

T E S I S
QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE
INGENIERO DE PETROLEO
PRESENTA
MANUEL VARGAS MALDONADO

LIMA, PERU
1950.

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
carretera Ancón-casilla No 1301
Lima.-Perú

TEMA QUE SERVIRÁ DE PROYECTO DE GRADO PARA EL EX-ALUMNO DEL DPTO. DE
PETROLEO.- PROMOCION DE 1949.- Sr. Manuel Vargas Maldonado.-

FLUIDOS DE PERFORACION PARA LA HORADACION DE ESTRATOS DE
ALTA CONCENTRACION SALINA.

- 1.- Estudio de los problemas inherentes al fluido de perforación que se presenta en el campo de Acalapa, estado de Veracruz, México.
- 2.- Preparación de los lodos especiales en la perforación de estratos salinos.
- 3.- Control de los problemas que se presentan en la perforación de dichos estratos.
- 4.- Equipo relacionado al Sistema circulante más recomendable para casos de alta concentración salina.
- 5.- Estudio económico de los lodos utilizados para la perforación de pozos en estratos salinos.
- 6.- Conclusiones.-
- 7.- Bibliografía.

" Lima 19 de Diciembre de 1950.- Señor Jefe de Departamento.- La Comisión para dictaminar sobre el tema que debe fijarse al ex-alumno de este Departamento Manuel Vargas Maldonado, para su proyecto de grado, ha aprobado por unanimidad, que teniendo en cuenta que la índole de los proyectos debe ser de investigación o en su defecto de estudio de un campo especial, en donde prime siempre el trabajo personal del alumno, para deducir consecuencias de carácter técnico-económico, ha resuelto, presentar para el citado ex-alumno el tema que arriba se indica.-salvo mejor parecer de Ud. señor Jefe de Departamento.-Fdo.Oscar Quiroga, Juan Rodríguez del C. y Enrique Chipoco O.".- Lo que comunico a Ud.

Juán Rodríguez del C.
Secretario del Dpto. de Petroleo.

Sello que dice: Escuela de Ingenieros
Secretaría
Departamento de Petroleo.

FLUIDOS DE PERFORACION PARA LA HORADACION DE ESTRATOS DE ALTA CONCENTRACION SALINA.

—°—

INTRODUCCION

Debido a la gran importancia que actualmente y con marcado interés ha alcanzado el control de los fluidos de perforación en el Sistema Rotatorio, el conocimiento científico de los principios que rigen a las suspensiones de arcilla, así como la investigación de nuevos métodos de aplicación, se hacen cada vez más necesarios, si se tiene en cuenta que del buen entendimiento de éstos dependerá el éxito que se tenga en la terminación de pozos petroleros en perforación. Cada uno de los problemas inherentes a los fluidos de perforación, se presenta por separado, causando cambios en las propiedades físicas de los mismos, entonces se hace el intento de conocer la causa que produce tales efectos a la vez que se proporciona el método de tratamiento químico para su corrección.

Frecuentemente la presencia de lutitas saladas, flujo de agua salada y lechos de sal hacen imposible el tratamiento químico y control de los lodos ordinarios de perforación, desequilibrando totalmente sus propiedades físicas, por tal motivo se ha ocurrido al estudio de otro tipo de lodo que mantenga sus cualidades físicas en presencia de estos estratos, el cual me ha correspondido desarrollar con el deseo de que pueda aportar un beneficio a la industria.

Antes de abordar el tema primordial del que deberá consistir el presente trabajo, he creído conveniente hacer un bosquejo general acerca de los tipos de fluidos de perforación del sistema rotatorio que se emplean en la industria petrolera, así como su control y resolución de

los problemas específicos de las formaciones atravesadas. Por lo tanto el tema lo he dividido en dos partes; en la primera parte se tratará lo antes mencionado, en la segunda parte el problema propiamente objetivo, que ha sido tomado como base fundamental, para el estudio de un fluido tipo que pueda ser empleado para atravesar formaciones tales como arenas con flujo de agua salada, de alta y baja presión, lutitas saladas, lechos de sal, manteniendo en equilibrio sus condiciones físicas.

oooooooo

CAPITULO I

OBJETO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.-

El lodo es de una manera determinante el elemento decisivo en la perforación del Sistema Rotatorio. En la actualidad, si bien es cierto que el tema exige una considerable investigación, el entendimiento del objetivo o funciones del fluido de perforación ha mejorado y sigue despertando un considerable interés ha medida que la experiencia ha abordado la infinidad de problemas presentados en este método.

Las múltiples características del fluido de perforación, guardan tan evidente relación con la eficiencia de los estudios y observaciones de las formaciones, o estratos penetrados, que las personas dedicadas a la perforación, estudio de yacimientos hallados y explotación de pozos petrolíferos, no pueden menospreciar, la obligación que tienen de familiarizarse con el importante papel que desempeña el lodo de perforación.

Es decir que aparte de los ingenieros, geólogos y los especialistas en perforación, explotación de yacimientos y producción, el maquinista de perforación y sus ayudantes, por tratarse directamente de su trabajo, no solo les incumbe poseer ciertos conocimientos de las características y funciones del lodo de perforación, sino también para el satisfactorio cumplimiento de sus obligaciones, responsables a la confianza que la Empresa les ha conferido.

Prácticamente el fluido de perforación está compuesto de un líquido del cual toma el nombre la base, y una sustancia coloidal. Así por ejemplo si el líquido es agua se dice que es un lodo a base de agua, si es petróleo éste se denomina lodo a base de petróleo y si el líquido empleado es una solución concentrada de sal, se dice que es un lodo a base de agua salada.

El empleo de cada uno de estos tipos de fluidos de perforación está de acuerdo con las formaciones para penetrar, manteniendo así las buenas condiciones del pozo, evitando derrumbes y pegaduras de las tuberías de perforación.

En general los lodos de mayor uso son los lodos bentoníticos, formados solamente de agua y bentonita, los cuales ofrecen características altamente favorables a la formación de capas de enjarre sobre los estratos atravesados. Frecuentemente a estos lodos hay que aumentarles la densidad agregándoles un material pesado que no altere la plasticidad del mismo, como por ejemplo la barita ($BaSO_4$) para dominar las presiones subterráneas que se espere encontrar en el curso de la perforación.

El empleo del tipo de agua apropiada para la mezcla del lodo es de gran importancia. Las sales disueltas en el agua, tales como las de calcio, de magnesio y los cloruros ejercen una gran influencia en estos lodos tendiendo a disminuir sus buenas propiedades. Para determinar el contenido de las sales en el agua, el ingeniero petrolero debe hacer los análisis necesarios tal como aparece en los reportes cotidianos expresados en partes por millón (p.p.m.), que representan el número de partes de cada sal halladas en el agua analizada. De acuerdo con la cual el ingeniero hecho el análisis de las aguas disponibles las clasificará según el caso, como buenas, regulares o malas. De manera que esto representa una tarea en escoger el agua más adecuada entre las disponibles para la preparación del lodo. Hay que tener en cuenta que la concentración de las sales presentes en el agua que se ha de utilizar, afecta directamente la cantidad de material coloidal que se ha de emplear por metro cúbico de agua, para obtener un lodo de características aceptables

esto es a concentraciones mayores de estas sales, mayor cantidad de material coloidal se requerirá. Muchas veces y con frecuencia en las maniobras mismas de perforación, suele ocurrir que ciertas formaciones generen lodo, pero hay otras incapaces o que no poseen material coloidal y su contribución a la generación de lodo es nula. Esto es muy importante ya que el lodo formado de esta manera por lo general desequilibra el sistema circulatorio manifestándose característicamente por un aumento en la viscosidad, y para mantener las características deseadas se requiere la aplicación de agentes químicos como quebracho, fosfatos, tanato alcalino, etc. Por lo tanto conviene tener presentes las relaciones determinantes de los factores físico-químico que influyen en el comportamiento de los fluidos de perforación. Su conocimiento es básico y de gran valor en las operaciones cotidianas dependiendo de ellas el éxito o fracaso en la perforación y como consecuencia el equilibrio económico, o desequilibrio en su defecto.

De una manera general podemos decir que las principales funciones de los fluidos para lograr el equilibrio y la armonía del sistema circulatorio, desde luego, teniendo en cuenta las condiciones que se observen en el curso de la perforación, son las siguientes:

- 1°.- Traer los recortes de la barrena a la superficie. Es importante que el lodo haga flotar los recortes y a la vez sacarlos del fondo del pozo, la densidad y velocidad del fluido permiten tal objeto evitando así el resago del recorte.
- 2°.- Retener el recorte en suspensión dentro de la columna hidrostática, en los intervalos de interrupción a que está sujeta la perforación. Durante la maniobra de perforación hay operaciones como la de adaptar un tramo de tubería a la sarta vástago,

cambiar barrena, probar el estrato o reparaciones de importancia que se puedan presentar en el sistema en general, para la realización en las cuales es necesario suspender la circulación del lodo. A veces se eleva la barrena y se hace circular el lodo durante intervalos de tiempo corto, pero esta precaución no es suficiente para mantener bien limpia la barrena, a parte de que al sacar la tubería de perforación podría arrancarse pedazos de pared del pozo. Al dejarla suspendida en el lodo, estando dentro del pozo, después de haber parado las bombas, el recorte se deslizaría hasta el fondo, y ofrecería entonces la posibilidad de un atascamiento de la tubería vástago. El lodo debe poseer suficiente grado de tixotropía que le permita mantener el recorte en suspensión, en caso de que se quiera evitar un estancamiento por asentamiento de los mismos.

- 3°.- Formar un enjarre impermeable sobre las paredes del pozo que evite su desintegración por hidratación. La capa de enlucido o enjarre que el lodo forma en la pared del pozo, es de gran importancia y su espesor va de acuerdo con la calidad del lodo en uso. Mientras se está perforando, el lodo recoge los recortes a la vez que baña la pared del pozo. Este baño constante va formando una capa impermeable que reduce al mínimo la invasión de agua a la formación, condición muy importante pues es uno de los principales objetivos del lodo el hacer mínima la filtración.
- 4°.- Evitar las pérdidas de circulación. A menudo las pérdidas por circulación se presentan al atravesar formaciones muy porosas, agrietadas o con grandes aberturas. La capacidad tixotrópica del lodo puede evitar tal efecto, pero casi siempre es preferible, tratándose de aberturas excesivamente grandes, facilitar

la solidificación del lodo agregando sólidos adecuados como "Gelflake", fibras o cemento.

5°.- Sostener la pared del pozo y contrarrestar las presiones de las formaciones. A medida que el proceso de la perforación avanza a través de las formaciones la barrena altera el equilibrio entre las presiones, debido al peso; ciertos estratos atravesados, contienen líquidos y gases a presión. Para contrarrestar y vencer estas presiones, el lodo debe de ejercer una presión equivalente a las mismas, más el margen de seguridad recomendado, que varía entre 20 y 35 Kg_s/cm²., lo cual permitirá al perforador contar con una columna hidrostática de suficiente presión de reserva para contrarrestar la presión del estrato, a la vez que está fuera de peligro en caso de tener que acondicionar el lodo durante la perforación.

6°.- Enfriar, lubricar y mantener limpia la barrena. La barrena es enfriada y lubricada por el fluido de perforación en tanto ésta esté girando sobre el fondo del pozo. Para el objeto y el buen desempeño de la función es evidente que el fluido deberá estar exento de cualquier material lijante que pueda pulir o cortar la barrena. El lodo actúa como medio refrigerante y lubricante. La circulación del lodo en los conductos de la barrena está de tal modo dispuesta que permite limpiar completamente los roles o cuchillas en caso de tratarse de una barrena de alas o de cola de pesaado. De manera que la acción de lavado evita que la roca desmenuzada se adhiera a la barrena, lo que acabaría por trabarla o atorarla. El mantenimiento del buen estado de la barrena, su refrigeración, lubricación y limpieza durante la perforación

dependen del peso y de la velocidad rotatoria a que está sujeta la barrena, del tipo de formación que se esté atravesando y del volumen del lodo mantenido en circulación por la bomba.

CAPITULO II

LAS ARCILLAS Y LUTITAS EN LA COMPOSICION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.-

La química de las arcillas y lutitas ha adquirido una gran importancia en la industria petrolera, y dos factores han influido gráficamente sobre esta tendencia. El primero ha sido la creciente evidencia de que las lutitas marinas, son lechos productores, y que los compuestos de petróleo han emigrado a los desarrollos arenosos determinados o fijados por estas lutitas, el segundo ha sido la demanda de lodos mejor adaptados para penetrar estas lutitas marinas sin dificultad y con poco costo.

ORIGEN Y COMPOSICION GENERAL DE ARCILLAS Y LUTITAS.-

Las arcillas y lutitas son aproximadamente los mismos materiales. Son mezclas de compuestos finamente divididos, formados durante el intemperismo de la corteza terrestre. Su naturaleza es esencialmente coloidal, esto es, su comportamiento está determinado por el estado de división de los materiales y las reacciones superficiales de las partículas más pequeñas. Muchos de los cambios químicos, afectan sólo las áreas expuestas y no modifican la materia inferior de las partículas. El alcance de estas reacciones depende principalmente del área de las sustancias y no de la masa de las mismas, por lo tanto es posible para una pequeña cantidad de material en un estado de división extremadamente fino, fijar completamente las características de la mezcla.

Más del 83 % de la corteza terrestre esta compuesto de tres elementos, oxígeno, sílice y aluminio. Consecuentemente, los productos de corrosión de la corteza son predominantemente aluminio-silicatos, o compuesto de

aluminio, sílice y oxígeno.

Si agregamos los componentes de seis elementos Fe, Ca, N, K, Mg, H, entonces tendremos el 98% de la corteza. Estos seis elementos con los primeros tres, aparecen en las lutitas y arcillas.

Un análisis químico directo es de poco valor al descubrir la naturaleza de tales materiales. Muchos elementos químicos, pueden estar presentes en cantidades variables y la extrema subdivisión de cualquiera de estos individuos químicos, puede contribuir para dominar las cualidades de la mezcla.

De acuerdo con una estimación geoquímica de la litósfera, los sólidos de la corteza que son factibles de análisis químicos y su estimación se reducen a una profundidad de 10,000 metros bajo el nivel del mar, el 5% de la corteza terrestre se ha temperizado. Casi el 4% de la corteza terrestre puede ser clasificado como arcilla o lutita, 1% como piedra caliza o arena, y el restante 95% como roca ignea que no sufre ataques.

El intemperismo químico de las rocas igneas es el resultado en gran parte del ataque de dos substancias, agua y CO₂ atmosférico.

Los feldespatos y las horblendas, cuya composición es de roca ignea no son estables en la presencia de estos agentes atmosféricos y reaccionan del tipo que se indica, tienen lugar aceptándose como reacción para formar caolinita, una arcilla mineral, de la ortoclasa, esto es un feldespato.



La ortoclasa y la caolinita son químicamente idénticas, teniendo definido su sistema de cristalización, el hidróxido de potasio liberado durante la reacción es instrumento para eliminar algo de la sílice soluble suficiente para ser lavado por la lluvia.

La ortoclasa es un ejemplo familiar de una gran clase de feldespatos

minerales. Los análisis químicos de estos minerales representan trabajos muy complejos, debido a la tendencia tan marcada hacia el isomorfismo. El hierro puede sustituirse por el aluminio en cualquiera de sus posiciones en los cristales. Ya que en los minerales las moléculas han perdido completamente su identidad, y los átomos están situados en puntos fijos, la substitución de un número indefinido de átomos de hierro por un número igual de átomos de aluminio en puntos al azar de la estructura, lleva la complejidad química al infinito. El magnesio puede ser también reemplazado por el aluminio, y el sodio, calcio y potasio son dispersados a travez de la estructura mineral en posiciones intercambiables. Después del intemperismo de los minerales feldespáticos, las arcillas minerales resultantes, exhiben el mismo isomorfismo y complejidad. Por otra parte, cuando la estructura se toma en cuenta, las aparentes composiciones varias y complejas se ve que se reducen a un simple esquema.

ESTRUCTURA DE LOS ALUMINOSILICATOS.-

A pesar de su complejidad, los aluminosilicatos pueden ser clasificados en tres grupos de estructuras simples: ESTRUCTURA FIBROSA, ESTRUCTURA MICACEA Y ESTRUCTURA DE ARMAZON.

Las primeras tienen ligazones rígidas en una sola dirección al igual que una cuerda que resiste la separación (sus fibras) en una sola dirección, pero son fácilmente separadas en las otras dos. El segundo grupo tiene una ligazón rígida en dos direcciones y débil ligazón en la tercera. Se extienden en láminas delgadas y frecuentemente se separan espontaneamente en líquidos. La mica, el talco, la caolinita, las bentonitas y la pirofilita se encuentran en los minerales micaceos. Las zeolitas son típicas del grupo fibroso. Se ha demostrado que la fácil dispersión de estos minerales es explicada realmente por su estructura. El tercer grupo tiene una ligazón rígida en todas direcciones del es-

pacio, la estructura puede ser compacta e impermeable, o igual que las zeolitas usadas para ablandar el agua, la estructura también puede ser abierta y porosa de tal manera que los iones pueden moverse y salir de los espacios. Las arcillas lutitas de las capas superficiales contienen todos estos tres tipos, pero en las partículas de grano pequeño la estructura micacea predomina y es el que determina el comportamiento de la mezcla.

LAS ARCILLAS MINERALES.-

Los minerales típicos de arcillas y lutitas son de estructura micacea, consistentes en delgadas hojuelas exagonales que sufren fácil y perfecta dispersión. Es casi seguro que estén formados por láminas de tetraedros de silicio y oxígeno eslabonados. El dibujo del esquema sobre un plano es difícil. La mica consiste de dos láminas de tetraedros unidos de silicio y oxígeno junto con átomos de aluminio y grupos de oxhidrilos y esta triple capa se encuentra mas o menos unida por capas de átomos de potasio. Cuando una capa de mica se corta con un cuchillo, la separación tiene lugar en el plano débil de los átomos de potasio.

Se distinguen cuatro grupos principales de arcillas minerales (1) el grupo del caolin, (2) el grupo de la montmorrillonita (bentonita), (3) las arcillas que llevan potasio, (4) un grupo no bien definido en el que se encuentran muchas de las arcillas.

Los datos definidos en la estructura cristalina, son utilizados sólomente en el primer grupo. La fig. (1) muestra un diagrama simplificado de la Caolinita y nos da una base de descripción de lo que es conocido de los otros grupos, y para una discusión de la química superficial de las arcillas minerales. La figura representa una capa unitaria en una sección de la Caolinita.

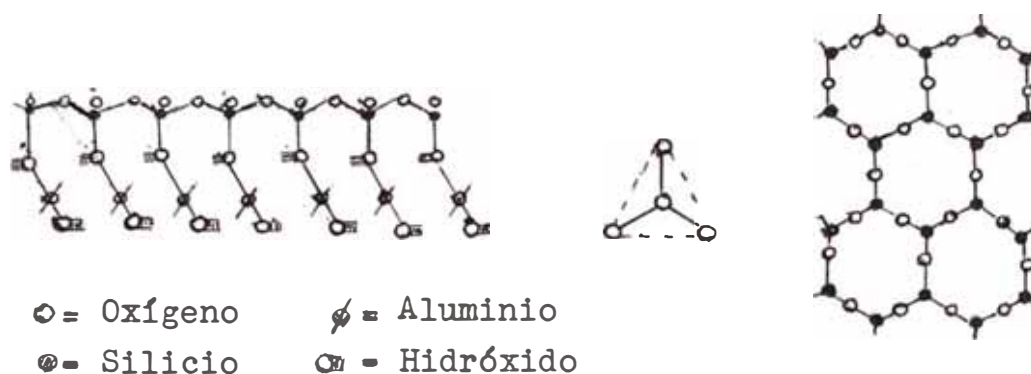


Fig. 1.-Diagrama simplificado de la Caolinita.

Las figuras rígidas a travez de la capa ocurren cerca de la parte superior donde tres de las cuatro esquinas de cada uno de los tetraedros se encuentran ligados formando anillos que podrían aparecer como hexagonos si son vistos desde arriba. La cuarta esquina de cada tetraedro está hacia abajo y unida a los átomos de aluminio los cuales a su vez se unen en cada lado con los grupos de oxidrilos y oxígeno. El dibujo se continuaría indefinidamente hasta que un lado se encuentre roto. Las capas se encuentran amontonadas pero son fácilmente separables como en la mica. Es posible para esta estructura reaccionar químicamente como unidad, aunque puedan contener indefinido número de átomos dependiendo del tamaño de las estructuras. La naturaleza química de la parte superior de la estructura es diferente de la inferior y ambas reaccionan químicamente de modo distinto en las reacciones que tienen lugar en los extremos rotos.

Hay otras arcillas minerales del tipo de la caolinita, pero sus estructuras no han sido definidas. La montmorrillonita es particularmente interesante, porque se han encontrado sus ventajas en los fluidos de perforación y tiene algunas de las propiedades de la caolinita. La razón de SiO_2 a Al_2O_3 en el análisis químico es mucho mayor, siendo casi 4:1 y la diferencia aparece ser debida parcialmente a calcio, sodio o magnesio. La presencia de estos elementos parece indicar que pueden ser isomorfos con el aluminio en una estructura que es muy semejante a la

caolinita.

QUIMICA SUPERFICIAL DE LAS ARCILLAS MINERALES.-

Retención de agua.- Se ha estudiado la proporción en que los suelos coloidales y los suelos cristalinos retienen el agua, y los resultados se han relacionado con la estructura cristalina. Se considera que hay tres maneras de tener el agua en combinación: (1) agua de cristalización, (2) agua de los extremos rotos o de ligaduras rotas y, (3) agua planar.

El agua de cristalización se combina dentro de la estructura cristalina como parte de la molécula. Se encuentra firmemente unida. La caolinita puede ser calentada al rededor de 500°C, para eliminar su agua de cristalización y el compuesto anhidro resultante es totalmente distinto a la caolinita. El agua se forma por la liberación de dos de los grupos oxidrilos en la fig. 1, dejando un átomo de oxígeno dentro del cristal y desprendiendo una molécula de agua. En todas las reacciones a bajas temperaturas a las que son sometidas las arcillas y lutitas, el agua de cristalización permanece intacta.

El agua unida a las arcillas minerales y la cual puede ser eliminada a temperaturas menores de 350 a 400°C, está usualmente combinada en la superficie de las moléculas o estructuras de armazón y de aquí que, se clasifica como agua absorvida. Esto es una reacción típica de la química superficial. La naturaleza de la superficie en la cual el agua se encuentra, se determina por la fuerza de unión, la cantidad de agua, y la temperatura a la cual el agua puede ser liberada.

El agua de los extremos rotos, es aquella que se encuentra unida en las áreas rotas de las estructuras de armazón, en los lados rotos o márgenes de las estructuras micaceas y en los lados más pequeños de ter-

minales de las estructuras fibrosas. A mayor finura del grano las partículas incrementan su capacidad de absorber agua en las partes rotas por aumento de las áreas en las cuales la estructura cristalina llega a ser discontinua, por otra parte es posible dispersar las láminas micaceas o romper la estructura fibrosa, sin dañar las uniones cristalinas rígidas, y por lo tanto, sin incrementar el agua de los extremos rotos. También se ha demostrado que la cantidad de agua que entra en combinación en algunos minerales típicos puede ser incrementada enormemente a mayor finura del grano y que la temperatura requerida para eliminar esta agua de los extremos rotos es mayor en 200°C que el punto normal de ebullición del agua. Normalmente en la naturaleza de las arcillas y lutitas, este tipo de agua no puede ser eliminado y podría incrementarse su cantidad cuando cualquier fuerza natural aumente la división de las partículas, rompiendo la estructura cristalina.

El agua planar no esta tan rígidamente unida a las arcillas minerales. Está soportada por fuerzas electroestáticas a lo largo de la parte superior e inferior de las láminas de los minerales de estructura micacea. En la fig. 1 la parte superior y la parte inferior de la molécula de caolinita puede verse que consiste de tetraedros de sílice y octaedros de aluminio, o tetraedro respectivamente. Estas áreas están químicamente saturadas; su potencia química de combinación ha sido utilizada por la molécula, una condición que no se encuentra en la parte rota donde alguna potencialidad química de reacción permanece. Las únicas fuerzas remanentes para atraer el agua son fuerzas electroestáticas débiles, las cuales son debidas a una ligera polaridad superficial. El agua retenida en estas áreas puede evaporarse tan fácilmente como agua libre.

Esta agua planar es la causa del hinchamiento de las arcillas cuando se humedece y de la contracción cuando se seca. Ya que es casi como agua ordinaria libre, los suelos coloidales atraen agua a estas áreas, sólomente cuando hay un exceso de agua, pero la pierden cuando el aire es seco. Esto pone en evidencia que la parte superior e inferior de las moléculas atraen agua más fuertemente que otras. En las lutitas profundas el agua de esta clase ha sido eliminada por sobrepresión y frecuentemente causan muchas dificultades en las operaciones de perforación porque tienden a hincharse por la absorción del agua del lodo en forma de agua planar.

Ya se ha estudiado que las moléculas de los materiales parecidos a la caolinita son polares. En los tetraedros de sílice la parte superior de las capas, es más negativa que la parte inferior, formando capas de aluminio y grupos de oxígeno. Esta polaridad podría encausar al agua a deslizarse entre los espacios de las láminas. Uno puede imaginarse perfectamente que la caolinita es parcialmente soluble en agua en una dirección en el espacio, pero insoluble en las otras dos direcciones.

Las bentonitas tienen esta propiedad llevada al extremo del hinchamiento. Son conocidas como moléculas de estructuras similar a las de las caolinitas pero la razón de la sílice a la alúmina es dos veces mayor, y la deficiencia es principalmente debida a los éxodos de potasio, sodio, calcio y magnesio. En esta estructura puede observarse isomorfismo, es decir que puede haber átomos de calcio o magnesio reemplazando a los átomos de aluminio. Esto podría en gran parte incrementar la polaridad de la molécula, haciendo que la parte inferior tenga una carga positiva mucho que la parte superior, y de aquí se deduce la gran capa de agua que puede ocurrir en las bentonitas. Por medio de los estudios roentgenográficos se ha encontrado que el agua puede almacenarse entre las moléculas de la bentonita en un espesor de 24 capas de moléculas, únicamente

debido a la influencia del aire húmedo. La bentonita puede decirse que es francamente soluble en agua en una dirección en el espacio, que es perpendicular a los planos de las moléculas. La doble estructura molecular, algunas veces considerada que tiene tetraedros de sílice en cada lado, podría no tener tal polaridad, y no es aceptada por algunos investigadores.

IONIZACION Y CAMBIO DE BASE.-

Se ha observado que los ácidos coloidales aluminosilícicos de los suelos son relativamente fuertes y pueden ser titulados con bases de igual manera que cualquier ácido. La electrodiálisis de los coloides de los suelos y las bentonitas generan ácidos relativamente fuertes como se comprueba por el pH de 2 a 3 en el agua. La arcilla electrodiálítica representada por OH^- -arcilla- H^+ , cuando se suspende en agua contiene más iones (H^+) que oxidrilos (OH^-). Por lo tanto la partícula de arcilla en suspensión adquiere una carga negativa y el pH medido corresponde a un ácido.

La parte inferior de la molécula de caolinita está compuesta de átomos de oxígeno y grupos de oxidrilos formando una parte de la estructura cristalina (fig. 1), tendiendo a ser la polaridad positiva. Es por lo tanto posible que los iones de hidrógeno, en la parte inferior de las capas se ionicen en el agua, justamente como lo haría un ácido. La única diferencia entre este ácido y un ácido ordinariamente soluble radica en la ligadura rígida lateral con la molécula, y la subsecuente rigidez del anión coloidal.

Las bentonitas son particularmente ácidos fuertes. El mismo incremento en la polaridad de que se ha hablado, como la explicación del extremo hinchamiento de las bentonitas, contribuye a la relativa facilidad

de la dispersión de los iones de hidrógeno y la acidez subsecuente.

El hecho de que los pesos equivalentes de la bentonita no dependen del tamaño de la partícula es una evidencia de que las capas de agua entre las moléculas son de gran espesor para permitir a los iones moverse en ellas y salir.

Cuando todos los grupos OH en las caras de la molécula son reemplazados por Na, la arcilla ácida se transforma en una sal sódica. Esto ocurre con el pH superior a 9. El átomo sodio se desprende más fácilmente que el átomo hidrógeno, por lo tanto las arcillas sódicas están más inclinadas a ser completamente ionizadas, y a tener una mayor carga total negativa en la micela, y por lo tanto formar suspensiones más estables. Datos cuantitativos han sido presentados, demostrando que la cantidad de sales coloidales ionizadas aumenta en el orden de Cs, Rb, NH_4 , K, Na, Li, por los iones monovalentes y Ba, Sr, Ca y Mg para los iones bivalentes. El ión hidrógeno tiene una tenacidad mucho mayor a la unión que cualquiera de los iones metálicos mencionados anteriormente. Ya que las arcillas de Na y de Li están más completamente dissociadas que las de los otros elementos, dejando moléculas de alta carga negativa, hay una decidida tendencia de esas arcillas para separarse en un número mucho mayor de micelas arcillosas delgadas. Las cargas negativas retienen las moléculas arcillosas en suspensión por repulsión eléctrica y la energía cinética molecular mantiene a las partículas en movimiento Browniano.

Así los ríos acarrearán las partes coloidales de la superficie de los suelos y de las arcillas, y este acarreo es más facilitado si dichas partículas coloidales son ligeramente alcalinas y libres de sales de calcio y magnesio. En el punto donde el río entra al mar, el exceso de sal, junto con el suministro enorme de calcio y magnesio ionizados en el agua de

mar hace a las arcillas coloidales inestables. La mayor absorción de los iones de calcio y magnesio efectúa una reducción en la carga negativa y consecuentemente aumenta las partículas que precipitan. Este proceso es una de las mayores causas de la formación de deltas en la desembocadura de los ríos.

Las sales marinas en un tiempo formaron parte de los suelos superficiales y de las arcillas. Sufrieron la defloculación, transportación y las reacciones marinas, siendo finalmente sepultadas bajo grandes capas de sedimentos. No es de sorprender que muchas de ellas produzcan tantas dificultades en la perforación. Cuando está en contacto con agua fresca de nuevo, particularmente con alto pH, y reducidas presiones, procediendo a deflocularse, hincharse y contribuir con sus iones intercambiables de calcio y magnesio a formar dificultades con los lodos. Casos serios se presentan en las llamadas "Lutitas deleznales" cuya perforación, por lo general, es excesivamente costosa, siendo necesario mantener alto peso específico durante la perforación de las mismas. El agua debe ser agregada para diluir los coloides a la vez que se adiciona el material pesado necesario para mantener la densidad deseada.

COHESION Y GELATINOSIDAD.-

El flujo plástico de las suspensiones de arcillas es bien conocido y el estado tixotrópico ha sido conocido recientemente, definiéndose por tixotropía o gelatinización de una suspensión su capacidad para originar una transformación isotérmica reversible del estado líquido a otro estado gelatinoso. La palabra tixotropía está derivada del griego que significa literalmente "cambio por agitación". De manera que la gelatina puede volver al estado líquido simplemente agitándola. La rapidez de la formación de una gelatina varía con las características físico-químicas

de la suspensión coloidal siendo esta propiedad la que determina la plasticidad de las suspensiones de arcillas. Los datos presentados gráficamente en la fig. 2, servirán para proporcionar más luz en la naturaleza de este fenómeno el cual es esencialmente un problema superficial.

Una bentonita determinada ha sido preparada en concentraciones que varían desde 4.5 a 6.5 por ciento. Las suspensiones se dejaron reposar por algunas semanas y se determinó la rapidez a la cual se gelatinizaban desde un punto inicial en el cual no tenían gelatinosidad. Los instrumentos usados fueron el Galómetro de torsión, consistente en un cilindro de bronce de dimensiones especificadas, suspendido de un alambre de acero y previsto de medios necesarios para darle torsión al alambre a un ángulo deseado. El cilindro se sumerge dentro de la suspensión bentonítica después de que ha sido agitada perfectamente con el objeto de eliminar la gelatinosidad. Se le permite a la bentonita, durante cierto tiempo, formar el gel, después del cual el alambre se hace rotar cuidadosamente con un ángulo que aumenta constantemente. Un ligero apuntador en el cilindro y otro en la parte superior del alambre, permite observar la fuerza a la cual fué suficiente romper, la gelatinosidad de la suspensión de bentonita.

La calibración del alambre y del cilindro permite calcular la fuerza de gelatinosidad en unidades absolutas, esto es, dinas por centímetro cuadrado.

La gelatinosidad aumenta rápidamente al principio, la fuerza de gelatinosidad se aproxima a un valor constante con el transcurso del tiempo. Tanto la rapidez de gelatinización como la fuerza final de gelatinosidad aumenta con el porcentaje de bentonita. La gelatinosidad se ha encontrado que sigue esta ecuación relativamente simple:

$$S = \frac{S' Kt}{1 + Kt}$$

en donde:

S es la fuerza de gelatinosidad en el tiempo t.

S' es la fuerza de gelatinosidad que se aproxima a un valor constante después de un gran tiempo transcurrido y,

K es una constante.

En la fig. 3 hay valores de $1/S'$ y las intersecciones son los valores de $1/KS'$. De esta manera fué posible calcular el valor final de la fuerza de gelatinosidad en cada caso y los valores de K.

La bentonita de prueba tenía un pH de 9.2 y las gráficas 1, 2 y 3, en la fig. 2 y 3, presentan los valores de los porcentos 4.5, 5.5 y 6.5 de la bentonita con su pH. Las medidas fueron hechas de suspensiones similares a mayor alcalinidad con el mismo método. Es evidente que el valor final de la fuerza de gelatinosidad de los geles bentoníticos aumenta en cada suspensión con los valores del pH.

Los cambios en las constantes de rapidez no son tan regulares, pero hay una tendencia general para la rapidez de la gelatinosidad de fallar con un pH de 10 y elevarse de aquí en adelante. Esta es la evidencia directa de que el agua planar se separa más efectivamente de las partículas coloidales a valores de pH mayores de 9.

Este comportamiento de la bentonita es significativo debido a que es característico de todos los coloides minerales de arcillas y lutitas. Esta es la causa del carácter plástico de la suspensión de arcillas y lutitas, Al tomar cualquier medida de viscosidad la gelatina está continuamente formándose y se está rompiendo por el líquido en movimiento. La consecuente viscosidad es mucho mayor a baja rapidez de esfuerzo cor-

FIG. 2.- RESISTENCIA GELATINOSA CON RELACION AL TIEMPO

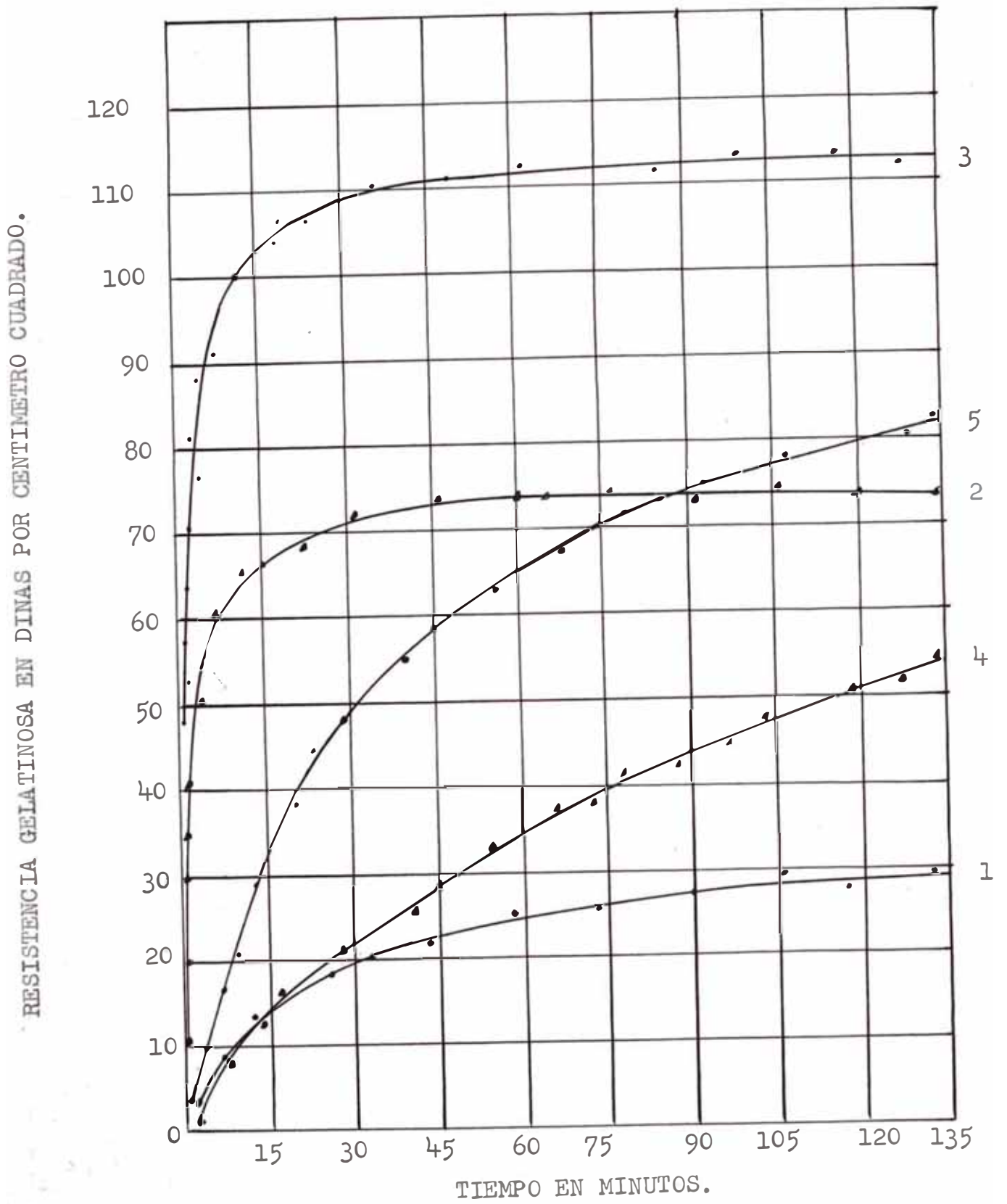
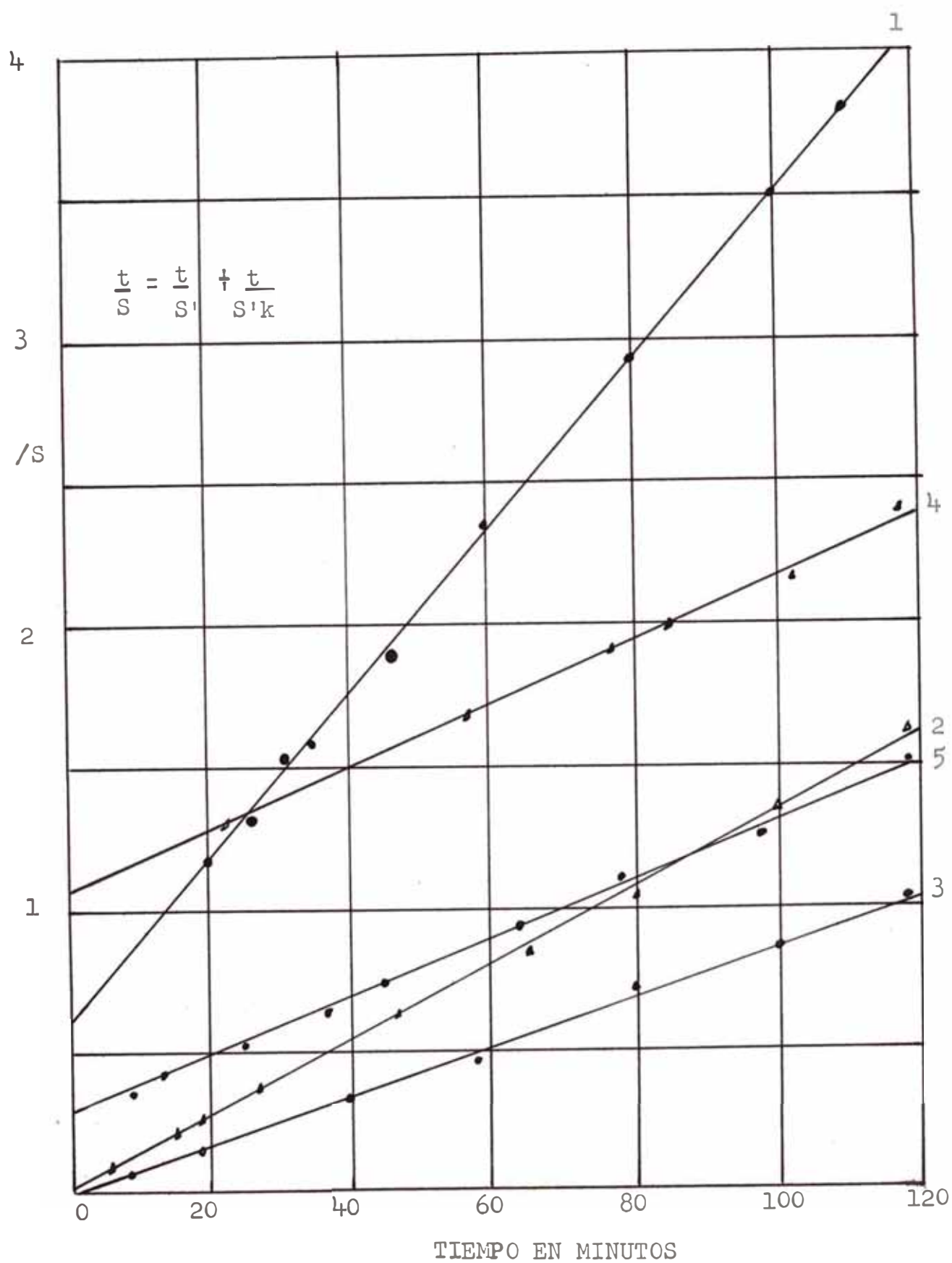


FIG. 3.- RESISTENCIA GELATINOSA Y RELACION DE LAS CONSTANTES.



tante porque la fuerza de la gelatinosidad se va elevando, y disminuye a alta rapidez de esfuerzo cortante porque la gelatinosidad es fácilmente eliminada. Este es uno de los factores principales cuando el lodo se "corta" por gas, puesto que permite la rápida eliminación del gas suspendido. El efecto en el asentamiento de arena y los cortes suspendidos es obvio.

Uno de los agentes más comunes para reducir la viscosidad es el tanato de sodio. Las gráficas numeradas con 4, en las figuras 2 y 3 fueron obtenidas después de la adición de 0.1 por ciento de tanato de sodio a la suspensión conteniendo 5.5 por ciento de bentonita. La constante S' para estas gráficas es 104, la constante de rapidez es 0.0089 y el pH cerca de 9.2. Es claro que el efecto del tratamiento es predominantemente en la rapidez de gelatinización. La viscosidad fué medida por cualquiera de los métodos usuales y aparece reducida, por que en la formación del gel disminuye la rapidez, pero no la fuerza de gelatinosidad final.

El mismo efecto puede ser obtenido aún grado mucho menor por una mayor conversión o completa conversión de las arcillas minerales a sales de sodio. Una muestra de bentonita igual que la anterior fué electrodiálizada a un pH de casi 2.8 y luego se incrementó el pH hasta 9.9 con NaOH puro. La concentración fué ajustada a un 5.5% y la ecuación de gelatinosidad determinada. Las curvas 5, de las figuras 2 y 3 muestran el resultado. Los valores de S' fueron de 99.7 y la constante de rapidez de gelatinización k fué de 0.033 en tanto que la misma condición anterior a la eliminación de los iones intercambiables de calcio y magnesio tenía $S' = 129.9$ y $k = 0.130$. La misma muestra electrodiálizada dió $S' = 118$ y $k = 0.067$ con un pH de 10.7. Es claro que la eliminación

de los iones debilmente ionizados de calcio y magnesio de sus posiciones intercambiables y su remplazamiento por sodio, ha disminuido en gran parte la rapidez de gelatinización.

INTERPRETACION DE LOS DATOS DE GELATINIZACION.-

La relación entre fuerza de gelatinosidad y tiempo puede ser explicada por un mecanismo relativamente simple. Smoluchowski propuso una solución matemática al problema de la formación de agregados coloidales de una dispersión coloidal. Esta fórmula puede escribirse:

$$N = \frac{N_0}{1 + kt}$$

donde:

N-representa la suma de todos los agregados después del tiempo t, partiendo con N_0 partículas separadas y suspendidas en el tiempo cero. Esta ecuación muestra como puede ser calculada la constante k.

Se puede considerar que las suspensiones de bentonita consisten de N_0 partículas en movimiento, completamente libres unas de otras y las cuales se gelatinizan al unirse, a una rapidez determinada por la ecuación de Smoluchowski. La gelatina está completamente formada cuando forma un agregado en el cual todas las partículas están unidas. La fuerza de gelatinosidad sería mucho mayor, a medida que aumenta el número original de partículas. Puede resumirse:

$$S = k (N_0 - N)$$

Y la sustitución y simplificación de esta ecuación nos proporciona la ecuación de gelatinosidad anterior.

Los efectos de la adición de NaOH sobre el incremento del pH en los valores de S' y la rapidez de gelatinosidad se ponen de manifiesto. Las arcillas sódicas están mucho más ionizadas y consisten de un número mucho

mayor de partículas de menor tamaño que las arcillas ácidas, o que las arcillas de calcio y magnesio. La rapidez de gel k, sin embargo, puede disminuir y elevarse de nuevo pues aunque hay más partículas para gelatinizar existe un punto crítico del pH en el cual la máxima carga eléctrica y las gruesas capas de agua retardarán la unión.

Aunque hay diferencias de opinión en lo que concierne a la naturaleza de las fuerzas que causan que las partículas se adhieran, se ha encontrado por estudios hechos con rayos X y por el análisis químico que no son las mismas en las ligaduras rotas que en las ligaduras planares, y también que las ligaduras planares pueden diferir en polaridad. Más aún, entre las arcillas, lutitas y aún en las bentonitas más uniforme, hay una diferencia entre la forma de cristalización individual. Esta es la causa de grandes diferencias entre el tamaño de las partículas y su espesor, y puede ocurrir simplemente por haber diferente polaridad en diferentes moléculas de una partícula, causadas por el isomorfismo. Una partícula por tener una abundancia de moléculas polares puede deflocular espontáneamente en agua, en tanto que partículas de la misma clase, pero con menos polaridad requieren la adición de NaOH para liberar las ligaduras planares.

Es también claro que la liberación de las ligaduras planares puede ser ayudada por algún esfuerzo cortante en la suspensión.

En las partículas en las cuales las moléculas cristalinas no tienen polaridad suficiente para separarse por la acción química del agua simplemente, esto se consigue agitando la suspensión fuertemente. Esto es parecido a una subdivisión, excepto que las moléculas se separen en sus ligaduras planares, y no es necesariamente asociada con la formación de más ligaduras rotas. Algunas bentonitas tienen esta propiedad en un grado muy marcado.

Cuando las moléculas en suspensión se unen en sus ligaduras rotas,

grandes fuerzas de unión son necesarias. Esta fuerza aumenta con la temperatura y con el número de partículas, y decrece cuando se incrementan las cargas eléctricas de las moléculas. El tanato de sodio y otros agentes químicos pueden retardar la rapidez de gelatinización bien sea por incremento de las cargas eléctricas como resultado de la absorción de las micelas negativas o por un bloqueo de las valencias residuales. Hay una demostración de la bien conocida acción del grupo del metafosfato, y que es causado por un bloqueo más irreversible a las valencias residuales y con la consecuente reducción de la fuerza final de gelatinosidad así como de la rapidez de gelatinización.

Es posible suponer que tal condición química en las suspensiones de arcillas minerales permite que la dispersión de las partículas en láminas delgadas en las ligaduras planares, puede ser acelerada o retardada, y la gelatinosidad en las valencias residuales aumentada o debilitada. Es posible suponer también que estos cambios sean separados o simultáneos.

APLICACION A LOS PROBLEMAS DE PERFORACION.-

La importancia de un buen entendimiento de la química superficial de las arcillas y lutitas es obvio para quién está familiarizado con los problemas de perforación. Es necesario mantener las arcillas coloidales presentes en los lodos en la cantidad apropiada y en la mejor condición tixotrópica. Si los coloides minerales son deficientes no es conveniente la adición de ellos directamente. Es frecuentemente posible ajustar las condiciones químicas hasta que los floculados minerales de las formaciones que se están perforando sufran defloculación y entonces proporcionen la cantidad coloidal necesaria. Cuando esto sea posible, es mucho más económico que la compra de arcillas coloidales especiales.

Pero uno de los problemas más costosos es el contrario del expuesto

anteriormente. Algunas lutitas marinas encontradas al perforar, defloculan tan rápidamente en el agua del lodo que se acumula rápidamente. La viscosidad, fuerza de gelatinosidad y rapidez de gelatinización dan valores no tolerables y el único recurso es agregar agua y reemplazar los materiales pesados. Una inteligente solución del problema y la reducción de los costos y dificultades al perforar se basa solamente en un completo entendimiento de la química superficial de las arcillas de que se trata.

Por ejemplo las arcillas usuales en la suspensión responden a la adición de NaOH y taninos disminuyendo su gelatinosidad y por lo tanto permitiendo rápida eliminación del gas, aceptamiento de la arena, etc. El óptimo pH para esta acción degelatinizante aparece ser de 10, en donde la gelatinosidad tiene un valor muy bajo. Pero en este caso los agentes químicos que eliminan la gelatinosidad pueden actuar adversamente en los "cortes" de la lutita y deflocularlos. Refiriéndose a la ecuación de gelatinosidad, la rapidez de gelatinización y constante serán reducidas, pero el valor de N_0 estará aumentado. Bajo la influencia del tiempo y los esfuerzos cortantes, el valor de N_0 puede continuamente aumentar, con la tendencia de "hecer lodo" de la arcilla. Es frecuente por lo tanto encontrar que un pH por encima de 9 originará una marcada diferencia en la rapidez de acumulación de las arcillas coloidales durante la perforación.

Algunas lutitas se desintegran y floculan con rapidez extrema en el agua aún a valores de pH relativamente bajos. Se encuentran frecuentemente en las capas del Oligoceno Inferior y en el Eoceno Superior. Se caracterizan por uniones planares débiles, fácil hidratación y defloculación y su acción puede ser modificada por hidrocarburos absorbidos y

y fuerzas mecánicas. Es necesario recurrir a métodos no usuales para evitar su defloculación, pero es evidentemente claro que su diferencia de las otras arcillas es sólomente cuantitativa, no en la naturaleza química fundamental.

Como quiera que la naturaleza de las formaciones que están perforándose, debe conocerse en su química coloidal, se hará posible una inteligente maniobra de previsión en lugar de remediar el efecto. Esta maniobra llevará a considerar el programa completo de perforación, y se harán controles químicos tales que paguen dividendos al reducir el costo de mantenimiento, eviten dilaciones y disminuyan las dificultades.

LOS COLOIDES COMO UNA CONDICION ESPECIAL DE LA MATERIA.-

Las investigaciones sobre la libre hidrolización de sustancias tales como alúmina, caramelo, goma arábiga, albúminas, etc., ha demostrado que dichas sustancias se inclinan a formar gelatinas y precipitados amorfos, los cuales se difunden a travez del agua a una considerable baja velocidad en comparación con las sustancias cristalinas, tales como el cloruro de sodio, azúcar y glicerina; así mismo por medio de pruebas de difución a travez de membranas semi-permeables se ha comprobado que la sustancia cristalina realmente se difunden a travez de estas membranas, no así los cuerpos amorfos en las cuales no se ha observado la difusión a travez de dichas membranas.

Por la tendencia a la formación de cola o gluten de estas sustancias de extremada debilidad de difusión, se ha convenido en designarlas como "coloides" (del griego Kohha, cola o gluten). Por lo tanto al decir coloides, se hablará de la forma peculiar de agregación, como una condición especial de la materia. Los cristales y sustancias altamente difundibles

como posición a la clase anterior fueron denominados como "cristaloides". El fenómeno de la solución de una sal o cristaloides probablemente aparecerá en la solución de un coloide, pero sumamente reducido en grado, a la vez que el proceso es retardado. El cambio de temperatura que ocurre en el acto de una solución coloidal llega a ser escasamente perceptible, siendo sensible al incremento de la viscosidad y a la concentración. Aunque frecuentemente los coloides son disueltos en una gran proporción por sus solventes, aunque esta disolución es contrarrestada por una débil fuerza, generalmente son desplazados y precipitados por la adición a su solución de cualquier sustancia de otra clase. De todas las propiedades de los líquidos coloidales, su baja difusión en el agua, y su detención en forma de enjarre coloidal, son los que distinguen principalmente de los cristaloides.

Mientras que las soluciones de cuerpos cristaloides son altamente sápidos las soluciones de los coloides son singularmente insípidos.

La dureza de los cristaloides aparece en los coloides como un grado de pastosidad o ductilidad y en lugar de planos y ángulos cristalográficos, encontramos contornos más o menos redondeados. El agua de cristalización está representada por el agua de gelatinización. El agua en los hidratos gelatinosos ha sido descrita por M. Chevreul como retenida por "afinidad capilar", esto es por una atracción participada entre ambos atendiendo a su carácter físico y químico.

No hay una relación definida entre la constitución química y la condición coloidal, ni hay elemento particular o compuesto el cual tenga la naturaleza de formar coloides. Muchas sustancias pueden existir en condición coloidal o cristalográfica. Según Von Veimarn, cualquier cristaloides común, puede asumir un estado coloidal.

El estado de dispersión de una sustancia dada en una solución está influenciado por la constante dieléctrica del solvente, el grado de disociación disminuye y el de asociación aumenta cuando disminuye el valor de la constante dieléctrica. Esto ha sido demostrado con sales cristaloides.

Las soluciones de sales que resultan de la reacción de una base débil y un ácido fuerte, o viceversa, puede ser completamente coloidales en soluciones diluidas, debido a la hidrólisis, manteniéndose cristaloidal cuando las soluciones están concentradas.

Después de las consideraciones anteriores, podemos decir que el término "coloide" será usado en el sentido adjetivo, justamente como amorfo, cristalino, soluble, denso, etc., refiriéndose al estado o condición de agregación de la materia, más que la materia misma.

ESTIMACION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN UNA SUSPENSION COLOIDAL.-

Se ha determinado el tamaño de las partículas de arcillas por varios métodos basados en la fórmula de Stokes.

La determinación se hace basándose en el principio de la sedimentación en un líquido. Cuando las partículas caen a travez de un medio, por ejemplo un líquido, están influenciadas por la acción de la gravedad, la fuerza de los impactos moleculares sería más grande en el transcurso de su caída y consecuentemente la partícula encontrará una continua resistencia uniforme, aumentando cuando la viscosidad de la caída aumenta.

Un límite constante de velocidad es encontrado cuando la fuerza de la gravedad (F) es igual a la fuerza friccional (F'). Considerando que las partículas que caen son esféricas, Estokes demostró que:

$$F' = 6\pi n r v$$

donde:

η = viscosidad del medio de suspensión; r = radio de la partícula, y v = velocidad de la partícula. De aquí que la resistencia aumenta cuando la partícula llega a ser más grande y se mueve más rápidamente.

La fuerza F por la cual la partícula esférica es empujada hacia abajo es igual a mg , donde: m = masa efectiva y g la aceleración debida a la gravedad; ahora por tratarse de una partícula esférica:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 (p_1 - p_2)$$

donde: p_1 es la densidad de la partícula, p_2 la densidad del medio de suspensión. Entonces cuando $F = F'$ tenemos:

$$6 \pi \eta r v = \frac{4}{3} \pi r^3 (p_1 - p_2) g$$

de aquí que la velocidad límite de la partícula es

$$v = \frac{2 r^2 (p_1 - p_2) g}{9 \eta}$$

Esta es la fórmula de Stokes para la sedimentación la cual indica que una partícula de cierto tamaño, caerá con una determinada velocidad que aumenta rápidamente a medida que aumenta el tamaño de la partícula. De manera que las partículas grandes caerán más rápidamente que las pequeñas, y estas últimas permanecerán en suspensión durante más tiempo. Hay que tener muy en cuenta que la aplicación de la ley de Stokes en la medición del tamaño de las partículas de arcillas únicamente nos da la medida del diámetro de una partícula esférica equivalente, o sea una partícula de la misma composición pero de forma esférica la cual caería con la misma velocidad. El método más simple en la medición del tamaño de las partículas ha sido ideado por Bouyoucos y consiste en registrar la densidad de la suspensión con intervalos de tiempo predeterminados.

Se ponen 100 gramos de material seco, en suspensión en un litro de agua, perfectamente mezclada con un agente de dispersión como la sosa o la potasa, el mezclador será el que mejor se adapte para hacer una mezcla lo más perfecta que se desee, luego se coloca una probeta cilíndrica de 1000 cc. de capacidad en la que se introducirá un hidrómetro especial graduado en porcentaje de colores, leídos en intervalos de tiempo que corresponden a diámetros esféricos equivalentes. El cuadro siguiente muestra los diámetros correspondientes a los intervalos de tiempo.

Intervalo de tiempo	Diámetro de las partículas en mm.	Intervalo de tiempo	Diámetro de las partículas en mm.
1 min.	0.07784	30 min.	0.01421
2 min.	0.05505	60 min.	0.01005
3 min.	0.03481	120 min.	0.00710
4 min.			
15 min.	0.02010	180 min.	0.00560

Intervalo de tiempo	Diámetro de las partículas en mm.
4 Hrs.	0.00502
5 Hrs.	0.00450
24 Hrs.	0.00205
48 Hrs.	0.00145
96 Hrs.	0.00102

Este método tiene sus desventajas tales como el tiempo excesivamente grande para separar las partículas más pequeñas, y su aplicación únicamente a suspensiones que no se gelatinizan. En el caso de lodos de perforación, no es aplicable dicho método debido a la gelatinización.

Otro método es el aprovechamiento del efecto Tyndall, el cual con-

siste en proyectar un rayo Tyndall de un condensador objetivo pasando a travez de una celda que contiene la suspensión, medido en el campo de más brillantez por medio de un ocular. De esta manera el número de partículas en un volumen dado de la dispersión coloidal puede ser contando en el ultramicroscopio teniendo cuidado de que no haya partículas macroscópicas. El volumen de dispersión observado puede ser medido por un ocular micrométrico. Entonces se considera (1) que todas las partículas presentes son reveladas como puntos o manchas de luz, (2) la densidad de las partículas macroscópicas es la misma que para las partículas en estado de fina subdivisión, (3) las partículas son de forma cúbica y el promedio del tamaño de ellas puede ser calculado, según la fórmula:

$$V = \frac{m}{p n}$$

Siendo m la masa de las partículas dispersadas en un volumen unitario, n el número total de las partículas, p su densidad y V su volumen promedio. Como considera que las partículas son de forma cúbica, entonces la longitud de un lado de la partícula estará dada por:

$$L = \sqrt[3]{\frac{m}{p n}}$$

La limitación más seria de este método en la estimación de las partículas coloidales es el hecho de que las partículas macroscópicas no deben estar presentes. Como una consecuencia un error de magnitud no conocida se presenta debido al cual quedan sombreadas o eclipsadas las partículas pequeñas, permitiendo así un error en la medida del volumen en la parte del cono Tyndall observado, en donde un grupo de partículas arracimadas se podría tomar por una partícula; otros errores también pueden consistir en la posible diferencia en la densidad como un resultado de la fina subdivisión de las partículas; también la consideración de

la forma cúbica da lugar a errores especificados, se seca y finalmente se pesa. Uno de los procedimientos mas aceptables y prácticos para la determinación del tamaño de las partículas es el de la supercentrifugación mediante la cual se pueden obtener partículas de tamaños especificados. La gran velocidad que adquieren estas centrífugas multiplican la fuerza gravitacional permitiendo así separar partículas de distintos tamaños. Separaciones de este tipo han sido efectuadas en una bentonita, de las empleadas comunmente en los lodos de perforación. Esta arcilla está constituida por partículas muy pequeñas, su grado de subdivisión es tan pequeño que la mayoría de ellas no pueden percibirse en un microscopio ordinario, cuya apreciación límite se encuentra entre 0.001 a 0.0005 mm. Por tal motivo para poder observar estas partículas se ha recurrido al ultramicroscopio con campo obscuro, el cual permite ver el contorno de las partículas pero no su forma. Las investigaciones por rayos X han probado que la estructura física de las partículas de arcilla es cristalina y en forma de placas, lo cual demuestra por los destellos que se ven en una suspensión diluída de arcilla mediante el ultramicroscopio.

El aumento enorme de la superficie expuesta por unidad de peso de arcilla es una consecuencia de la gran división de las partículas. Este aumento en la superficie es inversamente proporcional al diámetro de las partículas. Si por ejemplo tenemos un cubo de un centimetro de lado, el cual tiene una superficie total de 6 cm². y lo dividimos en pequeños cubos de 0.0001 mm. de lado, la superficie total será de 60,000 cm².; a esto hay que añadir la estructura porosa o capilar de la arcilla, la que aumenta la superficie expuesta al efectuarse la división, siendo mayor de lo que antes se indicó. La fina división de estas partículas tiene

la propiedad de formar suspensiones coloidales en los líquidos, de aquí su aplicación en los lodos de perforación.

La composición química de las partículas dispersas en agua se ha considerado de poca importancia, pues dado el gran estado de subdivisión de las partículas y como consecuencia el considerable aumento en la superficie, hay un predominio determinante de la energía y las fuerzas de la superficie sobre las fuerzas de origen químico, lo cual tiene una gran ventaja para los lodos de perforación, ya que el efecto de los reactivos que se agregan a éstos responde en forma semejante tratándose de arcillas de composición química muy variables. Aún no se ha aclarado completamente como se efectúa la reducción ocasionada por dichos reactivos, pero de una manera general se cree que éstos son absorbidos y orientados en las partículas de arcilla impidiendo así la adhesión de éstas y la formación de una estructura gelatinosa resistente, sugiriéndose también que estos reductores afectan más bien a la velocidad de gelatinización que a la viscosidad misma, por lo tanto persiste la creencia de que no hay afectación de la atmósfera iónica que rodea a las partículas.

CAPITULO III

PREPARACION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION.-

En los principios de la perforación Sistema-Rotaria por muchos años se estuvieron empleando como fluidos de perforación todos aquellos lodos obtenidos de arcillas seleccionadas y situadas en las cercanías de los pozos de perforación, posteriormente a medida que las exploraciones ocurrieron a mayores profundidades se tuvo la necesidad del empleo de fluidos de mejor calidad dando como resultado la eliminación de los lodos naturales y la aplicación de fluidos netamente artificiales.

El fluido original se preparaba haciendo pasar sobre los mantos de arcilla seleccionada chiflones de agua, con los que se obtiene una suspensión coloidal en cuyo contenido se encontraban tanto las Coalinitas con las Montmorrillonitas, dependiendo de la concentración de esta última las buenas propiedades del lodo; es decir que cuanto más Montmorillonita, propiamente dicho Bentonita, contenga una arcilla mejor será su calidad. Estos lodos son muy fáciles de flocularse debido a las impurezas que las arcillas contienen. Cuando sólo se cuenta con este tipo de lodo la necesidad de su tratamiento químico es evidente; como por ejemplo las arcillas del Campo de Cuichapa, Ver., de color verde olivo con las que se prepararon lodos. Mediante pruebas experimentales se logró preparar concentraciones de 20% de arcilla con lo que se obtuvo un lodo completamente floculado y con viscosidades mayores de 100 seg. Marsh, la adición de Pirofosfato Sódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) de 2 Kg/m³ de lodo dió resultados satisfactorios obteniendo un lodo con magníficas condiciones de plasticidad; el pH de 6.5 se subió a 8.5

Aunque el empleo inicial del lodo natural reduce el costo en la utilización de lodos químicos, esta reducción en el costo es puramente relativa debido a lo tardado de su preparación y a los deterioros que causa el equipo empleado para ello; esto si se considera hasta el momento de demorar la primera tubería de revestimiento a las profundidades que varían de 50 a 600 metros, según sea la profundidad a que está programado el pozo, pero como decía antes debido al tiempo empleado en prepararlo, actualmente se prefiere desde el momento que se inicia la perforación el empleo de bentonitas elaboradas comercialmente, como el Aguagel que es una selección de bentonitas que tienen propiedades coloidales muy ventajosas. Con este producto se forma un lodo con agua utilizando el 5% de

Aguagel, cuyas propiedades físicas corresponden a viscosidad Marsh 40-45 seg.; enjarre 2 mm.; filtración a presión constante de 10 a 11 cc. En cambio las arcillas naturales requieren cuatro veces la cantidad a la del Aguagel, sus características con las mismas viscosidades son: enjarre de 4 a 6 mm., dependiendo del tipo de arcilla, filtrado de 16 a 25 cc. Las ventajas que presenta el Aguagel son evitar derrumbes en las formaciones deleznable, pérdida de fluido, asentamiento de los materiales pesados que han sido agregados para aumentar la densidad, no permitir que los detritos que trae consigo por arrastre el fluido se precipiten cuando cese la circulación, embotando en esta forma la barrena; el gas ocluido es liberado con facilidad.

Otros productos que se emplean para el mismo propósito.

BAROID.-

Constituido por Barita ($BaSO_4$ mineral) de 95 a 98% de pureza finamente dividido pasando a travez de una malla del No. 325, su peso específico es de 4.1-4.3 gr/cc., se emplea para incrementar la densidad de los lodos, su efecto sobre la viscosidad es relativamente pequeño, aparentemente afecta el enjarre y el filtrado en una pequeña proporción pero después de un intervalo de 24 horas estas mismas condiciones se mejoran también en una pequeña disminución del filtrado y enjarre (compacto) con respecto a las condiciones originales.

ZEOGEL.-

Es una arcilla especial de base cálcica de peso específico 2.5, se usa en la presencia de formaciones de altas concentraciones de sal o agua salada, con la ayuda de un coloide orgánico.

LUBRI-PLASTIC.-

Es otra arcilla de base cálcica, su densidad es 2.3, su aplicación

es en las mismas condiciones que la anterior.

IMPERMEX.-

Un coloide orgánico constituido por almidón y una pequeña cantidad de protector germicida (penta-cloro-fenato de sodio), su aplicación es de gran importancia pues reduce considerablemente la pérdida de agua de los fluidos de perforación, siendo su uso más efectivo con los productos anteriores.

AQUAGEL-CEMENT.-

Es un producto que se ha obtenido por una mezcla de Aquagel y de cemento en cantidades experimentales. Se utiliza para casos severos de pérdida de circulación.

GELFLAKE.-

Son hojas delgadas de papel celofán fragmentado, se emplea como amortiguador evitando las pérdidas de circulación.

FIBERTEX.-

Material fibroso recuperado de plantas del tipo característico, su aplicación es relativamente poca. Se adiciona al lodo para prevenir las pérdidas del mismo en formaciones cavernosas o gravemente fracturadas.

MICATEX.-

Este es un producto de pequeñas hojuelas de mica; se utiliza para reducir la pérdida de agua en las formaciones y para evitar la pérdida del fluido de circulación.

LARODEX.-

Otro producto coloidal orgánico constituido por almidón y sin protector germicida, de calidad inferior a la del Impermex, sus usos los mismos que los del anterior.

ANHIDROX.-

Es un material seco pulverizado de BaCO_3 usado como reactivo para prevenir o vencer las contaminaciones de ANHIDRITA (CaSO_4) o YESO ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en los fluidos de perforación.

Tanto este reactivo como los restantes y que se citan a continuación se usan para mantener viscosidades normales por la continua defloculación de las arcillas, resultado en una gelatinosidad inicial, normalmente baja, y usualmente algo de reducción en la gelatinosidad a 10 minutos. Su efecto sobre la pérdida de agua o filtrado y espesor de la torta depositada en lo que respecta a disminución es relativamente poco o no se considera.

Quebracho, (ácido tánico) $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{O}_9$ (ácido m-galeilgálico o m-digálico.)

Pirofosfato ácido de Sodio ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$)

Cuadrafés, mezcla de diferentes fosfatos de sodio, cuyo contenido principal es el tetrafosfato de sodio.

Oilfés un producto comercialmente semejante al Cuadrafés.

Hexametafosfato de Sodio (NaPO_3)₆

Pirofosfato tetrasódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

Tetrafosfato de Sodio ($\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$)

Fosfato trisódico (Na_3PO_4)

Sosa caústica (NaOH)

Carbonato sódico anhidro comercial (Na_2CO_3)

Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3)

Además de otros productos que no se han citado ya que su aplicación en el campo del Plan, Ver., no ha sido necesario.

El control económico de los mismos es el resultado de pruebas experimentales verificadas en el Laboratorio sobre el mismo fluido en operación de cada pozo en particular, para encontrar la cantidad mínima, que establezca las buenas condiciones de plasticidad. Más adelante se verá el comportamiento químico de algunos de ellos.

SEGUNDA PARTE

CAPITULO VI

ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS INHERENTES AL FLUIDO DE PERFORACION QUE SE PRESENTAN EN EL CAMPO DE ACALAPA; VER. MEXICO. (AL PERFORAR ESTRATOS DE CONCENTRACION SALINA).

La presencia de estas lutitas en muchos campos y en lo particular en el campo de Acalapa, Ver. es muy común, su control en lodos ordinarios no es de peligro si estos se mantienen con una pérdida normal de agua a la vez que el peso de la columna hidrostática es suficiente para soportar la presión de la formación, antes de penetrar a la misma, teniendo en cuenta también si el tiempo en la terminación de pozo es relativamente reducido. Cuando la concentración de sal es mantenida abajo de 7000 p.p.m. reportada en forma de cloruro de sodio, el uso de carbonato de sodio o de fosfato disódico para precipitar las sales solubles de calcio es siempre util para reducir la velocidad de gelatinización en el lodo. La adición de quebracho es también recomendable.

ARENAS DE AGUA SALADA.-

Durante la perforación de un pozo puede encontrarse arenas de agua salada con presiones anormales. El flujo de agua salada ocurre cuando la presión de esta formación es mayor que la presión hidrostática de la columna del fluido. Sin embargo se ha demostrado muchas veces que no todos los peligros de un flujo de agua salada son eliminados tan pronto

como el peso del lodo ha sido elevado lo suficiente para contrarrestar el fluido de agua salada. La agua salada que ya ha entrado al lodo flo- cula las arcillas coloidales. La pérdida de agua aumenta rápidamente con el acompañamiento subsecuente de dificultades causadas por el aumen- to de viscosidad y espesor de la película o enjarre envolvente de la pa- red del pozo, consecuencias muy gravez que pueden resultar en un atasca- miento de la tubería de perforación y la inundación de las arenas pro- ductoras, si se tiene en cuenta que éstas ya han sido atravezadas.

LECHOS DE SAL.-

En ocasiones ha sido necesario perforar algunos metros de rocas de sal para asentar con cierto margen de seguridad la tubería de revesti- miento, cuando se tienen estos lechos muy próximos a las arenas produc- toras. Si el fluido en operación es de tipo bentonítico ordinario, como en el caso anterior, el peligro en la destrucción de las arcillas no se puede evitar aún con el aumento rápido del peso del lodo, pués la concen- tración de sal aumenta trayendo como resultado el desequilibrio de las buenas condiciones de plasticidad del lodo y finalmente el atascamiento de la tubería de perforación.

EFECTO DE LA SAL (NaCl) SOBRE LAS ARCILLAS COLOIDALES.-

Al atravezar lechos como arenas de agua salada o domos salinos, el agua fresca del lodo bentonítico se pone en contacto con aquellos y se observa rápidamente un aumento en la viscosidad, velocidad de gelatini- zación, el alto contenido de cloruro es evidente a la presencia de estos fenómenos. La emulsión coloidal bentonítica es destruída por el agua salada, ocurriendo un incremento en la interferencia de las partículas. Este **incremento** puede medirse por un incremento en la viscosidad. Como

ya se dijo antes los coloides en un fluido de perforación se dividen en dos tipos, teniendo en cuenta su comportamiento cuando están suspendidos en agua; los emulsoides y los suspensoides. Los emulsoides tienen gran afinidad por el agua y cada partícula de éstos se hidrata y se rodea así mismo de una película de agua. Los suspensoides no tienen gran afinidad por el agua, el peso demasiado pequeño de las partículas individuales las hace permanecer en el agua ya que no son capaces de contrarrestar la fricción entre sus superficies. Las partículas de suspensoides son rodeadas por una película de emulsoides, dando como resultado un lodo que tiene el peso del suspensoide, con propiedades químicas semejantes a los emulsoides. La acción de las cargas eléctricas negativas, y la partícula de agua absorbida sobre la superficie de los emulsoides, en una suspensión tipo bentonita, evita que las partículas individuales entren aún en contacto íntimo unas con otras.

Es evidente que el efecto de la alta concentración de sal (NaCl) consiste en neutralizar las cargas eléctricas. Según la ley de acción de masas, los iones positivos rodeados de partículas coloidales forzados a unirse cada vez más, neutralizan las cargas negativas permitiendo que las partículas se acerquen lo suficiente, formando así agregados que ya no son de dimensiones coloidales.

La acción es tan rápida que tiene como resultado un incremento en la viscosidad aparente del lodo y que se debe a la interferencia de las partículas. Los electrolitos de agua salada atraen fuertemente las moléculas polares del agua. De esto se entiende como resultado hay una deshidratación gradual de las partículas coloidales.

Probablemente en la verificación de las siguientes reacciones según el intercambio de iones, se realice tal deshidratación.



Reacción en que no hay cambio de pH.



Reacción en la que si hay cambio de pH volviendo ácido a la suspensión.

Estas reacciones son muy importantes en el control de los lodos de perforación, pues por lo general éstos se encuentran en el medio básico (pH 8-9) y si el lodo se encuentra con un fuerte flujo de agua salada rápidamente decrece su alcalinidad pudiendo llegar a ser ácido, efecto completamente indeseable, pues la corrosión en el equipo de circulación es ineludible. Debe tenerse muy en cuenta que la viscosidad, originalmente alta por el efecto de la sal, cae por abajo de la normal después de algunos días y en ocasiones hasta de horas, debido al efecto de la separación del agua que en un principio rodeaba las partículas coloidales claramente observado por el asentamiento de grandes agregados en las presas de lodo. De manera que los efectos por contaminación de sal (NaCl), son un aumento en la viscosidad, velocidad de gelatinización y pérdida de agua.

Después, como la floculación y la deshidratación de las partículas coloidales continúa, la viscosidad cae por abajo de su valor nominal y la pérdida de agua aumenta casi proporcionalmente a la concentración de los cloruros.

Estos fenómenos han ocurrido en muchas ocasiones, en los campos de Poza Rica y Cuichapa, Estado de Veracruz (México) lo cual ha dado motivo para el estudio de otro tipo de lodo, que resuelva de inmediato el problema de tales efectos. El lodo en cuestión estará en condiciones de atravesar las formaciones anteriormente citadas, sin sufrir ninguna alte-

ración, manteniendo todas las cualidades deseables del fluido circulante en equilibrio.

PREPARACION DE LODOS ESPECIALES EN LA PERFORACION DE ESTRATOS SALINOS.-

Selección de los coloides para la preparación del fluido en cuestión.-

Después de las consideraciones anteriores acerca del efecto de la sal (NaCl) sobre las arcillas ordinarias cuando se atravieza cualquiera de las formaciones descritas anteriormente, la selección de la arcilla coloidal que no sufra efecto sobre sus cualidades de plasticidad al atravezar estas formaciones es de gran importancia, pues si bien es cierto que se han estudiado y elaborado arcillas tales como "Lubrisal y Zeogel", que no sean afectadas cuando se encuentran en suspensión en un medio líquido, como agua fresca, al atravezar estas formaciones, el problema no se resuelve totalmente, con solo la aplicación de lodos de estos tipos de arcilla, pues además de que las condiciones de plasticidad no son completamente satisfactorias, las cuales están influenciadas por la concentración de NaCl así como de los coloides, de las formaciones capaces de cederle al fluido durante el proceso de perforación; su control se hace difícil y no nos suministran buenas cualidades de filtración y enjarre.

La buena propiedad de filtración es de vital importancia para formaciones deleznable, porosas, así como para las arenas productoras las experiencias en el campo de la práctica han demostrado que el límite máximo aceptable en la prueba de filtración es de 20 cc., pues con valores mayores sería peligroso el empleo del lodo, ya que trae como consecuencia el deslave y derrumbes de las paredes del pozo y finalmente el atascamiento de la tubería de perforación.

Los resultados de las pruebas de filtración que se hicieron en el Laboratorio para distintas concentraciones de agua de las arcillas Zeogel y

Lubrisal fueron superiores a 100 cc. lo cual nos indica que no es conveniente su uso en la preparación de lodos para atravesar las formaciones antes dichas, sin embargo se les selecciona para la preparación de fluido que se deseaba atendiendo al poco efecto que la sal (NaCl) ejercía en las suspensiones de esta arcilla en lo que respecta a su plasticidad. Ya se dijo en la primera parte de este tema que estas arcillas son de base cálcica, a esto hay que añadir la diferencia que existe entre el Zeogel y el Lubrisal, la cual consiste en la gran subdivisión de las partículas, es decir que el grano del Zeogel está más pulverizado que los del Lubrisal, lo cual demuestra que se necesita mayor concentración de Lubrisal que de Zeogel para tener un lodo de buenas características de viscosidad y gelatinosidad, como se podrá ver en las muestras que para el hecho se prepararon. Sin embargo los resultados fueron satisfactorios para dicho propósito, manifestando que los dos coloides ofrecen cualidades aceptables de viscosidad y gelatinosidad, pero no de filtración. Como el objeto primordial al estudiar este lodo era procurar una filtración lo más baja que fuera posible dado que en estos campos se presentan formaciones que urgentemente requieren una baja filtración porque de lo contrario ocurrían irremediablemente accidentes serios en la perforación, como lo es un atascamiento de la tubería, se hizo necesario entonces la aplicación de otro coloide que diera la cualidad deseada. Para tal hecho dió resultados satisfactorios, la utilización de un coloide orgánico como lo es el almidón, con el que se obtuvieron filtraciones deseables así como magníficas propiedades del enjarre.

El almidón es el hidrato de carbono, principal constituyente de muchas plantas, y es producido a partir del anhídrido carbónico absorbido,

con la colaboración de la clorofila llevado a los órganos vegetales como sustancia constructiva y almacenada en los periodos de gran asimilación en las semillas, tubérculos y raíces, como por ejemplo en las patatas y los cereales. El exámen microscópico revela, la estructura de los almidones como gránulos individuales de aspecto característico, la mayor porción del almidón esta retenida dentro de las membranas. Es casi completamente insoluble en agua fría. Con el agua caliente se origina un líquido viscoso, que no reduce el licor de Tehling y del que por enfriamiento se obtiene un sólido gelatinoso (engrudo). El almidón contiene un componente fosforado que se presenta en cantidades variables en los diferentes almidones naturales, el cual es muy probable que desempeñe un papel en la degradación enzimática del almidón. Según las investigaciones hay que distinguir en el almidón dos partes, la alfa-amilosa (formalmente amilopectina) y la gama-amilosa (formalmente amilosa). La amilopectina forma engrudo con el agua caliente y se colorea en violeta por acción del iodo. La amilosa se disuelve en agua sin formación de engrudo y es coloreada por el iodo en azul. La coloración azul antes mencionada, que toma el almidón por adición de yodo en yoduro de potasio, es interpretada por algunos como un caso de combinación química (yoduro de almidón), y por otros como un proceso de absorción, este último concepto es el mejor fundado y su aceptación ha sido general. La reacción del engrudo de almidón es tan sensible que ha sido utilizada para la investigación analítica cualitativa de huellas de yodo, así como para comprobar la existencia de almidón. Por calentamiento desaparece el color azul reapareciendo de nuevo por enfriamiento.

La fórmula empírica del almidón es ($C_6H_{10}O_5$). Los ácidos diluidos descomponen hidrolíticamente al almidón en glucosa, por lo tanto el

almidón está constituido de glucosa. La hidrólisis a glucosa se puede representar por la siguiente fórmula:



Cuando se interrumpe la hidrólisis ácida del almidón antes de que haya concluido, se obtienen dextrinas, sustancias amorfas, coloidales que reducen al licor de Fehling con diferente intensidad y que están siempre constituidas por una mezcla de diferentes grados de degradación del almidón. El efecto del almidón en el considerable mejoramiento de las características de filtración y enjarre sobre la pared de los pozos, cuando se tienen altas concentraciones de sal ha sido útil a la aplicación de los lodos de las arcillas antes mencionadas, con las que se ha hecho el estudio del fluido que resuelve el problema de las formaciones salinas.

Dos tipos comerciales de almidón se escogieron, el "Impermex" y el "Larodex", siendo de mejor calidad el primero, considerándose la calidad por la menor concentración que se utilizó de una en comparación con la del otro. Hay que hacer notar que la calidad para las buenas condiciones de filtración y enjarre con una menor concentración del coloide orgánico almidón, es probable que dependa directamente de la concentración de la amilosa, es decir que a mayor concentración de amilosa el coloide almidón será de mejor calidad utilizándose menor concentración para la obtención de las buenas cualidades de filtración y enjarre, comparativamente con otro coloide almidón que contenga menor concentración de amilosa, lo cual define al Impermex como de mejor calidad, pues siendo este almidón obtenido de la patata su concentración en amilosa es de 97% y 3% de amilopectina a diferencia del Larodex cuya concentración en amilosa es

de 76.5% y 23.5% de amilopectina. El Larodex se obtiene del trigo, y de aquí su inferior calidad. Ordinariamente el lodo que contiene almidón está predispuesto a la fermentación, sirviendo como medio de cultivo, y también como un buen abono para los microorganismos. Varias levaduras hongos y bacterias descomponen los almidones en dextrinas, azúcares, alcoholes, ácidos y bioxido de carbono.

Las fermentaciones pueden ser prevenidas haciendo el medio ambiente hostil al desarrollo o crecimiento de los microorganismos que atacan al almidón y esto se logra manteniendo una alta concentración de sal (NaCl) o alto pH por la adición de álcalis y también manteniendo la temperatura del lodo arriba de la máxima a la cual los microorganismos destructores pueden sobrevivir. También las posibilidades de fermentación pueden ser reducidas por la adición de un veneno o germicida, tales como pentaclorofenato de sodio, fenol o creosota. La selección del método para ser empleado depende de distintos factores, tales como contenido de sal del agua con la que se hace el lodo, duración de tiempo de perforación, naturaleza de las formaciones perforadas, viscosidad y peso que van a ser mantenidas. El medio hostil al desarrollo de los microorganismos hay que tenerlo presente antes de la adición del almidón. Así por ejemplo si se desea alto pH se agregan álcalis, junto con iguales cantidades de quebracho, como sean requeridos para mantener el equilibrio de la viscosidad y gelatinosidad, hasta que el pH del lodo sea poco mayor que 12, añadiéndose entonces el almidón para reducir la filtración al valor deseado. Cuando la sal es usada para prevenir descomposición del almidón por microorganismos, ésta se concentra en la fase líquida hasta que tenga un contenido de 15 a 26% dependiendo de los lechos de sal encontrados en la

formación y, en caso de que se desee, concentrar la fase líquida o en la misma sal de formación. El comportamiento de uno y otro lo podremos ver mejor en las muestras y análisis que a continuación se describen.

PREPARACION Y ESTUDIO DE LOS LODOS.-

MATERIALES EMPLEADOS.

Lubrisal, Zeogel, sal, Larodex, Impermex, sosa cáustica, Calhidra comercial, Quebracho, Barita. Solución AgNO_3 / 35.5 Indicador solución al 10% de Cromato de potasio.

APARATOS PARA LA VERIFICACION DE PRUEBAS.

Densímetros (Hidrómetro y Balanza Baroid) , Viscosímetro Stormer; Viscosímetro Marsh Baroid, Filtro Prensa Baroid, Shearómetro, Ptenciómetro Beckman, Papel indicador de pH y demás equipo usual de Laboratorio.

MUESTRAS Y ANALISIS.-

LODO A BASE DE LUBRISAL-SAL-IMPERMEX.

La cantidad óptima de coloides con la que se hizo esta muestra fué Lubrisal 100 kg. por metro cúbico de agua.

Impermex 15 Kg. por metro cúbico de lodo.

LODO A BASE DE LUBRISAL-SAL-LARODEX.

La cantidad óptima de coloides con la que se hizo esta muestra fué Lubrisal 150 Kg. por metro cúbico de agua.

Larodex 30 Kg. por metro cúbico de lodo.

Para el estudio en el Laboratorio se prepararon muestras de 500 cc. numeradas para distinguir las cualidades de unas con respecto a las otras.

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 2	CUADRO DE OBSERVACIONES							
	Condición original	Condiciones finales.						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ . de agua.....	100							
Impermex en Kg/m ³ de lodo.....	15							
Sal (NaCl) en Kg/m ³ .	100							
Barita en Kg/m ³ de lodo.....	420							
Calhidra en Kg/m ³ de lodo.....	2							
Viscosidad Marsh en segundos.....	10	9.6	9.8	9.8	9.8	9.6	10.5	11
Viscosidad Stormer en centipoises.....	6.6	6.3	6.5	6.5	6.5	6.4	6.9	7.5
Peso específico en gr/cc.	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Pérdida de agua en cc	43	21	22	21	20	19	8.9	8
Enjarre en mm.	4	3	3	3	3	3	2	0.5
pH.....	12	11	9.5	9.5	9.5	9.5	8.5	8
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ..	61,000							
Estabilidad.....	R	R	R	R	R	R	R	R
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre.	M	R	R	R	R	R	R	R

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 3	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	100							
Impermex en Kg/m ³ de lodo.....	15							
Sal (NaCl) en Kg/m ³ .	100							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	20							
Barita en Kg/m ³ de lodo.....	420							
Viscosidad Marsh en segundos.....	9.4	9.8	9	9	9	9.4	9.6	10
Viscosidad Stormer en centipoises.....	4.7	4.4	4.5	4.5	4.5	4.7	4.8	5
Peso específico en gr/cc.....	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Pérdida de agua en cc.	49	43.2	30	25	20	16	10	8.8
Enjarre en mm.	5	5	5	4	2	2	1	0.5
pH.....	12	12	12	12	12	12	11	9.5
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m....	61,000							
Estabilidad.....		R	R	R	R	R	R	R
Asentamiento.....		No	No	P	P	P	P	P
Calidad del enjarre		B	B	B	B	B	M.B.	M.B.

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-IMPERMEX.

4	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES.						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	100							
Impermex en Kg/m ³ de lodo.....	15							
Sal (NaCl) en Kg/m ³	100							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³	10							
Barita en Kg/m ³ de lodo	420							
Calhidra en Kg/m ³ de lodo.....	2							
Viscosidad Marsh en segundos.....	9.7	9.2	9	9	9.2	9.4	9.4	9.5
Viscosidad Stormer en centipésises.....	4.3	3.9	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	4
Peso específico en gr/cc.....	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Pérdida de agua en cc.	49	46	20	18	16	14	12	11.2
Enjarre en mm.	5	4	4	2	2	2	1.5	1.5
pH.....	12	12	12	12	12	12	12	12
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ...	60,000							
Estabilidad.....	R	R	R	R	R	R	R	R
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..		R	B	B	B	M.B.	M.B.	M.B.

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-LARODEX

MUESTRA Nº 3	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES.						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ de lodo.....	30	30	30	30	30			
Sal (NaCl) en Kg/m ³ .	100	100	100	100	100			
Calhidra en Kg/m ³ de lodo.....	1	1	1	1	1			
Viscosidad Marsh en segundos.....	10.5	11.4	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8
Viscosidad Stormer en centipoises.....	6.9	7.7	7	7	7	7	7	7
Peso específico en gr/cc.....	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Pérdida de agua en cc.	16	8.3	8.8	20	35.6	35.6	35.6	35.6
Enjarre en mm.	2	1	1	3	3	3	3	3
pH.....	9.5	8	6.5	6	4	4	4	4
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ..	61,000							
Estabilidad.....		B	R	B	B	B	B	B
Asentamiento.....		P	P	P	No	No	No	No
Calidad del enjarre.	R	B	B	B	B	B	B	B

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-LARODEX

MUESTRA N° 4	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES.						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ . de lodo.....	30							
Sal (NaCl) en Kg/m ³ ..				100	100	100	100	
Calhidra en Kg/m ³ de lodo.....	2							
Viscosidad Marsh en segundos.....	11	11.2	11.5	12	11.5	12	12	12
Viscosidad Stormer en centipoises.....	6.9	7	7.2	7.4	7.2	7.4	7.5	7.5
Peso específico en gr/cc.	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pérdida de agua en cc.	14.2	9	10.4	12	10	13	19	19
Enjarre en mm.	1.5	1.5	1	1	1	1.5	2	2
pH.....	12	11	9					

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-LARODEX

MUESTRA N° 5	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ de lodo.....	30	40	40	40	40	40	40	40
Sal (NaCl) en Kg/m ³ .	50							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	10	10	10	20	20	20	20	20
Viscosidad Marsh en segundos.....	10.2	10.3	10.7	10	10.5	11	11.5	11
Viscosidad Stormer en centipoises.....	6.3	6.3	6.7	6	6.6	6.9	7.2	6.9
Peso específico en gr/cc.....	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Pérdida de agua en cc.	9.3	6.8	32.5	41	23	13	10	15.2
Enjarre en mm.	1	1	3	4	1.5	1	1	2
pH.....	9.5	7.5	7	12	12	9.5	9	9
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ...	31,000							
Estabilidad.....	B	B	B	B	B	M.B.	M.B.	M.B.
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..	B	B	B	M	M	B	B	B

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-LARODEX

MUESTRA N° 6	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ . de lodo.....	30							
Sal (NaCl) en Kg/m ³ .	100							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	10							
Viscosidad Marsh en segundos.....	9.8	9.8	10	10.5	11	11	11	11
Viscosidad Stormer en centipoises.....	4.9	4.9	6.6	6.9	7.5	7.5	7.5	7.5
Peso específico en gr/cc.....	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Pérdida de agua en cc.	6.7	8	8.4	9.1	13	13.2	13.2	13.2
Enjarre en mm.	1	1	1	1	1	1	1	1
pH.....	9.5	8.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ...	61,000							
Estabilidad.....	R	R	R	R	R	R	R	R
Asentamiento.....	R	R	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre.	B	B	M.B.	M.B.	B	B	B	B

TIPO DE LODO LUBRISAL-SAL-LARODEX

MUESTRA N° 7	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ . de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ de lodo.....	30							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ ..	10							
Barita en Kg/m ³ de lodo.....	360							
Calhidra en Kg/m ³ . de lodo.....	100							
Viscosidad Marsh en segundos.....	13.8	18.8	12.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
Viscosidad Stormer en centipoises.....	8.6	11.7	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Peso específico en gr/cc.....	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Pérdida de agua en cc.	8	7.4	13.6	10.4	13.6	13.6	13.6	13.6
Enjarre en mm.	1	1	2	1	2	2	2	2
pH.....	9.5	8.5	7	7	7.5	7.5	7.5	7.5
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruro en p.p.m. ...	61,000							
Estabilidad.....	M.B.	M.B.	B	B	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..	M.B.	M.B.	B	B	B	B	B	B

TIPO DE LODO LUBRISAL -SAL -LARODEX.

MUESTRA Nº 9	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales.						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Lubrisal en Kg/m ³ de agua.....	150							
Larodex en Kg/m ³ de lodo.....	30							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	20		30				30	
Viscosidad Marsh en segundos.....	9.5	9.5	9	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
Viscosidad Stormer en centipoises.....	6	6	5.7	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Peso específico en gr/cc.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Pérdida de agua en cc.	5	15	11	24.2	22	23.4	23.4	23.4
Enjarre en mm.	0.5	1.5	1	3	1.5	1.5	1.5	1.5
pH.....	12	7	12	8	7.5	9	9	9
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Estabilidad.....	M.B.	M.B.	B	B	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	R	No	P	No	No	No
Validad del enjarre...	M.B.	B	B	R	M	M	M	M

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 1	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales.						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Zeogel en kg/m ³ de agua.....	60							
Impermex en kg/m ³ . de lodo.....	15					25		
Sal (NaCl) en kg/m ³ .	200							
Barita en kg/m ³ . de lodo.....		390						
Viscosidad Stormer en centipoises.....	15	65	50	55	50	50	50	50
Peso específico en gr/cc.....	1.06	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Pérdida de agua en cc.	15	27	22	27	26	10	10	10
Enjarre en mm.....	2	3	3	3	3	2	2	2
pH.....	7.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6	6	6
Gel a 0 minutos.....	3	20	18	22	15	15	15	15
Gel a 10 minutos.....	14	90	70	80	70	70	70	70
Estabilidad.....	M.B.	M.B.	B	R	R	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..	M	M	M	M	M	B	B	B

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 2	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES						
		Condiciones finales.						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Zeogel en kg/m ³ de agua.....	60							
Impermex en kg/m ³ de lodo.....	15	15	15	15	30	30	30	
Sal (NaCl) en kg/m ³	50							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	20							
Barita en kg/m ³ de lodo.....	630							
Calhidra en kg/m ³ de lodo.....	5							
Viscosidad Stormer en centipoises.....	39	35	15	15	15	15	15	21
Peso específico en gr/cc.....	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Pérdida de agua en cc.	140	129	105	102	10.8	10.8	14	10.9
Enjarre en mm.	20	16	14	13	1.5	1.5	1.5	1.5
pH.....	12	12	12	12	12	12	12	12
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	20	18	0	0	0	0	0	0
Estabilidad.....	M	M	M	M	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	P	No	No	No	No
Calidad del enjarre..		M	M	M	M.B.	M.B.	M.B.	M.B.

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 3	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES ●						
		Condiciones finales.						
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144	168
Zeogel en kg/m ³ . de agua.....	60							
Impermex en kg/m ³ de lodo.....	15				30			
Sal (NaCl) en kg/m ³ .	100							
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³	20							
Barita en kg/m ³ . de lodo.....	630							
Calhidra en kg/m ³ de lodo.....	3							
Viscosidad Stormer en centipoises.....	21	18	13	12	12	12	27	
Peso específico en gr/cc.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
Pérdida de agua en cc.	118	100	90	86	15	15	13	
Enjarre en mm.	14	13	8	7	2	2	1.5	
pH.....	12.5	12	12	12	12	12	12	
Gel a 0 minutos.....	0	0	0	0	0	0	0	
Gel a 10 minutos.....	15	13	0	0	0	0	0	
Cloruro en p.p.m.	61,000							
Estabilidad.....	B	B	M	M	B	B	B	
Asentamiento.....	P	P	No	No	No	No	No	
Calidad del enjarre..		M	M	M	M.B.	M.B.	M.B.	

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 4	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES					
		Condiciones finales.					
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144
Zeogel en kg/m ³ de agua.....	60						
Impermex en kg/m ³ . de lodo.....	25						
Sal (NaCl) en kg/m ³ .	200						
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	20						
Viscosidad Stormer en centipoises.....	55	55	24	24	22	22	16
Peso específico en gr/cc.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pérdida de agua en cc.	11.6	11.6	20	20	7.8	7.8	8
Enjarre en mm.....	1.5	1.5	3	3	0.5	0.5	0.5
pH.....	12	12	8.5	8.5	8.5	8.5	8
Gel a 0 minutos.....	18	18	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	90	90	4	4	0	0	0
Estabilidad.....	B	B	B	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..	R	R	R	M.B.	M.B.	M.B.	M.B.

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 5	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES					
		Condiciones finales.					
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144
Zeogel en kg/m ³ . de agua.....	60						
Impermex en kg/m ³ de lodo.....	25						
Sal (NaCl) en kg/m ³ .	200						
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ .	20						
Barita en kg/m ³ . de lodo.....	430						
Viscosidad Stormer en centipoises.....	75	75	23	20	18	18	20
Peso específico en gr/cc.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Pérdida de agua en cc.	16	16	12.8	11	9.8	9.8	11.9
Enjarre en mm.....	3	3	2	2	1	1	1
pH.....	12	12	9	8	8	8	8
Gel a 0 minutos.....	25	25	0	0	0	0	0
Gel a 10 minutos.....	110	110	0	0	0	0	0
Estabilidad.....	B	B	B	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre.	B	B	B	B	M.B.	M.B.	M.B.

TIPO DE LODO ZEOGEL-S&L-IMPERMEX

MUESTRA N° 6	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES.					
		Condiciones finales.					
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144
Zeogel en kg/m ³ de agua.....	60						
Impermex en kg/m ³ de lodo.....	25						
Sal (NaCl) en kg/m ³ ...	200						
Solución sosa-quebracho al 50% en lt/m ³ ..	20						
Calhidra en kg/m ³ . de lodo.....	10						
Viscosidad Stormer en centipoises.....	120	120	120	120	120	120	120
Peso específico en g gr/cc.....	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Pérdida de agua en cc.	158	158	185	168	168	168	168
Enjarre en mm.....	10	10	16	13	13	13	13
PH.....	13	13	13	13	13	13	13
Gel a 0 minutos.....	130	130	120	120	100	100	100
Gel a 10 minutos.....	130	130	130	120	120	120	120
Estabilidad.....	M	M	M	M	M	M	M
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre...	M	M	M	M	M	M	M

TIPO DE LODO ZEOGEL-SAL-IMPERMEX.

MUESTRA N° 7	Condición original	CUADRO DE OBSERVACIONES.					
		Condiciones finales.					
Intervalo de pruebas en horas.....		24	48	72	96	120	144
Zeogel en kg/m ³ . de agua.....	60						
Impermex en kg/m ³ . de lodo.....	25						
Sal (NaCl) en kg/m ³ .	200						
Viscosidad Stormer en centipoises.....	70	60	39	39	36	32	32
Peso específico en gr/cc.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pérdida de agua en cc.	9.6	8.0	6.8	5.2	6	7.1	7.1
Enjarre en mm.	1.1	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
pH.....	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Gel a 0 minutos.....	20	15	10	10	15	15	20
Gel a 10 minutos.....	100	90	30	25	20	25	25
Cloruro en p.p.m.....	115,000						
Estabilidad.....	B	B	B	B	B	B	B
Asentamiento.....	No	No	No	No	No	No	No
Calidad del enjarre..	R	R	R	R	R	R	R

Las pruebas se hicieron con intervalos de 24 horas, y como un caso práctico en el Laboratorio se utilizó el Viscosímetro Marsh empleando 500 cc. de lodo y midiendo el tiempo en segundos para desalojar 250 cc. del mismo.

El análisis del filtrado, tomando muestras de 0.1 cc. y titulando con solución de Ag NO_3 de normalidad 35.5 se reportó en forma de cloruros.

El asentamiento se consideró como el depósito de Barita en el fondo de los recipientes, la estabilidad como la separación de la solución acuosa y la suspensión coloidal.

Las abreviaturas que aparecen en los cuadros de observaciones indican lo siguiente: (M.B.-muy bueno-; R -regular-; M - mala-; P - poco-).

A la muestra N° 1 de lodo se le agregó 10% de NaCl, subiendo la pérdida de agua desde 7 cc. hasta 23.1 en 144 horas, teniendo una estabilidad regular y poco asentamiento, el pH fluctuó entre 4.5 y 6.

A la muestra N° 2 se le agregó 20% de NaCl, tuvo una estabilidad regular, pero la pérdida de agua varió, desde 7 cc. a 13 cc. en 120 horas de prueba.

A la muestra N° 3 se le agregaron primero 10% de sal y se elevó el pH hasta 9.5 con calhidra, aunque tuvo buena estabilidad, a las 120 horas, la pérdida de agua se elevó desde 8.3 hasta 35.6 cc., el pH bajó de 9.5 a 4.

A la muestra N° 4 se le subió el pH, con calhidra hasta 12 sin agregarle NaCl, la pérdida de agua se mantuvo durante 48 horas, bajando el pH hasta 9, teniendo buena estabilidad y ningún asentamiento. Después

de este tiempo se le agregó 10% de NaCl, y a las 120 horas, la pérdida de agua aumentó desde 10.6 hasta 18.7 cc., bajando el pH a 7.5 manteniéndose la estabilidad buena sin ningún asentamiento.

A la muestra N° 5 se le subió el pH primero a mayor que 12, sin agregarle cloruro de sodio, manteniéndose muy buena la estabilidad, nada de asentamiento, bajando el pH en 24 horas a 7, la pérdida de agua subió de 5 a 15 cc. Se le aumentó de nuevo el pH, con tanato alcalino hasta mayor que 12 y la pérdida de agua bajó hasta 11 cc., subiendo a las 24 horas siguientes a 24 cc., manteniéndose durante 72 horas más en las mismas condiciones con muy buena estabilidad, el pH disminuyó hasta 9.

A la muestra N° 6 se le subió el pH hasta 9.5 con tanato alcalino y posteriormente se le agregó 5% de sal, la pérdida de agua, subió en las siguientes 48 horas de 9.3 cc. a 32.5 cc., con buena estabilidad. Se regeneró el lodo subiéndole el pH a más de 12, con más tanato alcalino, se le agregó más almidón, bajando la pérdida de agua, en las siguientes 96 horas, hasta 10 cc. y el pH hasta 9, con buenas características de estabilidad, sin asentamiento. El enjarre, cuando bajo el pH a 7, estaba esponjoso mejorándose al regenerar el lodo, siendo adherente y de muy buena calidad.

A la muestra N° 7, se le agregó 10% de NaCl, y se le elevó después el pH hasta 9.5, la pérdida de agua original fué de 6.7 cc. y subió en las siguientes 120 horas hasta 13.2 cc. y el pH bajó hasta 7.5, obteniéndose siempre una buena película, nada de asentamiento, pero mala estabilidad.

A la muestra N° 8 se le subió el pH; hasta 9.5 con tanato alcalino, primero y posteriormente se le agregó 10% de NaCl, se le subió el peso al lodo hasta 1.4 y la pérdida de agua en 96 horas subió de 8.6 cc., has-

ta 13.5 cc., bajando el pH a 7.5 se mantuvo buena estabilidad, sin ningún asentamiento, y la película de buena calidad aunque no muy adherente.

A la muestra N° 9 se le subió el pH, con tanato alcalino hasta mayor que 12 y posteriormente se le agregaron 5% de NaCl, el pH se mantuvo durante 24 horas en 12, bajando al completar 120 horas hasta 7.5, tenía un peso específico de 1.4, manteniéndose todo el tiempo con muy buena estabilidad y la pérdida de agua varió desde 6 cc. inicial hasta 6.6 cc., pero teniendo valores mucho más bajos intermedios de 4.4 cc. y 4.8 cc., la película fué de muy buena calidad y adherente constantemente.

LODO A BASE DE LUBRISAL-SAL-IMPERMEX.

La cantidad óptima de Impermex fué de 15 kg/m³. de lodo.

A la muestra N° 1 se le subió primero el pH mayor que 12, con tanato alcalino y posteriormente se le agregó 5% de NaCl teniendo un peso específico de 1.4, la pérdida de agua fué de 10.2 cc. originalmente, notándose una disminución a las 24 horas a 7 cc. y fué la máxima que tuvo en las siguientes 240 horas, el pH se mantuvo durante 120 horas en 12 y hasta las 168 horas era todavía 11. La estabilidad manteniéndose de una manera regular, no tuvo asentamiento, la calidad de la película fué muy buena, sin ningún tratamiento posterior al inicial.

A la muestra N° 2, se le subió el pH con calhidra hasta 12 y posteriormente se le agregó 10% de NaCl, el lodo tenía un peso específico de 1.43 gr/cc., la pérdida de agua inicial fué de 42.8 cc., a las 24 horas fué de 21.2 cc. y se mantuvo durante 120 horas en ese valor, bajando posteriormente hasta 8.9 cc. a las 144 horas manteniéndose hasta 216 horas, bajando el pH de 12 hasta 9.5 en 120 horas, notándose que al bajar el pH a 8.5 la viscosidad sufrió un ligero aumento, pero la pérdida de agua disminuyó considerablemente. La estabilidad de manera general fué mala,

así como la calidad de la película, pero no hubo ningún asentamiento.

La muestra N° 3 se le subió el pH a mayor de 12, con tanato alcalino, pero previamente se le había agregado 10% de NaCl, el peso específico fué de 1.43 gr/cc., la película de agua inicial fué de 48.8 cc, bajando hasta las 120 horas a 16.4 cc., a las 144 horas bajó a 10 cc., siendo la pérdida de agua máxima en las siguientes 268 horas. El pH se mantuvo durante 120 horas, coincidiendo la disminución del mismo a 11 con la disminución de la pérdida de agua. La estabilidad fué, de manera general mala, hubo ligero asentamiento y la calidad de la película fué muy buena.

A la muestra N° 4 se le agregó 10% de sal, posteriormente se le subió el pH, con calhidra y tanato alcalino a mayor que 12, el peso específico fué de 1.43, la pérdida de agua inicial fué de 49.2 cc., bajando a las 72 horas a 20 cc. y a las 48 horas a 12 cc., siendo la máxima hasta las 240 horas, el pH se mantuvo casi constante, la estabilidad inicialmente fué mala y después regular sin llegar a ser buena, no tuvo ningún asentamiento y la película muy buena.

CONDICIONES PROPICIAS AL PREPARAR LOS LODOS

Los lodos mencionados se pueden preparar saturando el agua con NaCl o bien sin llegar a saturarla y subiendo el pH con tanato alcalino o con calhidra, con el objeto, en los dos casos de evitar la fermentación del Impermex.

En el primero de los casos la estabilidad del lodo, no es tan buena, comparada con la que se obtiene elevando el pH.

Cuando se sube el pH con calhidra, con una concentración mayor de 3 kg/m³. de lodo, la pérdida de agua aumenta considerablemente. Cuando la concentración es de 1 kg/m³. de lodo se tiene un pH menor de 12 y la pérdida de agua tiene un aumento relativamente rápido. Cuando se agrega

2 kg. de calhidra por metro cúbico de lodo, y el pH es mayor de 12, el lodo se mantiene en perfectas condiciones de plasticidad y estabilidad. Es indistinto aumentar la salinidad antes o después de aumentar el pH con Calhidra.

Cuando se sube el pH, con tanato alcalino, se encuentran dos condiciones, si primero se aumenta la salinidad, y posteriormente el pH, la estabilidad generalmente es mala o regular. Cuando se eleva primero el pH, o sea antes que la salinidad, la estabilidad y plasticidad son muy buenas, la película de enjarre es adherente, delgada y de muy buena calidad.

✓ En cuanto a la concentración de sal, con 5% es suficiente, cuando se sube el pH, con tanato alcalino o con Calhidra.

El pH, se mantuvo durante mayor tiempo cuando se utilizó como coloide protector el Impermex, de una manera general, podemos decir que el Larodex, fermenta más rápidamente, en cambio el Impermex contiene preservativo y la fermentación es si nó nula, sumamente lenta.

La pérdida de agua, al utilizar Impermex, fué disminuyendo a medida que pasaba el tiempo, probablemente por una mejor agitación y por la mejor calidad del coloide, subiendo el pH primero o agregando la sal, en los dos casos fué indistinto y se observó el mismo fenómeno.

La pérdida de agua, al utilizar Larodex cuando se elevó el pH, con tanato alcalino, fué la mínima, cuando se usó sal, o se elevó el pH, con Calhidra, la pérdida de agua inicial bajó a las 24 horas siguientes.

Para subir el pH a mayor que 12 se necesitan entre 2.5 a 3 Kg. de sosa por metro cúbico de lodo e igual cantidad de quebracho.

LODO A BASE DE ZEOGEL-SAL-IMPERMEX.

Después de varias pruebas de suspensiones de Zeogel en agua simple y agua salada, que nos proporcionara un lodo con características aceptables de viscosidad y gelatinosidad, se consideró que 6% por peso de suspensión en cualquiera de estos dos medios de dispersión, era el más aceptable, por tal motivo se preparó la cantidad necesaria de lodo con dicha concentración o sea 64.2 kg. por metro cúbico de agua, de la cual se tomaron muestras de 500 cc. con las que se efectuaron las pruebas que a continuación se describen, como un resumen a los cuadros de observaciones.

Muestra N° 1.- Esta fué perfectamente mezclada con una cantidad de Impermex tal que correspondiera a 15 kg/m³. de lodo. Al observarse sus condiciones iniciales se tuvo una pérdida de agua de 14.6 cc., esta propiedad así como la gelatinosidad y plastisidad se consideraron aceptables. A las 24 horas se le aumentó la densidad a 1.5 gr/cc., agregándole a continuación sal (NaCl) comercial, (100 kg/m³. de lodo). La pérdida de agua aumentó a 26.6 cc. así como la viscosidad y gelatinosidad a valores relativamente altos, la calidad del enjarre mejoró hasta las 96 horas, a partir de las cuales se le aumentó el Impermex a 25 kg/m³. de lodo. La pérdida de agua disminuyó a 10 cc. manteniéndose prácticamente hasta las 216 horas, la gelatinosidad y viscosidad fueron dando valores menores pero relativamente altos. La estabilidad no se alteró, permaneciendo siempre en buenas condiciones, no hubo asentamiento. La calidad del enjarre estuvo en un término medio, el pH siempre fué menor de 7.

MUESTRA N° 2.- La muestra se mezcló perfectamente con Impermex (15 kg/m³. de lodo), y sal (NaCl) 50 kg/m³., a la vez que se le incrementó el pH con Calhidra (3 kg/m³.) y solución de tanato alcalino al 50% en

peso, (20 lt/m³.), aumentándose la densidad a 1.5 gr/cc. con barita. Sus características iniciales en lo que respecta a viscosidad y gelatinosidad fueron bajas, pero la pérdida de agua sumamente elevada, correspondiendo a 140 cc., el enjarre grueso pero resistente, manteniéndose en estas condiciones durante 72 horas, después de las cuales se observó que la pérdida de agua disminuyó a 102 cc. manteniéndose las condiciones de viscosidad y gelatinosidad, de las cuales se puede decir que sufrieron poca alteración, estabilidad mala y poco asentamiento. Se le aumentó la concentración de Impermex hasta 30 kg/m³. con lo que rápidamente bajo la pérdida de agua a 10.8 cc., lo mismo el espesor del enjarre, los que se mantuvieron con ligeras variantes en las 240 horas que se tuvo en observación, la gelatinosidad y plasticidad fueron muy buenas en comparación a las que se aceptan para los buenos lodos, el pH se mantuvo en 12 constantemente, la estabilidad mejoró notablemente, la calidad del enjarre muy buena y hubo poco asentamiento al final de las pruebas.

Muestra N° 3.- Esta muestra se mezcló perfectamente con Calhidra (3 kg/m³.), sal (NaCl 100 kg/m³.), Impermex (15 kg/m³.), y solución de tanato alcalino al 50% (20 lt/m³.). La pérdida inicial fué de 118 cc., espesor del enjarre 14 mm., pH 12.5, gelatinosidad y viscosidad aceptables. Estas condiciones se mantuvieron con ligeras variaciones durante 96 horas, al término de las cuales se aumentó la cantidad del Impermex a 30 kg/m³. de lodo, mejorándose notablemente las cualidades del lodo, bajando la pérdida de agua a 15 cc., el espesor del enjarre a 2 mm y muy adherente, magnífica estabilidad, ningún asentamiento. La gelatinosidad fué de cero a 0 y 10 minutos mantuviéndose durante las restantes 240 horas, así como el pH en 12.5.

Muestra N° 4.- Mezclándose perfectamente con Impermex, pero esta vez (25 kg/m³.) 10% de NaCl, subiendo el pH hasta 12; tanato alcalino (20 lts/m³.). Teniendo originalmente una pérdida de agua de 11.6 cc. y espesor del enjarre 1.5 mm., solo los valores de gelatinosidad fueron relativamente altos. Estas mismas condiciones se mantuvieron durante 144 horas, mejorando en todos sus aspectos, pues la pérdida de agua bajó a 8 cc. y el enjarre de muy buena calidad a 0.5 mm., sus características de plasticidad y gelatinosidad excelentes. A esta prueba se le aumento la densidad para poder observar el efecto de la estabilidad y asentamiento sin la adición de barita.

Muestra N° 5.- A esta muestra con las mismas cantidades de material coloidal que la anterior, se le aumentó la densidad con barita, y se mantuvo en perfectas condiciones. Al final de las 144 horas de prueba, la pérdida de agua fué de 11.9 cc., el espesor del enjarre de 1 mm y de muy buena calidad, el pH de 8. La viscosidad siempre estuvo en el término de las más aceptables, nada de gelatinosidad, ni de asentamiento, con magnífica estabilidad.

Muestra N° 6.- Con las mismas cantidades de Impermex, NaCl y tanato alcalino que 4 y 5 pero con mayor cantidad de Calhidra (10 kg/m³.), la viscosidad así como la gelatinosidad y la pérdida de agua fueron sumamente elevadas, pues aún después de 48 horas esta muestra tenía una pérdida de agua de 185 cc. y un enjarre de 16 mm. de espesor, la viscosidad y gelatinosidad muy altas, por lo que fué desechada.

Muestra N° 7.- A esta muestra se le mezcló perfectamente con Impermex (25 kg/m³.), y 10% de NaCl, sin subir el pH que siempre fué menor de 7, las condiciones iniciales fueron relativamente altas en lo que respecta a la viscosidad y a la gelatinosidad, no así en la pérdida de agua que

fué de 9.6 cc. y enjarre de 1 mm. A las 144 horas, sin variar las cantidades de material y reactivos, había mejorado en todos sus aspectos, pues la pérdida de agua bajó a 7.1 cc., el enjarre de muy buena calidad a 0.5 mm., la viscosidad y la gelatinosidad usualmente bajas. La estabilidad al final de las pruebas se mantuvo en perfectas condiciones.

OBSERVACIONES.-

La gelatinosidad dá valores relativamente altos y prácticamente constantes, cuando el pH del lodo es menor de 7, es decir, cuando se tiene el lodo original exhento de reactivos alcalinos. Cuando se incrementa el pH a valores mayores de 12, con tanato alcalino o Calhidra, la gelatinosidad dá valores mínimos en todos los casos, siendo los resultados más favorables con una mezcla de ambos alcalinizantes previamente controlados.

La concentración de Calhidra mayor de 0.5% afecta considerablemente todas las cualidades físicas del lodo principalmente en la viscosidad, gelatinosidad y pérdida de agua, siendo sus valores muy elevados.

La salinidad puede aumentarse hasta la saturación sin llegar a efectuarse cambios indeseables en las principales propiedades físicas del lodo, tal condición se aprovecha para utilizar sólomente cloruro de sodio hasta la condición de saturación y así evitar la fermentación del coloide almidón.

En este tipo de lodo, es indistinto subir el pH o aumentar la salinidad antes o después puesto que no se afecta en nada la estabilidad del mismo, que en todos los casos, fué mejor que la de los lodos anteriores.

El pH se mantiene durante mayor tiempo, cuando se empléa Calhidra en cantidades adecuadas, después de que el pH del lodo ha sido elevado a 12 con tanato alcalino, así mismo en los lodos anteriores, lo cual se aprovecha en el ahorro de reactivo tanato alcalino, que de otra manera se nece-

sitaría en gran cantidad para conservar el pH en 12, en pozos profundos en lo que se requiere considerable tiempo en la terminación de su perforación.

Según el cuadro de observaciones, puede verse que la pérdida de agua de una manera general, fué mejorando con el tiempo, así como la calidad del enjarre. Comparativamente atendiendo a las principales propiedades que más interesan, como lo son la viscosidad, pérdida de agua, enjarre y gelatinosidad, estos lodos resultan ser de mejor calidad que los anteriores. Pero tanto éstos como los otros dado que no manifiestan alteración de grave consecuencia en las propiedades de filtración y plasticidad, con la presencia de cloruros aún a concentraciones que llegan al grado de saturación pueden ser empleados como fluido circulante, dentro de los aceptables en los procesos de perforación. Por tal motivo, se hizo el cálculo de precio promedio por metro cúbico de lodo preparado para todas las pruebas que se consideraron como aceptables.

CONTROL DE LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LOS FLUIDOS EN LA PERFORACION DE DICHOS ESTRATOS.-

Este capítulo es sólo un bosquejo de los problemas comunes de los fluidos de perforación, fenómenos característicos de las contaminaciones que pueden presentarse y los métodos de tratamiento adecuado para evitar sus efectos. Las cantidades de reactivos empleados van de acuerdo con las pruebas experimentales sobre el lodo en cuestión.

CONTAMINACION CON CEMENTO.-

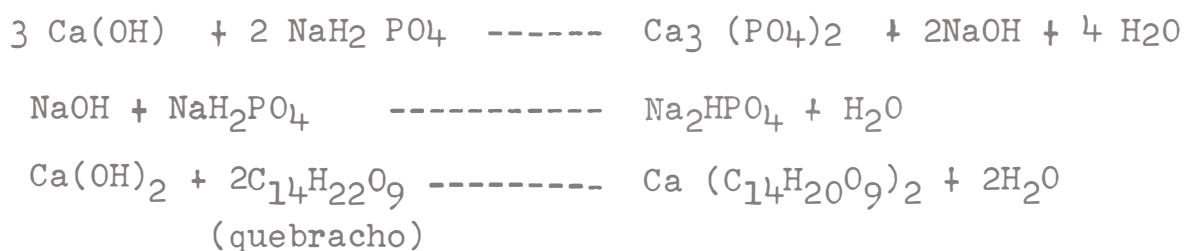
Síntomas.- Incremento en la viscosidad, rapidez y fuerza de gelatinización, pH y pérdida de agua.

TRATAMIENTO QUIMICO.-

Se emplea mezcla de fosfato monosódico y fosfato complejo, o pirofos-

fato ácido de sodio, hasta que el pH vuelva al valor anterior de la contaminación. Después se añade lentamente arcilla coloidal con uso continuo de fosfato complejo para controlar la viscosidad hasta que la pérdida de agua y la gelatinosidad sean normales. También es considerablemente efectivo el tratamiento con quebracho.

Reacciones en la transformación de Ca(OH)_2 en otro compuesto inmune.



PERFORACION DE LUTITAS CALIZAS.-

SINTOMAS.-

La viscosidad del lodo es generalmente baja, su velocidad de gelatinización alta, y débil fuerza de gelatinización. Al ser perforadas estas calizas prácticamente no hay formación de lodo.

TRATAMIENTO QUIMICO.-

Se añade carbonato de sodio, fosfato disódico neutro dependiendo del valor inicial pH, hasta que la viscosidad empiece a aumentar. Se notará muy poca o casi ninguna mejora en las propiedades del lodo mientras el tratamiento esté prácticamente terminado, entonces es cuando la viscosidad y las características de gelatinosidad mejoran rápidamente.

Ahora si la rapidez de gelatinización es aún muy alta después de que la viscosidad hubo aumentado hasta el valor deseado entonces se continúa el tratamiento con una mezcla de carbonato de sodio o fosfato disódico con fosfato complejo para controlar la viscosidad hasta que la rapidez

de gelatinización sea satisfactoria. La adición de arcilla coloidal es conveniente para las buenas características del enjarre.

PERFORACION DE ESTRATOS DE ANHIDRITA Y YESO.-

Al atravesar estos lóchos se encuentran rápidamente grandes cantidades de sales solubles de calcio.

SINTOMAS.- Incremento en la viscosidad, rapidez y fuerza de gelatinización, pérdida de agua y espesor de la torre.

TRATAMIENTO QUIMICO.-

Se emplea una mezcla de fosfato sódico o carbonato de sodio para eliminar el calcio y controlar la viscosidad. Se añade la bentonita que se requiere para mantener las pérdidas de agua dentro de los límites apropiados además quebracho que reduce la velocidad de gelatinización.

REACCIONES DE LA ELIMINACION DEL CALCIO.



ALTERACION POR DESCOMPOSICION DE LOS FOSFATOS A ALTA TEMPERATURA.-

SINTOMAS.-

La viscosidad del lodo incrementada continúa en las mismas condiciones a pesar de la adición constante de fosfatos. Su efecto se debe a la descomposición de fosfatos a temperaturas de 45° o mayores.

REACCION DE DESCOMPOSICION.-



TRATAMIENTO QUIMICO.-

Se emplea quebracho en igual cantidad que la utilizada en fosfatos.

Cuando esto no dá resultado se usa dicianamida ($C_2H_4N_9$) en cantidad 1.5 kg. por metro cúbico del lodo, añadida rápidamente, también es conveniente el uso de la dicianamida mezclada con fosfato complejo o quebracho según pruebas experimentales hasta obtener viscosidades satisfactorias. El uso excesivo de la dicianamida ocasiona a veces una reducción en la fuerza de gelatinización del lodo.

PRESENCIA DE LUTITAS DELEZNABLES.-

Cuando se hallan presentes lutitas bentoníticas deleznables, los síntomas que se presentan son un aumento de la viscosidad y fuerza de gelatinización, con frecuentes pegaduras de tubería en el pozo.

TRATAMIENTO QUIMICO.-

Se reduce el pH del lodo de 7.6 a 7.2 oilfos. Se reduce la pérdida de agua al valor más bajo posible. Los lodos con pH muy bajo tienden a mostrar una débil fuerza de gelatinización. No hay que reducir demasiado el pH, pues podría haber asentamiento del material pesado y de los recoretos. Tanto la viscosidad como la gelatinosidad se deben mantener tan bajos como sea posible, evitando de esta manera el efecto de succión al sacar la tubería de perforación. En casos extremos y que el pozo lo justifique se usan lodos a base de silicato de sodio.

CONSIDERABLE CONCENTRACION DE MATERIAL COLOIDAL.-

SINTOMAS

Aumento de la viscosidad y fuerza de gelatinización.

Su tratamiento: primeramente se reduce el pH a menos de 8 pero sin bajarlo a menos de 7.2, con el empleo de monofosfato sódico o pirofosfato ácido de sodio. La fuerza de gelatinización estará en constante observación al reducir el pH con el objeto de saber si es posible que so-

porte los recortes y el material pesado. Al emplear otros reactivos disponibles para el control de la viscosidad no se altera el tratamiento anterior.

Se diluye con agua y se mantiene el peso con la adición de material pesado en caso de ser necesario.

FLUJO PLASTICO DE LUTITAS DELEZNABLES.-

Estas frecuéntemente se encuentran en la parte superior de la estructura. Se manifiestan al salir por el canal de lodo grandes pedazos de lutita. Esta sigue fluyendo en el pozo a una profundidad de 30 a 40 metros al levantar la tubería de perforación. La tubería se puede pegar u ocasionar puentes por derrumbe en el pozo.

El tratamiento consiste en reducir la pérdida de agua del lodo, se aumenta el peso del lodo hasta que la dificultad haya sido aliviada, o cuando se empiece a perder lodo en la formación.

LUTITAS DELEZNABLES CON GAS.-

Este tipo de lutitas se caracteriza por mostrar un olor desagradable en la boca del canal de lodo y en el vibrador. La viscosidad aumenta ligeramente a menos de que las lutitas bentoníticas estén presentes. Frecuéntemente ocasiona pegaduras de la tubería de perforación. Su tratamiento químico es igual que el anterior.

PRESENCIA DE CAVERNAS O ESTRATOS MUY POROSOS.-

Se observa una pérdida total o parcial de lodo de perforación pudiendo atorarse la tubería de perforación por derrumbes.

El tratamiento consiste en aumentar la viscosidad del lodo ligeramente, esto es si la pérdida de lodo es lenta, a la vez que se mantiene la fuerza de gelatinización baja. Cuando la pérdida de fluido es rápida es

conveniente el uso de agentes plásticos mecánicos, como celofán en hojuelas, micas o fibras. Si el caso es muy serio puede ser que se trate de una caverna, y entonces es conveniente la cementación de una tubería de revestimiento que proteja la circulación de la caverna para continuar así la operación normal de perforación.

PRESENCIA DE GAS A ALTA PRESION.

En este caso la primera indicación es la presencia de pequeñas burbujas de gas que no se desprenden con facilidad del lodo, observándose mejor al removerse la superficie.

En circunstancias más drásticas se nota un fuerte olor a gas en el canal, bolsas de gas que obligan al lodo a salir cabeceando. El volumen del lodo en la presa aumenta considerablemente, ocasionando una aceleración en las bombas lo cual indica que el lodo está saliendo del pozo más aprisa de lo que las bombas pueden manejarlo. El gas forma con el lodo una emulsión que reduce la efectividad del tratamiento químico.

El tratamiento consiste en poner las pistolas en las presas a la primera indicación de la presencia definida de gas, empezando a mezclar material pesado para soportar la presión de gas. El tratamiento químico se aumenta para reducir la viscosidad y rapidez de gelatinización del lodo.

Frecuéntemente se observa la presa para darse cuenta si el nivel del lodo ha aumentado o disminuído el cual ha sido marcado previamente, para así efectuar su tratamiento correspondiente. En casos muy remotos se cierra el preventor y se descarga el lodo a travez de un estrangulador, esto es en casos muy serios, pués no cabe duda que evitar la descarga por el estrangulador es indudablemente deseable por lo que se refiere a posibles atoramientos de la tubería de perforación por derrumbes y tratamiento

con demasiada pérdida de tiempo, ya que se retarda la circulación. Pero también hay que hacer notar que cerrando el preventor y al descargar por el estrangulador, el gas se concentra en el lodo en un volumen más pequeño. La acción inmediata es la mejor solución para este problema, pues el retraso en aumentar el peso del lodo trae como consecuencia una circulación de lodo cortado por el gas, aumentando así el peligro de reventón.

✓ PRESENCIA DE LECHOS DE SAL, LUTITAS CON SAL O FLUJOS DE AGUA SALADA.-

El primer efecto que se muestra en este caso es un aumento en la viscosidad y velocidad de gelatinización, pero después de varias horas entre 12 a 24 horas la viscosidad disminuye muy por debajo de su valor normal.

Una prueba de salinidad nos advierte rápido aumento en el contenido de sal en el lodo, pues en lodos bentoníticos normales pasando de 7,000 p.p.m. se alteran completamente las características pudiendo haber pegaduras de tubería, por lo que se hace necesario el cambio por otro tipo de lodo. Casi siempre en casos de flujos de agua salada, el lodo continúa fluyendo después que las bombas han sido paradas.

El tratamiento químico a seguir en el flujo de agua salada, consiste en aumentar el peso del lodo tan rápidamente como sea posible, hasta controlar el flujo a la vez que se observa muy atentamente si el lodo se está o no perdiendo en la formación en cuyo caso se continúa o no la adición de material pesado, hasta que la pérdida del lodo en la formación sea evitada por la adición de agentes plásticos apropiados.

Cuando sea absolutamente necesario se cementa una tubería de revestimiento para después acondicionar el lodo y continuar la operación, ya que

el peligro de que se pegue la tubería es casi siempre cierto cuando se trate de flujos de agua salada. Sin embargo una vez evitado el flujo mediante una tubería de protección, la adición de un lodo bentonítico fresco y eliminación del lodo contaminado con sal, son muy convenientes.

En casos más serios y cuando no se puede cementar una tubería de revestimiento, el lodo bentonítico es sustituido por lodos a base de coloides orgánicos,

PRUEBAS FISICAS Y EQUIPO EMPLEADO.-

Las pruebas cotidianas a que se sujetan los lodos de perforación son esenciales para la estimación de las propiedades del mismo. Cuando el caso lo requiere sus análisis, son mas frecuentes las siguientes:

- 1.- Densidad usando la Balanza Baroid o el Hidrómetro.
- 2.- Viscosidad empleando el embudo de Marsh, y en el Laboratorio del Viscosímetro Stormer.
- 3.- Filtración a 7.5 y 30 minutos a 7 kg/cm². de presión reportando los cc. de filtrado y el espesor de la torta en mm.
- 4.- pH empleando papel indicador.
- 5.- Arena y Sólidos totales en %, por medio del Eliutrómetro.
- 6.- Salinidad reportada en p.p.m. de Cl.
- 7.- La alcalinidad reportando $\text{CO}_3 = \text{HCO}_3$ y OH cuando se trata de un lodo de base cálcica.
- 8.- Gelatinosidad a 0 y a 10 minutos Stormer o Shearómetro.
- 9.- Pruebas experimentales que identifiquen la cantidad de material pesado, reactivos, coloides, etc. para mantener la buena plasticidad del fluido.
- 10.- Temperatura

11.- Cantidad de agua añadida.

12.- Estabilidad.

13.-Identificación de la posible presencia de gas.

DETERMINACION DE LA DENSIDAD.-

El peso específico del lodo es determinado usando cualquiera de los instrumentos exactos para determinar el peso específico o densidad de los fluidos. Dos instrumentos son de uso común, la Balanza Baroid y el Hidrómetro de lodos.

BALANZA PARA LODOS.--(Fig. 4)

Consiste principalmente en una base y un brazo graduado, con copa, nivel, escala y contrapeso. La copa con un volumen constante está fija en un extremo del brazo graduado el cual tiene un contrapeso en el lado opuesto. La copa del brazo oscila en un plano perpendicular a la cuchilla que reposa en el soporte y se ajusta la posición horizontal con la cerradura en el brazo graduado.

El brazo graduado puede estar en densidades A.P.I., lb/gal. o lb/ft³.; se utiliza una caja de metal la cual sostiene la balanza en su posición de trabajo y la base del instrumento asegurada a la misma caja. También actúa como protección del viento que puede tender a entorpecer la natural oscilación debida a la sensibilidad de la balanza durante la prueba.

Procedimiento.- Para operar la balanza, se quita la tapa y la copa se na con el lodo por pesar. Se ajusta la tapa rotándola hasta que quede firmemente asentada, así eliminamos el exceso del lodo a travez del agujero central de la tapa. Cualquiera cantidad de lodo adherida en el exterior puede ser fácilmente lavada, enseguida la balanza se pone sobre el soporte. El contrapeso corredizo se mueve hasta que el instrumento quede

balanceado, lo cual puede ser notado, o bien por el nivel de que esta provista la balanza anotando la posición del brazo con respecto a la base. La densidad del lodo en la copa se lee en el lado izquierdo del contrapeso corredizo.

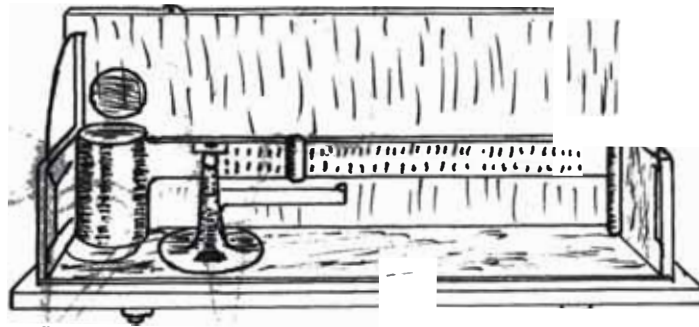
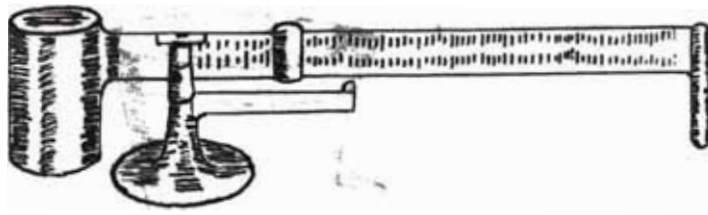
HIDROMETRO.-(Fig. 5)

El Hidrómetro para lodos, consiste principalmente en un cilindro de aluminio, hueco, con una reglilla en la parte superior en donde estan señaladas las densidades (lb/Gl.; lb/ft³.; kg/cc.), una copa de baquelita ajustada al cilindro y la caja de metal. Como cualquier otro instrumento de medida, el hidrómetro para lodos debe ser usado con cierto cuidado si se quieren tener medidas exactas. Puede haber alguna variación en las lecturas debido a los cambios en la temperatura del agua en que se sumerge, modificando la posición de equilibrio del flotador. La lectura con el hidrómetro debe hacerse manteniendo la temperatura del agua del baño a la cual fué calibrado el flotador o haciendo una corrección apropiada para compensar los cambios en la densidad del agua por la temperatura.

Varias combinaciones en las calibraciones se han utilizado, las cuales incluyen generalmente como se dijo anteriormente lb/Gal., lb/ft³., kg/cc. y la densidad A.P.I. o sea lb/in² 100 ft.

Si la temperatura varía, con respecto a la normal (60°F), puede hacerse la corrección de acuerdo con la siguiente tabla. (Para los aparatos de la Casa Baroid Sales Division).

Temperaturas grados F.	Corrección para	
	lb/gal.	lb/ft ³
hasta: 40	- 0.036	- 0.3
40-50	- 0.012	- 0.1
50-60		
60-70	+ 0.05	+ 0.4
70-80	+ 0.13	+ 1.0
80-90	+ 0.23	+ 1.7



BALANZA PARA DENSIDADES
(Fig. 4)

200 x 100 x 100

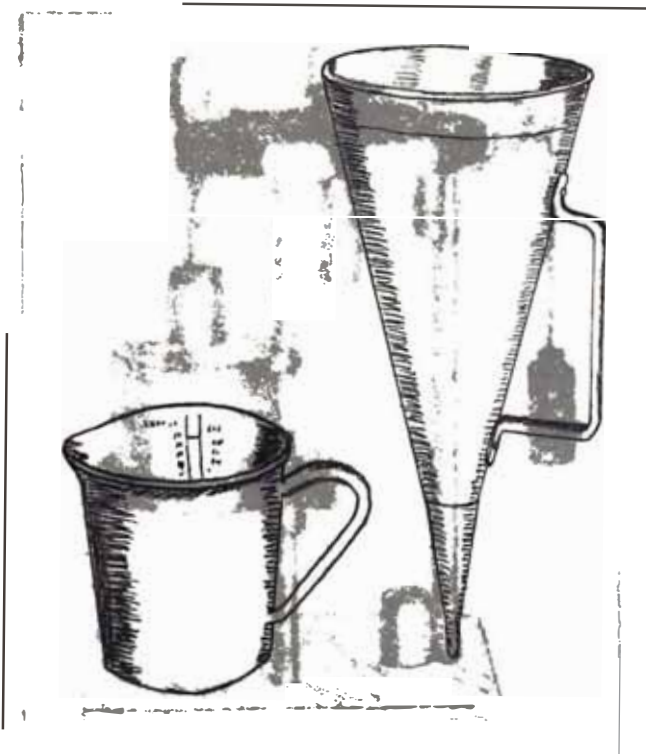


200 x 100 x 100

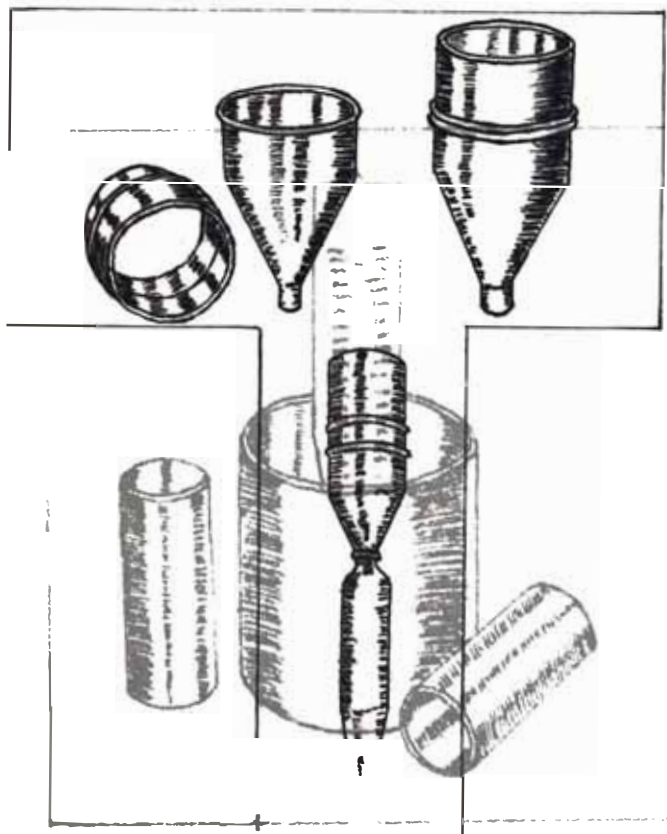
HIDROMETRO PARA DENSIDADES
(Fig. 5)

100 x 100

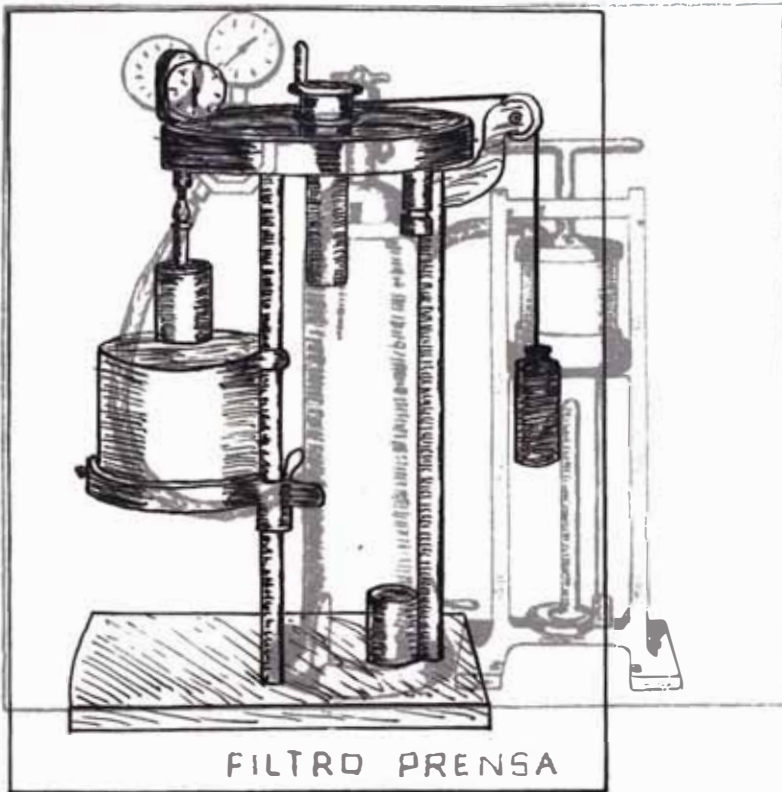
100 x 100



VISCOSIMETRO MARSH
 (Fig. 6)
 VISCOSIMETRO STORMER
 (Fig 8)

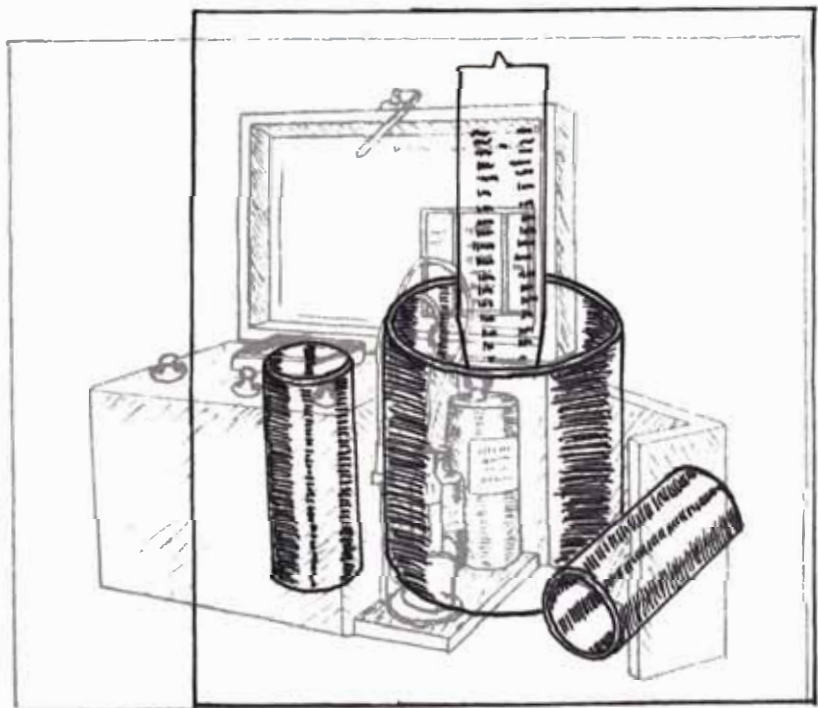


DETERMINADOR DE ARENAS
 (Fig. 7)

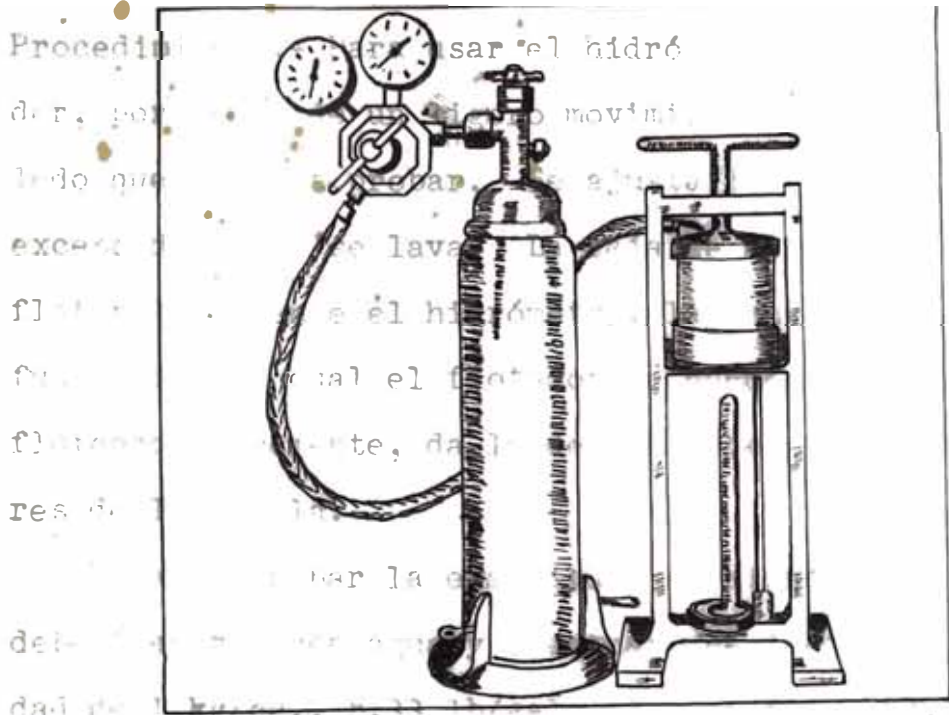


FILTRO PRENSA

(Fig. 10)
 VISCOSIMETRO STORMER
 (Fig. 8)



POTENCI ALUNDEMETRA
 (Fig. 1 (Fig. 9))



FILTRO PRENSA
(Fig. 10)

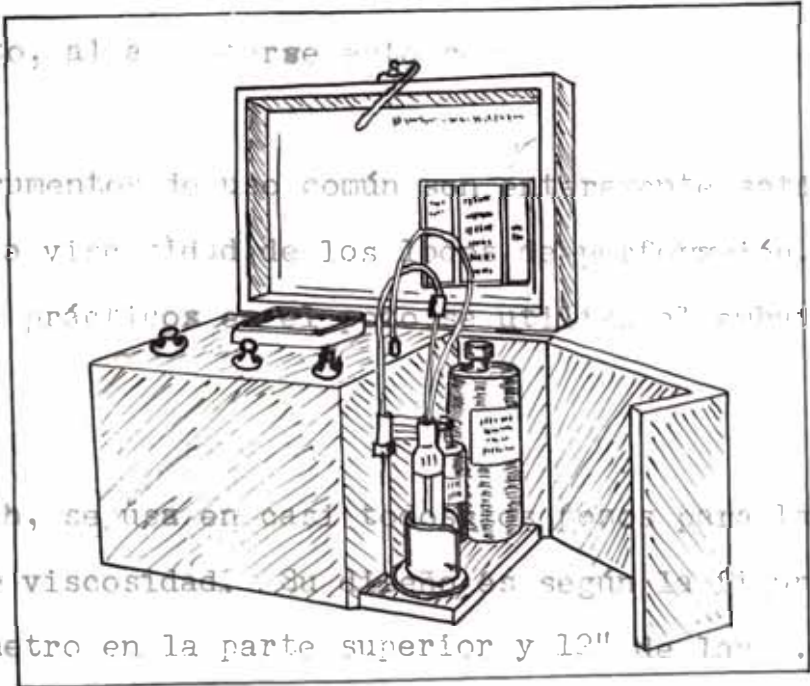
VISCOSIDAD

La viscosidad es una medida de la resistencia que opone un fluido al impulso del movimiento, al ser forzado a fluir.

Ninguno de los instrumentos de uso común para determinar la viscosidad de los líquidos es tan preciso como el viscosímetro de Marsh.

VISCOSIMETRO

El Viscosímetro Marsh, se usa en casi todas las determinaciones rutinarias de viscosidad. Su embudo tiene 6" de diámetro en la parte superior y 1 1/2" de diámetro en la parte inferior.



POTENCIOMETRO BECKMAN
(Fig. 11)

zo de malla # 8, se utiliza para eliminar la materia extrañada.

Procedimiento.- Para usar el hidrómetro, la copa se desajusta del flotador, por medio de un ligero movimiento a la izquierda y se llena con el lodo que se va a probar. Se ajusta la copa de nuevo al flotador y el exceso del lodo se lava. La caja de metal se llena de agua y se deja flotar libremente el hidrómetro, la densidad del lodo determina la profundidad a la cual el flotador se hunde. La lectura, al nivel del agua, flotando libremente, da la densidad del lodo en las unidades particulares de la escala.

Para comprobar la exactitud del hidrómetro, la copa ocasionalmente debe llenarse con agua y efectuar una lectura. El agua tiene una densidad de 1 kg/cc., 8.33 lb/gal, 62.3 lb/ft³ o 43.3 lb/in² 100 ft. Si se nota alguna variación, se puede recalibrar el instrumento añadiendo o quitando postas del interior del flotador o corregir las lecturas de acuerdo con dicha variación.

VISCOSIDAD

La viscosidad es una medida de la resistencia interna de un fluido al impulso del movimiento, al aumentarse esta resistencia aumenta la viscosidad.

Ninguno de los instrumentos de uso común son enteramente satisfactorios para la medida de la viscosidad de los lodos de perforación. Pero en lo general para datos prácticos en el pozo se utiliza el embudo de Marsh.

VISCOSIMETRO MARSH.-

El Viscosímetro Marsh, se usa en casi todos los pozos para las determinaciones rutinarias de viscosidad. Su diseño es según la figura 6. El embudo tiene 6" de diámetro en la parte superior y 12" de largo. Un cedazo de malla # 8, se utiliza para eliminar la materia extraña del lodo.

Todos los embudos están terminados lo mejor posible para permitir el libre flujo del lodo y se prueban para asegurarse de exactitud. El embudo puede comprobarse periódicamente con agua. La lectura en segundos con agua, a 27°C, será de 26 ± 0.5 segundos.

Procedimiento.- El lodo se vierte a travez de la malla hasta que el nivel del fluido alcanza el fondo de la malla, dando un volumen de 1500 cc. El orificio se cierra con un dedo para evitar que el lodo fluya antes de que se llene el embudo. Cuando se ha alcanzado la condición anterior de 1500 cc. se permite al lodo fluir dentro del recipiente y se mide el tiempo en segundos, desde el instante en que el flujo empieza hasta el instante en que el lodo llena el recipiente de 1000 cc.

La muestra se toma inmediatamente después de que el lodo, en algún punto del sistema está sujeto a agitación violenta, tal como después del vibrador. El resultado se reporta en segundos.

VISCOSIMETRO STORMER.- (Fig. 8)

En los últimos años, el Viscosímetro Stormer ha tenido gran aplicación entre los ingenieros de lodos. No es práctico el empleo de un Viscosímetro Stormer en cada pozo y que sea operado por la cuadrilla de perforación. Con el Viscosímetro Stormer la viscosidad se mide en condiciones de flujo y la determinación no se afecta materialmente por la densidad del lodo. Además tiene la ventaja de medir las propiedades de gelatinosidad del lodo, como se discutirá posteriormente.

Procedimiento.- El lodo para ser probado libre del material grueso, es vigorosamente agitado antes de ponerse a la copa a un nivel tal que se sumerjan las mamparas completamente. Si se hace necesario, la copa se sumerge en un baño de agua, baño y copa se elevan para sumergir el cilindro rotatorio, ajustado a un contador, y se ajusta en posición por medio

de un tornillo. El cilindro debe rotar libremente al quitar el freno del aparato. El lodo debe agitarse por el operador por medio de la manivela. Un cierto número de pesas, se le agregan a la canastilla que pende de un hilo, permitiendo que el cilindro hueco efectúe 600 r.p.m. comprobando por medio de un cronómetro y de una aguja contadora graduada fijada en el sistema. Por medio de una carta de calibración que tiene cada Viscosímetro, el peso en gramos requerido, para dar estas revoluciones es convertido a centipoises. La fuerza de gelatinosidad de un lodo, es una medida del esfuerzo cortante mínimo necesario para producir un movimiento.

Los instrumentos usados para medir la gelatinosidad son del todo satisfactorios.

El Viscosímetro Stormer proporciona datos útiles en la medida de la gelatinosidad sobre un margen muy amplio pero es especialmente útil en la valoración de los reactivos.

Procedimiento.- La muestra del lodo es preparada y puesta en el instrumento en la misma forma que cuando se mide la viscosidad. Ya sea que se quiera tomar la viscosidad, o nó, el lodo se agita fuertemente dentro de la copa, en los primeros segundos y justamente al final de la agitación se toma la medida de la fuerza de gelatinización inicial, porque la fuerza de gelatinización de la mayoría de los lodos aumenta rápidamente durante los primeros segundos en que cesa la agitación. La fuerza de gelatinización inicial se mide por el mínimo de peso necesario para efectuar el movimiento de aproximadamente un cuarto de vuelta del cilindro. El número total de gramos requeridos para obtener esta rotación se reporta como la gelatinosidad inicial.

Una segunda medición de fuerza de gelatinización se hace después de

que el lodo en la copa se le ha permitido reposar durante 10 minutos, después de haber tomado el primer valor de la gelatinosidad. Se agregan pesos adicionales y se quita el freno. Si no ocurre ninguna rotación, se pone de nuevo el freno, se agregan más pesas y se quita el freno de nuevo. Este proceso se repite hasta que un peso mínimo efectúe la rotación deseada. Este peso se reporta como la fuerza de gelatinización a los 10 minutos. Si se requiere más de un minuto por el operador para determinar el peso requerido que rompa la gelatinosidad, el lodo debe ser agitado en la copa y la prueba es repetida.

SHEAROMETRO.- (Fig. 9)

El Shearómetro o Gelatinosímetro, consiste de un tubo delgado de aluminio de 3.5 más o menos 0.1" y de 1.4 más o menos 0.5" de longitud y diámetro respectivamente, pesando 0.1 gramos.

Procedimiento.- El lodo que se va a probar, es agitado vigorosamente antes de ponerse en el Shearómetro con todo cuidado, luego se deja hundir el cilindro desde la superficie del lodo, verticalmente, hasta que el cilindro quede en reposo. La profundidad de penetración del tubo es medido con una escala apropiada, la cual es parte integral del instrumento. Esta escala está calibrada para leer directamente en lb/100 ft². La amplitud de la escala es de 3 a 70 lb/100 ft². Alternativamente la fuerza de gelatinosidad del lodo, puede calcularse por la siguiente ecuación.

$$\text{Fuerza cortante en lb/100 ft}^2 = \frac{174}{2.42} \frac{P}{L} - \frac{100}{3.14} \frac{P}{D} \frac{E}{L} \frac{X}{X}$$

donde:

- X.- Penetración en pulgadas.
- L.- Longitud del tubo en pulgadas.
- D.- Diámetro del tubo en pulgadas
- E.- Densidad del lodo en lb/ft³

P.- Peso del cilindro en lbs.

Los resultados son reportados como fuerza de gelatinosidad en lb/100 ft². Si el Shearómetro se sumerge completamente, la gelatinosidad del lodo puede reportarse como cero, pero si el cilindro no se sumerge, ésta se puede reportar como muy alta.

La fuerza de gelatinosidad también puede ser medida después de un periodo definitivo de reposo, en cuyo caso el tiempo de reposo se reporta juntamente con la gelatinosidad.

PROPIEDADES DE FILTRACION Y PELICULA.-

Filtro prensa de baja presión (Fig. 10).- Este consiste en un marco con un tornillo para prensar la celda o cilindros que contiene el lodo. El cilindro tiene un diámetro interno de 3 más o menos 0.07" y una área de filtración resultante de 7 pulgadas cuadradas. La tapa del filtro se ajusta por medio de un empaque y tiene un orificio para la admisión del medio con que se hace presión (aire, oxígeno). El fondo de la celda está limitado por un papel filtro (hatman N° 50 ó 52), sobre una malla y la tapa del fondo, con los empaques necesarios para hacer un cierre efectivo.

La filtración se efectúa a 100 más o menos 5 lb/in² ó 7 kg/cm². La presión se suministra por aire comprimido, nitrógeno o cualquier otro medio para mantener presión constante. Los pequeños cilindros pueden resistir hasta 1800 lb/in² o 119 kg/cm². y están equipados con un manómetro y un regulador de presión.

Procedimiento.- La temperatura del lodo se determina antes de la prueba y se reporta como temperatura ambiente. Por comparaciones Standard, se recomienda, la temperatura de 38°C, sin embargo pueden ser usadas otras temperaturas.

Se le pone suficiente lodo al cilindro, hasta 2.5 cm. abajo del borde superior. Se ajusta la tapa con su empaque, con el tornillo se aprieta fuertemente el conjunto y se aplica la presión tan rápidamente como sea posible. El volumen del filtrado en 30 minutos se recoge en una probeta graduada y se reporta como la pérdida de agua en centímetros cúbicos.

Al término de los 30 minutos la válvula del cilindro se cierra y se elimina la presión a través de la válvula de paso.

El cilindro, en unión de la tapa del fondo se quita del marco con cuidado, el exceso del lodo se tira y la película se saca del fondo del mismo cuando se le ha quitado cuidadosamente el cilindro. La película se lava del exceso de lodo con una corriente de agua no muy fuerte. La película se mide en 1/32" o en mm. La textura de la película se observa cuidadosamente, si es flexible o quebradiza, granulosa firme o débil, etc.

CONTENIDO DE ARENA.- (Fig. 7)

Aunque el Código N° 29 A.P.I. describe tres métodos para determinar el contenido de arena, solo un método será descrito porque es superior a los otros en cuanto a exactitud y simplicidad.

El aparato Baroid para contenido de arena consiste en una malla # 200 de 2.5", un embudo de lámina que se ajusta al tubo donde está la malla, y un recipiente de vidrio marcado para el volumen de lodo que debe ser agregado a fin de leer la arena en % directamente en el fondo del tubo que está graduado de 0 a 25%.

Procedimiento.- El cilindro se llena hasta el nivel, marcado para la medida de lodo, después con agua hasta la otra marca, se agita la mezcla fuertemente y se vierte el lodo diluido dentro del tubo que contiene la malla. Se agrega más agua para lavar perfectamente la arena. El embudo se ajusta en la parte superior de la malla, la malla y el embudo se vier-

te y la arena se lava dentro del cilindro de vidrio graduado. La arena lentamente se asienta en el fondo del cilindro. La uniformidad en el asentamiento se consigue tapando con el dedo la boca del cilindro. El volumen en por ciento de arena, se lee directamente en el cilindro graduado.

CONCENTRACION DE LOS IONES HIDROGENO.

Dos métodos en la medida de pH de los lodos de perforación están en uso: el método electrométrico, con electrodo de vidrio, y el colorimétrico usando el indicador de papel. El método electrométrico es más exacto que el colorimétrico pero el equipo requerido es más caro y menos accesible.

MEDIDA DEL pH POR MEDIO DEL ELECTRODO DE VIDRIO.-

En el método electrométrico para medir el pH, el potencial eléctrico generado en el sistema, por los iones hidrógeno del lodo de la perforación, aumentado por medio de un amplificador electrónico que opera en un medidor calibrado, que indica el pH.

El electrodo de vidrio, consiste en un bulbo de paredes muy delgadas hecho de vidrio especial dentro del cual se encuentra un electrolito apropiado junto con un electrodo. En este instrumento, el electrodo interno es de cloruro de plata en solución reguladora. El electrodo de vidrio está sellado para asegurar la estabilidad y está provisto con manga aislante. El electrodo de referencia es un electrodo de calomel. La conexión eléctrica con el lodo se establece a travez de una solución de cloruro de potasio contenida en un tubo que rodea al electrodo de calomel. Ver fig. N° 11.

Procedimiento.- Después de hacer los ajustes necesarios para poner el

amplificador en condiciones de operación los electrodos se sumergen en la solución reguladora de pH conocido y el medidor se ajusta para leer tal valor. Los electrodos se quitan, se lavan cuidadosamente, se secan y se sumergen en el lodo. La lectura en la escala indica el pH del lodo.

METODO COLORIMETRICO.-

El papel indicador está impregnado con colorantes de tal naturaleza, que el color, depende del pH del medio en el cual se encuentra. Comparando el papel con una tabla de colores Standard, podemos estimar el pH. El papel indicador está contenido en una cajita de plástico con las tablas de coloración a ambos lados. Los indicadores son suministrados en una escala de pH de 1 a 11, los hay de amplitud de escala más alta, 10 a 14, es decir que cada rollo cubre cerca de dos unidades y permite la estimación del pH con una aproximación de 0.25 de unidad.

Procedimiento.- El papel indicador se pone en la superficie del lodo y después de que el líquido ha humedecido el papel (al rededor de 30 segundos) el color del papel se compara con la tabla de colores.

EQUIPO RELACIONADO AL SISTEMA CIRCULANTE MAS RECOMENDABLE PARA CASOS DE ALTA CONCENTRACION SALINA.-

Propiamente, entrando a fondo en el asunto, no hay hasta el momento un equipo recomendable para casos de alta concentración salina; pero si observé en México la tendencia a simplificar estos equipos. Dichos equipos cuentan con nuevos artefactos, captando particularmente el interés del observador al sistema del lodo. En el nuevo equipo, los ingenieros se han preocupado en reducir el volumen funcional del sistema, lo cual lógicamente trae como consecuencia facilitar, acelerar y abaratar el tratamiento del lodo. Otro factor que se ha tomado en cuenta es el hacer un equipo sencillo de fácil arme, desarme y transporte.

El equipo consta de dos tanques de lodo con una capacidad de 300 barriles cada uno, los cuales proveen espacio en la superficie para las tareas de mezcla y coladura; un tanque cilindrico de 300 barriles en el que se tiene lodo limpio en casos que sea necesario su uso, lo mismo que un tanque de agua de 300 barriles, para casos que falte ésta. Los tanques de lodo estan dispuestos en línea y las conexiones de tubería de succión y descarga son de fácil enrrosque y desenrrosque, pudiendo ser todo el equipo transportado en un solo bulto.

Como se ve en el esquema cada canal lleva dos agitadores de fondo y dos superficiales provistas de varias boquillas de chorro de una pulgada. El volumen total de los chorros de cada tanque equivale a un tubo de seis pulgadas de diámetro, los cuales dan una gran agitación al fluido. Estos agitadores tienen conexiones bien sea de los tanques mismos o del tanque de reserva. El primero de los tanques tiene dos coladoras o cribas los que van montados y conectados entre si por medio de tubería los cuales se pueden usar separado o conjuntamente. El área de cada colador es de 15 pies cuadrados, siendo la capacidad total de ambos 1,600 galones por minuto.

Donde esta la caseta del lodo, hay instalada una tolva de las de chorro para la adición de materiales secos y una premezcladora accionada por un motor para el material densificador (gelatinas y arcillas) para empararlos completamente y que antes no se hacían por el método convencional, lográndose de esta manera una rebaja del costo total de acondicionamiento del lodo. A su vez se ha previsto la forma de acortar las operaciones de trabajo y tiempo en el mezclador de los agentes químicos, los cuales eran hechos antes por los obreros en forma rudimentaria con los consiguientes peligros de quemaduras al ser mezclados con las manos adaptándo-

le una mezcladora eléctrica, la cual ofrece un alto grado de seguridad.

También se han hecho dos conexiones para el chorro del lodo, el que parte del sótano al foso de reserva y otro que parte de la descarga de la criba también al foso de reserva, para remover el ripio que trae el lodo, no habiéndose previsto chorros directos desde los tanques de circulación a los fosos de reserva. En este sistema no se gradúa el nivel del lodo en los tanques a fin de permitir que se asiente el ripio fino, ya que lo que se persigue es mantener el lodo libre de arenas y ripio fino, instalándose al efecto en el primero de los tanques un desarenador el que remueve la arena centrifugamente por medio de una bomba centrífuga que es impulsado con el mismo motor que acciona a la mezcladora de lodo con los ingredientes secos.

Los tubos de succión de esa bomba están conectados con ambos tanques y su extremo de descarga conduce por encima a la entrada del desarenador; no estorbando las operaciones de perforación el funcionamiento de este dispositivo, pudiendo estar en función continuamente cuando haya peligro de contaminación del lodo. Algo más, puede estar en funcionamiento el desarenador simultaneamente con las operaciones de introducción y extracción de la tubería de perforación.

BALANCE ECONOMICO

Este se tomó como base, haciéndose el cálculo del precio promedio por metro cúbico de lodo preparado para todas las pruebas que se consideraron como aceptables.

Para hacer el cálculo del costo por metro cúbico de lodo de las pruebas que se consideraron como satisfactorias para ser empleadas, cuando el caso lo requería, se tomó en cuenta el precio de los materiales, puesto en la zona de explotación, los mismos que a continuación se enumeran:

BARITA.....\$	91.00 Ton.	BENTONITA.....\$	160.00 Ton.
LARODEX....."	620.00 "	IMPERMEX....."	2,400.00
LUBRISAL....."	289.43 "	CALHIDRA....."	78.40 "
SAL....."	180.00 "	QUEBRACHO....."	1,330.00 "
SOSA CAUSTICA....."	1,600.00 "	GEOGEL....."	440.00 "

COSTO POR METRO CUBICO DE LODO

Haciendo un cálculo proporcional de los materiales que se emplean en cada una de las muestras con respecto al precio de los materiales anteriormente enumerados, se calculó el costo, por metro cúbico de lodo por preparar, los cuales a continuación se enlistan.

LUBRISAL-SAL-LARODEX.

MUESTRA N° 1	\$	119.40
MUESTRA N° 2	"	137.40
MUESTRA N° 3	"	119.40
MUESTRA N° 4	"	119.40
MUESTRA N° 5	"	113.90
MUESTRA N° 6	"	122.90
MUESTRA N° 7	"	122.90
MUESTRA N° 8	"	117.40

MUESTRA N° 9 \$ 108.40

LUBRISAL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 1 \$ 116.80

MUESTRA N° 2 " 118.96

MUESTRA N° 3 " 135.80

MUESTRA N° 4 " 122.46

ZEOGEL-SAL-IMPERMEX

MUESTRA N° 1 \$ 157.40

MUESTRA N° 2 " 154.15

MUESTRA N° 3 " 162.99

MUESTRA N° 4 " 123.75

MUESTRA N° 5 " 161.95

MUESTRA N° 6 " (desechada)

MUESTRA N° 7 " 122.40

APLICACION DEL FLUIDO ENSAYADO EN EL CAMPO DE ACALAPA, ESTADO DE VERACRUZ.

La aplicación del fluido estudiado se llevó a cabo en el pozo N° 14 del campo petrolero de Acalapa, comprendido en el estado de Veracruz, el cual se comportó satisfactoriamente para el propósito que se le empleó. Esta aplicación se hizo, dado el problema que se presentó en el pozo N° 9, situado a 20 metros del pozo N° 14, el que después de dos intentos de continuar la exploración a mayor profundidad tuvo que ser abandonado.

Con los datos geológicos que se pudieron obtener antes de abandonar el pozo N° 9, el muestréo mecánico indicó que a la profundidad de 630 metros se encontraba un lecho arenoso con flujo de agua salada, de baja presión, la que se manifestó rápidamente en el fluido circulante, constituido por lodo bentonítico ordinario, en el aumento de la viscosidad y de la rapidez y fuerza de gelatinosidad, la pérdida de agua aumentó de 10 cc. hasta 40 c

el análisis de este filtrado indicó 25,000 p.p.m. de Na Cl. Aunque se tomaron las medidas necesarias, como la de aumentar rápidamente la densidad del lodo, tratamiento con agentes alcalinizantes, quebracho, etc. a la vez que la adición del material coloidal bentonítico necesario, el control de la viscosidad y de la gelatinosidad fué difícil, la pérdida de agua continuó aumentando a la vez que la salinidad. Más tarde debido a un desperfecto del equipo de perforación, se sacó la tubería vástago de perforación mientras se reparaba el equipo, permaneciendo el pozo descubierto e inactivo durante 32 días. A partir del último día una vez que se dió por terminada la reparación del equipo, nuevamente se metió la tubería vástago de perforación, circulándose lodo bentonítico nuevo y desalojándose el que por mucho tiempo había permanecido en la columna, pero a las 5 horas siguientes, el lodo estaba totalmente descompuesto, un derrumbe en la pared del pozo, probablemente en las formaciones arenosas de la parte superior, así como ciertos factores mecánicos, como la ausencia de la fuerza rotatoria, por desperfecto de los motores de combustión interna, dieron como resultado el atascamiento de la tubería vástago de perforación.

La recuperación de la tubería se inició, haciendo cortes interiores a 50 metros, a partir de la parte superior del cuello director de perforación, con un cortador especial, teniéndose éxito en el corte a la profundidad de 547 metros. Una vez recuperada esta parte se inició luego el lavado exterior con zapata, de la tubería restante a 720 metros. La operación que duró 22 días hasta la recuperación de 647 metros, se efectuó circulando lodo de base cálcica, con viscosidad y gelatinosidad normales, pérdida de agua de 11 a 15 cc. A la profundidad de 647 metros se efectuó una desviación, para continuar la perforación hasta la profundidad de

735 metros a la que fué suspendida, pués otros derrumbes se sucedieron, contribuyendo también al estado deficiente de la fuerza de impulso al sistema rotatorio, lo cual trajo como consecuencias el atascamiento de la tubería de perforación y finalmente el abandono del pozo.

Teniendo presente los datos del pozo N° 9 la cercanía de la localización del pozo N° 14, era evidente que se presentaran los mismos fenómenos, ya que se encontraría formaciones semejantes a las del pozo anterior, motivo por el cual se tomaron todas las precauciones necesarias en lo que respecta al buen estado del equipo empleado, y la aplicación del lodo estudiado a la profundidad adecuada.

La perforación del pozo N° 14 se inició con lodo bentonítico ordinario, el cual tenía estas características:

Viscosidad	20 centipoises
Peso específico.....	1.06 gr/cc.
Gelatinosidad inicial.....	6 gr/cc
Gelatinosidad a 10 minutos	14 gr/cc
Pérdida de agua.....	10.5 cc.
Espesor del enjarre.....	2 mm.
pH.....	8.5

A la profundidad de 52 metros se cementó la primera tubería de revestimiento, continuándose la perforación con lodo de características semejantes a las anteriores, controladas con reactivos de solución de pirofosfato de sodio y la adición del coloide bentonítico necesario, variando sólomente en el peso específico de 1.06 a 1.18 por la concentración de arena que estuvo entre 0.5 y 7%. A la profundidad de 600 metros, cuando se habían atravesado formaciones de arenas, grava, lutita arenosa, lutita, etc. sucesivamente se hizo el cambio de lodo bentonítico, por lodo de LUBRISAL-SAL-IMPERMEX, para lo cual se llevó a cabo la preparación tenien-

do en cuenta el estudio de la muestra N° 1, con la única diferencia de que el peso específico fué aumentado con el material pesado necesario, hasta 1.2 gr/cc., pués a mayor peso específico se notó que había pérdida de fluido en las formaciones. Se necesitó la preparación de 50 metros cúbicos, cantidad necesaria para mantener la columna del pozo llena, la presa de succión y la de asentamiento al nivel deseado, empleando para ello 5,000 kg. de Lubrisal, la adición de una solución de 50 kg. de sosa cáustica y 50 kg. de quebracho por metro cúbico de agua, 750 kg. de impermex, 2,500 kg. de sal común, 5,000 kg. de Barita. El lodo resultante tenía las siguientes características:

Viscosidad	14 centipoises
Peso específico.....	1.2 gr/cc.
Gelatinosidad inicial.....	3 gr.
Gelatinosidad a 10 minutos...	7 gr.
Pérdida de agua.....	9 cc.
Espesor del enjarre.....	1.5 mm.
Contenido de sal.....	5 %
pH.....	12.5

A partir de la profundidad de 600 metros se inició la extracción de nucleos, mediante el muestréo mecánico, con el cual pudo notarse la existencia de arenas de agua salada a la profundidad de 630 metros, a continuación lutitas saladas, areníscas, otras arenas de agua salada pero de menor espesor que las anteriores, finalmente continuaron las lutitas saladas pero con capas intercaladas de sal cristalizada, hasta 10 cm. de espesor. La perforación se concluyó a la profundidad de 741 metros, efectuándose después el registro eléctrico, el cual nuevamente indicó la presencia de las dos arenas de agua salada encontradas en el muestréo mecánico, una de 630 a 642 y la otra de 715 a 721 metros. Las operacio-

nes siguieron con el sondeo de la formación mediante el probador de formaciones Johnston durante una semana. El sondeo de 715 a 721 metros dió agua salada con un contenido de 23% de sal, finalmente las operaciones se dieron por terminadas después de 30 días al cambio de lodo, pero con 20 días efectivos de tratamiento, siendo el promedio por día, de materiales para el mantenimiento de las características deseables del fluido 25 kg. de quebracho, 25 kg. de sosa cáustica, 125 kg. de Impermex, 250 kg. de Lubrisal, 20 kg. de Calhidra, ésta última empleada para la transformación de las lutitas a lutitas cálcicas, que se mezcla en el lodo durante el proceso de perforación.

Aunque la salinidad debido a la presencia de los lechos encontrados, aumentó hasta el grado de saturación, las propiedades plásticas siempre se mantuvieron dentro de las normales, la pérdida de agua dió valores máximos en el intervalo de los aceptables, pero siempre pudo reducirse al mínimo sin dificultad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el pozo N° 14 de Acalapa, mediante la aplicación de uno de los lodos ensayados, que mantienen en equilibrio las propiedades plásticas y de filtración en presencia de formaciones con alto contenido de NaCl, demuestra que éste como los otros puede ser aplicables en cualquier pozo a travez de formaciones semejantes con resultados satisfactorios.

Aunque el costo por metro cúbico representa un valor que resulta ser alto comparativamente con los lodos ordinarios, ya que éstos resultan ser aproximadamente el 10% del valor de aquellos, su emplé, además de presentar ventajas en el manejo y reducción del tiempo de perforación, nos previene de las dificultades que se puedan presentar con los lodos ordinarios; si con estos se intenta atravesar formaciones de alto conte-

nido de sal, que en la generalidad de los casos, siempre ha resultado en el atascamiento de la tubería de perforación y más adelante el abandono del pozo. Finalmente, se puede decir que el empleo de los lodos Lubrisal-sal-Impermex y Zeogel-sal-Impermex son considerablemente más económicos, si se tiene en cuenta que el abandono de un pozo representa pérdidas totales, tanto por la pérdida de la probable explotación, como por concepto de gastos efectuados en la terminación de la perforación del pozo.

Los lodos Lubrisal-sal-Impermex y Zeogel-sal-Impermex como los fluidos ordinarios, poseen las cualidades siguientes:

- 1.- Permiten el fácil control de la viscosidad.
- 2.- Poseen la propiedad de la fuerza de gelatinosidad o Tixotropía adecuada para mantener en suspensión el material pesado y los recortes, mientras el fluido de perforación esté sin movimiento.
- 3.- Tienen la habilidad de permitir el incremento del peso específico a cualquier valor deseado, dentro de los normales.
- 4.- La pérdida de fluido a travez de las formaciones es baja.
- 5.- Permite que la arena y recortes se asienten con facilidad en la presa de asentamiento.
- 6.- Tienen propiedades plásticas perfectas.
- 7.- No son afectados por la sal ni cemento.
- 8.- Permiten elevadas temperaturas sin llegar a la descomposición.
- 9.- No son cortados por el gas.
- 10.- Permiten la extracción de los nucleos con alto porcentaje de recuperación

BIBLIOGRAFIA

Atomic Structure of Minerals.-W.L. Bragg.-Cornell Universal Press. N.Y. 1937.

Geological Survey Report of Investigation.-Grin, Bray and Bradley.-N° 44
New York, (1937)

Soil Science.-Kelly, Jenny and Brown.-New York, (1936)

Physical Chemistre.-170 Soil Science.-Bradfield.-New York, (1924)

Physical Chemistre.-Jenny and Reitemeier.-New York, (1935)

Experimental Physical Chemistre.-Daniels, Mathews and Williams.-Mc Graw Hill.-New York, (1934).

Thixotropy.- Freundlich.-Herman and Company.-Paris (1934)

Colloid Chemistry of Clay Drilling Fluid.-A.G. Loomis and J.F. Fidiham
New York (1940)

Colloid Chemistry.-Arthur W. Thomas.- Mc Graw Hill.-New York, (1934)

Organic Chemistry.-Desha.-Mc Graw Hill.- New York, (1935)

Elements of Chemical Engineering.-Badger and Mc Cabe, New York, (1937)

Determination The Filtration Characteristics of Drilling Mud.- H.D. Larsen
Petroleum Engineering 56 (1938)

Effect of Temperature on the plastering properties and viscosity of Rotary
Drilling Muds.-H.T. Bick, publication No. 1116.-Petroleum Technology.-Nov.
(1939).

Baroid Sales Division.- Copyright 1946.-Los Angeles, California.
