

622 330
V 237

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de ingenierfa de Geologh, Minas y Petróleo

**"EL TANINO COMO ADITIVO
PARA CONTROL DE FILTRACION
Y VISCOSIDAD"**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TIULO DE:

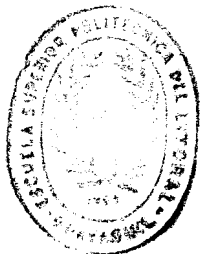
Ingeniero de Petróleo

Presentada por:

Xavier Ernesto Vargas Gutiérrez

Gaayaquil • Ecuador

1985



BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO

Al Ing. DANIEL TAPIA FALCONI,
Director de Tesis, Profesor y Amigo,
por su colaboración para la culminación
de este trabajo; por sus enseñanzas y
ayuda moral para alcanzar la meta anhe-
lada.



BIBLIOTECA

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL, y por su intermedio a la
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO,
por haberme formado en sus aulas como
profesional y ciudadano, en bien de
nuestra sociedad.

A mis PROFESORES Y COMPAÑEROS, por sus
enseñanzas y por las inolvidables expe-
riencias vividas junto a ellos.

BIBLIOTECA



DEDICATORIA

A mis PADRES

OVIDIO VARGAS MUÑOZ

AZUCENA GUTIERREZ DE VARGAS

Forjadores de mi existencia y por sus innumerables sacrificios y consejos. Dedico este esfuerzo como muestra de amor y agradecimiento eterno.

A mis HERMANOS

JORGE

MARTHA

IRMA

Pensando en ellos

A mis SOBRINOS

GISELLA

JORGE LUIS

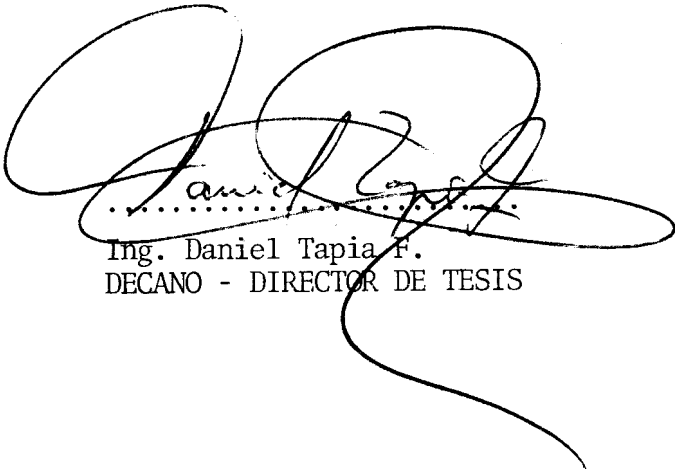
MARTHA CECILIA

MARIA ISABEL

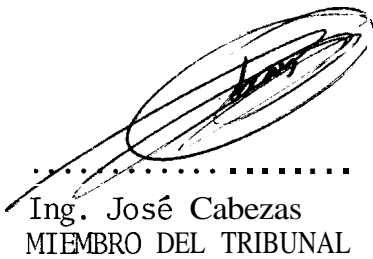
CARLOS XAVIER

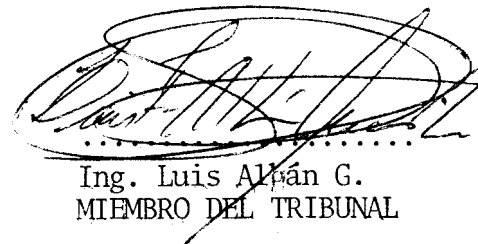
Como un ejemplo para su futuro.




.....
Ing. Daniel Tapia F.
DECANO - DIRECTOR DE TESIS


.....
Ing. Carlos Arnao R.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL


.....
Ing. José Cabezas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

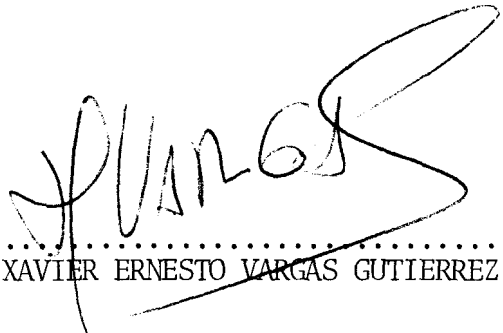

.....
Ing. Luis Alvarán G.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

[Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



.....
XAVIER ERNESTO VARGAS GUTIERREZ

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo, estudiar experimentalmente el comportamiento del tanino, extraído del mangle ecuatoriano, como AGENTE REDUCTOR DE FILTRACION Y VISCOSIDAD en lodos preparados en base agua dulce y agua salada.

Se efectúa una revisión de la literatura existente y de los trabajos realizados hasta el momento, sobre el tanino y su aplicación en fluidos de perforación.

Se expresan ciertas consideraciones teóricas referentes a descripción, composición química, clasificación y estado natural del tanino, así también se hace referencia a conceptos sobre filtración, viscosidad, agentes de control de estas propiedades y control de filtración estática.

Luego se procede a realizar las pruebas de laboratorio que incluyen una descripción de las muestras utilizadas, el procedimiento experimental seguido y la discusión de los resultados obtenidos a través de las respectivas pruebas.

Para efectuar las pruebas correspondientes, se utilizaron dos tipos de muestras: Polvo y Tinta de Mangle, obtenidas mediante procesos diferentes, a partir de la corteza del mangle.

Concluimos, que para nuestro propósito, encontrar un agente reductor de filtración, el mangle es efectivo para lodos en base agua dulce, tanto en polvo como en tinta.

INDICE GENERAL



	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCION	14
CAPITULO I	
REVISION DE LITERATURA	16
CAPITULO II	
EFFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO	19
2.1 Consideraciones tedricas	19
2.2 Filtración y viscosidad	26
2.2.1 Filtración	26
2.2.2 Viscosidad	30
2.3 Agentes reductores de viscosidad	40
2.4 Efectos del PH sobre la viscosidad	43
2.5 Calidad de costra y filtrado API	45
2.6 Factores que afectan la filtración	51
2.7 Control de la filtración estática	64
2.5 Agentes de control de filtración	69
CAPITULO III	
PRUEBAS DE LABORATORIO	79
3.1 Muestras	79



	<u>Pág.</u>
3.2 Procedimiento experimental	80
3.3 Resultados	85
CAPITULO IV	
DISCUSION DE RESULTADOS	87
4.1 Estudio comparativo de los efectos del tanino en las propiedades del lodo de perforación	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
APENDICES	143
BIBLIOGRAFIA	171

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Pág .</u>
1	COMPOSICION QUIMICA DEL TANINO ¹⁸	21
2	MODELO PLASTICO DE BIMGHAM ¹⁶	37
3	CURVA DE FLUJO TIPICA PARA FLUIDO DE PERFORACION USANDO VISCOSIMETRO FANN ¹⁶	39
4	PEGAMIENTO POR DIFERENCIA DE PRESION ¹⁶	50
5	CURVAS STANDARD API PARA LODOS DE ALTA Y BAJA PERDIDA DE FILTRADO ²	55
6	PRUEBA DE ALTA PRESION-ALTA TEMPERATURA PARA DETERMINAR CWRESIBILIDAD DE LA COSTRA ¹¹	58
7	TASA DE FILTRACION ESTATICA VS PRESION ²	60
8	EFECTOS DE LA PRESION EN LA PERDIDA DEL FILTRADO ¹⁶	61
9	EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA FILTRACION DEBIDO A LA VISCOSIDAD DEL FILTRADO ¹⁶	63
10	PERDIDA DE FILTRADO EN SUSPENSIONES BENTONICAS ¹⁶	66
11	CONSUMO APROXIMADO DE BENTONITA EN AGUA SALADA ¹⁶	67
12	EFECTOS DEL LIGNOSULFONATO Y LIGNITA SOBRE EL FILTRADO DE LODO DE AGUA DULCE ¹⁶	70
13	HIDRATAACION DE LAS ARCILLAS ⁹	75
14	ESQUEMA PARA ELABORACION DE TINTA DE MANGLE EN UNA CURTIEMBRE ⁴	81
15	RENDIMIENTO DE ARCILLA UTILIZADA	101

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
16	CONCENTRACION DEL CMC VS FILTRADO API LODO TIPO A TABLA N° 3	103
17	CONCENTRACION DEL CMC VS FILTRADO HP-HT LODO TIPO A TABLA N° 3	104
18	CONCENTRACION DE POLVO VS FILTRADO API LODO TIPO A TABLANO 4	106
19	CONCENTRACION DE POLVO VS FILTRADO <i>HP-HT</i> LODO TIPO A TABLA N° 4	107
20	CONCENTRACION DE TINTA VS FILTRADO API LODO TIPO A TABLA N° 5	109
21	CONCENTRACION DE TINTA VS FILTRADO HP-HT LODO TIPO A TABLANZ 5	110
22	CONCENTRACION DE CMC VS FILTRADO API LODO TIPO B TABLANO 6	112
23	CONCENTRACION DE CMC VS FILTRADO HP-HT LODO TIPO B TABLANZ 6	113
24	CONCENTRACION DE POLVO VS FILTRADO API LODO TIPO B TABLA N° 7	115
25	CONCENTRACION DE POLVO VS FILTRADO <i>HP-HT</i> LODO TIPO B TABLANZ 7	116
26	CONCENTRACION DE TINTA VS FILTRADO API LODO TIPO B TABLANZ 8	118
27	CONCENTRACION DE TINTA VS FILTRADO <i>HP-HT</i> LODO TIPO B TABLANZ 8	119

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pág .</u>
1	CLASIFICACION DE LODOS UTILIZADOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO	83
2	RENDIMIENTO DE LA ARCILLA UTILIZADA EN PRUEBAS	100
3	LODO TIPO "A"	102
4	LODO TIPO "A"	105
5	LODO TIPO "A"	108
6	LODO TIPO "B"	111
7	LODO TIPO "B"	114
8	LODO TIPO "B"	117
9	LODO TIPO "C"	120
10	LODO TIPO "C"	123
11	LODO TIPO "C"	126
12	LODO TIPO "D"	129
13	LODO TIPO "D"	132
14	LODO TIPO "D"	135
15	ANALISIS TANICO DEL RHIZOPHORA MANGLE	148
16	RESUMEN DE LOS COSTOS UNITARIOS DE OPERACION DE LOS AÑOS 1967 y 1984	154

INTRODUCCION

Debido a la gran demanda de hidrocarburos, en la actualidad se hace necesaria la búsqueda de nuevos yacimientos petrolíferos que permitan aliviar la crisis energética mundial.

En la Industria Petrolera, las operaciones de perforación constituyen la parte fundamental de todo el proceso, pues es la única forma de verificar la existencia de petróleo.

En la elaboración del programa de perforación de un pozo es necesaria la presencia del fluido de perforación, por cuanto, además de controlar la presión de formación, debe reunir una serie de propiedades características, suministradas por aditivos, que permiten la existencia de condiciones óptimas durante el proceso.

Entre estas propiedades, dos de las más importantes son :
Filtración y Viscosidad.

El presente trabajo tiene como objetivo utilizar un compuesto orgánico vegetal, el tanino, para mejorar las propiedades de filtración y viscosidad del fluido de perforación. Dicho compuesto puede ser extraído de todo tipo de vegetación, principalmente del mangle.

La parte experimental de esta tesis se realiza íntegramente

en el Laboratorio de Fluídos de Perforación de la Facultad de Geología, Minas y Petróleo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el mismo que cuenta con todos los equipos necesarios para la evaluación de propiedades en este trabajo.

CAPITULO I ^{1.5}

REVISION DE LITERATURA

En 1965, A. J. Henrfquez y colaboradores⁸ realizaron un estudio del mangle, como aditivo en los lodos de perforacidsn.

Utilizaron muestras de mangle, las mismas que fueron sometidas a procesos de extraccidsn y calentamiento. El proceso utilizado era rudimentario, razón por la cual se perdían los compuestos tánicos.

Luego de efectuar un análisis químico del mangle y del quebracho, dio como resultado que el mangle poseía 11,3% de tanines y el quebracho 20,6% de compuestos tánicos.

Concluyeron los autores que el quebracho da mejores resultados que el mangle, debido a su mayor porcentaje de taninos.

La recomendación final fue de modernizar la extraccidsn del extracto del mangle para aumentar de esta manera el porcentaje de taninos y así mismo utilizar el mangle como reductor de viscosidad.

En 1966, Elvin Lugo y Norbero González⁹ continuaron el trabajo anterior con la diferencia de que ahora la extracción de los productos tánicos presentes en la corteza del mangle se

lo hacía por un proceso mecánico, es decir triturar y moler la corteza, para luego pasarla por diferentes tamices.

Se realizó un análisis químico con el objeto de determinar el porcentaje de taninos presentes en la muestra.

Concluyeron que el mangle es necesario someterlo a tratamiento químico para incrementar su porcentaje de taninos y por lo tanto aumentar su eficiencia como adelgazador.

Así mismo, el mangle puede ser utilizado como agente reductor de viscosidad en lodos base agua dulce, ajustando el PH entre 10,5 y 11,5.

En 1967, Manuel López y Silio Ludovich¹⁴ presentaron la posibilidad de aumentar el porcentaje de taninos en el extracto del mangle, tratando de aislar las sustancias que en nada influyen en el lodo de perforación.

Para lo cual calentaron agua con polvo de mangle durante una hora y luego lo hicieron pasar por el Eiltro prensa.

Estos autores concluyeron que el quebracho presenta mejores condiciones como adelgazador que el mangle, por su mayor contenido de taninos; por lo que recomiendan obtener un mayor porcentaje de taninos y un mayor tiempo de calentamiento de la solución.

En 1975, Roberto Franco Escalante⁵ en su trabajo, obtiene la muestra de mangle en polvo luego de un proceso de triturar, moler y tamizar el polvo del mangle ecuatoriano.

Preparó el lodo con diversos porcentajes de arcillas, haciendo variar la cantidad del mangle en polvo a ser añadido al lodo.

Concluyó que al incrementar la concentración del mangle disminuye la pérdida del filtrado para cualquier porcentaje de arcilla utilizado, es decir, el mangle tiene condiciones para ser considerado agente reductor de viscosidad y filtrabilidad, debiendo en el futuro utilizar arcillas de mejor calidad y cortezas de mangle con mayor porcentaje de taninos, pues se utilizó una concentración de 24% de productos tánicos en el estudio.

CAPITULO II

EFFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO

2.1 CONSIDERACIONES TEORICAS

DESCRIPCION¹²

El tanino es un compuesto orgánico poli-hidroxifenólico que se encuentra en los vegetales curtientes, y varía en composición de especie a especie.

A pesar de su constitución química muy variable, posee un conjunto de caracteres comunes, a saber :

Es soluble en acetona, alcohol, acetato de etilo, éter comercial.

Es insoluble en éter puro y seco, benceno, cloroformo, éster acético, glicerina y sulfuro de carbono.

Tiene un sabor astringente y se descompone a 210°F.

Su propiedad más importante es la de precipitar grupos completos de compuestos químicos.

Precipita sales metálicas, como las de Plomo, Cobre , Mercurio, Antimonio, Bismuto, etc. y da precipitados insolubles con gran número de bases orgánicas, especialmente alcaloides y materias colorantes.

El tanino posee propiedades curtientes, capaz de cur-

tir sustancias dérmicas de la piel.

COMPOSICION QUIMICA¹⁸

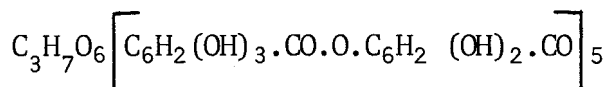
Su fórmula química no está completamente dilucidada y parece que no es la misma para todos los productos de este nombre, si bien a todos se le considera semejantes a la PENTADIGALOIGLUCOSA.

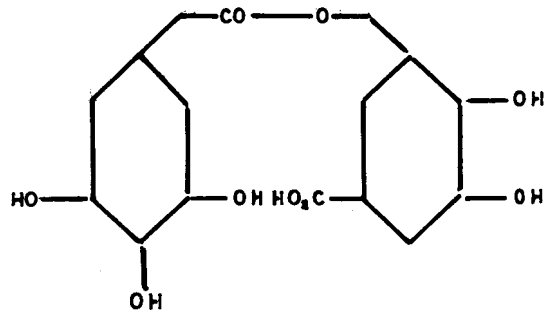
El tanino se tomó durante largo tiempo, por el ácido digálico.

M. Nierenstein, defendió en numerosos trabajos, el punto de vista de que era una mezcla de ácido digálico (Fórmula I) (P.F. 268-270°F) y leucotanino (Fórmula II) como se puede ver en Figura N°1.

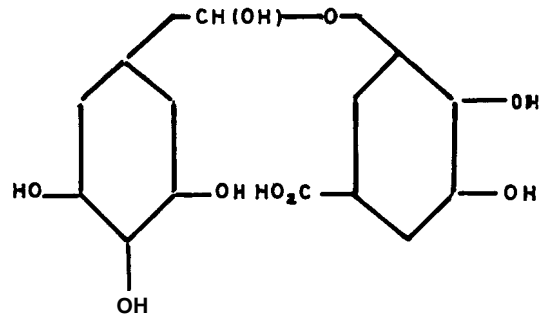
H. Decker dio la siguiente estructura (Fórmula 111), ver Fig:N°1; y Feist sostenía que el tanino era un glucósido del ácido gálico.

Pero con los trabajos de E. Fischer y K. Freudenberg se demostró que con la mayor probabilidad, el componente esencial de un tanino cuidadosamente purificado era una penta-digaloiglucosa.

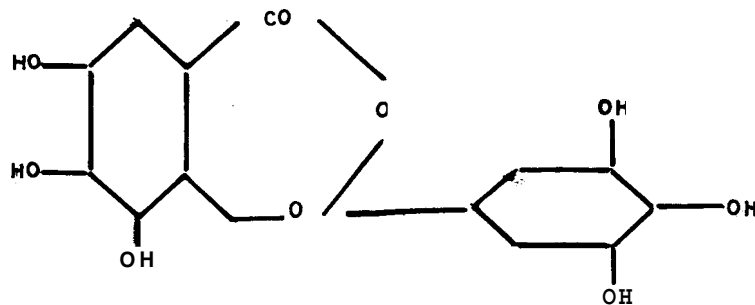




FORMULA I



FORMULA II



FORMULA III

FIGURA N° 1.-COMPOSICION QUIMICA DEL TANINO (18)



y así no sería un glucósido, sino una glucosa, con los 5 grupos hidroxílicos esterificados por el ácido digálico.

Esta fórmula explica la actividad óptica del producto, la hidrólisis en ácido gálico y glucosa, así como la proporción cuantitativa en que se originan ambos cuerpos.

CLASIFICACION¹²

Hasta el año 1900 -se conocía poco sobre- su clasificación y de los productos de descomposición que resultan del tratamiento con ácidos en caliente.

La siguiente es la clasificación más aplicada y conocida en la actualidad :

TANINOS FISIOLÓGICOS : Procedente de la actividad normal de las plantas (taninos de corteza de pino, encina, roble, etc.). Estos productos no se desdoblan por enzimas hidrolizantes.

TANINOS PATOLÓGICOS : Procedentes de alteraciones patológicas de las plantas (agallas de roble, etc.). Estos productos se desdoblan por las enzimas. Por destilación seca, producen pirogalol y no dan compuestos im

putrescibles con la gelatina.

TANINOS HIDROLIZABLES : En éstos, los núcleos bencénicos están unidos en un largo complejo por medio de átomos de oxígeno, y se dividen en componentes simples por la acción de ácidos y enzimas hidrolizantes. Estos taninos son los siguientes :

1. Esteres de ácido fenol-carboxílico
2. Esteres de ácido fenol-carboxílico con alcoholes polivalentes y azúcares.
3. Glucósidos del tipo de galotaninos y elagitaninos
4. Cafetaninos

TANINOS CONDENSADOS : En este caso, los núcleos están unidos por átomos de carbono y no se separan por la acción de las enzimas hidrolizantes ni de los ácidos diluidos.

Los grupos en que se subdividen son los siguientes :

1. Acetonas simples, tales como hidroxibenzofenona o **hidroxifenil-estirilcetonas.**
2. La mayoría de los taninos comerciales, tales como flavotaninos y catéquicos.

3. Taninos de Catecú

4. Tanino de Rhizophora mangle : Sack le atribuye la fórmula empírica $C_{24}H_{26}O_{12}$ y de él ha preparado el monoacetato de P.F. = 205°F.

No han podido encontrarse sustancias análogas a la catequina.

Ultimamente, Putnan ha obtenido para el tanino de mangle la fórmula empírica $C_{32}H_{30}O_{12}$, separando derivados metilados y acetilados de este producto.

12,13,18

ESTADO **NATURAL**

Prácticamente toda madera o vegetación contiene algo de tanino, el cual como su nombre lo indica, es el activo principal en el curtimiento.

Casi cualquier árbol o arbusto que crece, contiene tanino en raíces, ramas, corteza, árboles, madera o fruta. Existen cientos de variedades de taninos, pero el número se ha ido reduciendo poco a poco, conforme se ha ido investigando.

Los materiales comercialmente usados son aquellos que contienen una gran cantidad de taninos. Materiales con menos del 10% de tanino no son económicamente rentables.

La siguiente tabla indica las principales fuentes de taninos vegetales :

<u>CORTEZAS</u>	<u>MADERAS</u>	<u>FRUTAS</u>
Acacia	Quebracho	
Mangle	Castaña	Valonia
Roble	Roble	Divi-Divi
Abeto		Tara
Pino		Algarrobilla
Sauce		

La siguiente tabla nos da un análisis del extracto de agua obtenida de muchos materiales tánicos comunes.

Las extracciones y análisis fueron hechos de acuerdo con los Métodos Oficiales de la Asociación Americana de Químicos Agricultores (AOAC).

<u>CONSTITUYENTE</u>	<u>CORTEZA DE MANGLE</u> (%)
Total sólidos	44.00
Sólidos solubles	37.28
Insolubles	6.72
No taninos	8.78
Taninos	28.51

2.2 FILTRACION Y VISCOSIDAD

2.2.1 FILTRACION

La propiedad de filtración y de formación de costra del fluido de perforación es de fundamental importancia en las operaciones de perforación y completación.

Mientras se perfora, las formaciones hacen las veces de un tamiz o malla. Los sólidos del lodo se depositan sobre las paredes del pozo y la fase líquida invade la formación.

La filtración es una medida de la habilidad de los componentes sólidos del lodo para formar una capa delgada y de baja permeabilidad, sobre las paredes del pozo, que se denomina costra, enjarre, torta o revoque.

El volumen líquido que se pierde hacia la formación a consecuencia de la presión diferencial entre el pozo y ésta, es lo que se conoce como pérdida de filtrado del lodo de perforación.

En lodos de base agua, el filtrado es agua; en lodos de base aceite el filtrado es aceite.

La pérdida de filtrado que tiene lugar mientras se está formando la costra se conoce como pérdida inicial (spurt loss).

La filtración debe ser controlada regularmente, para asegurar el buen funcionamiento del lodo en el pozo. Es decir, controlar la tasa o velocidad de filtración, el espesor y textura de la costra y las propiedades químicas del filtrado.

El objetivo principal es formar una costra delgada y resistente sobre la superficie de las formaciones permeables e impedir una excesiva pérdida de filtrado (alta pérdida de agua).

De acuerdo a la experiencia que se tiene del área a perforar, se determina la cantidad de filtrado adecuado para mantener el pozo sin problemas, dependiendo de la formación a atravesar.

Para que la filtración pueda tener lugar en el pozo, debe haber una presión diferencial positiva entre el lodo y la formación y esta debe ser permeable.

La presión diferencial es la diferencia entre

la presión hidrostática del lodo y la presión de formación. Se considera esta presión positiva si tiende a forzar el filtrado hacia la formación.

Una formación permeable (areniscas y calizas) permiten que el fluido pase a través de ella. Si el fluido no puede atravesar la roca, se dice que la formación es impermeable (lutitas).

En una formación impermeable no puede formarse costra o producirse pérdida de filtrado. Además, el filtrado debe ser compatible con la formación y con los fluidos de la misma.

Esto ayuda a tener un pozo estable y minimiza los daños de formación. Con un buen control de estas propiedades se consigue :

- 1) Efectos beneficiosos para la estabilidad del pozo.
- 2) Mejor interpretabilidad de los registros eléctricos.
- 3) Mayor protección a zonas productoras
- 4) Menor riesgo de atascamiento

En el pozo, durante la perforación, ocurren dos tipos de filtración: estática y dinámica.

La filtración estática tiene lugar cuando el lodo está en reposo. La costra aumenta de espesor con el tiempo, dado que restringe el flujo del filtrado, la velocidad de filtración disminuye con el tiempo. El control de este tipo de filtración consiste en prevenir la formación de costras muy gruesas.

La filtración dinámica tiene lugar cuando el lodo está circulando. Esta filtración se diferencia de la anterior en que el flujo de lodo a medida que pasa por la pared del pozo tiende a raspar la costra, al mismo tiempo que se va formando, hasta que la costra se estabiliza con el tiempo y la velocidad de filtración se vuelve constante. El control de esta filtración consiste en prevenir una excesiva pérdida de filtrado a la formación.

Ordinariamente la costra dinámica es más delgada que la costra estática, pero el filtrado es mayor.

Por regla general, los dos ensayos de filtración no pueden correlacionarse directamente, puesto que las sustancias químicas del lodo se comportan de manera diferente en las dos condiciones que caracterizan a esos ensayos.

En la práctica, sólo se considera la filtración estática, pues no existe en el campo un aparato adecuado para determinar la filtración dinámica.

2.2.2 VISCOSIDAD

Las propiedades de flujo de un lodo deben ser controladas adecuadamente. Dichas propiedades son consecuencia en gran parte de la viscosidad o más fundamentalmente de la reología del fluido de perforación.

La viscosidad de un fluido es una medida de la resistencia interna al flujo. Se la define también, como la relación Tensión de corte-Tasa ó Velocidad de corte, para un fluido determinado.

La velocidad relativa con la cual una capa individual se mueve con respecto a las capas vecinas es la velocidad de corte.

La fuerza de resistencia que una capa individual ofrece al deslizamiento de las capas vecinas es la tensión de corte.

La viscosidad del lodo es función de muchos factores entre los cuales tenemos :

- 1) Viscosidad de la fase líquida
- 2) Volumen de sólidos en el lodo
- 3) Volumen de fluidos dispersos (emulsiones)
- 4) Número de partículas por unidad de volumen en el lodo.
- 5) Forma y tamaño de partículas sólidas
- 6) Atracción o repulsión entre :
 - a) Partículas sólidas
 - b) Sólidos y fase fluida

Se han establecido diferentes tipos de viscosidad que se definen a continuación :

VISCOSIDAD APARENTE (V_A)

A una determinada velocidad de corte, el fluido tiene una viscosidad denominada viscosidad aparente. Esta es la viscosidad que el fluido apa

rentaría tener si lo hubiéramos confundido con un fluido Newtoniano y hubiéramos intentado encontrar su viscosidad por medio de la determinación de su tensión de corte a esa velocidad de corte. Entonces la viscosidad aparente de un lodo depende de la velocidad de corte a la que ha sido determinada.

VISCOSIDAD MARSH

Es una medida del tiempo en segundos, del escurrimiento de 1000 cc de lodo a través del Embudo Marsh. Nos da una idea de las propiedades de viscosidad del lodo en el campo. Está relacionada con la viscosidad anterior, en el sentido que un aumento en la Viscosidad Marsh se refleja en aumento de la viscosidad aparente. Este valor es un indicador cualitativo de la viscosidad del lodo.

VISCOSIDAD PLASTICA (V_p, μ_p)

Es generalmente descrita como la parte de la resistencia al flujo causada por fricción mecánica. Es afectada por los siguientes factores:

- 1) Concentración de sólidos

- 2) Tamaiio y forma de particulas sólidas
- 3) Viscosidad de la fase fluida

Un aumento en la viscosidad plástica significa un aumento en el porcentaje volumétrico de sblidos, una reducción en el tamaño de las partículas sblidas, un cambio en la forma de los mismos o una combinación de esos factores.

PUNTO CEDENTE (YIELD POINT) (Y_p)

Es la parte de la resistencia al flujo causada por las fuerzas de atracción entre particulas.

Esta fuerza de atracción es consecuencia de las cargas eléctricas sobre la superficie de las particulas dispersas en la fase fluida. La magnitud de esa fuerza es función de :

- 1) El tipo de sblidos y las cargas eléctricas asociadas con ellos.
- 2) La cantidad de sblidos
- 3) La concentración ibnica de las sales contenidas en la fase fluida del lodo.

RESISTENCIA DE GEL (G_i/G_f)

Cuando un lodo ha sido sometido a velocidad de

1
corte cero o cercanas a cero durante cierto tiempo, el fluido tiende a desarrollar una estructura de gel rígida o semirígida. Esta propiedad se llama Tixotropía.

Para tener una idea del grado de tixotropía presentes en un lodo, se toman dos lecturas de Gel; la primera con 10 segundos de reposo del lodo y la segunda con 10 minutos de reposo.

La probable aparición de problemas en un sistema de lodos se refleja en la ocurrencia de gels progresivos o instantáneos.

Un amplio margen entre la lectura inicial de gel y la lectura a los 10 minutos se denomina gel progresivo e indica acumulación de sólidos. Si la lectura inicial (10 segundos) y la final (10 minutos) son elevadas, con pequeñas diferencias entre las dos, estamos ante un gel instantáneo, lo que indica floculación.

La resistencia de gel y el punto de cedencia son ambas medidas de las fuerzas de atracción en un sistema. La resistencia de gel mide las fuerzas de atracción estáticas, mientras que

1
corte cero o cercanas a cero durante cierto tiempo, el fluido tiende a desarrollar una estructura de gel rígida o semirígida. Esta propiedad se llama Tixotropía.

Para tener una idea del grado de tixotropía presentes en un lodo, se toman dos lecturas de Gel; la primera con 10 segundos de reposo del lodo y la segunda con 10 minutos de reposo.

La probable aparición de problemas en un sistema de lodos se refleja en la ocurrencia de gels progresivos o instantáneos.

Un amplio margen entre la lectura inicial de gel y la lectura a los 10 minutos se denomina gel progresivo e indica acumulación de sólidos. Si la lectura inicial (10 segundos) y la final (10 minutos) son elevadas, con pequeñas diferencias entre las dos, estamos ante un gel instantáneo, lo que indica floculación.

La resistencia de gel y el punto de cedencia son ambas medidas de las fuerzas de atracción en un sistema. La resistencia de gel mide las fuerzas de atracción estáticas, mientras que

el punto de cedencia mide las fuerzas de atracción dinámicas. El valor de resistencia de gel depende de :

- 1) Concentración en volumen de sólidos
- 2) Propiedades de superficies de sólidos
- 3) Cargas eléctricas envueltas en el sistema

Las propiedades reológicas son descritas como las propiedades de flujo de un fluido de perforación a varias velocidades de flujo, *

El flujo patrón varía en diferentes tramos dentro del sistema de circulación. Por ejemplo , en el interior de la tubería de perforación y a través de las toberas, es turbulento. Cuando el fluido se encuentra alrededor de los lastre-barrenas, puede ser laminar o turbulento. Cuando el fluido se mueve dentro del espacio anular alrededor de la tubería de perforación, es normalmente, pero no siempre laminar.

Obviamente si nosotros predecimos el flujo patrón de un fluido a varias tasas de flujo, es necesario obtener la Tensión de corte-Tasa de

corte a las diferentes tasas de corte que existen en ese intervalo de interés.

La Figura N°2, es un diagrama de flujo tanto para fluidos plásticos o no newtonianos y para fluidos newtonianos. La Tensión de corte es graficada contra la Tasa de corte. La línea inferior, característica de un fluido Newtoniano, es una recta que pasa por el origen. Cualquier incremento de la tensión de corte aplicado al fluido, una correspondiente tasa de corte resulta inmediatamente. Esto continúa de una manera uniforme.

$$\tau = \mu_a \frac{dV}{dR} \quad (\text{Fluido newtoniano})$$

La viscosidad, usualmente expresada en centipoises, es calculada dividiendo la Tensión de corte para la tasa de corte.

Para fluidos newtonianos notamos que la viscosidad es constante. Si dividimos la tensión de corte para la tasa de corte en cualquier punto obtendremos siempre el mismo valor, debido a que la viscosidad es una propiedad del fluido newtoniano y es independiente de la tensión de

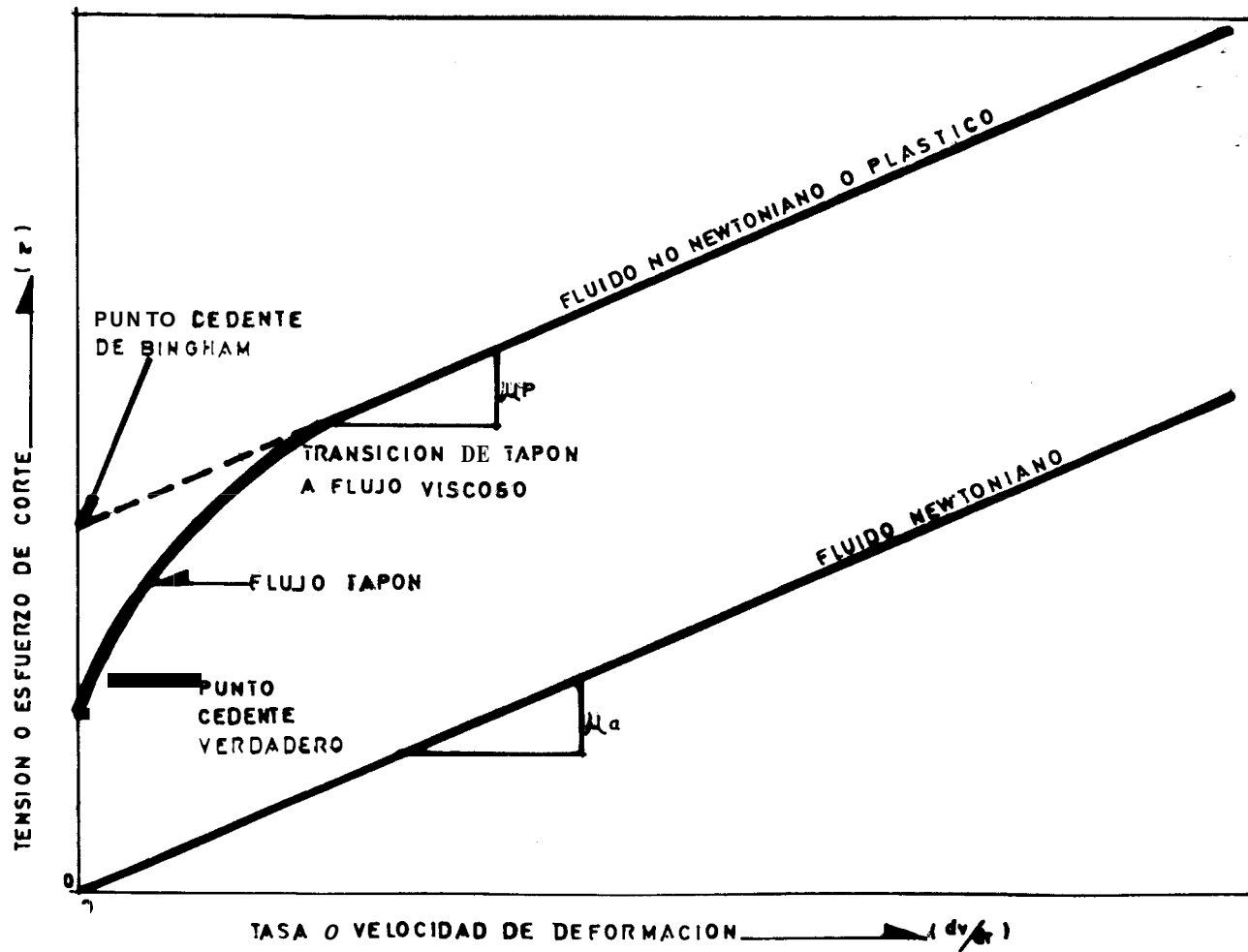


FIGURA N° 2.-MODELO PLASTICO DE BINGHAM (16)



corte.

$$\tau = Y_p + \mu_p \frac{dV}{dR} \quad (\text{Fluido no newtoniano})$$

La curva superior en la Figura N^o2, ilustra un Fluido No-Newtoniano o Plástico. Notamos que algún esfuerzo de corte necesita ser aplicado para que la deformación o corte comience. El punto donde esto ocurre es llamado PUNTO CEDENTE VERDADERO. La curva pasa luego por una región de flujo tapón y finalmente a una porción de línea recta de flujo viscoso o laminar. El intercepto con el eje de la Tensión de corte es denominado PUNTO CEDENTE DE BINGHAM.

La viscosidad puede ser calculada para cualquier punto a lo largo de la curva dividiendo la tensión de corte para la tasa de corte. Notaremos que la viscosidad está continuamente cambiando cuando cambia la tasa de corte. La viscosidad para un fluido No-Newtoniano es de esta manera una función no sólo del fluido sino también de la tasa de corte.

La Figura N^o 3, es un gráfico de los datos obtenidos de el VISCOSIMETRO FANN. El gráfico es

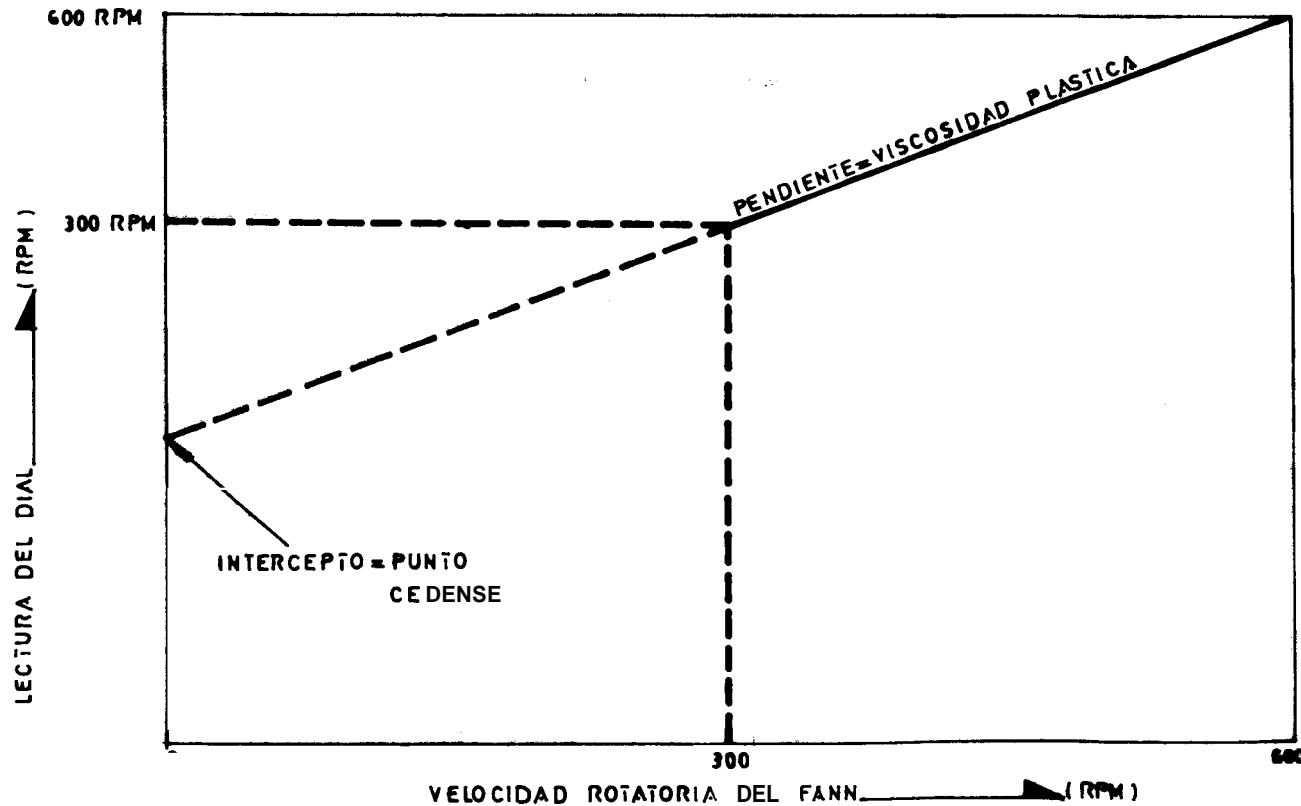


FIGURA N° 3. CURVA DE FLUJO TÍPICA PARA FLUIDO DE PERFORACION USANDO VISCOSIMETRO FANN (16)

similar a la Fig. N^o 2. La deflexión del VISCO SIMETRO FANN ha sido reemplazada por la tensión de corte. Las deflexiones del dial son graficadas contra 300 y 600 RPM.

Las propiedades de los fluídos obtenidas del VISCOSIMETRO FANN son :

Viscosidad Aparente es la lectura 600 dividido para 2.

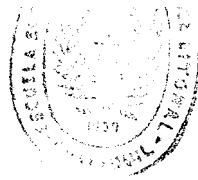
Viscosidad Plástica, la pendiente de la línea , es la lectura 600 menos la lectura 300.

Punto cedente es la lectura 300 menos la viscosidad plástica.

2.3 AGENTES REDUCTORES DE VISCOSIDAD

La reducción o disminución de viscosidad de un lodo se puede llevar a cabo de la siguiente manera :

- 1) Reducción del contenido de sólidos
- 2) Reducción del número de partículas por unidad de volumen.
- 3) Neutralización de fuerzas atractivas entre partículas.



Existen 3 formas en que se puede reducir el porcentaje de sllidos :

- 1) Dilución
- 2) Sedimentación
- 3) Control mecánico de sllidos

La adicidn de agua o dilucidn es un método poco econó-
mico por cuanto el nuevo volumen deberá densificarse y
tratarse nuevamente.

La sedimentación es eficaz para lodos en base agua.
Los sllidos perforados se separarán del lodo por sedi-
mentacidn si se dejan en reposo por un período largo.
Existen aditivos especiales para fomentar la **sedimenta-
cidn**. Estos inducen la floculación, lo que hace que
las pequeñas particulas se agrumen para formar particul
las más grandes, las que son lo suficientemente pesa-
das para separarse por sedimentación.

El control mecánico de sllidos, se realiza por medio
de zarandas vibratorias, desarenadores, desarcillado-
res, centrífugas y separadores de limo o limpiadores
de lodo.

Después que el contenido de sllidos en un lodo ha sido

proporcionado, viene la graduación selectiva de las propiedades del lodo, por medio de agentes de tratamiento especiales denominados dispersantes.

Los dispersantes son aquellos compuestos químicos que originalmente se denominaron adelgazadores o defloculantes. Se usan para neutralizar las cargas positivas de las láminas de arcillas y evitan que las láminas se peguen unas contra otras, resultando una reducción de la resistencia al flujo con una suspensión.

Se usan dispersantes para reducir el punto cedente, la resistencia de gel y la viscosidad a bajas tasas de corte. No se usan estos aditivos para reducir la viscosidad plástica, porque ésta es una función del volumen total de sólidos en suspensión.

Los principales químicos utilizados como agentes reductores de viscosidad son los siguientes :

A) ALCALIS COMERCIALES

Silicato de sodio

Fosfatos poli-sódicos

B) POLIFOSFATOS MOLECULARMENTE DESHIDRATADOS

Pirofosfato de sodio

Pirofosfato ácido de sodio

Polifosfato de sodio

C) COMPUESTOS TANICOS

Extracto de quebracho

Extracto de mangle

D) LIGNOSULFONATOS

Lignosulfonato de calcio

Lignosulfonato de sodio

Lignosulfonato de aluminio

Lignosulfonato de cromo

E) LIGNITOS MINERALIZADOS (HUMATOS)

Acido húmico combinado con hidróxido de sodio

Mezclas de lignitos mineralizados y taninos

Lignitos naturales

2.4 EFECTOS DEL PH SOBRE LA VISCOSIDAD

El PH es una medida de la acidez o alcalinidad de un lodo o filtrado. Se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentracdn de iones hidrdgeno (H^+). El PH del agua pura es 7.0 e indica concentracdn neutra. Para cualquier ion hidrdgeno (H^+) particular, e-



Existe su correspondiente ion oxhidrilo (OH^-) lo cual resulta en un equilibrio.

El ion H^+ representa la porción ácida y el ion OH^- la alcalinidad o porción básica de la solución.

Los rangos de valores PH son los siguientes :

PH mayor que 7 : solución alcalina

PH igual que 7 : solución neutra

PH menor que 7 : solución ácida



Se dice que un lodo tiene PH bajo, cuando dicho valor está entre 7.5 a 9.5. Si varía entre 10,5 a 11,5 se dice que tiene un PH alto.

El PH del sistema de lodos de base agua es mantenido en un rango alcalino por las siguientes razones :

- 1) Dispersantes orgánicos y agentes de control de filtrado generalmente alcanzan su máxima efectividad en ambiente alcalino,
- 2) Efectos adversos de electrolitos contaminantes son disminuidos a niveles altos de PH.
- 3) Velocidades altas de corrosión pueden ser reducidas y acción bacteriana sobre materiales orgánicos es re-

través de sus poros.

Los sólidos del lodo se depositarán sobre las paredes del pozo, en un espesor que idealmente es de $\frac{1}{32}$ de pulgada aproximadamente, formando una película delgada e impermeable, denominada costra.

Durante la perforación es deseable la acumulación de una costra que sea lo más delgada e impermeable posible. Es decir, el espesor de la costra dependerá de la cantidad de sólidos presentes en el lodo.

Entre los factores que influyen en la calidad y espesor de la costra, tenemos :

- 1) Porcentaje de sólidos presentes en el lodo
- 2) Tamaño de partículas sólidas
- 3) Propiedades coloidales del lodo

La costra está formada no sólo por los sólidos añadidos a éste en superficie (bentonita, barita, aditivos) sino también los encontrados en el pozo durante la perforación.

Se deben tomar en cuenta, además, el tamaño, forma y distribución de las partículas de arcilla y los mate-

riales utilizados en el control de filtrado para determinar las propiedades óptimas que debe presentar la costra.

El líquido que se pierde por filtración hacia la formación es el filtrado y la velocidad relativa a la cual ocurre este fenómeno es lo que se llama pérdida de fluido o filtrado (o de agua).

La pérdida de fluido es afectada por la permeabilidad de la formación, por la presión diferencial entre el lodo y la formación, y por las características de filtración del lodo.

El Instituto Americano del Petróleo (API) define la filtración de la siguiente manera :

"Volumen de la fase líquida continua de un fluido de perforación que se recoge de un filtro prensa durante 30 minutos a una presión de 100 (\pm 5 psi) y a temperatura ambiente".

Tanto el volumen de filtrado (cc) y el espesor de la costra (treinta y dos avos de pulgada) son reportados en el campo.

De manera general, pérdidas de filtrado debajo de 8 cc

son consideradas aceptables en la práctica. Es necesario evitar que un alto volumen de filtrado invada la formación, pues puede :

- 1) Originar derrumbamientos, por hinchamiento o hidro-desintegración de lutitas.
- 2) Causar un desplazamiento deficiente del lodo durante la cementación primaria.
- 3) Cambiar las características de la formación en un amplio espacio vecino al pozo. Esto hace difícil la evaluación de la formación con registros eléctricos.
- 4) Reducir la permeabilidad relativa al petróleo. Si la formación permeable es productiva, o potencialmente productiva, las características del lodo son importantes.

Los caminos potenciales para el paso de hidrocarburos pueden ser bloqueados por una reacción adversa entre el filtrado y la formación, o por la entrada de los sólidos del lodo en el interior de la formación.

El daño se puede reducir a un mínimo, manteniendo baja la velocidad de filtración, usando un lodo cuyo filtrado reacciona en grado mínimo con la formación y contra

lando el tipo y cantidad de sdlidos en el lodo.

Si se produce una elevada invasidn de filtrado a la formacidn, se depositará una costra gruesa sobre las paredes que causará :

- 1) Reduccidn del diámetro del pozo, ocasiona aumentos excesivos de presidn en el anular, además de la friccidn de la sarta contra las paredes, todo lo cual trae como consecuencia herramientas aprisionadas diferencialmente, como se aprecia en la Figura N° 4.
- 2) Al retirar herramientas o la sarta de perforacidn , se produce un efecto succionante, el cual origina cavidades o derrumbes, reduciendo la presidn hidros tática, con lo cual se permite la invasión de los fluídos de la formacidn dentro del pozo.

La experiencia ha demostrado que la mayoría de los reventones ocurren durante o brevemente después de retirar del pozo, la tubería de perforacidn.

La filtracidn se mide por medio de dos ensayos estandard del API: uno a baja presidn y temperatura ambiente y otro a alta presión y temperatura.

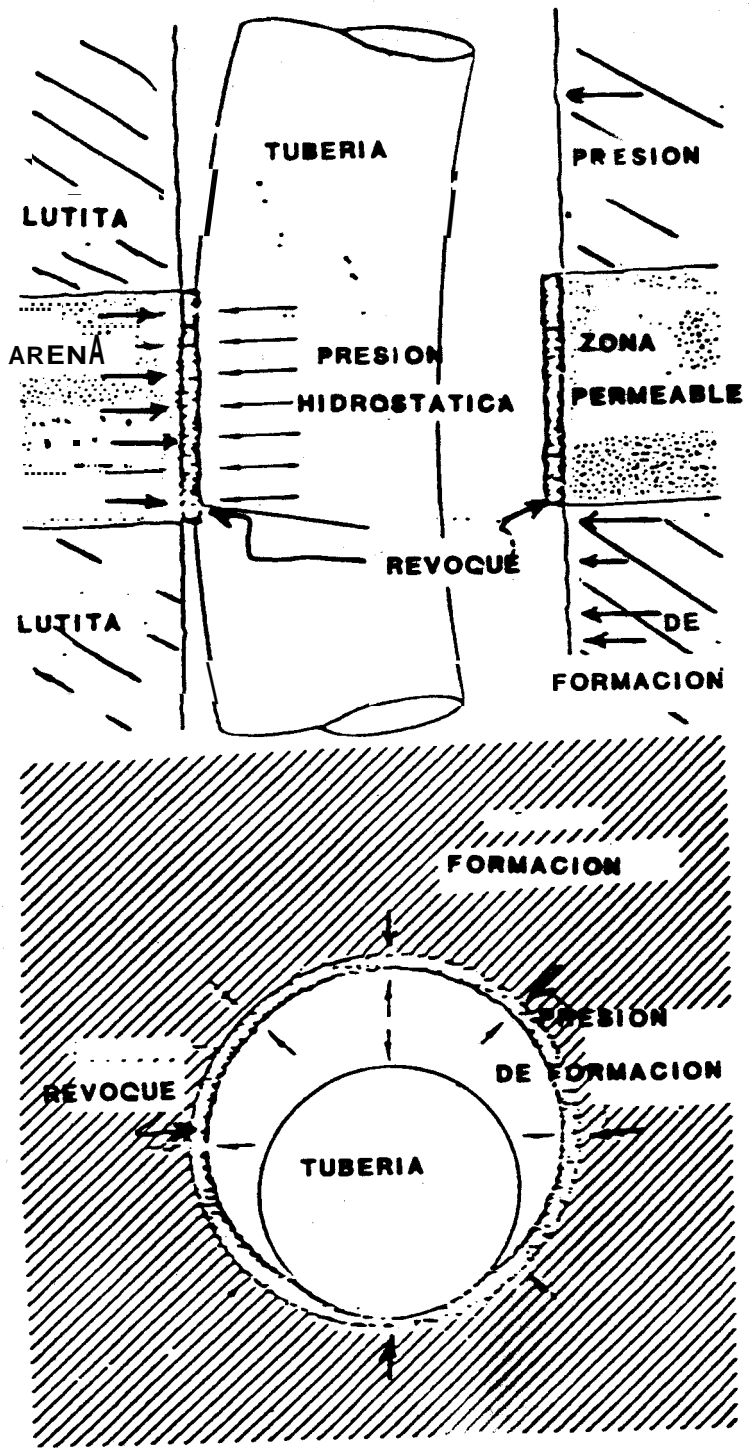


FIGURA N°4.- PEGAMIENTO POR DIFERENCIA DE PRESION (16).

El ensayo a baja presión se conoce como ensayo API, mientras que el segundo se menciona generalmente como el HP-HT (ensayo a alta presión y temperatura).

En pozos de baja temperatura la prueba API es suficiente. Cuando la temperatura excede los 250°F deben llevarse a cabo ambos ensayos.

Una pérdida de filtrado de 15 cc/30 minutos (o inferior a ello) en el ensayo HP-HT es usualmente un requerimiento para tener dificultades mínimas en el pozo cuando se trata de pozos de alta temperatura.

Otra regla de aplicación práctica, que se emplea a veces, es que la pérdida de filtrado en la prueba HP-HT debe ser menos del triple de la pérdida de filtrado por el ensayo API.

Normalmente HP-HT da como resultado una pérdida mayor de fluido que la prueba API. Eso se debe a que ciertos agentes de control de filtrado pierden su eficacia cuando se someten a altas temperaturas y presiones.

2.6 FACTORES QUE AFECTAN LA FILTRACION.

Se han realizado estudios extensos sobre los diversos

factores que influyen en la filtración. Los resultados han dado un adelanto sobre el desarrollo y la comprensión de los aditivos para corregir la pérdida de filtrado.

El tiempo, la temperatura, la presión y las características de los sólidos del lodo son factores importantes.

La ecuación fundamental que describe la pérdida de agua a través de un medio filtrante es :

$$\frac{dQ_w}{dt} = \frac{K^2 PR^{(2)}}{\mu Q_w} \quad 2.6.1$$

Donde :

Q_w : volumen de agua, cc

t : tiempo, seg

K : constante característica del lodo

Q_s : volumen de sólidos

P : presión diferencial, psi

R : Relación de Q_w y Q_s

μ : viscosidad del filtrado, cps

La ecuación significa que el volumen de pérdida de agua con respecto al tiempo varía directamente con presión e inversamente con la viscosidad del filtrado y el espesor de la costra.



BIBLIOTECA

La ecuación diferencial integrada nos da :

$$Q_w = \frac{K P^{0.5} R^{0.5} t^{0.5}}{\mu^{0.5}} \quad 2.6.2$$

Estudiaremos la diferencia de cada uno de estos factores en la ecuación (2.6.1).

EFECTO DEL TIEMPO

La relación entre filtración y tiempo es expresada por:

$$Q_w = K_1 t^{0.5} + e \quad (2) \quad 2.6.3$$

Donde:

Q_w : volumen de filtrado, cc

t : tiempo, seg

e : pérdida inicial

K_1 : constante, característica del lodo = $\frac{K P^{0.5} R^{0.5}}{\mu^{0.5}}$

Expresado teóricamente, el volumen de filtrado varía directamente con la raíz cuadrada del tiempo, y algunos lodos exhiben una pérdida inicial de líquido, antes de que la filtración se estabilice.

Esta relación es sólo una aproximación, puesto que se hace en la hipótesis de que la permeabilidad de la costra es constante.

Esta pérdida inicial se debe a que pequeñas partículas sddidas del lodo se alojan en los espacios porosos del medio filtrante, antes de que el taponamiento por partículas de tamaño adecuado ocurra.

La relacind entre el volumen de filtrado y el tiempo es ilustrado en la Figura N^o 5.

Una pérdida inicial es mostrada en la curva superior , para lodos con alta pérdida de filtrado. Significa que unas gotas de filtrado pasaron por el papel filtro antes de formarse la costra. Según la prueba estándar API, la prueba debe realizarse en 30 minutos.

Pero en el campo, es práctica común duplicar el volumen obtenido en 7 1/2 minutos y reportar como de 30 minutos. Este procedimiento se basa en la siguiente observación :

La ecuación siguiente (2.6.4) se aplica a dos volúmenes de filtrado bajo las mismas condiciones, a dos tiempos diferentes, entonces :

$$\frac{Vf_1}{\sqrt{t_1}} = \frac{Vf_2}{\sqrt{t_2}} = K_t \quad (5) \quad 2.6.4$$

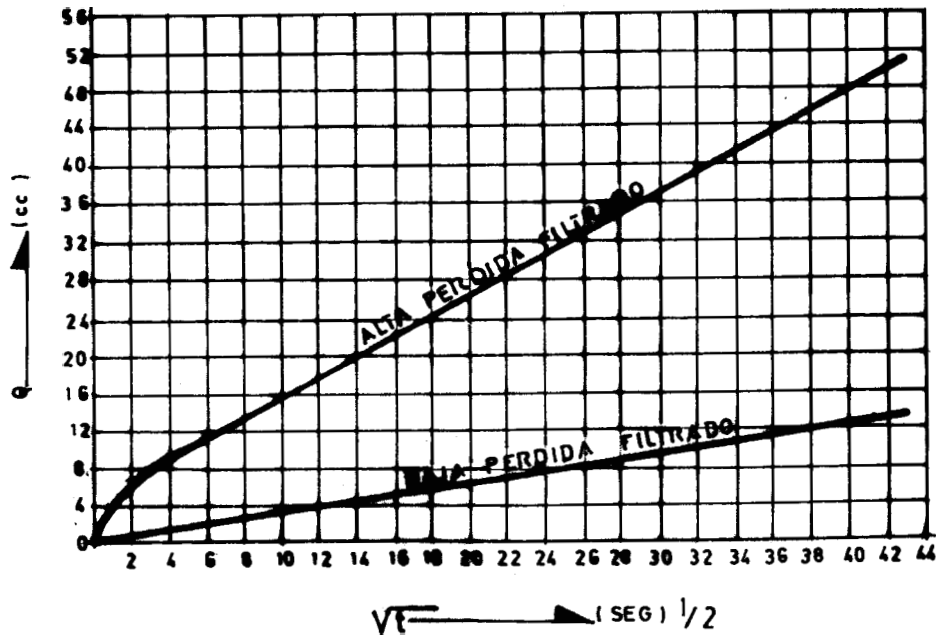


FIGURA N° 5.-CURVAS STANDARD API PARA
 LODOS DE ALTA Y BAJA PERDIDA DE FILTRADO (2).

$$\frac{Vf_1}{Vf_2} = \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \quad 2.6.5$$

luego :

$$Vf_1 = Vf_2 \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \quad 2.6.6$$

Donde :

Vf_1 = volumen de filtrado a $t_1 = 30$ minutos

Vf_2 = volumen de filtrado a $t_2 = 7.5$ minutos

$$K_t = \frac{K\sqrt{2} \cdot P^{0.5} R^{0.5}}{\mu^{0.5}} = \text{constante}$$

Se tiene:

$$Vf_1 = Vf_2 \sqrt{\frac{30}{7.5}} \quad 2.6.7$$

$$Vf_1 = 2 Vf_2 \quad 2.6.8$$

Quiere decir, que la prueba realizada durante 30 minutos, nos da el doble de la pérdida de fluido, que se obtendría en una prueba de 7 1/2 minutos, o sea que el volumen de filtrado que se obtendría en 7 1/2 minutos, se debe duplicar al reportarlo en el campo.

En la práctica, esta relación es aproximadamente verdadera, siempre y cuando el volumen de filtrado obtenido durante 7 1/2 minutos sea mayor que 5 cc.

EFECTO DE LA PRESION

Los efectos de la presión sobre la velocidad de filtración dependen en gran medida de las características de la costra.

Si la costra es compresible, un aumento de la presión, reduce su permeabilidad y disminuye el filtrado.

Si la costra es incompresible, la velocidad de filtración varía con la raíz cuadrada de la presión. Una costra incompresible implica que la permeabilidad del mismo no es afectada por la presión. La compresibilidad de la costra depende del tipo, el tamaño, la forma y la distribución de los sólidos en dicha costra. La Figura N^o 6, nos muestra los resultados de un ensayo que consiste en comparar una prueba de HP-HT a 100 psi y 300°F con los resultados del ensayo HP-HT a 500 psi y 300°F.

Los dos lodos de base agua. El lodo B representa un lodo adecuadamente tratado (costra compresible) y el lodo A es un lodo deficientemente tratado (costra incompresible).

Refiriéndonos a la ecuación (2.6.2), podemos ver que la pérdida de fluido varía directamente a la raíz cua-

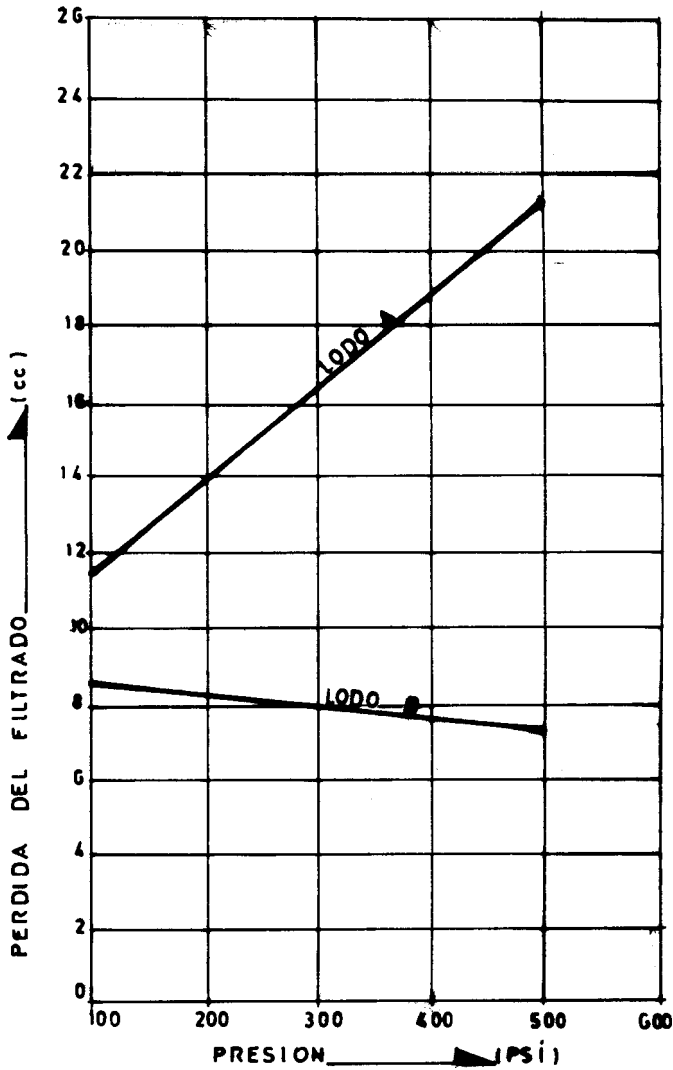


FIGURA N°6.-PRUEBA DE ALTA PRESION ALTA TEMPERATURA PARA DETERMINAR COMPRESIBILIDAD DE LA COSTRA (11)

drada de la presión, esto es :

$$Q_w = K_2 P^{0.5} \quad 2.6.9$$

ó

$$Q_w = \text{Log } K + 0.5 \text{ Log } P \quad 2.6.10$$

Donde :

Q_w = volumen de filtrado, cc

K_2 = constante para un lodo dado = $\frac{KV\sqrt{2} R^{0.5} t^{0.5}}{\mu^{0.5}}$

P = presión, psi

La ecuación es lineal en Log Q y Log P, y aparece como una línea recta al graficar en papel log-log, como podemos ver en la Figura N° 7.

La pendiente de la curva es diferente para lodos diferentes y es representada en la ecuación por la constante K.

La Figura N° 8, muestra como una costra formada por bentonita tiene bastante compresibilidad. A medida que la presión aumenta, la permeabilidad de la costra disminuye y podemos apreciar una pérdida de filtrado casi constante.

Tasas de filtración iguales o menores, a altas presio-

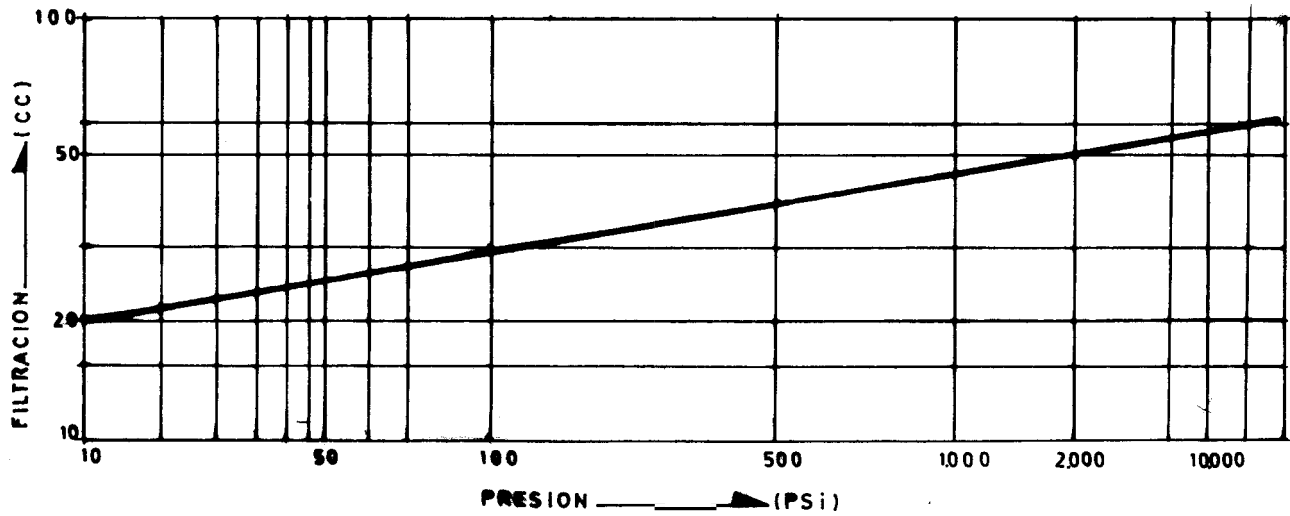


FIGURA N°7.- TASA DE FILTRACION ESTATICA VS PRESION (2)

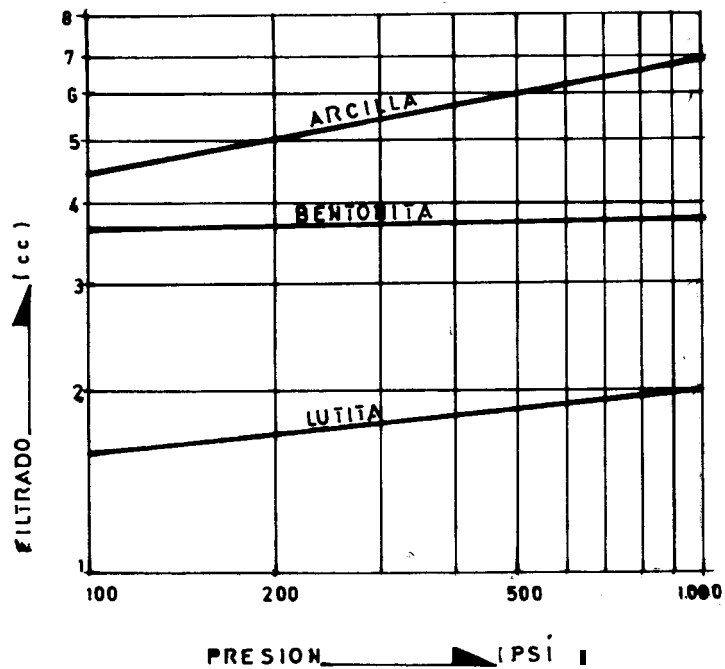


FIGURA N° 8.- EFECTOS DE LA PRESION EN LA PERDIDA DEL FILTRADO (16)

nes son obtenidas en lodo base agua dulce, que contienen altas concentraciones de bentonita.

La línea superior muestra una costra formada por arcillas inertes de poca compresibilidad y a medida que la presión aumenta, también lo hace la pérdida de fluido. La curva inferior muestra una situación intermedia.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA

Un aumento de la temperatura eleva la velocidad de filtración porque generalmente, la viscosidad del petróleo o del agua en la fase continua del lodo se reduce y, también porque la alta temperatura produce cambios químicos en el lodo.

En particular, la solubilidad de los contaminantes que producen floculación aumenta y la eficacia de muchos aditivos para control de pérdida de fluido y de los dispersantes disminuye a temperaturas altas.

La Figura N^o 9, predice el aumento relativo del filtrado con aumento de temperatura, siempre y cuando la viscosidad del filtrado sea el único factor afectado por la temperatura.

De manera que, si el filtrado aumenta más aprisa que

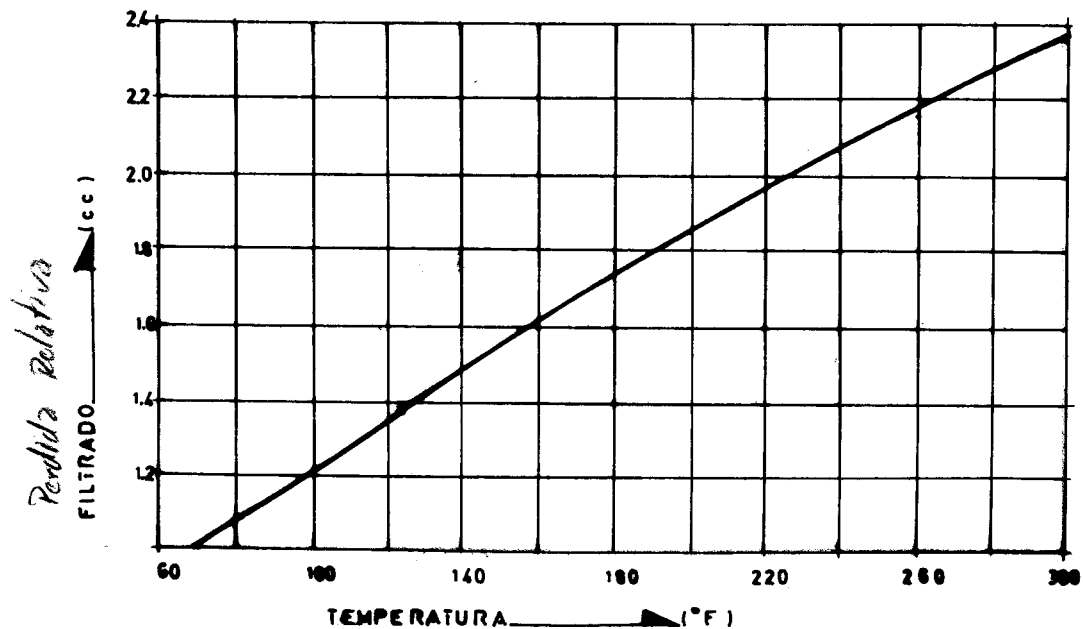


FIGURA N°9.- EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA FILTRACION DEBIDO A LA VISCOSIDAD DEL FILTRADO (16).

lo que la curva predice, algún aditivo ha sido degradado o el calor ha producido un cambio en la estructura de la bentonita. Respecto a la ecuación (2.6.2), si mantenemos constantes los parámetros a excepción de la viscosidad, nos queda :

$$Q_w = \frac{K_3}{\mu^{0.5}} \quad (2) \quad 2.6.11$$

donde : $K_3 = K\sqrt{2} P^{0.5} R^{0.5} t^{0.5}$

Concluimos que la relación entre el volumen de filtrado y la viscosidad es inversa.

2.7 CONTROL DE LA FILTRACION ESTATICA

La mejor forma de controlar la filtración de un lodo se logra cuando éste contiene una mínima cantidad de sólidos. Se debe tratar de mantener al mínimo los sólidos que forman costras de alta permeabilidad y sólo añadir aquellos que forman una de baja permeabilidad.

La bentonita es uno de los mejores materiales para controlar la filtración y uno de los aditivos más estables en presencia de altas temperaturas,

Su habilidad para controlar la filtración proviene de la pequeñez de sus partículas, la forma parecida a plaquetas y el hecho de que puede alcanzar un alto grado

de hidratación. Para obtener su máximo rendimiento es necesario controlar el medio ambiente en que se va a usar. Por ejemplo, los lignosulfonatos se usan para deflocular la arcilla, la dureza y la salinidad del agua disminuye su habilidad para hidratarse y su grado de dispersión.

En la Figura N° 10, se puede apreciar el efecto de la bentonita sobre el control de la pérdida de filtrado estática. Se observa un descenso acelerado en reducción de filtrado hasta alcanzar una concentración de bentonita de aproximadamente 20 libras por Barril (en agua dulce). El descenso es más lento a medida que se añade más bentonita, lo cual parece indicar que 20 Lb/Bbl de bentonita es una concentración ideal en lodos de agua dulce para controlar la pérdida de filtrado a la formación.

Sin embargo, a medida que la salinidad del lodo aumenta, el grado de hidratación de la bentonita disminuye proporcionalmente.

Esto se traduce en una mayor cantidad de bentonita necesaria para compensar la falta de hidratación total en el sistema salado y mantener un filtrado constante (ver Figura N° 11).

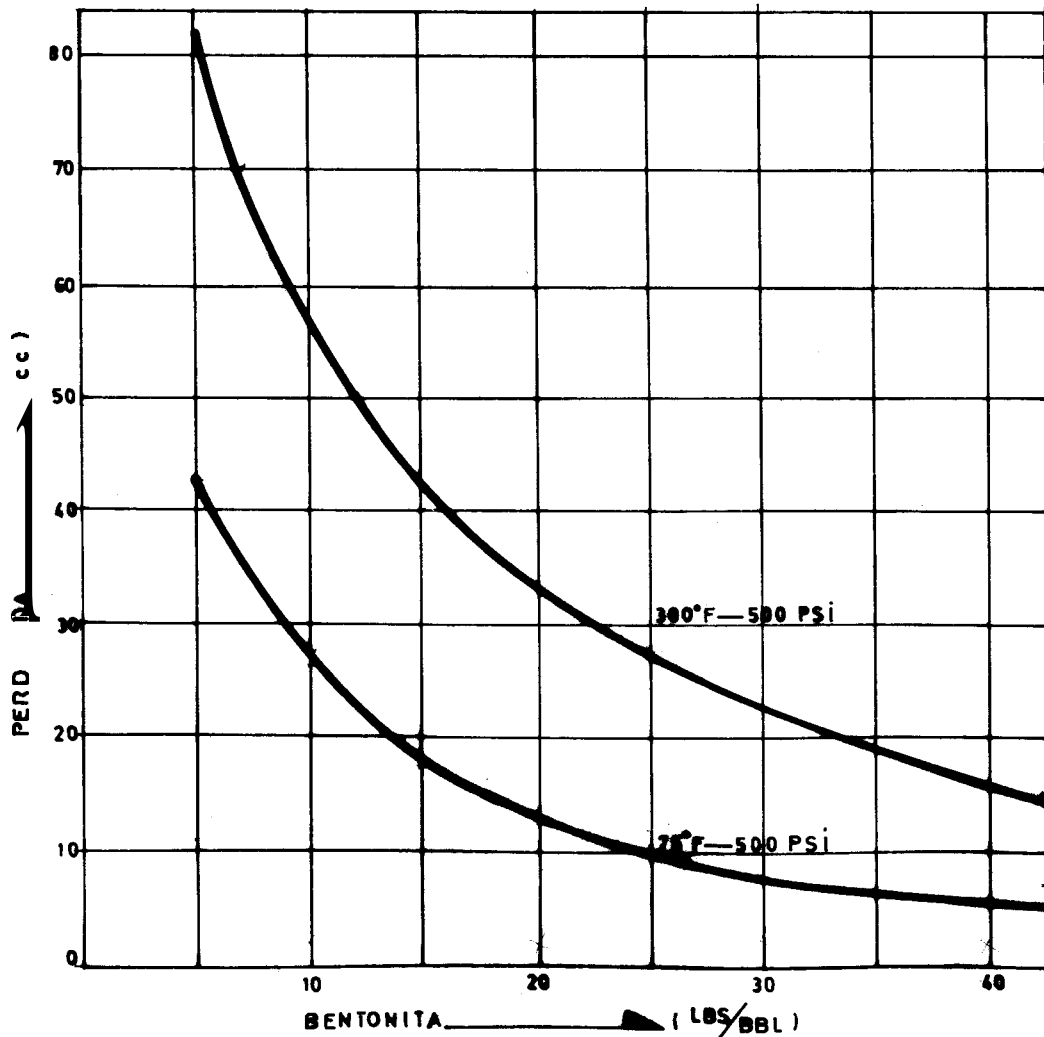


FIGURA N°10.- PERDIDA DE FILTRADO EN SUSPENSIONES BENTONITICAS (16)

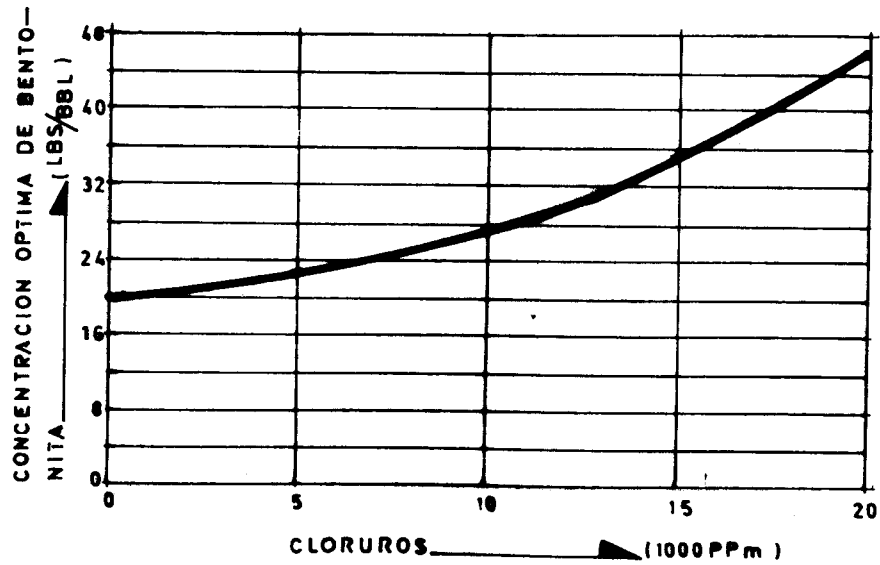


FIGURA N°11.- CONSUMO APROXIMADO DE BENTONITA EN AGUA SALADA. (16)

Las propiedades de la bentonita se pueden mantener inclusive en agua saturada con sal (260.000 ppm \approx 26% NaCl) si la misma se prehidrata en agua dulce. Por ejemplo, hidratando de 30 a 40 Lb/Bbl de bentonita en agua dulce, con 2 6 3 Lbs/Bbl de lignosulfonato y elevando el PH a 9.5 \approx 11.0 basta para que la bentonita llegue a hidratarse adecuadamente y se mantenga as€ aún en un medio ambiente salino.

La prehidratación también ayuda cuando se tiene que agregar bentonita a un lodo tratado con altas concentra ciones de lignosulfonatos. Este previene la dispersión de la bentonita y reduce su rendimiento, si se va a usar prehidratación en este caso, no es necesario añadir lignosulfonato.

Cualquier material soluble en agua afecta el rendimiento de la bentonita si está presente en cantidad suficiente. El calcio y el magnesio son los peores, afectan seriamente la hidratación de la bentonita y promueven la floculación del sistema, ambos factores tienden a aumentar el filtrado. La presencia de calcio causa más problemas que un alto contenido de sal en agua de mar. Ambos cationes deben ser removidos a fin de obtener un rendimiento adecuado de la bentonita.

Cuando un lignosulfonato y lignito se añade a un lodo que contenga bentonita se puede apreciar una reducción en la pérdida de filtrado. La mayor parte de ésta se puede atribuir a la defloculación del sistema por el lignito o lignosulfonato. Estos mismos aditivos pueden ayudar a disminuir los efectos adversos tanto del calcio como del magnesio sobre la bentonita, obteniendo de esta forma el máximo control sobre el filtrado. Sin embargo, cuando este punto se ha alcanzado, posteriores reducciones de filtrado obtenidas por medio de un aumento en la concentración de aditivos es lenta y costosa. Una concentración de 4 Lbs/Bbl de lignito o lignosulfonato reduce más rápidamente el filtrado de un lodo de agua dulce, como se puede apreciar en la Figura N° 12.

2.8 AGENTES DE CONTROL DE FILTRACION

El control de filtración consiste en la depositación de una costra, de permeabilidad limitada, sobre la cara de la roca permeable expuesta al lodo.

La depositación de la costra puede subdividirse en las siguientes fases :

- 1) Taponamiento de poros con partículas sólidas de di-

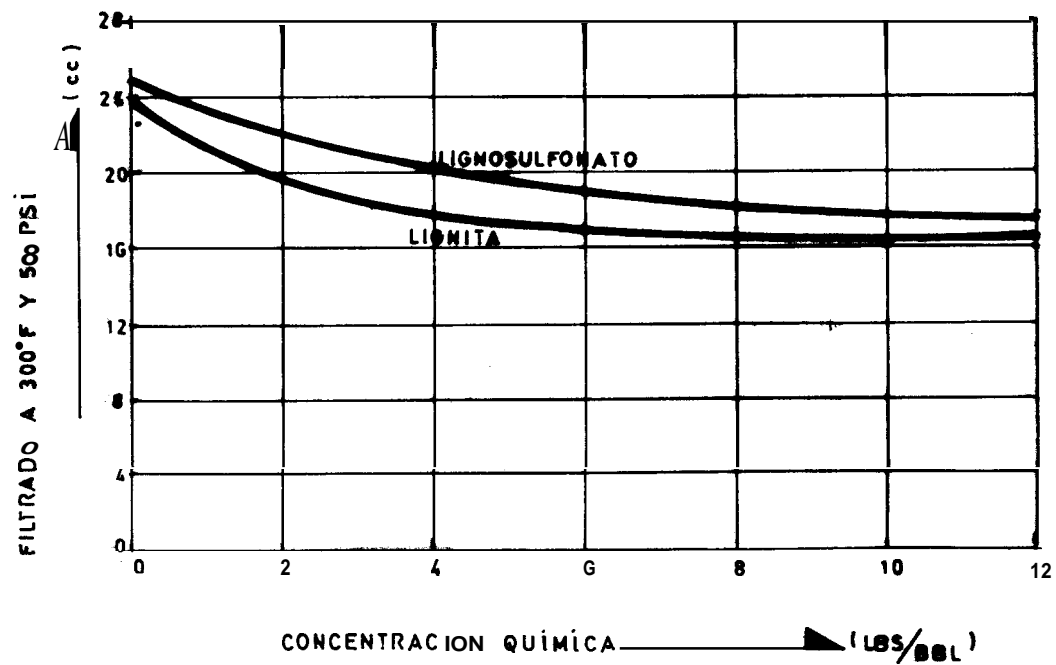


FIGURA N° 12.- EFECTOS DEL LIGNOSULFONATO Y LIGNITA SOBRE EL FILTRADO DE LODO DE AGUA DULCE. (16)

ferentes tamaños.

2) Depositación de una costra de espesor no uniforme.

3) Depositación de costra uniforme.

La pérdida de filtrado durante las 2 etapas primeras representa la pérdida inicial de filtrado (spurt loss). Debido a que las partículas de sólidos en el lodo son más grandes que las moléculas de agua o aceite, aditivos especiales se requieren para impermeabilizar la costra.

Tales aditivos tienen afinidad con la fase líquida del lodo. Esto es, las partículas de los agentes se rodean ellas mismas con una envoltente de agua, para lodos de base agua.

El espesor y la fuerza con que actúa la envoltente depende de las características individuales del agente y de la calidad del agua (si es dulce o salada).

El agente de control de filtrado sirve para convertir la fase líquida del lodo a una parte de la costra. Esta parte líquida de la costra, algunas veces se denomina "filtrado inmovilizado".

La selección del agente más apropiado para el control

de filtrado es hecho en base al comportamiento, costo, efecto y sobre todo determinado por la experiencia.

Experimentos demuestran que la pérdida de filtrado se puede disminuir si se aumenta la concentración de sólidos en el lodo.

El mecanismo consiste en aumentar la **velocidad** de acumulación de la costra, disminuyendo así **el filtrado**. Sin embargo, esta forma de control no es **adecuada**, porque resulta en costras muy gruesas y de alta permeabilidad, aunque se nota una reducción en **pérdida de filtrado**. Es decir, disminuir la **pérdida de filtrado** no es lo mismo que disminuir el grosor de la costra.

La mejor forma de controlar la filtración **es controlar** la permeabilidad de la costra. El tamaño, forma y deformabilidad de las partículas bajo **presión**, son los factores más importantes a considerar.

Las partículas pequeñas, delgadas y planas son mejores ya que forman una costra más compacta. La bentonita es el material cuyas partículas satisfacen adecuadamente aquellas especificaciones.

Muchas miden menos de 0,05 micrones. **Su** forma se parece a un plato y son delgadas. Además a medida que se

hidratan, la permeabilidad de la costra que forman disminuye. Lo que quiere decir que la permeabilidad proveniente de una costra de bentonita hidratada en agua dulce es mejor que la de otra cnya bentonita fue hidratada en agua salada.

Entre los aditivos **que se emplean** para controlar la pérdida de filtrado, tenemos :

1) ARCILLAS MONTMORILLONITAS

Son arcillas hidrofílicas, es decir absorben y retienen moléculas de agua. La montmorillonita sódica o bentonita es el viscosificador más importante para lodos de base agua dulce; y es probablemente el agente más importante entre los que se emplean para control de pérdida de filtrado.

Está compuesta de láminas planas delgadas innumerables; cada una de esas láminas tiene tres capas: una laminilla de alúmina con dos laminillas de sílice. A menudo, por efecto de los agentes atmosféricos y del tiempo, el silicio en las laminillas externas ha sido reemplazado por aluminio trivalente, y el aluminio de la laminilla interna ha sido reemplazado por un metal bivalente, como el magnesio. Esta situación da por resultado que la lámina o pla

queta global tenga un fuerte desbalance **negativo**, el que es parcialmente compensado por cationes como el Na^+ o el Ca^{++} que mantienen flojamente unidas las laminillas entre sí. Estos cationes de ligadura determinan el tipo de montmorillonita. Sin embargo, son reemplazables por otros cationes. En particular, los iones sodio de la bentonita pueden ser reemplazados por iones calcio lo **que** la **convierte** en sub-bentonita, con la consiguiente **reducción** en su habilidad para retener agua.

La Figura N^o 13, muestra la hidratación de la arcilla montmorillonita. Además de las cargas mencionadas más arriba, las partículas de arcilla poseen ciertas **car-**gas positivas y negativas en el borde de las **plaquetas** como consecuencia del hecho de que las mismas son el producto de la ruptura de láminas más grandes. Se cree que algunos dispersantes actúan por neutralización de uno u otro de esos dos tipos de cargas.

Las partículas se repelen entonces entre sí, evitando la formación de enlaces de estructura (agregacibn) dentro del lodo.

Cuando se coloca montmorillonita seca en agua dulce , algunas de las moléculas de agua se fijan entre las

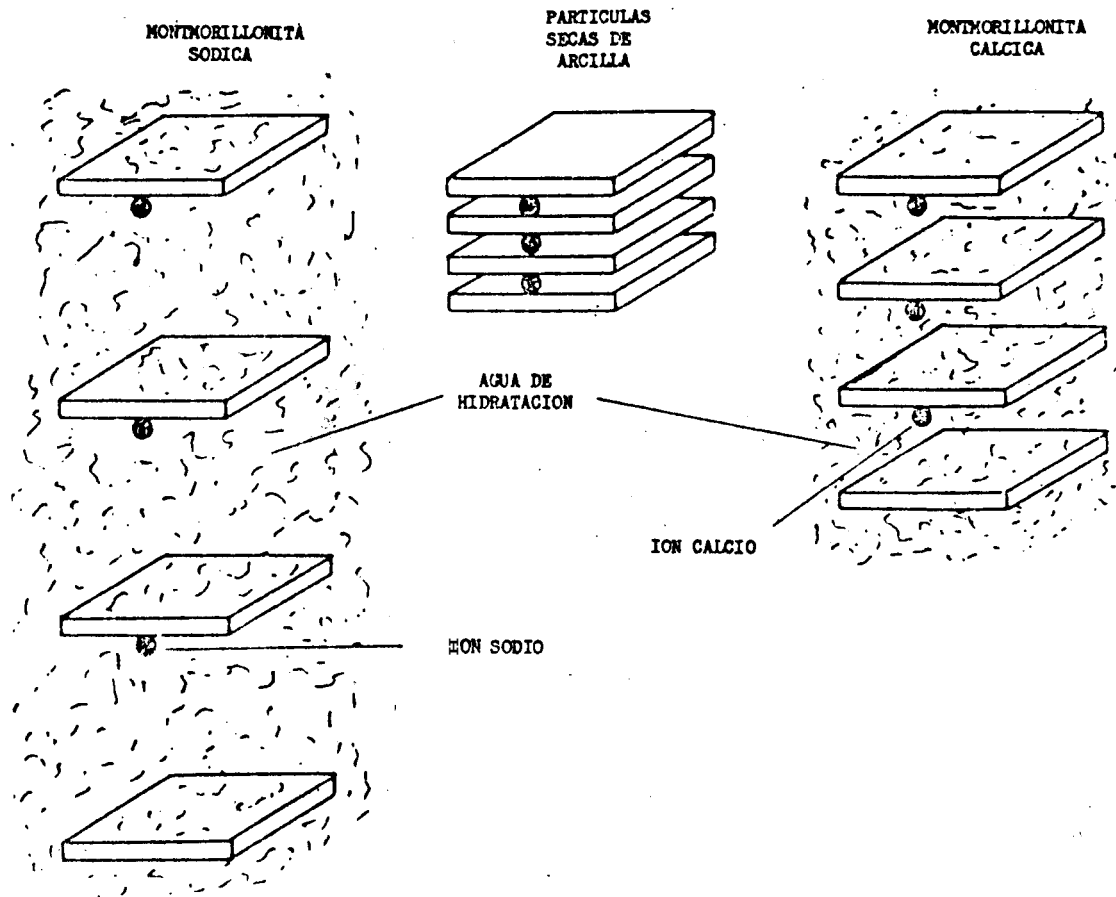


FIGURA N° 13.-HIDRATACION DE LAS
ARCILLAS. (9)



láminas de arcilla, produciendo hidratación. El número de moléculas de agua que se fijan depende de **cuán** juntas estén las láminas por efecto **de los** cationes de ligadura (y de la energía de hidratación **de los** propios cationes).

La bentonita se hidrata tremendamente **porque** los iones sodio unen las laminillas de arcilla en forma muy débil, permitiendo que se fije una gran cantidad de agua entre las láminas y entre las laminillas. **La montmorillonita** cálcica no se hidrata tanto porque **los iones** calcio une las láminas entre sí con mucho **menor** espacio intermedio.

Si se añade montmorillonita seca a agua **sálada** o dura, los cationes presentes en el agua satisfacen el desequilibrio negativo de esas arcillas y **la hidratación** es mínima.

Las partículas hidratadas de bentonita **se** deforman bastante fácilmente. Las láminas de la partícula hidratada se superponen entre sí contra la pared del pozo durante la filtración. El revoque **que** se produce es resistente, delgado, compresible y muy eficaz para reducir la invasión del filtrado hacia las formaciones . La bentonita es siempre algo útil en reducir la pérdi-

da de filtrado, aún cuando no se hidrate. ESTo se debe al tamaño coloidal de sus partículas y a su forma de plaquetas planas. Cuando se flocula un lodo de agua dulce, la bentonita no contribuye mucho al control de pérdida de filtrado.

2) DISPERSANTES

Al dispersar o deflocular las partículas coloidales, promueven la formación de una costra delgada y resistente con una estructura uniforme y superpuesta. Se encargan de sellar o taponar pequeñas aberturas en la costra.

Esto explica porque algunos dispersantes, lignosulfonatos y lignitos, son muy eficaces.

3) ALMIDONES

Las partículas se expanden en agua para formar bolsas esponjosas que se introducen como cuñas en las aberturas de la costra,

4) POLIMEROS

Envuelven a las partículas sólidas del lodo, creando una película que se comporta en forma similar a

un sellador de presión.

En algunos casos, las largas cadenas se pueden introducir en aberturas de la costra, taponándolas en forma de cuña.

5) PETROLEO DIESEL Y COMPUESTOS ASFALTICOS

El petróleo diesel emulsionado en un lodo de base a gua, hace descender la pérdida de filtrado API, pero tiene menos efecto sobre la prueba HP-HT.

Actúan taponando espacios abiertos creando un efecto similar a una pavimentación de las paredes del pozo.

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO

3.1 MUESTRAS

En el presente trabajo se utilizó dos clases de muestras: POLVO Y TINTA DE MANGLE.

Para la obtención del polvo, se procedió a cortar la corteza del mangle en pedazos, luego fue secada durante 24 horas, a una temperatura de 110°C en un horno eléctrico, eliminando así la humedad.

Posteriormente se trituró esta corteza en un molino eléctrico de discos, para colocar este polvo en un agitador eléctrico y tamizar a través de una malla N° 100 obteniéndose de esta manera el mangle en polvo a utilizarse en las pruebas.

Para la obtención de la tinta el proceso fue diferente. Primeramente se coloca el mangle ya triturado en un depósito especial de doble fondo. Se hace pasar vapor de agua, a una temperatura de 80°C y se obtiene un filtrado con determinada concentración de tanino, en el fondo del depósito. La concentración de la tinta viene dada en Grados Beaumé. Para la muestra utilizada la concentración fue de 8° beaumé. Si se desea una

tinta con mayor concentraciⁿ, el filtrado recogido anteriormente se lo vuelve a pasar por el mangle triturado, obteniéndose una tinta más pura y con elevada concentraciⁿ.

En la Figura N^o 14, se muestra esquemáticamente el proceso que se realiza en una curtiembre para llegar a obtener la tinta del mangle.

Cabe anotar que el polvo se obtuvo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la ESPOL, mientras que la tinta se la obtuvo en una Fábrica de Curtiembres.

3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Primeramente se procedid a determinar el rendimiento de la arcilla a utilizar en las pruebas de laboratorio. Una vez que se estableció que dicho rendimiento se encuentra en un rango aceptable y recomendado por las normas del API, entonces se prosiguid con las pruebas definitivas.

Debemos establecer que se trabajó con 4 tipos de lodos:

1) Lodo base agua dulce (250 ppm Cl⁻)

a) 10 Lbs/gal

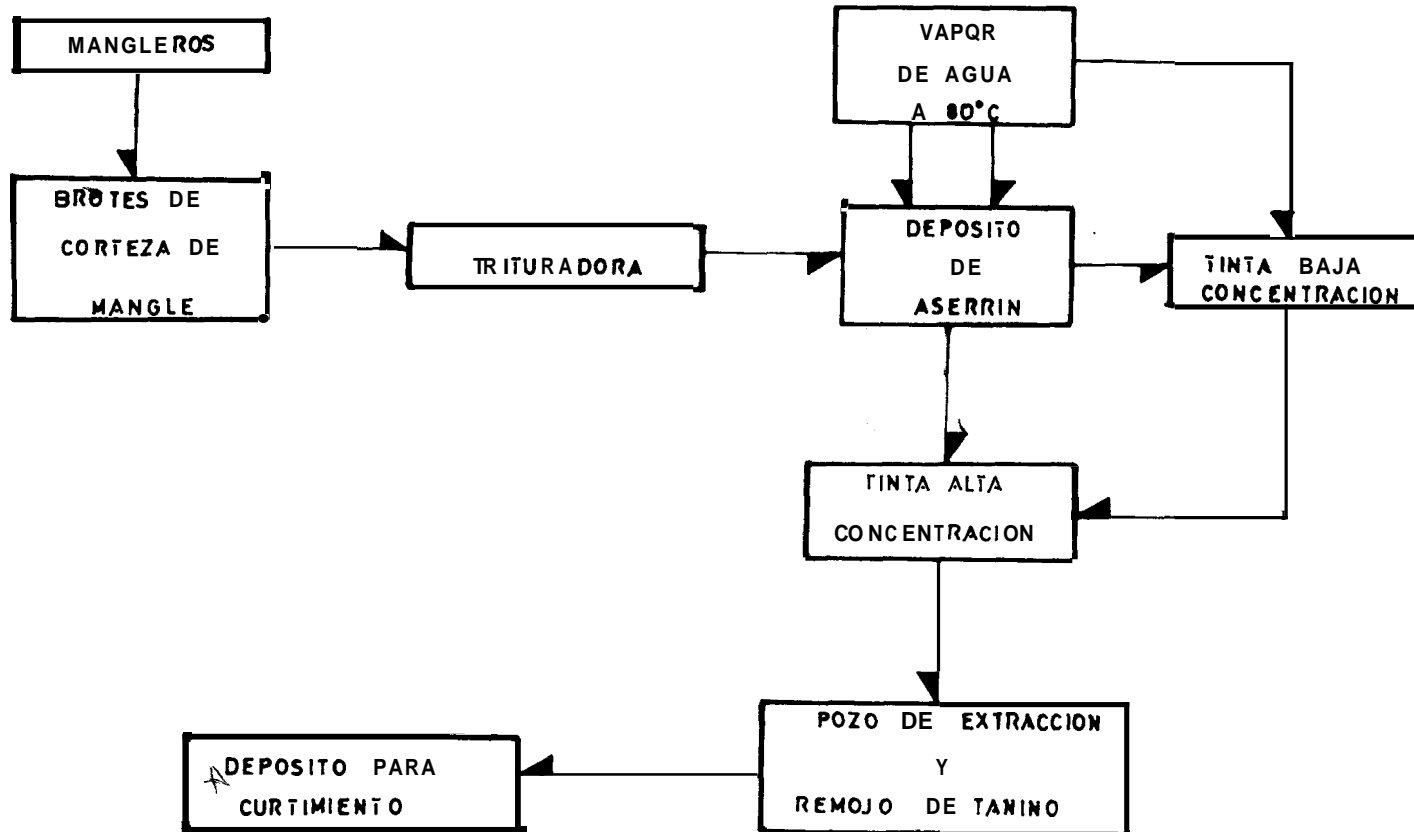


FIGURA N°14.- ESQUEMA PARA ELABORACION DE TINTA DE MANGLE EN UNA CURTIEMBRE (4).

b) 12,5 Lbs/gal

2) Lodo base agua salada (60.000 ppm Cl⁻)

a) 10 Lbs/gal

b) 12,5 Lbs/gal

Preparamos el lodo base, con las cantidades de agua y arcilla necesarias, según unidades de laboratorio-campo, y según normas API. Se colocan en un envase, procediendo a agregar en las cantidades establecidas el Polímero C.M.C. (Carboxy-metil-celulosa sódica), polvo de mangle y tinta; para el caso de lodo base agua dulce.

Para el lodo base agua salada, agregamos el Polímero DRISPAC SUPER-LO (Celulosa Polianionica), polvo de mangle y tinta. Agitamos con cada aditivo, durante 15 minutos para equilibrar condiciones y homogenizar las muestras, para luego realizar las pruebas.

Debido a la diversidad de pruebas efectuadas con los lodos, se los ha clasificado de la siguiente manera (Ver Tabla N° 1)

1) LODO TIPO "A"

Este lodo es de base agua dulce y de 10 Lbs/gal de



BIBLIOTECA

LODO	BASE	SALINIDAD	DENSIDAD	INCREMENTO DE	INCREMENTO DE	INCREMENTO DE	INCREMENTO DE	INCREMENTO DE	INCREMENTO DE
AGUA		ppm Cl ⁻	Lbs/gal	0,5 Lbs/Bbl	0,5 Lbs/Bbl	*0.6 gal/Bbl	0,5 Lbs/Bbl	2 Lbs/Bbl	1.2 gal/Bbl
				DE C.M.C.	DE POLVO	DE TINTA	DE DRISPAC	DE POLVO	DE TINTA
A	DULCE	~250	10.0	X	X	X			
B	DULCE	~250	12.5	X	X	X			
C	SALADA	~60.000	10.0				X	X	X
D	SALADA	~60.000	12.5				X	X	X

Tabla N° 1 Clasificación de lodos utilizados en pruebas de laboratorio

OBSERVACIONES: (*) De acuerdo a la relación de unidades de Laboratorio-Campo: 350 cc 1 Bbl
5 cc X

5 cc equivale a 0,014 Bbl

Luego, los aditivos líquidos en el campo son añadidos en gal/Bbl, entonces :

1 Bbl 42 gal
0,014 Bbl X 0,014 Bbl equivale a 0,6 gal

de filtrado API y HP-HT, porcentaje de sólidos y ppm de ion Cloruro, hasta llegar a obtener una pérdida de filtrado menor a 10 cc.

4) LODO TIPO "D"

Este lodo es también de agua salada pero de 12,5 Lbs/gal de densidad. Añadimos de 0,5 en 0,5 lbs/Bbl de DRISPAC, de 2 en 2 Lb/Bbl de polvo de mangle y de 1.2 en 12 gal/Bbl de tinta, Efectuamos las pruebas ya establecidas, hasta obtener un volumen de filtrado menor a 10 cc.

3.3 RESULTADOS

Para cada tipo de lodo utilizado, se efectuaron las pruebas correspondientes, pero sin añadir, inicialmente ningún aditivo.

A este tipo de pruebas se las denominó en las Tablas respectivas, pruebas en "BLANCO" y son las que nos sirven como referencias o patrones.

Una vez que se prepararon los diferentes lodos, a una determinada concentración del aditivo correspondiente, los resultados obtenidos de viscosidad aparente, viscosidad plástica, fuerza de gel, inicial y final, punto

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO DE PERFORACION.

Los resultados obtenidos a través de las pruebas efectuadas, se encuentran tabulados en la sección respectiva, y han sido utilizados para graficar VOLUMEN DE FILTRADO API y VOLUMEN DE FILTRADO HP-HT en función de la CONCENTRACION DE CMC, DRISPAC, POLVO Y TINTA DE MANGLE, tanto para lodos de base agua dulce (10 y 12,5 Lbs/gal) como para lodos de base agua salada (10 y 12,5 Lbs/gal).

La Figura N° 15, (valores en Tabla N° 2), representa el rendimiento de la arcilla utilizada en las diferentes pruebas. A través de dicha curva se observa que la viscosidad aparente de la mezcla arcilla-agua aumenta desde un valor inicial de 2.0 cps a 81 cps, a medida que incrementa el porcentaje de arcilla desde 2% hasta 12%. La cantidad de arcilla agregada para obtener este último porcentaje fue de 42 Lbs/Bbl, razón por la cual la viscosidad resultó alta. Luego, el rendimiento para esta arcilla es de 75 Bls/Ton de Lodo, que se considera aceptable para ser utilizada en fluidos de perforación.



LODO TIPO "A"

BIBLIOTECA

En la Figura N^o 16 (valores en Tabla N^o 3), se puede apreciar que el filtrado API disminuye brúscamente desde 14,6 cc, que es la prueba referencial (sin aditivos) hasta 6,2 cc, para una concentración de CMC de 1,0 Lb/Bbl.

Esto se debe a que el POLIMERO CMC es un excelente reductor de filtrado para lodos de alta y regular viscosidad. Nótese que de un valor de 14,6 cc el filtrado baja a 7,8 cc con apenas 0,5 Lbs/Bbl de CMC, lo que indica la eficiencia del producto en este tipo de lodos. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel aumentan progresivamente, conforme aumentamos la concentración del aditivo. El rango del PH varía entre 11,2 y 11,4. El porcentaje de sólidos es de 5%. Mientras que en la prueba referencial la costra es excesivamente gruesa, el espesor de la misma va disminuyendo al aumentar la concentración del CMC.

En la Figura N^o 17 (valores en Tabla N^o 3), se **observa** que el filtrado HP-HT disminuye desde 29,2 cc **que es** la prueba referencial, hasta 20 cc, al ir **variando** las concentraciones del CMC igual que en la **muestra anterior**.

El filtrado HP-HT es mucho mayor **que el filtrado** API

debido a que es una función directa de la presión y temperatura. En cuanto a valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH y porcentaje de sólidos son los mismos que los anteriores, así como el espesor de la costra disminuye al aumentar la concentración del aditivo.

En la Figura N° 18 (valores en Tabla N° 4), nos indica que el filtrado API disminuye lentamente, desde un valor inicial de 14,6 cc hasta 7,2 cc para una concentración de polvo de mangle de 3,0 Lbs/Bbl. Para este caso es necesario agregar mayor cantidad de aditivo que en el caso anterior, pues la eficiencia del tanino no es tan marcada como la del CMC, razón por la cual se utilizó polvo hasta una cantidad de 3,0 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel son irregulares en su comportamiento. El rango del PH está entre 10 y 10,8. El porcentaje de sólidos es aceptable para lodos de esta densidad. Conforme agregamos tanino al lodo, éste se vuelve rojizo y aparece ligeramente espuma en la superficie del lodo, la costra mantiene su espesor, al ir aumentando la concentración del polvo.

La Figura N° 19 (valores en Tabla N° 4), muestra el filtrado HP-HT variando desde 29,2 cc para la prueba

referencial hasta 20,8 cc para una concentración de polvo de mangle hasta 3,0 Lbs/Bbl. En este caso, también la filtración disminuyó en forma moderada, razón por la que la curva nos presenta una concavidad suave. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH y porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior. El espesor de la costra disminuye poco al agregar mayor cantidad de polvo.

La Figura N° 20 (Valores en Tabla N° 5), el filtrado API experimenta una disminución continua desde 14,6 cc hasta 6,8 cc para un volumen de 25 cc de tinta de mangle. Cabe anotar que la concavidad de la curva resultó opuesta a las pruebas anteriores, debido a que la variación en el filtrado API inicialmente es pequeña. Valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel, se mostraron irregulares. El rango de PH varía entre 9 y 10,9. El porcentaje de sólidos es de 2%, lo que indica un mínimo contenido de sólidos en la tinta. El lodo adquiere un color rojizo y la costra disminuye su espesor al aumentar el volumen de tinta.

De igual manera, en La Figura NO 21 (valores en Tabla N° 5), el filtrado decrece desde un valor original de 29,2 cc hasta 19,2 cc, al agregar tinta de mangle en

un volumen igual a 25 cc. Todos los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gél, PH, porcentaje de sólidos presentes son los mismos que en la muestra anterior. La costra, efectivamente disminuye su espesor de acuerdo al volumen utilizado de tinta.

LODO TIPO "B"

En la Figura N° 22 (valores en Tabla N° 6) se observa un filtrado API original de 13,4 cc, hasta alcanzar un filtrado API de 6,0 cc para una concentración de 1,0 Lbs/Bbl. Se puede apreciar que efectivamente la disminución de filtrado se consigue utilizando poca cantidad de CMC, apenas 1,0 Lb/Bbl. Valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel aumentaron, por cuanto el POLIMERO CMC, además de ser reductor de filtrado es viscosificante. El PH varía ligeramente entre 10,7 y 10,8. El porcentaje de sólidos aumentó a 15%, por cuanto al aumentar la densidad del lodo con barita, entonces aumenta la concentración de sólidos. La costra disminuye de espesor al aumentar la concentración del aditivo.

En la Figura N° 23 (valores en Tabla N° 6), se aprecia la disminución de filtrado HP-HT desde 30,8 cc, que es la prueba referencial hasta 26,2 cc utilizando una con

centración máxima de CMC de 1,0 Lb/Bbl. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, y porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior. La costra disminuye de espesor, de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizado.

La Figura N° 24 (valores en Tabla N° 7), muestra una disminución moderada del filtrado API desde su valor referencial de 13,4 cc hasta 7,8 cc, utilizando concentraciones de 3,0 Lbs/Bbl de polvo de mangle. Es decir, se hace necesario agregar mayor cantidad de aditivo para obtener el filtrado menor a 8 cc. El comportamiento de la viscosidad, punto cedente y fuerza gel no fue uniforme. El PH está entre 9,8 y 10,2. El porcentaje de sólidos entre 10 y 12%. La costra se presenta gruesa a pesar de disminuir el filtrado API.

Para la Figura N° 25 (valores en Tabla N° 7), el filtrado HP-HT disminuye desde 30,8 cc hasta 22,0 cc para una concentración de polvo de 3,0 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH y porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior, al igual que el espesor de la costra,

En la Figura N° 26 (valores en Tabla N° 8) el volumen de filtrado API, disminuye desde 13,4 cc hasta 7,8 cc

que corresponde a un volumen de tinta **utilizado** de 15 cc. Observamos que los valores de viscosidad **disminuyeron**, así como punto cedente y fuerza de gel **se comportan** en forma irregular, El PH **varía** entre 9,6 y 10,6 y **el** porcentaje de sólidos es **de 14%** que es aceptable **para** lodos de esta densidad. El **espesor** de la costra disminuye conforme agregamos mayor **volumen de** tinta de mangle.

La Figura N° 27 (valores en Tabla N° 8) muestra **la** variación del filtrado HP-HT desde 30,8 cc **para la** muestra original, hasta 24 cc, utilizando un **volumen de** tinta de 15 cc. Los valores de viscosidad, **punto cedente**, fuerza de gel, PH, porcentaje de **sólidos** **son** los mismos que en la muestra anterior. El **espesor** de la costra disminuye al aumentar el **volumen de** tinta de mangle en el lodo. La **conravidad de la curva** se presenta diferente, por cuanto, el filtrado HP-HT **varía** muy poco al inicio de la prueba.

LODO TIPO "C"

La Figura N° 28 (valores en Tabla N° 9) indica una **alta** pérdida de filtrado, como era de esperarse para lodos base agua salada. Existe un filtrado API inicial de 60 cc hasta un filtrado API de **4,4** cc para una con-

concentración de DBISPAC de 2,0 Lbs/Bbl. El aditivo utilizado para este tipo de lodos salados es el DRISPAC, que es un polímero celulósico polianiónico, efectivo como reductor de filtrado. Pero al aumentarse la concentración a 2,0 Lbs/Bbl el lodo se vuelve viscoso y prácticamente no bombeable, razón por la cual debemos ajustar la concentración hasta 1,5 Lbs/Bbl de DRISPAC. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel aumentaron progresivamente. El PH disminuye por ser un lodo salado, pero se agrega Soda Cáustica para mantener el PH en un rango entre 9,8 y 10,8. El porcentaje de sólidos es de 8%. La salinidad del lodo es de 60.000 ppm Cl⁻. En lo referente al espesor de la costra, el mismo fue disminuyendo hasta llegar a una costra delgada e ideal para nuestros objetivos. La concavidad de la curva en este tipo de lodos es más pronunciada que en los dos tipos de lodos anteriores.

La Figura N° 29 (Valores en Tabla N° 9), nos muestra un filtrado HP-HT sumamente alto de 130 cc hasta alcanzar un valor de 25 cc, utilizando una concentración de aditivo de 2,0 Lbs/Bbl. Valores correspondientes a viscosidad, punto cedente y fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran tabulados en la tabla respectiva. La costra resulta delgada confor

me añadimos mayor concentración del aditivo.

En la Figura N° 30 (valores en Tabla N° 10) observamos que no existe una disminución constante del filtrado **API**, como en lodos anteriores, sino más bien los valores varla de forma irregular desde 60 cc inicialmente, hasta 38 cc para 20 Lbs/Bbl de polvo; pasando previamente por un filtrado **API** de 30 cc para una concentración de 14 Lbs/Bbl. Debido a que en lodos base agua salada la pérdida de filtrado es mucho mayor, entonces es necesario agregar mayor cantidad de aditivo **para** disminuir el filtrado **API**, pese a lo cual al llegar a una concentración de 20 Lbs/Bbl de polvo, el lodo se volvió altamente viscoso y el filtrado **API** obtenido es de 38 cc. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel varlan irregularmente. El **PH** está entre 9,2 y 10,8. El porcentaje de sólidos se encuentra en un nivel aceptable entre 6 y 8%. La salinidad varía entre 50.000 y 65.000 ppm Cl^- . El espesor de la costra fue variando conforme aumentamos la concentración del polvo de mangle.

En la Figura N° 31 (valores en Tabla N° 10) el filtrado **HP-HT** nos muestra una disminución uniforme sino más bien, varla en forma irregular, considerando la concen

tración del polvo del mangle que **llegó hasta valores e** levados de **20 Lbs/Bbl**. Los valores de **viscosidad, pun** to cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de **sólidos y** salinidad están tabulados en **la respectiva tabla**.

En la Figura N^o 32 (valores en Tabla N^o 11), la mues- tra original presenta un filtrado de API de 60 cc, pe- ro al aumentar el volumen de tinta de mangle, los volú- menes de filtrado API no son constantes sino **que va-** rían hasta llegar a utilizar 50 cc de tinta para obte- ner un filtrado API de **36,4** cc. Por tener este tipo de lodo una alta pérdida de filtrado, se utilizó un **ma-** yor volumen de tinta. **Pero** en cambio a esta concentra- **ción, el** lodo resulta demasiado viscoso para ser **bom-** beable. **Así** mismo, al aumentar el volumen de tinta , aumenta el volumen del lodo en el sistema **de** circula- ción, con el consiguiente problema **de** adición de aditi- vos. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, se comportan irregularmente. El PH está entre **9,6 y 10,8**. El porcentaje de sólidos varfa entre 7 y **10%**, y la salinidad entre 55.000 y 60.000 ppm Cl⁻.

En la Figura N^o 33 (valores en Tabla N^o 11), el filtra- do HP-HT disminuye desde **130** cc hasta **82 cc**, pero no en forma progresiva, **sino** en forma irregular. Se lle-

gó a obtener un filtrado HP-HT de 82 cc, utilizando 30 cc de tinta de mangle. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran en la respectiva tabla. El espesor de la costra fue disminuyendo muy poco, de acuerdo a la cantidad de aditivo.

LODO TIPO "D"

En la Figura N° 34 (valores en Tabla N° 12) el filtrado API varía desde 62 cc hasta 22 cc, para una concentración de DRISPAC de 1 Lb/Bbl. Con 0,5 Lb/Bbl de aditivo se logra bajar el filtrado a casi la mitad de su valor original. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel-incrementaron. El PH está entre 9,8 y 10,6. El porcentaje de sólidos es de 12% y la salinidad de 60.000 ppm Cl⁻. El espesor de la costra disminuyó al aumentar la concentración del DRISPAC.

En la Figura N° 35 (valores en Tabla N° 12) el filtrado HP-HT disminuye desde 140 cc hasta 60 cc, variando la concentración de DRISPAC utilizado desde la muestra original hasta 1,0 Lb/Bbl. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran en su respectiva tabla.

de mangle. Varfa desde 62 cc hasta 36 cc de filtrado API. Los valores **de** viscosidad, punto cedente, fuerza de gel son irregulares. El **PH** está entre 9,8 y 10,6 . El porcentaje de **sólidos** está entre 10 y 18%. La **sali**nidad varía entre 50.000 y 65.000 **ppm** Cl⁻. Al utilizar 50 cc de tinta, el lodo se volvió altamente viscoso y no bombeable. La costra disminuye de espesor **con**forme aumentamos la concentracdn de la tinta del mangle.

En la Figura N° 39 (valores en Tabla N° 14) observamos como en el anterior, que no hay una relación directa entre el filtrado **HP-HT** y la cantidad de tinta utilizada, pues se utilizó hasta 50 cc de tinta para obtener una pérdida de filtrado **HP-HT** de 80 cc. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran en **la ta**bla respectiva. El espesor de la costra disminuye **de** acuerdo a la cantidad de tinta utilizada en el **lodo**.

PORCENTAJE	CANTIDAD	LECTURA	VA
%	(gr)	600 RPM	(cps)
2	7	4.0	2.0
4	14	9.5	4.75
6	21	19.0	9.5
8	28	41.5	20.75
10	35	77.0	38.5
12	42	162.0	81.0



Tabla N^o 2 Rendimiento de la arcilla utilizada en pruebas



TECNOLOGIA

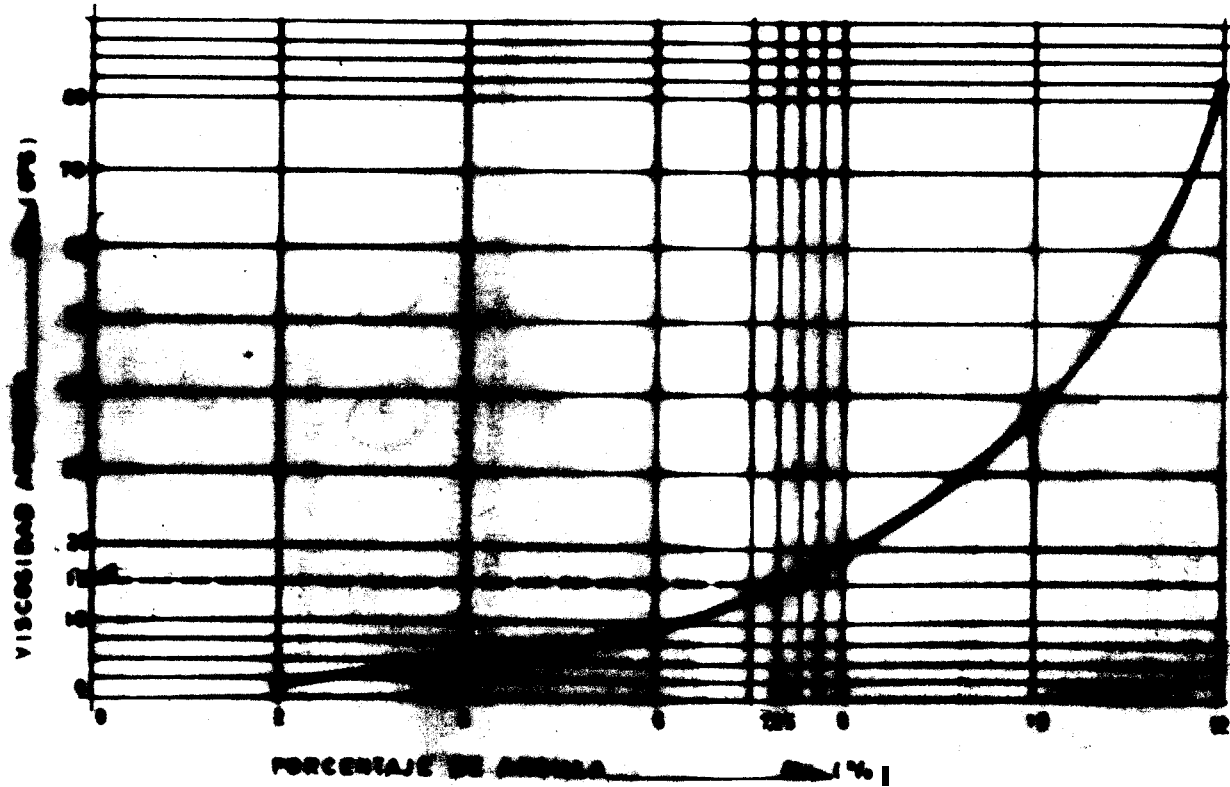


FIGURA N.º 1. MEDIDIMIENTO DE ARCILLA
USADA.

CMC (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	YP (Lb/100 p ²)	Gi/Gf (Lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	OBSERVACIONES
BLANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
0.5	41	22.5	20.5 ^x	18.5	4	2/3	11.4	17.8	22.4	5	COSTRA DELGADA
1.0	58	34	29	24	10	3/11	11.4	6.2	20.0	5	COSTRA DELGADA

TABLA N° 3 LODO TIPO A

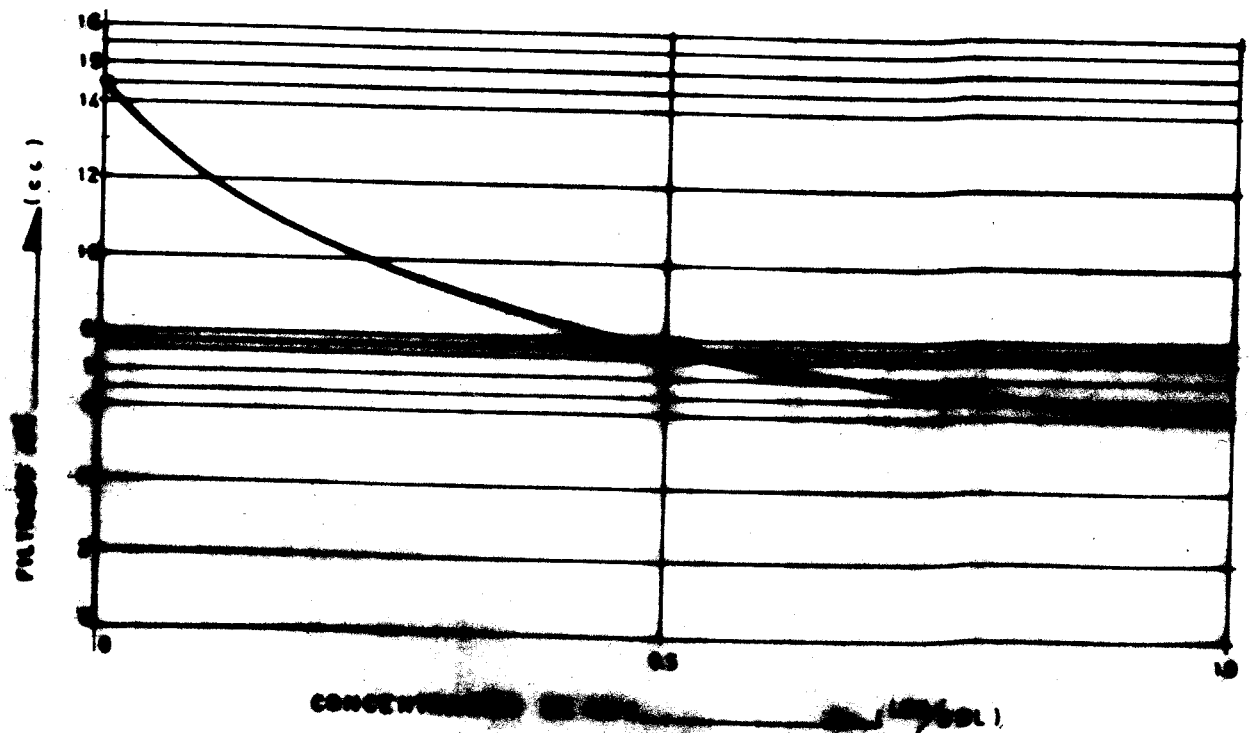


FIGURA N° 16 - CONCENTRACION DE ORO VS
 PULSOS APARATO TPO A
 SERIE 3

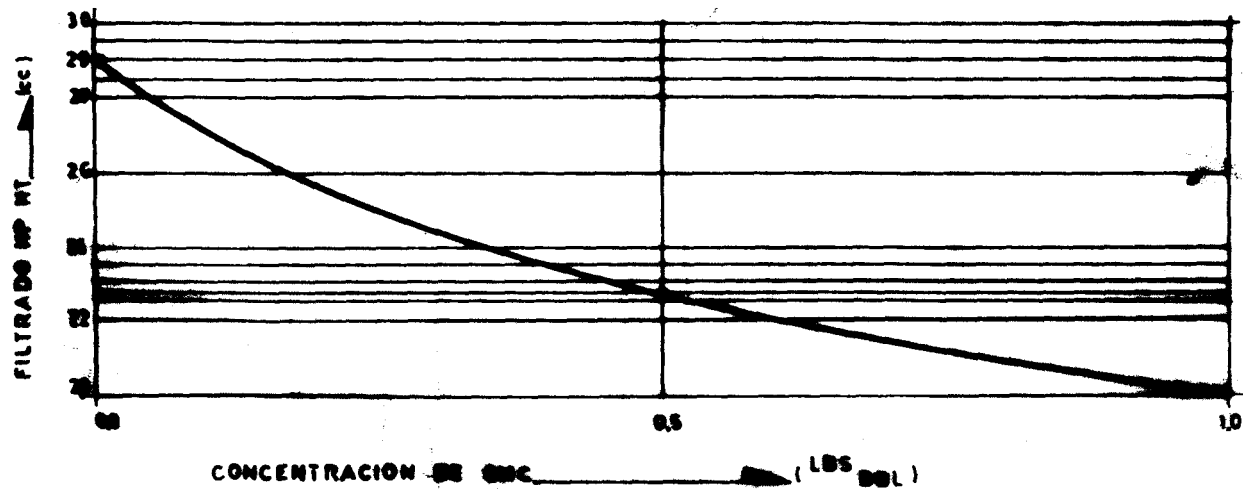


FIGURA N^o 17— CONCENTRACION DE CMC VS
 FILTRADO MP NT LODO TIPO
 A TABLA 3

POLVO MANGLE (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	-- (lb/100 p ²)	G _i /G _f (lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	OBSERVACIONES
BIANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
0.5	22.5	12	11.25	12	1.5	1/2	10.5	12.6	27.2	3	COSTRA GRUESA/ESPUM LODO COLOR ROJIZO
1.0	22	12	11.0	10.5	2	2/3	10.6	11.2	25.0	6	"
15	28	15	14	13	2	1/2	10.8	10.2	23.6	2	"
2.0	23.5	13	11.75	10.5	25	1/2	30.0	9.4	22.4	2	"
25	28	16	14	12	4	1/2	10.0	8.6	21.0	3	"
3.0	29.5	15.5	14.75	14	15	1/2	10.5	7.2	20.8	2	"

TABLA N° 4 LODO TIPO "A"

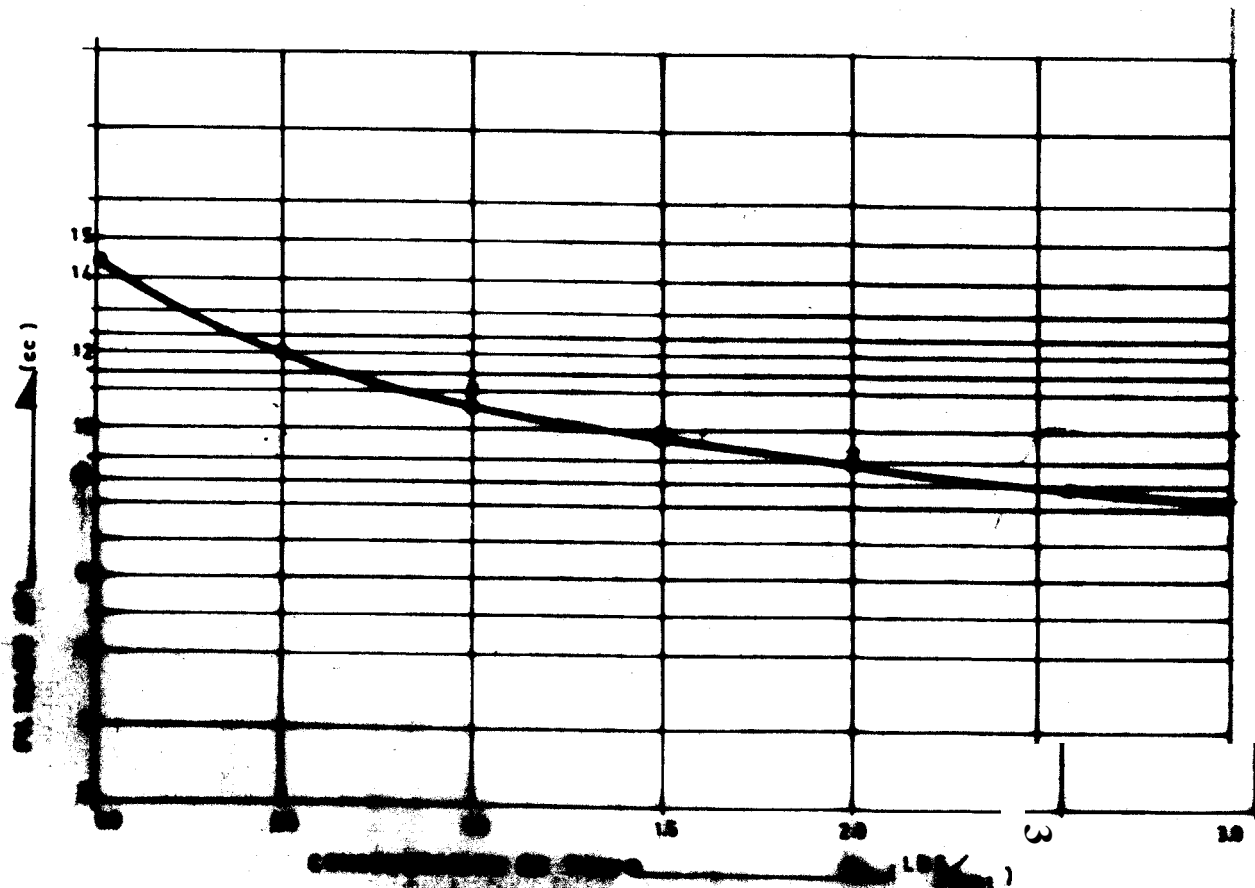


FIGURA N° 10. — CONCENTRACION DE SANGRE VS
 TIEMPO EN UNO DE LOS
 A

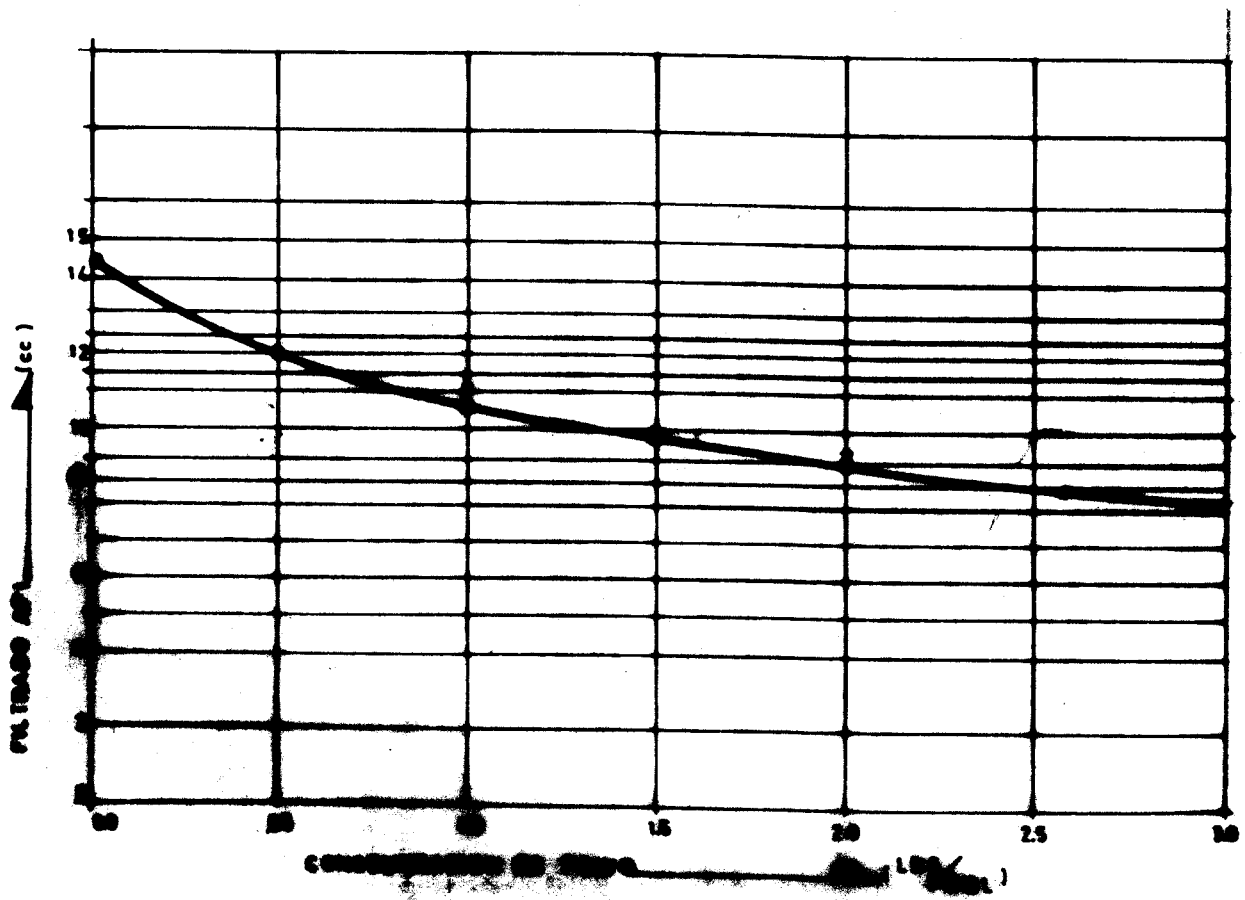


FIGURA N° 18. CONCENTRACION DE SANGRE EN
 EL SANGRE DE LOS ANIMALES
 EN EL...

FIGURA N°19.—CONCENTRACION DE POLVO VS
FILTRADO MP HT LODO TIPO A

TABLA 1

TINTA MANGLE	LECTURA	LECTURA	VA	VP	YP	Gi/Gf	PH	FILTRADO	FILTRADO	SOLIDOS	OBSERVACIONES
(cc)	600 RPM	300 RPM	(cps)	(cps)	(lb/100 p ²)	(lb/100 p ²)		API (cc)	HP-HT (cc)	%	
BLANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
5.0	25.5	13.5	12.75	12	1.5	1/2	10.9	14.0	26.6	2	COSTRA GRUESA
10.0	24	14	12	10	4	1/2	10.0	13.2	24.8	2	COSTRA GRUESA
15.0	23	12	11.5	11	1	1/2	9.8	10.8	21.6	2	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO
20.0	18.5	11	9.25	7.5	3.5	1/2	10.5	10.0	20.4	2	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO
25.0	23.5	12.5	11.75	11	1.5	1/2	9.0	6.8	19.2	3	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO

TABLA N° 5 LODO TIPO "A"

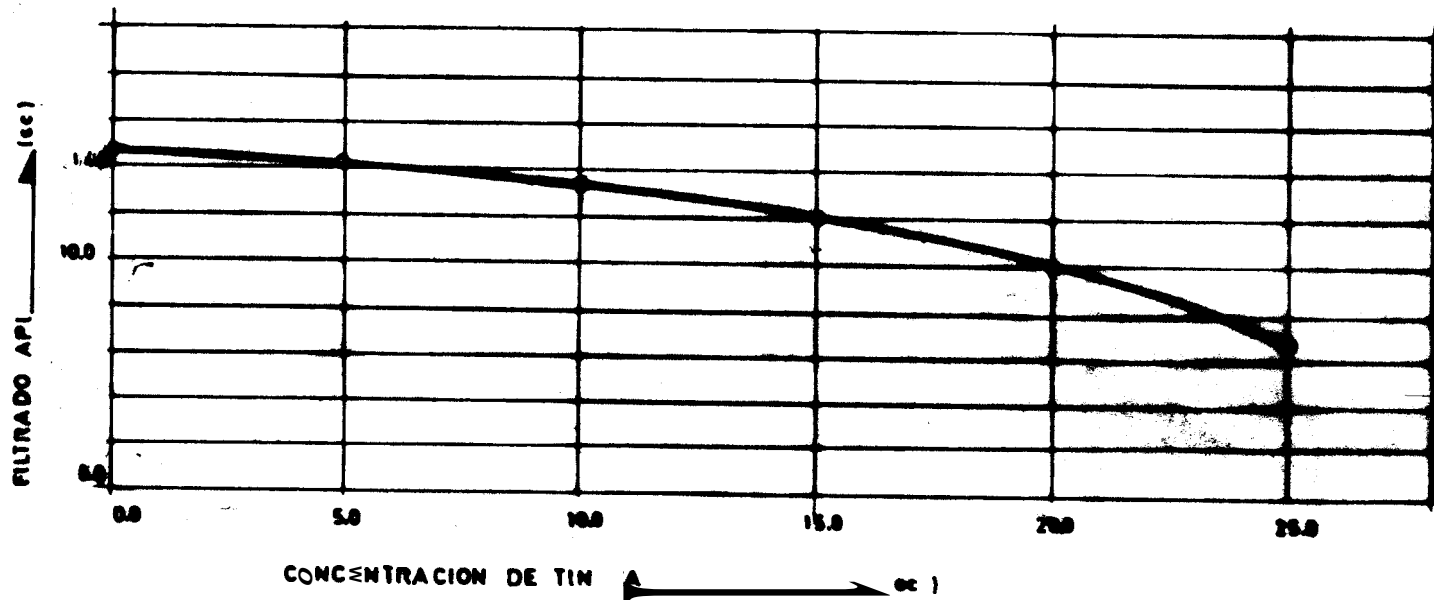


FIGURA N°20. CONCENTRACION DE TINTA
VS FILTRADO API LODO
TIPO A TABLA 5

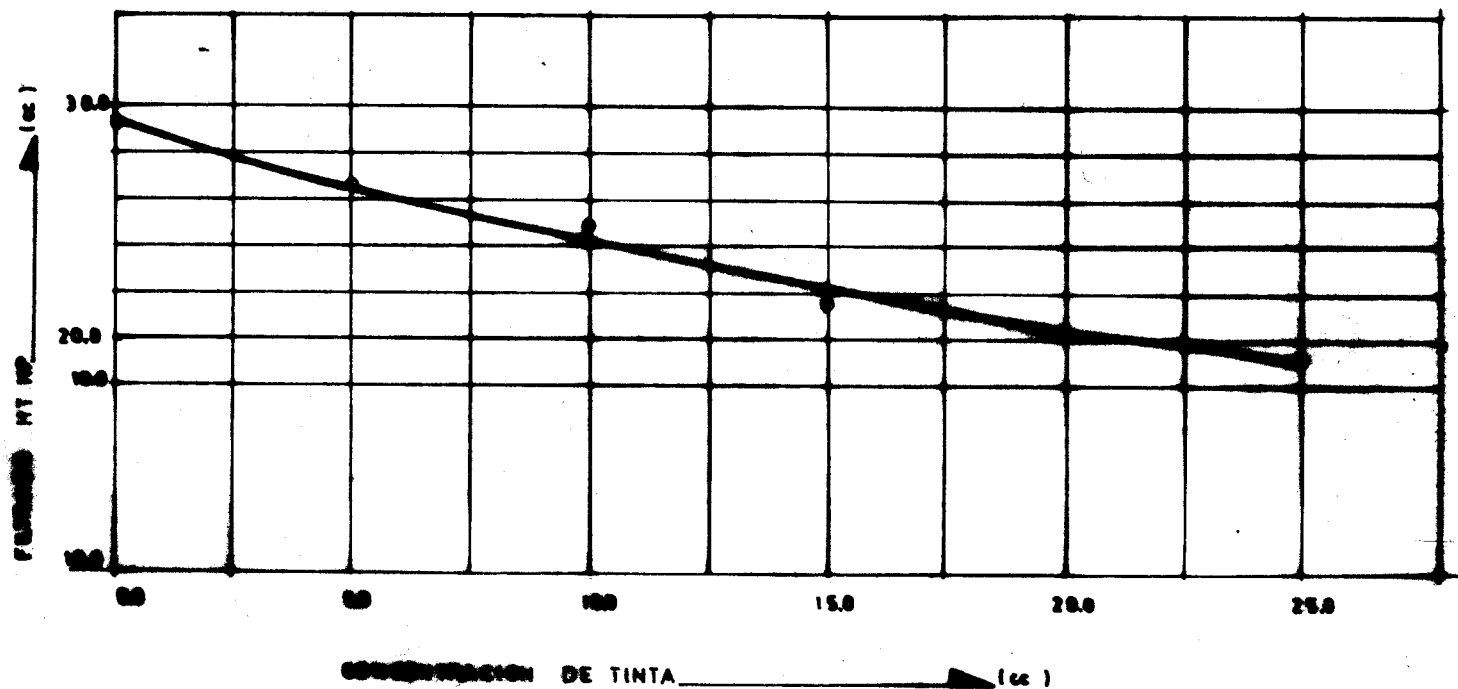


FIGURA N° 21 - CONCENTRACION DE TINTA
 VS FILTRADO HP H' LODO
 VERO A TABLA 5

CMC	LECTURA	LECTURA	VA	VP	YP	Gi/Gf	PH	FILTRADO	FILTRADO	SOLIDOS	
(gr)	600 RPM	300 RPM	(cps)	(cps)	(lb/100 p ²)	(lb/100 p ²)		API	HP-HT	%	OBSERVACIONES
								(cc)	(cc)		
BLANCO	56	36.5	28	19.5	17	2/20	10.8	13.4	30.8	14	COSTRA GRUESA
0.5	72	41.5	36	30.5	11	2/16	10.8	8.4	28.0	15	COSTRA DELGADA
1.0	101	53	50.5	42	17	6/21	10.7	6.0	26.2	15	COSTRA DELGADA

TABLA N° 6 LODO TIPO "B"

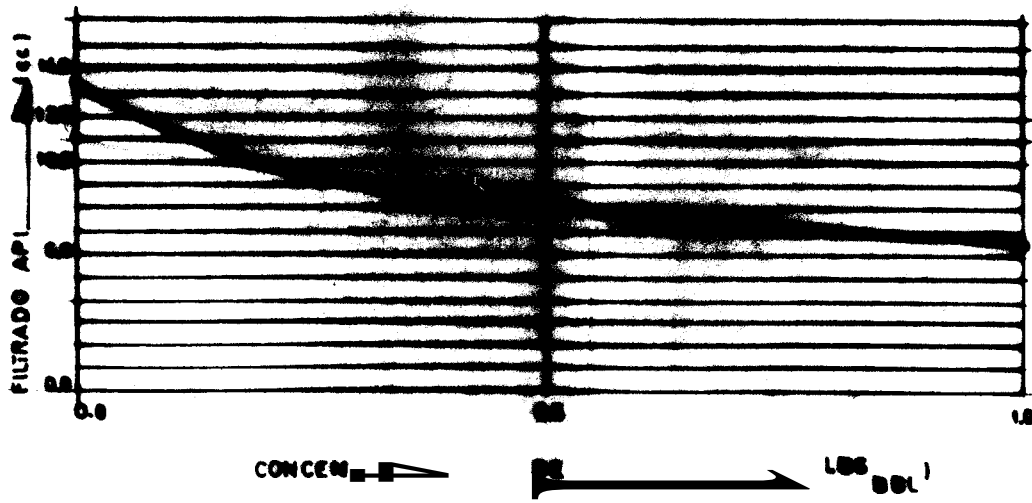


FIGURA N° 22.— CONCENTRACION DE CMC
 VS FILTRADO API LODO
 TIPO B TABLA 6.

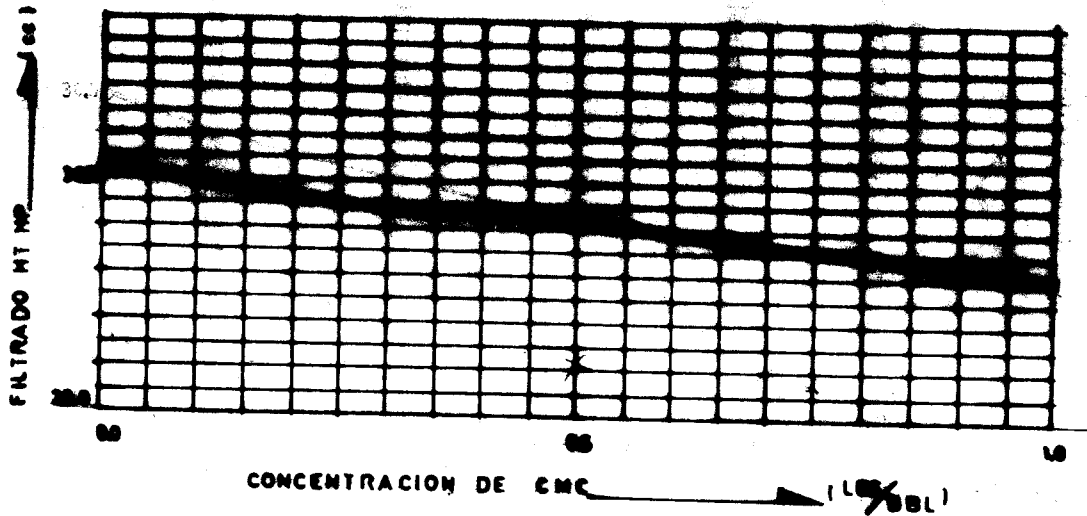



FIGURA N°23.—CONCENTRACION DE CMC VS
 FILTRADO HP HT LODO TIPO
 ● TABLA 5



POLVO MANGLE (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	YP (lb/100 p ²)	Gi/Gf (lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	CBSERVACIONES
BLANCO	56	36.5	28	19.5	17	2/20	10.8	13.4	30.8	14	COSTRA GRUESA
0.5	47	25	23.5	22	3	1/2	12.2	12.2	29.2	10	COSTRA GRUESA
1.0	50	27	25	23	4	1/2	10.0	11.0	27.2	12	COSTRA GRUESA
1.5	52	28	26	24	4	1/2	10.2	9.4	25.4	12	COSTRA GRUESA
2.0	54	30	27	24	6	1/3	10.0	9.2	24.4	30	COSTRA GRUESA
2.5	50	27	25	23	4	1/2	10.2	8.0	23.2	10	COSTRA GRUESA
3.0	53	17	26.5	26	1	1/2	9.8	7.8	22.0	10	COSTRA GRUESA

TABLA N° 7 LODO TIPO "B"



b) 12,5 Lbs/gal

2) Lodo base agua salada (60.000 ppm Cl⁻)

a) 10 Lbs/gal

b) 12,5 Lbs/gal

Preparamos el lodo base, con las cantidades de agua y arcilla necesarias, según unidades de laboratorio-campo, y según normas API. Se colocan en un envase, procediendo a agregar en las cantidades establecidas el Polímero C.M.C. (Carboxy-metil-celulosa sódica), polvo de mangle y tinta; para el caso de lodo base agua dulce.

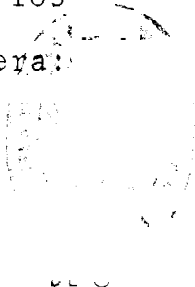
Para el lodo base agua salada, agregamos el Polímero DRISPAC SUPER-LO (Celulosa Polianiónica), polvo de mangle y tinta. Agitamos con cada aditivo, durante 15 minutos para equilibrar condiciones y homogenizar las muestras, para luego realizar las pruebas.

Debido a la diversidad de pruebas efectuadas con los lodos, se los ha clasificado de la siguiente manera:

(Ver Tabla N° 1)

1) LODO TIPO "A"

Este lodo es de base agua dulce y de 10 Lbs/gal de



LODO BASE AGUA	SALINIDAD ppm Cl ⁻	DENSIDAD Lbs/gal	INCREMENTO DE 0,5 Lbs/Bbl DE C.M.C.	INCREMENTO DE 0,5 Lbs/Bbl DE POLVO	INCREMENTO DE *0.6 gal/Bbl DE TINTA	INCREMENTO DE 0,5 Lbs/Bbl DE DRISPAC	INCREMENTO DE 2 Lbs/Bbl DE POLVO	INCREMENTO DE 1.2 gal/Bbl DE TINTA
A DULCE	~250	10.0	X	X	X			
B DULCE	~250	12.5	X	X	X			
C SALADA	60.000	10.0				X	X	X
D SALADA	~60.000	12.5				X	X	X

Tabla N° 1 Clasificación de lodos utilizados en pruebas de laboratorio

OBSERVACIONES: () de acuerdo a la relación de unidades de Laboratorio-Campo: 350 cc = 1 Bbl
5 cc = X

5 cc equivale a 0,014 Bbl

Luego, los aditivos líquidos en el campo son añadidos en gal/Bbl, entonces:

1 Bbl = 42 gal

0,014 Bbl = X = 0,014 Bbl equivale a 0,6 gal

Entonces, el incremento de 5 cc de tinta en el laboratorio equivale a 0,6 gal/Bbl en el campo.

densidad. Agregamos los aditivos hasta obtener una pérdida de filtrado menor a 8 cc. Añadimos de 0,5 en 0,5 Lbs/Bbl de CMC, y polvo de mangle y de 0.6 en 0.6 gal/Bbl de tinta. Al vertir cada uno de estos aditivos en el lodo base, efectuamos las pruebas correspondientes de viscosidad, fuerza de gel, PH, pérdida de filtrado API y HP-HT y porcentaje de sólidos.

2) LODO TIPO "B"

Este lodo también de agua dulce pero con una densidad de 12,5 Lbs/gal. Agregamos concentraciones de 0,5 en 0,5 Lbs/Bbl de CMC y polvo de mangle y de 0.6 en 0.6 gal/Bbl de tinta. Efectuamos las pruebas respectivas con cada una de estas concentraciones de aditivos, hasta obtener una pérdida de filtrado menor a 8 cc.

3) LODO TIPO "C"

Este lodo de base agua salada y con densidad de 10 Lbs/gal. Se agrega concentraciones de 0,5 en 0,5 Lbs/Bbl de DRISPAC, de 2 en 2 Lb/Bbl de polvo de mangle y de 1.2 en 1.2 gal/Bbl de tinta. Efectuamos pruebas de viscosidad, fuerza de gel, PH, volumen

de filtrado API y HP-HT, porcentaje de sólidos y ppm de ion Cloruro, hasta llegar a obtener una pérdida de filtrado menor a 10 cc.

4) LODO TIPO "D"

Este lodo es también de agua salada pero de 12,5 Lbs/gal de densidad, Afiadimos de 0,5 en 0,5 Lbs/Bbl de DRISPAC, de 2 en 2 Lb/Bbl de polvo de mangle y de 1.2 en 1.2 gal/Bbl de tinta. Efectuamos las pruebas ya establecidas, hasta obtener un volumen de filtrado menor a 10 cc.

3.3 RESULTADOS

Para cada tipo de lodo utilizado, se efectuaron las pruebas correspondientes, pero sin añadir, inicialmente ningún aditivo.

A este tipo de pruebas se las denominó en las Tablas respectivas, pruebas en "BLANCO" y son las que nos sirven como referencias o patrones.

Una vez que se prepararon los diferentes lodos, a una determinada concentración del aditivo correspondiente, los resultados obtenidos de viscosidad aparente, viscosidad plástica, fuerza de gel, inicial y final, punto

cedente, PH, pérdida de filtrado, tanto en filtro prensa ordinario como en el de alta presión-alta temperatura, porcentaje de sólidos y ppm de ion cloruro; se tabularon en la sección adicional correspondiente y se procedió a graficarlos, para luego efectuar las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

f

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO DE PERFORACION.

Los resultados obtenidos a través de las pruebas efectuadas, se encuentran tabulados en la sección respectiva, y han sido utilizados para graficar VOLUMEN DE FILTRADO API y VOLUMEN DE FILTRADO HP-HT en función de la CONCENTRACION DE CMC, DRISPAC, POLVO Y TINTA DE MANGLE, tanto para lodos de base agua dulce (10 y 12,5 Lbs/gal) como para lodos de base agua salada (10 y 12,5 Lbs/gal).

La Figura N^o 15, (valores en Tabla N^o 2), representa el rendimiento de la arcilla utilizada en las diferentes pruebas. A través de dicha curva se observa que la viscosidad aparente de la mezcla arcilla-agua aumenta desde un valor inicial de 2.0 cps a 81 cps, a medida que incrementa el porcentaje de arcilla desde 2% hasta 12%. La cantidad de arcilla agregada para obtener este último porcentaje fue de 42 Lbs/Bbl, razón por la cual la viscosidad resultó alta. Luego, el rendimiento para esta arcilla es de 75 Bls/Ton de Lodo, que se considera aceptable para ser utilizada en fluidos de perforación.



LODO TIPO "A"

BIBLIOTECA

En la Figura N^o 16 (valores en Tabla N^o 3), se puede apreciar que el filtrado API disminuye brúscamente desde 14,6 cc, que es la prueba referencial (sin aditivos) hasta 6,2 cc, para una concentración de CMC de 1,0 Lb/Bbl.

Esto se debe a que el POLIMERO CMC es un excelente reductor de filtrado para lodos de alta y regular viscosidad. Nótese que de un valor de 14,6 cc el filtrado baja a 7,8 cc con apenas 0,5 Lbs/Bbl de CMC, lo que indica la eficiencia del producto en este tipo de lodos. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel aumentan progresivamente, conforme aumentamos la concentración del aditivo. El rango del PH varía entre 11,2 y 11,4. El porcentaje de sólidos es de 5%. Mientras que en la prueba referencial la costra es excesivamente gruesa, el espesor de la misma va disminuyendo al aumentar la concentración del CMC.

En la Figura N^o 17 (valores en Tabla N^o 3), se observa que el filtrado HP-HT disminuye desde 29,2 cc que es la prueba referencial, hasta 20 cc, al ir variando las concentraciones del CMC igual que en la muestra anterior.

El filtrado HP-HT es mucho mayor que el filtrado API

debido a que es una función directa de la presión y temperatura. En cuanto a valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH y porcentaje de sólidos son los mismos que los anteriores, así como el espesor de la costra disminuye al aumentar la concentración del aditivo.

En la Figura N^o 18 (valores en Tabla N^o 4), nos indica que el filtrado API disminuye lentamente, desde un valor inicial de 14,6 cc hasta 7,2 cc para una concentración de polvo de mangle de 3,0 Lbs/Bbl. Para este caso es necesario agregar mayor cantidad de aditivo que en el caso anterior, pues la eficiencia del tanino no es tan marcada como la del CMC, razón por la cual se utilizd polvo hasta una cantidad de 3,0 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel son irregulares en su comportamiento. El rango del PH está entre 10 y 10,8. El porcentaje de sólidos es aceptable para lodos de esta densidad. Conforme agregamos tanino al lodo, éste se vuelve rojizo y aparece ligeramente espuma en la superficie del lodo, la costra mantiene su espesor, al ir aumentando la concentracido del polvo.

La Figura N^o 19 (valores en Tabla N^o 4), muestra el filtrado HP-HT variando desde 29,2 cc para la prueba

centración máxima de CMC de 1,0 Lb/Bbl. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, y porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior. La costra disminuye de espesor, de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizado.

La Figura N^o 24 (valores en Tabla N^o 7), muestra una disminución moderada del filtrado API desde su valor referencial de 13,4 cc hasta 7,8 cc, utilizando concentraciones de 3,0 Lbs/Bbl de polvo de mangle. Es decir, se hace necesario agregar mayor cantidad de aditivo para obtener el filtrado menor a 8 cc. El comportamiento de la viscosidad, punto cedente y fuerza gel no fue uniforme. El PH está entre 9,8 y 10,2. El porcentaje de sólidos entre 10 y 12%. La costra se presenta gruesa a pesar de disminuir el filtrado API.

Para la Figura N^o 25 (valores en Tabla N^o 7), el filtrado HP-HT disminuye desde 30,8 cc hasta 22,0 cc para una concentración de polvo de 3,0 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH y porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior, al igual que el espesor de la costra.

En la Figura N^o 26 (valores en Tabla N^o 8) el volumen de filtrado API, disminuye desde 13,4 cc hasta 7,8 cc

que corresponde a un volumen de tinta utilizado de 15 cc. Observamos que los valores de viscosidad disminuyeron, así como punto cedente y fuerza de gel se comportan en forma irregular. El PH varía entre 9,6 y 10,6 y el porcentaje de sólidos es de 14% que es aceptable para lodos de esta densidad. El espesor de la costra disminuye conforme agregamos mayor volumen de tinta de mangle.

La Figura N^o 27 (valores en Tabla N^o 8) muestra la variación del filtrado HP-HT desde 30,8 cc para la muestra original, hasta 24 cc, utilizando un volumen de tinta de 15 cc. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos son los mismos que en la muestra anterior. El espesor de la costra disminuye al aumentar el volumen de tinta de mangle en el lodo. La concavidad de la curva se presenta diferente, por cuanto, el filtrado HP-HT varía muy poco al inicio de la prueba.

LODO TIPO "C"

La Figura N^o 28 (valores en Tabla N^o 9) indica una alta pérdida de filtrado, como era de esperarse para lodos base agua salada. Existe un filtrado API inicial de 60 cc hasta un filtrado API de 4,4 cc para una con-

centración de DRISPAC de 2,0 Lbs/Bbl. El aditivo utilizado para este tipo de lodos salados es el DRISPAC, que es un polímero celulósico polianiónico, efectivo como reductor de filtrado. Pero al aumentarse la concentración a 2,0 Lbs/Bbl el lodo se vuelve viscoso y prácticamente no bombeable, razón por la cual debemos ajustar la concentración hasta 1,5 Lbs/Bbl de DRISPAC. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel aumentaron progresivamente. El PH disminuye por ser un lodo salado, pero se agrega Soda Cáustica para mantener el PH en un rango entre 9,8 y 10,8. El porcentaje de sólidos es de 8%. La salinidad del lodo es de 60.000 ppm Cl^- . En lo referente al espesor de la costra, el mismo fue disminuyendo hasta llegar a una costra delgada e ideal para nuestros objetivos. La concavidad de la curva en este tipo de lodos es más pronunciada que en los dos tipos de lodos anteriores.

La Figura N^o 29 (Valores en Tabla N^o 9), nos muestra un filtrado HP-HT sumamente alto de 130 cc hasta alcanzar un valor de 25 cc, utilizando una concentración de aditivo de 2,0 Lbs/Bbl. Valores correspondientes a viscosidad, punto cedente y fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran tabulados en la tabla respectiva. La costra resulta delgada confor

me añadimos mayor concentración del aditivo.

En la Figura N^o 30 (valores en Tabla N^o 10) observamos que no existe una disminución constante del filtrado **API**, como en lodos anteriores, sino más bien los valores varía de forma irregular desde 60 cc inicialmente, hasta 38 cc para 20 Lbs/Bbl de polvo; pasando previamente por un filtrado **API** de 30 cc para una concentración de 14 Lbs/Bbl. Debido a que en lodos base agua salada la pérdida de filtrado es mucho mayor, entonces es necesario agregar mayor cantidad de aditivo para disminuir el filtrado **API**, pese a lo cual al llegar a una concentración de 20 Lbs/Bbl de polvo, el lodo se volvió altamente viscoso y el filtrado **API** obtenido es de 38 cc. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel varían irregularmente. El **PH** está entre 9,2 y 10,8. El porcentaje de sólidos se encuentra en un nivel aceptable entre 6 y 8%. La salinidad varía entre 50.000 y 65.000 ppm Cl⁻. El espesor de la costra fue variando conforme aumentamos la concentración del polvo de mangle.

En la Figura N^o 31 (valores en Tabla N^o 10) el filtrado **HP-HT** nos muestra una disminución uniforme sino más bien, varía en forma irregular, considerando la concen

gō a obtener un filtrado HP-HT de 82 cc, utilizando 30 cc de tinta de mangle. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran en la respectiva tabla. El espesor de la costra fue disminuyendo muy poco, de acuerdo a la cantidad de aditivo.

LODO TIPO "D"

En la Figura N^o 34 (valores en Tabla N^o 12) el filtrado API varía desde 62 cc hasta 22 cc, para una concentración de DRISPAC de 1 Lb/Bbl. Con 0,5 Lb/Bbl de aditivo se logra bajar el filtrado a casi la mitad de su valor original. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel incrementaron. El PH está entre 9,8 y 10,6. El porcentaje de sólidos es de 12% y la salinidad de 60.000 ppm Cl⁻. El espesor de la costra disminuyó al aumentar la concentración del DRISPAC.

En la Figura N^o 35 (valores en Tabla N^o 12) el filtrado HP-HT disminuye desde 140 cc hasta 60 cc, variando la concentración de DRISPAC utilizado desde la muestra original hasta 1,0 Lb/Bbl. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad se encuentran en su respectiva tabla.

tracidn del polvo del mangle que llegd hasta valores e levados de 20 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sddidos y salinidad están tabulados en la respectiva tabla,

En la Figura N^o 32 (valores en Tabla N^o 11), la muestra original presenta un filtrado de API de 60 cc, pero al aumentar el volumen de tinta de mangle, los volúmenes de filtrado API no son constantes sino que varlan hasta llegar a utilizar 50 cc de tinta para obtener un filtrado API de 36,4 cc. Por tener este tipo de lodo una alta pérdida de filtrado, se utilizó un mayor volumen de tinta. Pero en cambio a esta concentración, el lodo resulta demasiado viscoso para ser bombeable. Así mismo, al aumentar el volumen de tinta , aumenta el volumen del lodo en el sistema de circulación, con el consiguiente problema de adición de aditivos. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, se comportan irregularmente. El PH está entre 9,6 y 10,8. El porcentaje de sólidos varla entre 7 y 10%, y la salinidad entre 55.000 y 60.000 ppm Cl⁻.

En la Figura N^o 33 (valores en Tabla N^o 11), el filtrado HP-HT disminuye desde 130 cc hasta 82 cc, pero no en forma progresiva, sino en forma irregular. Se lle-

En la Figura N° 36 (valores en Tabla N° 13) el filtrado API varía en forma totalmente irregular desde 62 cc hasta 22 cc, para concentraciones diferentes de polvo de mangle, hasta llegar a 20 Lbs/Bbl y obtener un filtrado API de 37,2 cc, pero el lodo se volvió demasiado viscoso. Los valores de viscosidad, punto cedente y fuerza de gel variaron irregularmente. El PH está entre 9,2 y 10,6. La salinidad entre 55.000 y 65.000 ppm Cl⁻. El espesor de la costra comenzó a disminuir conforme aumentamos la cantidad de polvo.

En la Figura N° 37 (valores en Tabla N° 13) encontramos una variación irregular de filtrado desde 140 cc, para la muestra original, hasta 60 cc para una concentración de 14 Lbs/Bbl. La disminución del filtrado no es progresiva de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizado. Los valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sólidos y salinidad están en su respectiva tabla. La disminución de la costra no fue uniforme según la cantidad de polvo agregado.

La Figura N° 38 (valores en Tabla N° 14), nos da indicios de que no existe una disminución progresiva de filtrado API, conforme aumentamos el volumen de tinta

tracidn del polvo del mangle que llegd hasta valores e levados de 20 Lbs/Bbl. Los valores de viscosidad, pun to cedente, fuerza de gel, PH, porcentaje de sdlidos y salinidad están tabulados en la respectiva tabla.

En la Figura N^o 32 (valores en Tabla N^o 11), la mues- tra original presenta un filtrado de API de 60 cc, pe- ro al aumentar el volumen de tinta de mangle, los volú- menes de filtrado API no son constantes sino que va- rían hasta llegar a utilizar 50 cc de tinta para obte- ner un filtrado API de 36,4 cc. Por tener este tipo de lodo una alta pérdida de filtrado, se utilizó un ma yor volumen de tinta. Pero en cambio a esta concentra- ción, el lodo resulta demasiado viscoso para ser bom- beable. Así mismo, al aumentar el volumen de tinta , aumenta el volumen del lodo en el sistema de circula- ción, con el consiguiente problema de adicidn de aditi- vos. Valores de viscosidad, punto cedente, fuerza de gel, se comportan irregularmente. El PH está entre 9,6 y 10,8. El porcentaje de sdlidos varía entre 7 y 10%, y la salinidad entre 55.000 y 60.000 ppm Cl⁻.

En la Figura N^o 33 (valores en Tabla N^o 11), el filtra- do HP-HT disminuye desde 130 cc hasta 82 cc, pero no en forma progresiva, sino en forma irregular. Se lle-

PORCENTAJE	CANTIDAD	LECTURA	VA
%	(gr)	600 RPM	(cps)
2	7	4.0	2.0
4	14	9.5	4.75
6	21	19.0	9.5
8	28	41.5	20.75
10	35	77.0	38.5
12	42	162.0	81.0



Tabla N^o 2 Rendimiento de la arcilla utilizada en pruebas



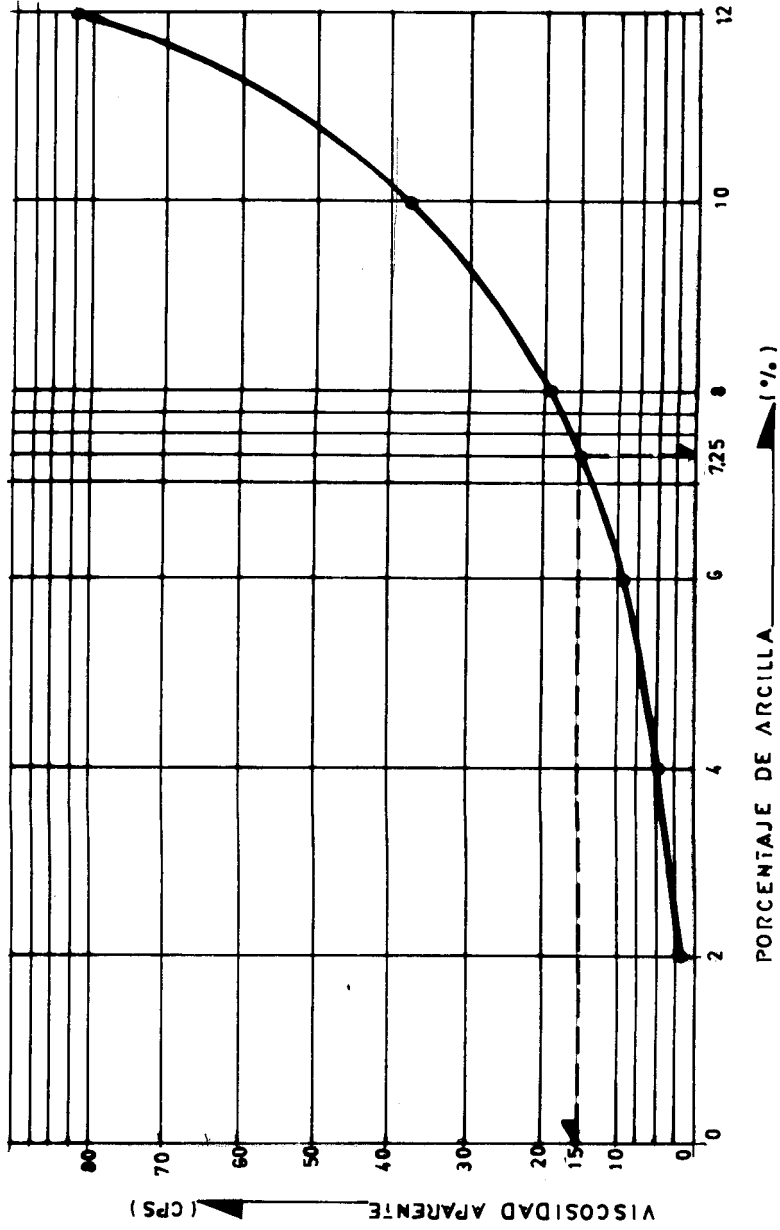


FIGURA N:15. RENDIMIENTO DE ARCILLA UTILIZADA.

CMC (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	YP (Lb/100 p ²)	Gi/Gf (Lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	OBSERVACIONES
BLANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
0.5	41	22.5	20.5	18.5	4	2/3	11.4	7.8	22.4	5	COSTRA DELGADA
1.0	58	34	29	24	10	3/11	11.4	6.2	20.0	5	COSTRA DELGADA

TABLA N° 3 LODO TIPO A

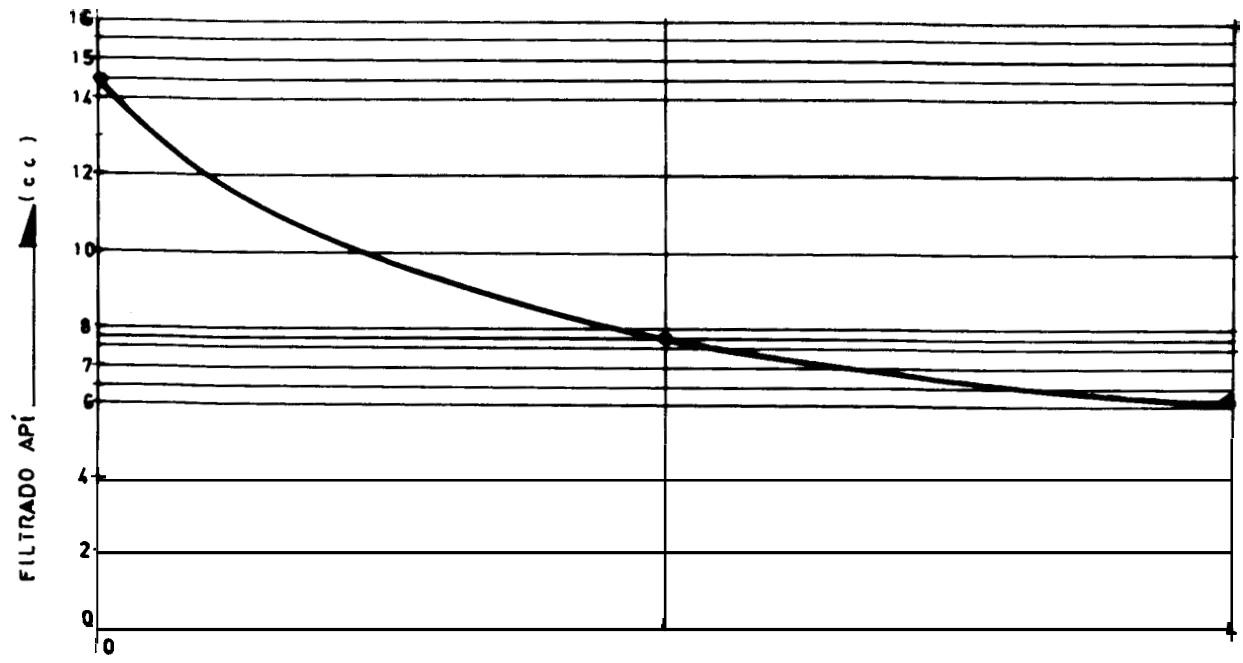


FIGURA N°16.- CONCENTRACION DEL CMC VS
 FILTRADO API LODO TIPO A
 TABLA 3

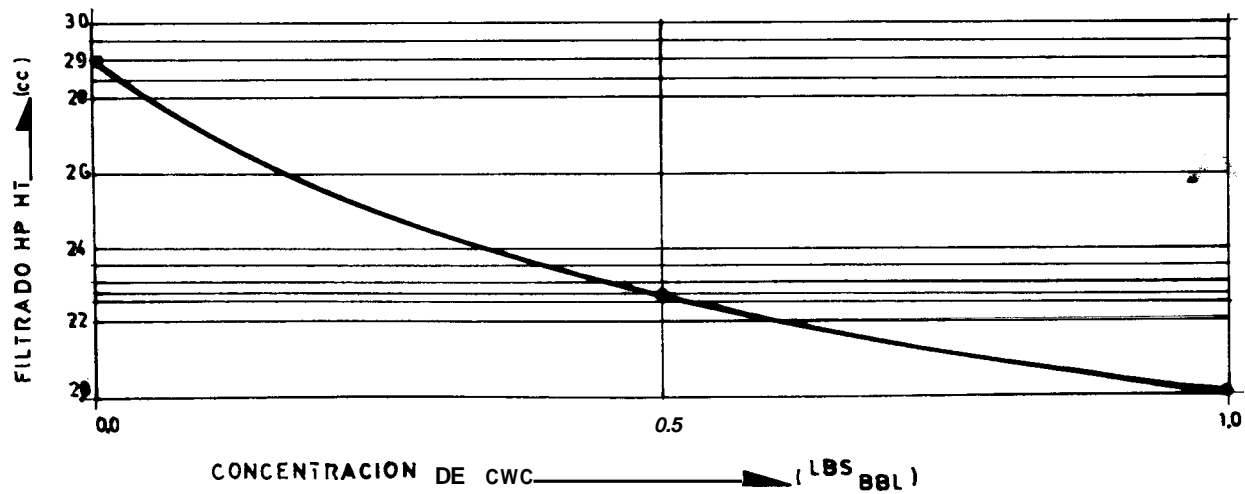


FIGURA N°17.— CONCENTRACION DE CMC V'S
 FILTRADO HP HT LODO TIPO
 A TABLA 3

POLVO MANGLE (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	YP (lb/100 p ²)	Gi/Gf (lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	OBSERVACIONES
BIANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
0.5	22.5	12	11.25	12	1.5	1/2	10.5	12.6	27.2	3	COSTRA GRUESA/ESPUMA LODO COLOR ROJIZO
1.0	22	12	11.0	10.5	2	2/3	10.6	11.2	25.0	6	'
1.5	28	15	14	13	2	1/2	10.8	10.2	23.6	2	"
2.0	23.5	13	11.75	10.5	2.5	1/2	10.0	9.4	22.4	2	"
2.5	22	12	14	12	4	1/2	10.0	8.6	21.0	3	
3.0	29.5	15.5	14.75	14	1.5	1/2	10.5	7.2	20.8	2	"

TABLA N° 4 LODO TIPO "A"

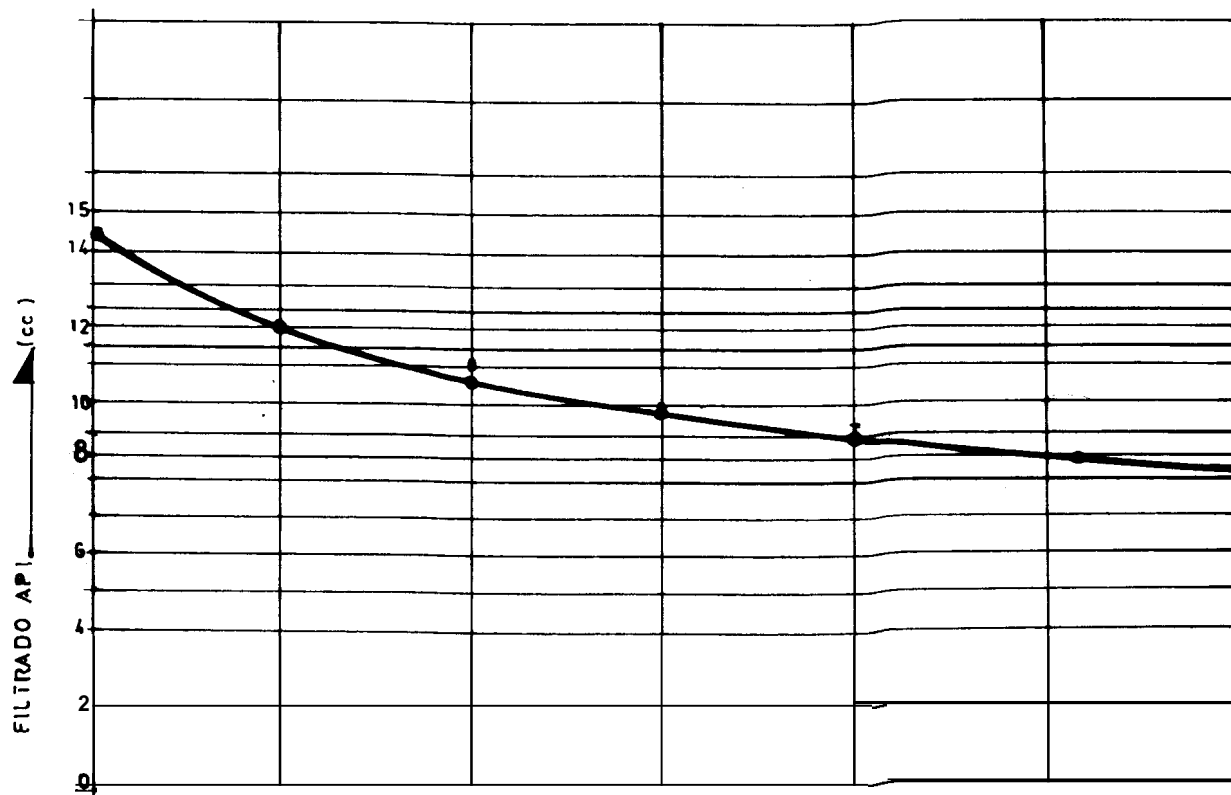


FIGURA N°18.—CONCENTRACION DE POLVO VS
 FILTRADO API LODO TIPO A
 TABLA 4

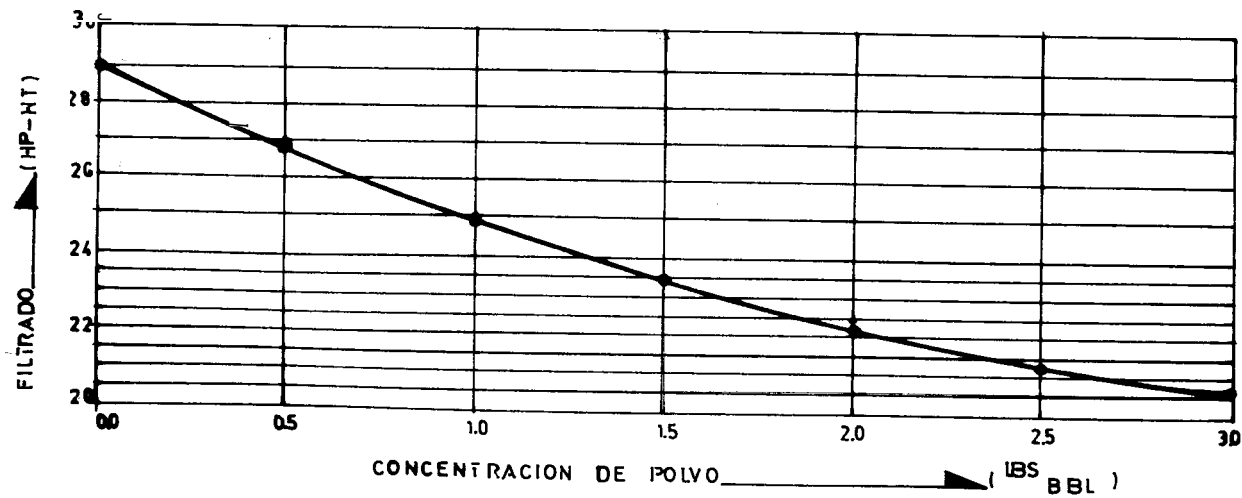


FIGURA N°19.—CONCENTRACION DE POLVO VS
 FILTRADO HP HT LODO TIPO ^
 TABLA 4.

TINTA MANGLE	LECTURA	LECTURA	VA	VP	YP	Gi/Gf	PH	FILTRADO	FILTRADO	SOLIDOS	OBSERVACIONES
(cc)	600 RPM	300 RPM	(cps)	(cps)	(lb/100 p ²)	(lb/100 p ²)		API (cc)	HP-HT (cc)	%	
BLANCO	26	14	13	12	2	1/6	11.2	14.6	29.2	5	COSTRA GRUESA
5.0	25.5	13.5	12.75	12	1.5	1/2	10.9	14.0	26.6	2	COSTRA GRUESA
10.0	24	14	12	10	4	1/2	10.0	13.2	24.8	2	COSTRA GRUESA
15.0	23	12	11.5	11	1	1/2	9.8	10.8	21.6	2	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO
20.0	18.5	11	9.25	7.5	35	1/2	10.5	10.0	23.4	2	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO
25.0	23.5	12.5	11.75	11	1.5	1/2	9.0	6.8	19.2	3	COSTRA DELGADA/ LODO COLOR ROJIZO

TABLA N° 5 LODO TIPO "A"

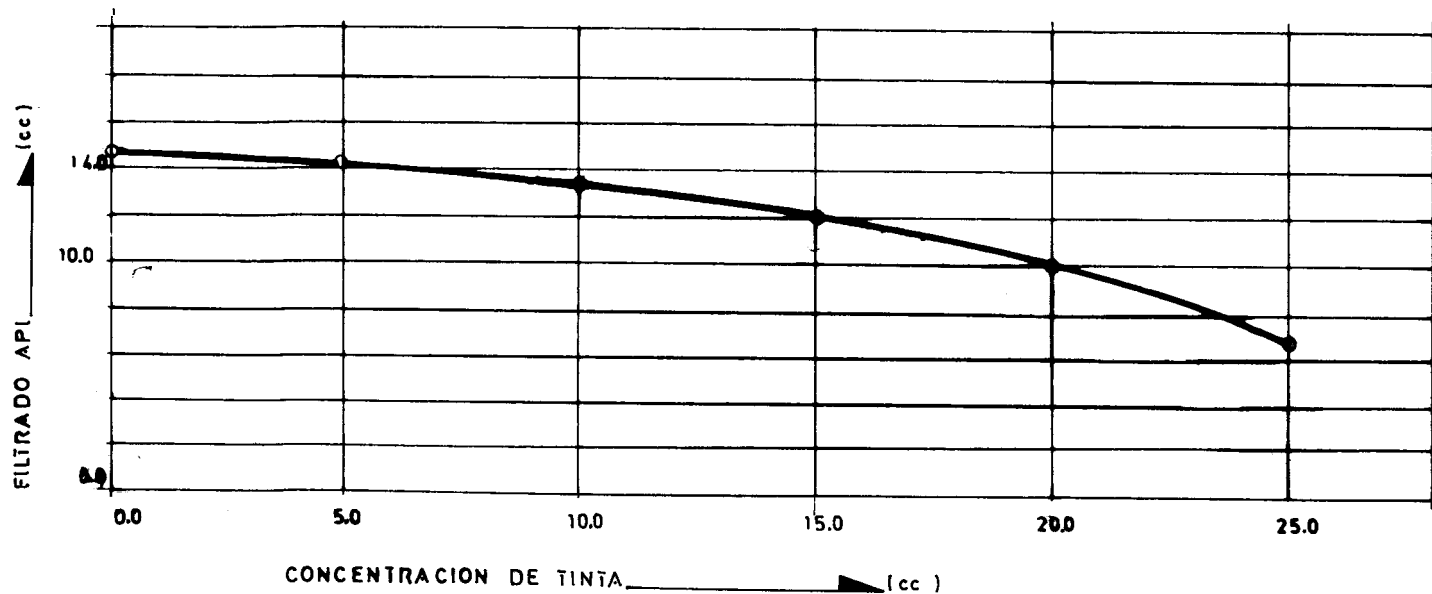


FIGURA N^o 20. — CONCENTRACION DE TINTA
 VS FILTRADO API LODO
 TIPO A TABLA 5

CMC	LECTURA	LECTURA	VA	VP	YP	Gi/Gf	PH	FILTRADO	FILTRADO	SOLIDOS	OBSERVACIONES
(gr)	600 RPM	300 RPM	(cps)	(cps)	(lb/100 p ²)	(lb/100 p ²)		API	HP-HT	%	
								(cc)	(cc)		
BANCO	58	38.5	28	19.5	17	2/20	10.8	13.4	30.8	14	COSTRA GRUESA
0.5	72	41.5	36	30.5	11	2/18	10.8	8.4	28.0	15	COSTRA DELGADA
1.0	101	53	50.5	42	17	6/21	10.7	6.0	26.2	15	COSTRA DELGADA

TABLA N° 6 LODO TIPO "B"

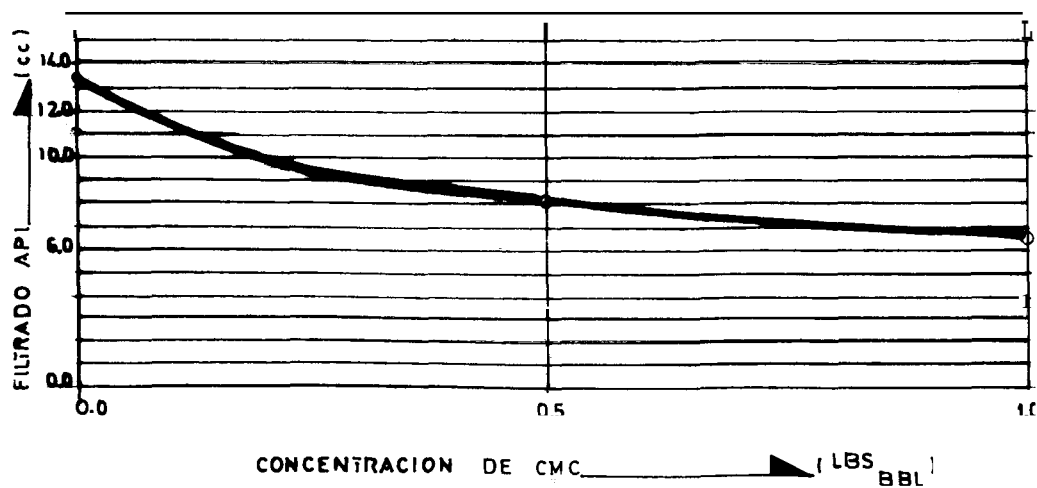


FIGURA N°-22.— CONCENTRACION DE CMC
VS FILTRADO API LODO
TIPO B TABLA 6 .

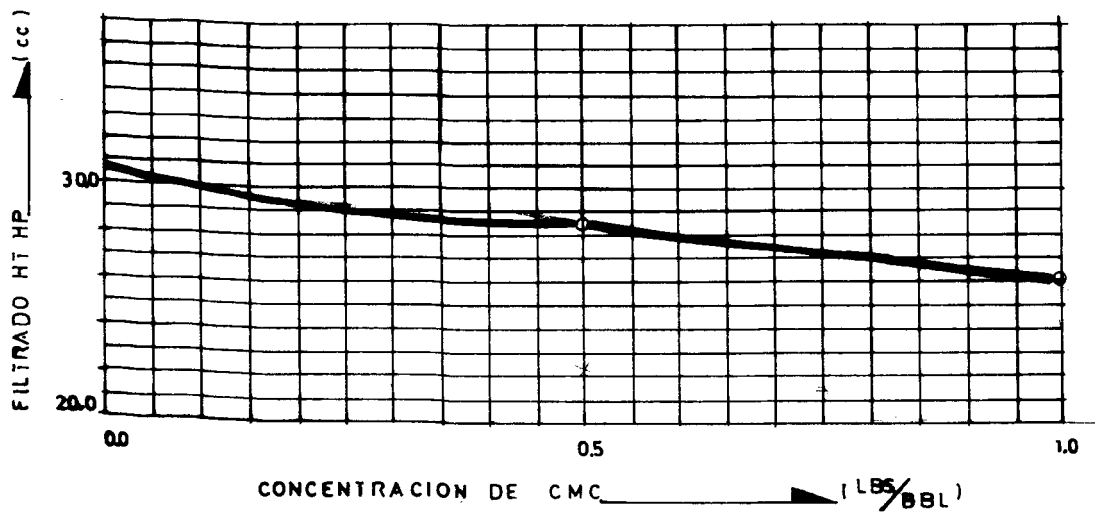


FIGURA N°23—CONCENTRACION DE CMC VS
 FILTRADO HP HT LODO TIPO
 B TABLA 6

POLVO MANGLE (gr)	LECTURA 600 RPM	LECTURA 300 RPM	VA (cps)	VP (cps)	YP (lb/100 p ²)	Gi/Gf (lb/100 p ²)	PH	FILTRADO API (cc)	FILTRADO HP-HT (cc)	SOLIDOS %	OBSERVACIONES
BLANCO	56	36.5	28	19.5	17	2/20	10.8	13.4	30.8	14	COSTRA GRUESA
0 5	47	25	23.5	22	3	1/2	12.2	12.2	29.2	10	COSTRA GRUESA
1 0	50	27	25	23	4	1/2	10.0	11.0	27.2	12	COSTRA GRUESA
1.5	52	28	26	24	4	1/2	10.2	9.4	25.4	12	COSTRA GRUESA
2 0	44	30	27	24	4	1/3	10.0	9.2	24.4	10	COSTRA GRUESA
2 5	50	27	25	23	4	1/2	10.2	8.0	23.2	10	COSTRA GRUESA
3 0	53	17	26.5	24	1	1/2	9.8	7.8	22.0	10	COSTRA GRUESA

TABLA N° 7 LODO TIPO "B"

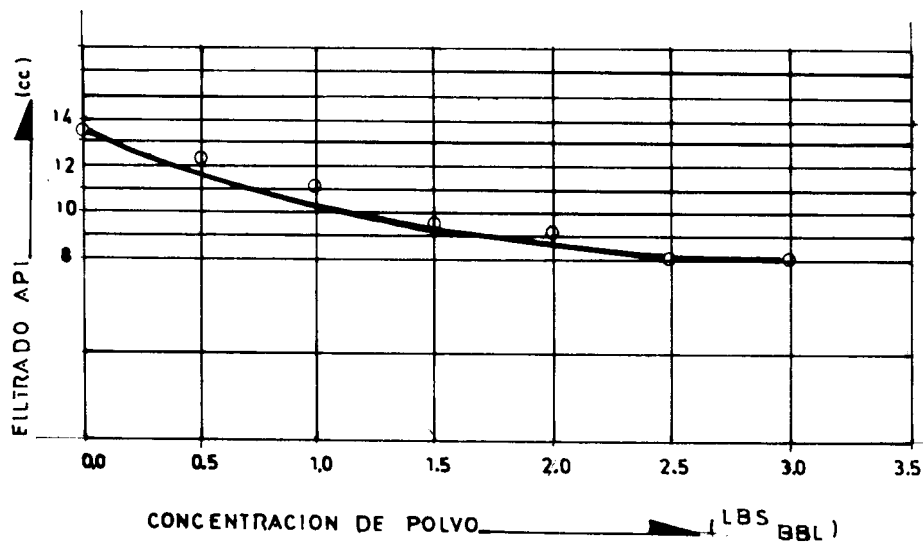


FIGURA N^o 24.—CONCENTRACION DE POLVO
VS FILTRADO API TODO TI-
PO B TABLA 7