrate ácido tetraacético] (CAS # 6381-92-6) diluido a un volumen final de  $10000 \text{ cm}^3$  con agua desionizada en un matríz volumétrico.

e) Solución amortiguadora:  $67.5 \pm 0.01 \text{ g}$  de cloruro de amonio (CAS # 12125-02-9) e hidróxido de amonio  $5/10 \pm 1 \text{ cm}^3$  15N (CAS # 1336-21-6) solución diluida a un volumen final de  $1000 \text{ cm}^3$  con agua desionizada en un matríz volumétrico.

f) Solución indicadora de dureza:  $1 \pm 0.01 \text{ g}$  de Calmagite (CAS # 3147-14-6) o equivalente 1-(1-hidróxido-4-metilfenilazo)-2-naftol-4-ácido sulfónico diluido a un volumen final de  $1000 \text{ cm}^3$  con agua desionizada en un matríz volumétrico.

g) Análisis volumétrico del recipiente: cubilete con capacidad de 100 a  $150 \text{ cm}^3$ .

h) Probetas seriológicas graduadas que contengan: una  $5 \pm \text{cm}^3$  y otra  $10 \pm 0.1 \text{ cm}^3$ . Las graduaciones deben ser de  $0.1 \text{ cm}^3$ .

i) Probetas volumétricas que contengan: una  $1 \text{ cm}^3$ , una  $2 \text{ cm}^3$  y una  $10 \text{ cm}^3$ .

j) Agua destilada o desionizada.

NOTA: El agua desionizada no debe contener metales alcali-  
noterrosos solubles en agua medibles como el calcio. El --  
agua desionizada se probará que la dureza al usar  $60 \pm 1$   
 $\text{cm}^3$  de agua desionizada como en el párrafo 2.6 c-d sin aña-  
dir la prueba de la muestra. Si se obtiene un color rojo  
oscuro en el paso d, el agua no debe usarse.

k) Filtro prensa: como se describe en el API RP  
13B.

l) Papel filtro: Whatman 50 o equivalente.

m) Muñon removedor, opcional.

n) Matraz volumétrico:  $1000 \text{ cm}^3$ .

o) Barra agitadora.

## 2.6 Procedimiento.

a) Pese  $100 \pm 0.05$  g de Barita. Transfiera la -  
al matraz Erlenmeyer y añada  $100 \pm 1 \text{ cm}^3$  de agua desioniza-  
da. Tape el matraz y muevalo por lo menos cinco minutos -  
durante intervalos de una hora aproximadamente o con un --  
aparato removedor mecánico (opcional) por 20 o 30 minutos.

b) Después de revolverla, filtre la suspensión  
a través de la celda del filtro de baja presión usando dos

hojas de papel filtro.

c) Mida  $10 \text{ cm}^3$  del filtrado en el recipiente volumétrico y diluyalo con  $50 \pm 1 \text{ cm}^3$  de agua desionizada. - Añada alrededor de  $2 \text{ cm}^3$  del amortiguador endurecedor y revuélvalo para que se mezcle.

d) Añada suficiente indicador de dureza y revuélvalo. Un color azul indica la dureza del calcio y la prueba termina. Un color rojo se obtendrá si el calcio y/o el magnesio están presentes.

e) El punto final del paso volumétrico se describe mejor en ese punto donde los procedimientos adicionales EDTA no cambian más del rojo al azul. Mientras lo mueve, efectúe una titulación con la solución EDTA al punto final del azul. El volumen EDTA usado para producir el punto final azul será usado en el cálculo del párrafo 2.7.

NOTA: Si el punto de evaporación completo no es claro o alcanzado, se harán otras pruebas. Los resultados y la metodología de otras pruebas se registrarán.

## 2.7 Cálculo.

Metales Alcalinotérreos =  $\frac{400 \times \text{EDTA volumen, cm}^3 (d)}{\text{volumen de la muestra, cm}^3}$   
solubles como el calcio mg/kg

RESIDUOS MAYORES A 74 MICROMETROS

## 2.8 Equipo.

- a) Horno: regulado a  $220 \pm 5^{\circ}\text{F}$ .
- b) Secadora con sulfato de calcio (CAS # 7778-18-9) desecante o equivalente.
- c) Balanza: precisión a 0.01 g.
- d) Hexametáfosfato de sodio: (CAS #10124-56-8)
- e) Mezcladora: con la alimentación aplicada a  $11,000 \pm 300$  rpm con un propulsor simple de onda sinusoidal aprox. 1" (25 mm) de diámetro (ej. Multimezcladora con propulsor 9B29X modelo 9B o su equivalente rebaba de montaje. El propulsor deberá reemplazarse cuando cada cuchilla de onda sinusoidal pese un mínimo de 5.1 g. El peso original es de 5.5 g. aproximadamente. La velocidad de la mezcladora con la carga de la muestra se determinará y registrará una vez cada 90 días, a menos que el fabricante haya presentado evidencia objetivas para extender el tiempo de calibración.
- f) Recipiente: dimensiones aproximadas 7" (180mm) de profundidad, 3-13/16" (97 mm) parte superior, 2-3/4" -- (70 mm) parte inferior (ej. VasiJa Mezcladora Hamilton --- Beach No. M110-D o equivalente).
- g) Un cedazo de 74 micrometros: dimensiones --- aproximadas 3" (76 mm) de diámetro y 2.5" (63 mm) desde la



parte superior de la armazón hasta la tela metálica.

h) Boquilla rociadora: 1/4 TT de cuerpo (compañía de sistemas de rociado No. TG 6.5 boquilla con 1/4 TT de cuerpo o equivalente) adherida a la línea de agua a un ángulo de 90 grados.

i) Regulador de la presión de agua con capacidad para regularse a:  $10 \pm 1 \text{ Lb/pg}^2$ .

j) Cápsula de evaporación.

k) Matraz lavador.

## 2.9 Procedimiento.

a) Tome aproximadamente 50 g. de Barita seca y equilibrela en la secadora.

b) Pese  $50 \pm 0.01$  g de Barita seca. Añada la muestra pesada aproximadamente a  $350 \text{ cm}^3$  de agua que contenga 0.2 g de hexametáfosfato de sodio. Revuelvala en la mezcladora por  $5 \pm 1$  minutos.

c) Cambie la muestra al cedazo. Lave el material en el cedazo con agua controlado a  $10 \pm 1 \text{ Lb/pg}^2$  de la boquilla rociadora por 2 minutos  $\pm$  15 segundos. Mientras la lava, permita que se doble el codo de la boquilla para que descansen en el aro del cedazo y rocíe agua repetidamente en la muestra.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

d) Transfiera los residuos del cedazo a una cápsula de evaporación tarada.

e) Seque los residuos en el horno hasta que el peso se repita dentro de 0.01 g.

## 2.10 Cálculo.

Peso del residuo, g

% en peso de los Residuos =  $100 \times \frac{\text{---}}{\text{---}}$  (a)

mayores a 74 micrometros      Peso de la muestra, g

PARTICULAS MENORES A 6 MICROMETROS EN DIAMETRO ESFERICO -  
EQUIVALENTE

## 2.11 Requisitos.

a) El fabricante desarrollará, usará y asesorará el método para determinar el tamaño de las partículas menores a 6 micrometros.

b) Las partículas menores a 6 micrometros serán manejadas por procedimientos de acuerdo con RP 131.

NORMA SP-SQ-2 SECCION 1  
QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BARITA

1.1 OBJETIVO.

Fijar las especificaciones y métodos de prueba - que regirán la calidad del material denominado Barita, empleado como material densificante en los fluidos de perforación.

1.2 MUESTREO.

El material en sacos, deberá formarse en lotes - de 1000 sacos (o menos), estibándolos en 10 columnas de 10 sacos de hileras de 10 en fondo (fig. 1). Se tomarán 32 - muestras (aproximadamente la raíz cuadrada de 1000) de este lote en tres de las caras expuestas, siguiendo diagonales imaginarias, Se empleará muestrero con las dimensiones dadas en la (fig. 2). Las 32 muestras se mezclan perfectamente para obtener una representativa para el análisis.

1.3 ESPECIFICACIONES FISICAS Y QUIMICAS PARA LA BARITA.

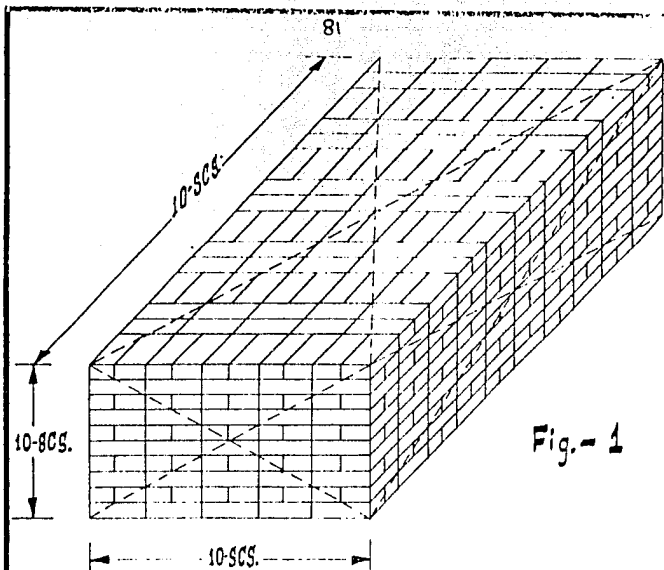
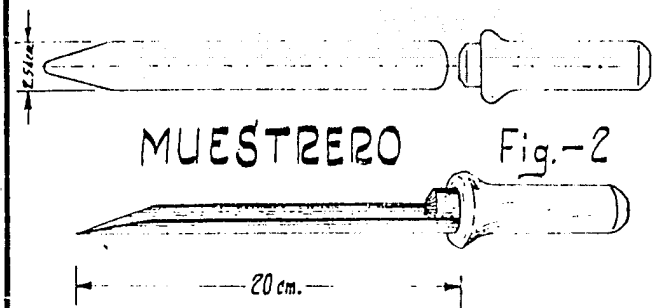


Fig.- 1



MUESTRERO

Fig.- 2

TABLA 1.3

CONCEPTO	VALOR NUMERICO
Peso específico	4.25 mínimo
Sólidos totales solubles como calcio	500 ppm máximo
Molienda. Residuo en malla No. 200 (U.S. # 200)	3.0 % máximo

#### 1.4 METODOS DE PRUEBA.

Las especificaciones dadas en la tabla 1.3, deben determinarse de acuerdo con los siguientes métodos de prueba.

##### 1.4.1 PESO ESPECIFICO.

Para la determinación del peso específico de la Barita se empleará el picnómetro de comparación Beckman, - modelo 930.

- a) Se verifica el cero del picnómetro antes de cada determinación, de acuerdo con las instrucciones del aparato.
- b) En la copa del picnómetro se pesan 80 o más g, con exactitud de  $\pm 0.05$  g de Barita previamente secada a un peso constante y enfriada en desecador a la temperatura ambiente.
- c) Se giran las dos manivelas en el sentido ---

contrario a las manecillas del reloj hasta -  
llegar a su tope. Gire la manivela de medi-  
ción en el sentido contrario, hasta que el -  
contador del aparato indique un número igual  
al marcado en la base del picnómetro.

- d) Levante la palanca del soporte de la copa y  
coloque la copa con la muestra firmemente --  
contra el respaldo del soporte. Baje la pa-  
lanca completamente.
- e) Espere 15 segundos para igualar temperaturas.
- f) Determine el volumen de la muestra.
- g) Calcule el peso específico de la muestra con  
la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso de la muestra en gramos}}{\text{Volumen de la muestra en cm. cúb.}}$$

#### 1.4.2 DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES SOLUBLES COMO CALCIO.

Para la determinación de sólidos totales solubles,  
se empleará el conductivímetro marca Industrial Instruments  
Inc., modelo RD-681.

- a) Se pesan 100 g de Barita seca con una exacti-  
tud de  $\pm 0.05$  g, se transfieren a un vaso de  
precipitados de 600 cc. y se agregan 100 cc.  
de agua destilada a la temperatura del labo-

ratorio. Se agita continuamente durante 15 minutos, empleando el agitador electromagnético marca Precisión modelo Mag-Mix, número de catálogo W.H. Curtin 19971-A1. La velocidad de agitación será la correspondiente al número 6 de la escala de graduación del agitador electromagnético. Después de agitar, se filtra la suspensión.

- b) Transfiera el filtrado a una probeta en la cual se determinará la concentración total de sólidos, según el párrafo c.
- c) Conecte las terminales de la celda de electrodos a los bordes del aparato. Se conecta el aparato a corriente de 105-120 volts, --- 50/60 ciclos, corriente alterna. Sumerja la celda en el filtrado, moviéndola bajo el nivel del líquido para eliminar las burbujas de aire. Deje la celda sumergida con los -- orificios bajo el nivel del líquido. Opere el interruptor cerrando el circuito. Mida la temperatura del filtrado, gire el indicador de la escala de temperatura al valor correspondiente. Mueva el indicador de la escala de concentración hasta que en el tubo de rayos catódicos se obtenga la sombra más

amplia con sus bordes nítidos.

- d) En la escala correspondiente, lea las partes por millón de cloruro de sodio (ppm NaCl).
- e) Calcule la concentración de sólidos totales solubles, en partes por millón de calcio, -- con la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos totales solubles, en ppm de Ca} = \frac{\text{ppm NaCl}}{0.95}$$

#### 1.4.3 MOLIENDA.

Para la determinación de la molienda se empleará el método de vía húmeda, utilizando un cedazo certificado de malla número 200, según designación de la ASTM-E-11.

- a) Pese 50 g  $\pm$  0.05 g de Barita, previamente se cada a peso constante. Coloque la muestra pesada en un vaso de precipitados de 600 cc, - agregue 350 cc. de agua y 0.2 g de pirofosfato tetrasódico. Agite lentamente durante 5 minutos.
- b) Transfiera la muestra al cedazo especificado y lave durante 5 minutos con agua corriente. Transfiera el residuo a un vidrio de reloj - tarado.
- c) Seque el residuo a 110°C, durante una hora,



deje enfriar en desecador y pese con aproximación de  $\pm 0.01$  g.

d) Calcule el % de residuo en la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje del residuo} = \frac{\text{Peso de residuo} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

### 1.5 ENVASE.

La Barita deberá envasarse en sacos de papel --- Kraft de  $70 \text{ g/m}^2$  con 5 capas, siendo una de ellas impermeable. Los sacos deberán tener válvula y contener 50 Kg netos de producto.

NOTA: Estas especificaciones entrarán en vigor a partir - del día 1º de julio de 1963.

## NORMA IMP QUE DEFINE LA CALIDAD DE LA BARITA

1. GENERALIDADES Y DEFINICIONES.1.1 Generalidades.

La Barita objeto de esta Norma, se utiliza principalmente en la elaboración de fluidos de perforación para pozos petroleros.

1.1.1 Alcance.

Esta Norma es aplicable al producto aquí citado.

1.2 Definición.

La Barita es un sulfato de bario natural, que se encuentra en yacimientos y que para su uso requiere de un beneficio.

2. CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES.2.1 Clasificación.

Para este caso, se clasifica en un solo tipo y -- grado de calidad.

2.2 Especificaciones.2.2.1 Físicas.

En la siguiente tabla se indican las especificaciones físicas que debe cumplir el producto.

CONCEPTO	CANTIDAD
Peso específico, en g/cm <sup>3</sup>	4.23 mínimo
Baja densidad	4.15 mínimo
Sólidos totales solubles como calcio, en p.p.m.	500.00 máximo
Granulometría:	
- Retenido en malla con - abertura nominal de -- 0.074 mm (*), en %	3.0 máximo
- Retenido en malla con - abertura nominal de -- 0.044 mm (*), en %	5.0 mínimo

(\*) Ver apéndice 3.2.7.1.1.

### 2.2.3 Muestreo.

#### 2.2.3.1 Alcance.

Se establece el método de muestreo a seguir para comprobar la calidad de este material, el cual se efectuará en el lugar fijado de común acuerdo --- entre comprador y productor.

#### 2.2.3.2 Definiciones.-

- Lote de entrega.- Es la cantidad total de sacos motivo de la transacción comercial o reclamación.
- Lote unitario.- Es el compuesto por 1000 sacos o fracción.
- Unidad de producto.- Es cada uno de los sacos - de 50 kilos que constituyen el lote de entrega.

- Muestra.- Es el conjunto de unidades de producto extraídas conforme a lo especificado en 2.2.3.4.2, que deben someterse a inspección para -- determinar su calidad.
- Especimen.- Es el conjunto de porciones de producto, extraídas de los sacos que componen la - muestra, para formar la muestra representativa.
- Muestra representativa.- Es la mezcla del con-- junto de especímenes.
- Muestra representativa reducida.- La muestra - representativa se reduce por cuarteos hasta --- aproximadamente un kilogramo, lo cual constituye la muestra representativa reducida.
- Muestra para análisis.- Es la cuarta parte de - la muestra representativa reducida, suficiente - para verificar en ella todas las pruebas requeri-- das por esta Norma.

### 2.2.3.3 Aparatos.-

#### 2.2.3.3.1 Para tomar los especímenes:

- Recipientes apropiados.
- Sonda para muestrear sólidos (calador).
- Un saco de los utilizados para envase.

#### 2.2.3.3.2 Para preparar la muestra para análisis:

- Charolas.

- Colector.
- Frascos de polietileno de boca ancha, de capacidad de un litro y cierre hermético.

#### 2.2.3.4 Procedimiento.-

2.2.3.4.1 Estibado.- Los lotes de entrega deben estar estibados como lotes unitarios de 1000 sacos cada uno, de tal forma que el 100 % de los sacos sea accesible al muestreo por medio de su válvula, dejando un corredor libre entre estibas por lo menos de 50 cm, con una altura máxima de 16 camas.

2.2.3.4.2 Tamaño de muestra.- Para lotes de entrega menores de 1000 sacos, el tamaño de muestra es la raíz cuadrada del número de sacos, seleccionados de acuerdo con 2.2.3.4.3.

Para lotes unitarios (1000 sacos) el tamaño de muestra es de 32 sacos, los cuales deben ser seleccionados de acuerdo con 2.2.3.4.3.

2.2.3.4.3 Selección de unidades de producto.- Para la selección de unidades de producto que constituyen el tamaño de muestra se debe tomar como base las tablas de números aleatorios, siendo el programa de muestreo fijado por el comprador.

2.2.3.4.4 Criterio de aceptación y rechazo.- El criterio a seguir para la aceptación o rechazo del lote, ---

será el siguiente: Se aceptará el lote si todos los resultados de las pruebas cumplen con las especificaciones de la Norma. Se rechazará si uno o más de los resultados de las pruebas no cumplen con la Norma.

#### 2.2.4 Marcado.

Se debe imprimir en cada saco y en forma legible e indeleble lo siguiente:

- Nombre del producto y marca registrada.
- Peso en Kg.
- Número progresivo de lote de fabricación.
- Razón social del fabricante.
- La leyenda "HECHO EN MEXICO"

#### 2.2.5 Envasado.

El producto debe ser envasado en sacos de 5 capas de papel Kraft, siendo la primera de ellas de -- 80 g/m<sup>2</sup> y las cuatro restantes de 70 g/m<sup>2</sup>. La -- tercera o cuarta de dichas capas deberá ser impermeabilizada por medio de una capa de plástico --- adherida al papel y tener un espesor mínimo de -- 0.0013 cm, los sacos deben tener válvula. Cada sa co debe tener una capacidad de 50 kilos netos ± 5 % de producto. .

### 3. MÉTODOS DE PRUEBA.

A continuación se darán los métodos de prueba con los que se verificarán las especificaciones de la Norma.

3.1 Método de Prueba para la Determinación de peso específico (método del matraz de Le Chatelier) - (DPML - 1).

3.1.1 Alcance.

Este método es aplicable para determinar el peso específico de polvos no solubles ni activos en el líquido empleado para la determinación.

3.1.2 Aparatos.

- Un matraz Le Chatelier.
- Material común de laboratorio.
- Balanza con exactitud de 0.1 g.

3.1.3 Materiales.

- Aceite Diesel libre de humedad.

3.1.4 Preparación de la muestra.

Se pesan  $80 \pm 5$ g de Barita, previamente secada en una estufa durante 2 horas a  $105^{\circ}\text{C}$  a peso constante.

3.1.5 Procedimiento.

3.1.5.1 El matraz Le Chatelier se lava perfectamente con

aceite diesel y se llena con él, hasta lo más --- cercano posible del cero de la escala (dentro de la escala).

Se coloca el matraz en un baño maría  $10^{\circ}\text{C}$  arriba de la temperatura de laboratorio, de manera -- que el menisco del líquido orgánico en el cuello del matraz, esté abajo del nivel del líquido del baño.

Se mantiene el matraz sumergido en el baño durante una hora.

- 3.1.5.2 Se hace la lectura inicial del volumen antes de 5 segundos de sacado el matraz del baño.

Se vacían los 80 g de Barita en el matraz de tal manera que no quede ninguna partícula adherida al cuello. Se tapa y se agita suavemente, rotándolo sobre su base, para eliminar el aire que tenga la Barita y al mismo tiempo para tener la seguridad de que no queda ninguna partícula de muestra en el cuello del matraz.

- 3.1.5.3 Se vuelve a sumergir el matraz en el baño por media hora, se saca y nuevamente se agita tal como se ha indicado anteriormente.

- 3.1.5.4 Se vuelve a sumergir el matraz por una hora dentro del baño, después de lo cual se lee en la ---



escala del cuello del matraz el volumen final.

### 3.1.6 Cálculos.

Se calcula el peso específico de la muestra en la siguiente forma:

$$\text{Peso específico en g/cm}^3 = \frac{P}{V_f - V_i}$$

en donde:

P = peso de la muestra, en g.

$V_f$  = volumen final, en  $\text{cm}^3$ .

$V_i$  = volumen inicial, en  $\text{cm}^3$ .

## 3.2 Método de Prueba para la Determinación de la Granulometría (Vía Húmeda) (IMP-DPHL-2A).

### 3.2.1 Alcance.

Este método es aplicable para determinar la granulometría de productos similares al mineral no metálico denominado Barita.

### 3.2.2 Aparatos.

- Serie de tamices certificados con abertura nominal de 0.074 y 0.044 mm (ver inciso 3.2.7.1.1).
- Vaso de precipitado de 600 ml.
- Vidrio de reloj de 9 cm. de diámetro.
- Estufa.

### 3.2.3 Materiales.

- Pirofosfato tetrasódico anhidro u otro dispersante.

### 3.2.4 Preparación de la muestra.

Se pesan 50 g de Barita que previamente ha sido secada a peso constante.

### 3.2.5 Procedimiento.

3.2.5.1 Se transfiere la muestra a un vaso de precipitados de 600 ml, se agregan 350 ml de agua destilada, 0.2 g de pirofosfato tetrasódico anhidro y se agita lentamente durante 5 minutos.

3.2.5.2 Se acomodan los tamices de manera que el primero sea el de abertura nominal de 0.074 mm y el segundo el de 0.044 mm. Se transfiere la muestra sobre el primer tamiz y se lava con agua durante 5 minutos.

Se seca el primer tamiz en la estufa a los  $105 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante y se pasa el residuo a un vidrio de reloj previamente tarado. Se pesa.

Se efectúa la misma operación con el segundo tamiz.

### 3.2.6 Cálculos.

Se calcula el residuo en % para cada uno de los tamices en la siguiente forma:

$$\% \text{ del Residuo} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

### 3.2.7 Apéndice.

#### 3.2.7.1 Observaciones.-

3.2.7.1.1 Las aberturas nominales de las cribas especificadas son las correspondientes a:

- 0.074 mm a malla No. 200 ASTM
- 0.044 mm a malla No. 325 ASTM

### 3.3 Determinación de sólidos totales solubles, dados como calcio.

#### 3.3.1 Alcance.

Este método es aplicable para determinar los sólidos solubles totales dados como calcio, en la Barita.

#### 3.3.2 Aparatos y Equipo.

- Conductivímetro "BECKMAN Instruments Inc." , - modelo RD-6B-1, tipo Solu-Bridge RD.
- Un agitador electromagnético.
- Probeta de 250 ml.
- Material común de laboratorio.

#### 3.3.3 Preparación de la muestra.

Se pesan 100 g de Barita Seca.

### 3.3.4 Procedimiento.

3.3.4.1 Se transfiere la muestra a un vaso de precipitados de 600 ml y se agregan 100 ml de agua destilada, a la temperatura ambiente.

Se agita continuamente durante 15 minutos, empleando el agitador electromagnético. La velocidad de la agitación será la adecuada para evitar proyecciones de la suspensión.

Se filtra la suspensión y se recibe el filtrado en la probeta.

3.3.4.2 Se conectan las terminales de los electrodos de la celda a los bornes del aparato y se conecta el aparato a una corriente de 105-120 volts, 50/60 ciclos de corriente alterna.

Se sumerge la celda en el filtrado, moviéndola bajo el nivel del líquido para eliminar las burbujas de aire y se deja sumergida, con los orificios bajo el nivel del líquido.

Se opera el interruptor cerrando el circuito.

Se mide la temperatura del filtrado y se gira el indicador de la escala de temperatura al valor correspondiente.

Se mueve el indicador de la escala de concentra-

ción, hasta que en el tubo de rayos catódicos se obtenga la sombra más amplia, con sus bordes nítidos.

En la escala correspondiente, se leen las partes por millón de cloruro de sodio (p.p.m. NaCl).

### 3.3.5 Cálculos.

Se calcula la concentración de sólidos totales - solubles, en partes por millón de calcio, con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{M}{c}$$

en donde:

S = sólidos totales solubles, dados como Ca, en p.p.m.

M = p.p.m. de NaCl.

c = 0.95 (constante del aparato).

## CAPITULO IV

## PROBLEMAS CAUSADOS POR ARCILLAS FUERA DE ESPECIFICACION

La Bentonita y Barita, materiales arcillosos de gran consumo por la industria de la Perforación si no reúnen las especificaciones de acuerdo a las normas que definen su calidad pueden llegar a ocasionar serios problemas durante la perforación de los pozos debido a la deficiente remoción y acarreo de partículas hacia la superficie, a la baja potencia hidráulica, al asentamiento de partículas, a la inestabilidad de las paredes y altos filtrados lo que se refleja en atrapamientos y pegadas de tubería lo cual se agrava a medida que se profundizan los pozos y la presión hidrostática de la columna de lodo es mayor que la presión de formación, la cual es permeable, como una arena (ver figura 2) en donde la resistencia a la fricción es una función del espesor de enjarre a estos problemas se suma también el desgaste de baleros, toberas, dientes y bombas debido a la presencia de contaminantes indeseables en los materiales arcillosos como es el óxido de silicio el cual solo se puede eliminar a través de un buen control de calidad.

Para evitar todos estos problemas es necesario que la Bentonita y la Barita cumplan con las especificaciones dadas por las normas de calidad mencionadas en este trabajo en cuanto a puntos de cedencia, Geles, viscosidad plástica, aparente, filtrado y densidad.

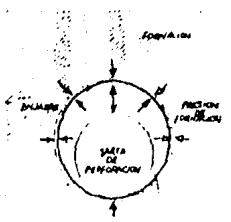
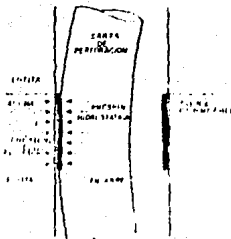
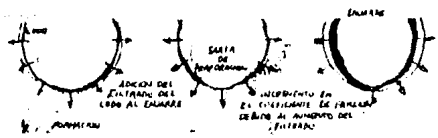


FIGURA 2



## CAPITULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- La aplicación de normas de calidad a Bentonitas y Baritas empleadas para perforar y terminar pozos, evitará problemas operacionales tales como atrapamientos de tubería, pegaduras y pérdidas de circulación.

2.- Un buen control de calidad de estos materiales se reflejará en un decremento de los costos de operación.

3.- Para que se aplique el control de calidad es necesario la participación del productor, consumidor y entidad gubernamental que rige las normas como en el caso de México la Dirección General de Normas. Actualmente es necesaria la participación de la SEDUE para que se evite también daños al medio ambiente.

4.- Es necesario que el personal responsable de la aplicación de los fluidos de perforación conozca las normas de calidad de los materiales que se emplean para evitar graves problemas durante la perforación.



## B I B L I O G R A F I A

1. Ing. Guillermo Laveaga Aguilar, Sub-Director de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio, "Necesidades de Normas y Control de Calidad en la Industria".
2. Ing. Rosa María Rivera Sánchez, "La Normalización Industrial y su Aplicación a la Industria de la Curtiduría".
3. A.V. Feigen Baum, "Control Total de la Calidad". Editorial CECSA.
4. Miguel Angel Benitez H., Francisco Garaicochea P., Ciro Reyes A., "Apuntes de Fluidos de Perforación". Facultad de Ingeniería.
5. Ing. René Berber G., "Revista de Ingeniería Petrolera" Artículo; "Pruebas Físicas y Químicas efectuadas a los lodos de Perforación". Vol. IV, Enero 1964.
6. Normas SP-SQ2, Primer Congreso de Especialistas en el Control de Fluidos de Perforación. 1981.
7. Agenda of the meeting of API committee 13 standardization of drilling fluid materials at the 1989, standardization conference of the production Department American Petroleum Institute.
8. Normas de Calidad para Bentonita y Barita utilizados en los fluidos de perforación IMP.
9. Miguel Angel Benitez H, Francisco Garaicochea P., Ciro - Reyes A., "Apuntes de Fluidos de Perforación". Facultad de Ingeniería.
10. Ing. René Berber G., "Revista de Ingeniería Petrolera" Artículo; "Pruebas Físicas y Químicas efectuadas a los lodos de Perforación". Vol. IV, Enero 1964.