


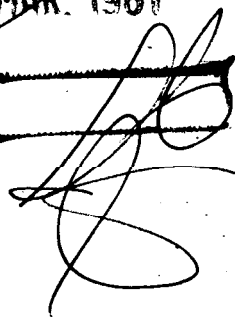
511A?

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

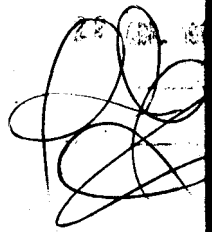
INVENTARIADO
RESPONSABLE:  7 ABR. 1980

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACION DE LA VISCOSIDAD
Y FILTRACION EN UN FLUIDO DE PERFORACION UTILIZANDO
EL MANGLE COMO ADITIVO"

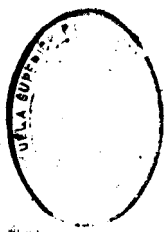
D-2207
16 MAR. 1981
INVENTARIADO
RESPONSABLE: 

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO DE PETROLEO

INVENTARIADO
RESPONSABLE: 

POR:
ROBERTO FRANCO ESCALANTE

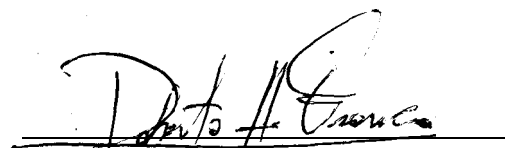


"ESTUDIO EXPERIMENTAL VE LA VARIACION VE LA VISCOSIDAD
Y FILTRACION EN UN FLUIDO VE PERFORACION UTILIZANDO
EL MANGLE COMO ADITIVO"

- DIRECTOR VE TESIS


ING. DANIEL TAPIA FALCONI

A U T O R


ROBERTO FRANCO ESCALANTE



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis son de mi exclusiva responsabilidad y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL).

AGRADECIMIENTO

Quiero resaltar de que este trabajo desarrollado es el fiel reflejo de los conocimientos obtenidos en la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, a la que yo debo mi eterna gratitud.

Al Señor Ing. DANIEL TAPIA, se agradece por su valiosa y acertada orientación en la realización de esta Tesis.

A todos mis profesores que han sabido entregar con buena voluntad sus experiencias que conllevan a mi formación profesional. Para ellos mis sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

*A mis queridos padres, quienes son
la parte de mi existencia y la oportu-
nidad de mi saber, herencia perdu-
rable que conmigo siempre ha de per-*

manecer: MAURO ROSENDO FRANCO PERDOMO

ROSA AMADA ESCALANTE HERRERA

*A mis hermanos que sigan los cami-
nos de la superación: JULIO*

RUBEN

PATRICIA

LUIS

ROSA

LEONARDO

A mis apreciados sobrinos: SI LENE

EUGENIA

CARLOS

A mis sinceros amigos

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
17. RESUMEN	3
III. REVISION VE LITERATURA	5
TV. GENERALIDADES	
IV.1. Definición del Fluido de Perforación	8
IV.2. Funciones de los Fluidos de Perforación	8
7v.3, Propiedades. Importancia de bu conocimiento	13
V. CONSIDERACIONES TEORICAS	
V.1. Arcillas	20
v.2. Acción y Efecto de la Dispersión de la arcilla sobre ta viscosidad	22
V.3. Rendimiento de una arcilla en agua dulce	24.
v.4. Fluidos Plásticos y Newtonianos	30
VI. VISCOSIDAD Y FILTRACION	
VZ.7. Viscosidad Relativa, Plástica, Aparente, Punto Cedente y Fuerza d e Gelatinización	32
VI.2. Agentes Reductores d e la Viscosidad: S u clasificación	35
V7.3. Efecto del Ph sobre la Viscosidad	37
V7.4. Calidad de Costra y Filtrado APT	38
VT.5. Factores que afectan la filtración	41

	<u>Pág.</u>
VI. 6. Ag entes de Control de la Filtración	46
VII. PRUEBAS VE LABORATORIO	
VII. 1. Equipo	51
VII. 2. Muestras	51
VII. 3. Procedimiento Experimental	52
V. IT. 4. Resultados	55
VIII. DISCUSIÓN VE RESULTADOS	58
IX. CONCLUSIONES	68
X. RECOMENDACIONES	72
SECCION: TABLAS	76
FIGURAS	84
APENDICE	1 0 9
NOMENCLATURA	. 117
BIBLIOGRAFIA	120

1.- INTRODUCCION

En las operaciones de perforación de pozos de petróleo por el método rotatorio, los fluidos de perforación constituyen la parte fundamental para el éxito final de la empresa debido a las múltiples funciones que tiene que cumplir. Para poder realizar esas funciones a satisfacción, el lodo de perforación debe mantener durante la operación ciertas propiedades características, las cuales son proporcionadas por los aditivos.

En la actualidad, el uso de aditivos para lodos de perforación, requiere gastos de considerables sumas de dinero, por este motivo existe la necesidad de encontrar nuevos aditivos que mantengan o mejoren las propiedades de los lodos, reduzcan su costo y que puedan ser elaborados en el país.

El buen control de las propiedades tales como: VISCOSIDAD APARENTE, VISCOSIDAD PLASTICA, PUNTO CEDENTE, FILTRACION Y DENSIDAD, dentro de límites establecidos, promueven mayor seguridad y rapidez en la perforación y completación de pozos de petróleo, para en esas condiciones lograr posteriormente una máxima capacidad de producción.

En el presente trabajo se utiliza el mangle como aditivo a los lo-

dos de perforación, para obtener las finalidades propuestas .

Las pruebas con el mangle se las realizó en el Laboratorio de Flujos de Perforación del Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, habiendo encontrado en él los elementos necesarios para llevar a feliz término el desarrollo de este trabajo.

II.- RESUMEN

Et objetivo de este trabajo de tesis es de llegar a comprobar experimentalmente, si el mangle puede ser utilizado como aditivo a los lodos de perforación, específicamente como REDUCTOR DE VISCOSIDAD y como un AGENTE DE CONTROL DE LA FILTRACION. Para ello se hace necesario exponer en uno de los primeros capítulos, generalidades sobre definición, constitución, funciones y propiedades de los fluidos de perforación, estableciendo la relación entre ellas.

En el siguiente capítulo se exponen ciertas consideraciones teóricas de las arcillas, las cuales son las que proporcionan al lodo las propiedades necesarias, también se habla del efecto de la dispersión de la arcilla sobre la viscosidad, y el rendimiento de las mismas en agua dulce.

Posteriormente, se manifiestan teorías básicas acerca de la viscosidad y filtración y la clasificación tanto de los agentes reductores de viscosidad como la de aquellos que controlan la filtración hacia las formaciones:

Luego de una ligera descripción de las muestras y del procedimiento experimental trazado, se pasa a discutir los resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas con las respectivas conclusiones y recomendaciones.



Finalmente existe una sección adicional en la cual se incluyen las tablas, figuras, apéndices y la nomenclatura utilizada. Es necesario establecer que gran parte de la bibliografía que existe referente a la materia y que ha servido para desarrollar esta tesis, se la incluye con el propósito de que se obtenga fácilmente el texto indicado de consulta para una mejor comprensión de este trabajo realizado y de otros posteriores que puedan llevarse a cabo en el Laboratorio de Fluidos de Perforación.



III.- REVISION VE LITERATURA

En 1965, ALBERTO HENRIQUEZ, y colaboradores,¹ realizaron experien
cias con mangle como agente reductor de viscosidad del lodo de -
perforación comparándolo con el quebracho, adelgazador que fue to
mado como referencia.

En su trabajo efectuaron una gran cantidad de pruebas, operando -
bajo las mismas condiciones para obtener los efectos del mangte.
Obtuvieron primero un extracto a partir de la ebullición de agua
con cortezas de mangle desmenuzadas, luego el producto resultante
fue evaporado al vatio, o bteniéndose el residuo sólido con el cual
se realizaron las pruebas.

Los autores llegan a la conclusión que el mangle y el quebracho -
tienen un comportamiento muy similar, pero con el quebracho se ob
tienen mejores resultados. Esto se debe al mayor porcentaje de -
taninos presentes en el quebracho. Ellos /recomiendan mejorar la
obtención del extracto del mangle con el fin de incrementar su con
tenido de taninos y al mismo tiempo aumentar la habilidad del man
gle como agente reductor de viscosidad.

Al año siguiente, ELVIN LUGÓ y NORBERTO GONZALEZ² hicieron una se
gunda investigación, en la cual para obtener la muestra de mangle .

no emplearon ningún procedimiento de extracción, sino mediante un simple y trituramiento de la corteza de mangle hasta desmenuzarla y luego la pasaron por tamices de diferentes tamaños.

Los resultados obtenidos en este trabajo en lodos a base de agua dulce son similares a los presentados en las experiencias de Henríquez y colaboradores.

lugo y González llegan a la conclusión de que el mangle se puede utilizar en la industria petrolera como agente reductor de viscosidad de los lodos de perforación, en sustitución del quebracho, siempre y cuando sea sometido previamente a un tratamiento químico (hasta hoy no conocido) que aumente su porcentaje de taninos, incrementando así su eficiencia como adelgazador. En su trabajo también recomiendan el uso del mangle en lodos en los cuales se ajuste el Pff a valores comprendidos entre 10.5 y 11.5.

La posibilidad de aumentar el porcentaje de taninos en el extracto del mangle es el objetivo de otro estudio realizado por MANUEL LOPEZ y SILIO LUDOVICH,⁵ quienes a partir del mangle trataron de aislar los taninos de las demás sustancias que en nada influyen en el comportamiento del lodo.

La extracción que ellos obtuvieron fue a partir del calentamiento de una solución de agua y polvo de mangle durante una hora y luego filtraron la solución con la ayuda del filtro-prensa.

Otra finalidad de este trabajo fue hacer el estudio, al fijar un PH a un valor determinado y variar la concentración del aditivo para poder establecer el comportamiento del lodo a varios PU. Los valores de PH utilizados fueron 8, 9.5, 10.5 y 11.5.

Estos autores llegaron a la conclusión de que el quebracho se comporta ligeramente mejor **que** el mangle sea cual fuere el PH del lodo, debido a que el quebracho posee en su constitución un mayor porcentaje de taninos. Por lo tanto, ellos sugieren la necesidad de aumentar el porcentaje de taninos en la extracción del mangle, para eso finalmente recomiendan un mayor tiempo de calentamiento y poner a diluir la misma cantidad de mangle en menor cantidad de agua.

IV.- GENERALIDADES

IV.7. DEFINICION DEL FLUIDO VE PERFORACION ^{4, 5, 6}

Todos los fluidos que se usan en las operaciones de perforación de un pozo son denominados "FLUIDOS VE PERFORACION". Este término se restringe por lo general a aquellos que se circulan en el agujero durante la perforación.

Los más utilizados en la perforación de un pozo de petróleo son los lodos que generalmente consisten de: ^{6, 7, 8}

- **UNA FASE LIQUIDA:** la cual puede ser agua (dulce o salada) o emulsión.
- **UNA FASE COLOIDAL O REACTIVA:** las arcillas formadoras de Gel que proporcionan las propiedades de viscosidad, tixotropía y costra.
- **UNA FASE INERTE:** Constituida principalmente por materiales para aumentar el peso.
- **UNA FASE QUIMICA:** Compuesta de iones y sustancias en solución las cuales influyen y controlan el comportamiento de, las arcillas que son las que en definitiva originan las propiedades que posteriormente va a presentar el lodo.

IV.2. FUNCIONES DE LOS FLUIDOS VE PERFORACION ^{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

Las principales funciones del fluido, que se ha de circular,



mientras se está perforando, Aon:

A. LIMPIEZA DEL AGUJERO.- Esta operación consiste en sacar los cortes del fondo del agujero y acarrearlos a superficie, una vez que la barrena los haga desalojado de la formación, manteniendo así superficie limpia en que perforar.

Las propiedades del lodo de importancia en la eliminación de las cortaduras del fondo del agujero Aon: viscosidad, densidad y fuerza de Gel. Las bombas también contribuyen en la propiedad de velocidad. La rata a la cual una cortadura será transportada a superficie es dependiente de su tamaño, forma y densidad.

B. MANTENER CONFINADA LAS PRESIONES VE LAS FORMACIONES.-

Es necesario controlar las presiones de las formaciones atravezadas para prevenir el ingreso de aceite, gas y agua al pozo.

Muchos pozos son perforados con lodos de peso que no pa
Aan de 10.0 lb./gal. pero en otros casos, donde presio
nes anormales son encontradas, pesos tan altos como --

18.0 Lb. /gal. son necesarios. Esta situación requiere en ciertas ocasiones elevar el peso del lodo a pocas profundidades donde existen altas presiones de formación y particularmente en aquellas formaciones que contienen gas. Los Lodos de suficiente peso serán necesarios para contener tales presiones y así prevenir los reventones cuando se está perforando.

C. ENFRIAMIENTO Y LUBRICACION DE LA TUBERIA DE PERFORACION

Y LA BARRENA.- Considerable resistencia friccional es encontrada por la barrena en la perforación de la formación y por la tubería de perforación en la rotación frente a las paredes del pozo. Por lo tanto, es necesario la presencia de un lodo líquido que reduzca el factor de fricción de la tubería y de la broca en el hueco, absorbiendo, al mismo tiempo, cualquier calor que haya sido generado.

D. MANTENER LAS PAREDES DEL AGUJERO. - Los derrumbes de las paredes de las formaciones ya atravesadas resultan de:

- Hidratación de susceptibles lutitas por agua.
- Tendencia a romperse y caer dentro del agujero, de pro-



tuberancias escalonadas, formaciones estratificadas verticalmente, etc. , debido a una presión diferencial alta o una densidad diferencial alta existente entre la formación y el Lodo fluido.

En tales casos el peso que el lodo pueda tener será incrementado, aumentando la presión hidrostática que se ejerce sobre las paredes para de esta manera poder controlarlas y mantenerlas.

E. FORMAR LINA COSTRA IMPERMEABLE DE PARED. - la función

del todo de perforación de formar una costra, es a menudo de considerable importancia. Es indudable que serán las partículas sólidas las que La van a formar, debiendo ser dicha costra lo más delgado e impermeable posible, con el fin de reducir la filtración a la formación.

F. SUSPENDER LOS CORTES CUANDO SE. INTERRUMPE LA CIRCULACION.-

Un buen barro de perforación debe tener las propiedades coloidales¹¹ necesarias para mantener los cortes en sus pensión cuando se detiene la perforación. Después, al continuar la circulación el Lodo pasará del estado de -



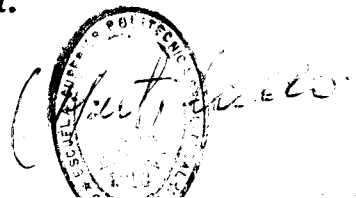
Gel a su condición original de fluidez completa.

G. SOPORTAR PARTE DEL PESO DE LA TUBERIA. - Al aumentar las profundidades, el peso soportado por el equipo de superficie va aumentando considerablemente. Debido a que la tubería está sumergida en el lodo, sufre un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del Lodo desplazado, por lo tanto, un incremento en la densidad del lodo, aumentará el empuje (factor de flotación) y reducirá el peso total soportado por el equipo de superficie.

H. PROPORCIONAR INFORMACION SOBRE LOS ESTRATOS PERFORADOS. -

La evaluación primaria de las formaciones productoras, constituye un factor de primordial importancia, el seleccionar los fluidos de perforación. Por ejemplo el lodo a base de aceite puede mejorar el comportamiento del lodo y aún la producción del pozo, pero si interfiere con el trabajo de identificación de los recortes de la perforación y la apreciación de la presencia de gas o aceite en los recortes; por lo tanto debe evitarse el aceite en el lodo de perforación.

2207



I. AYUDA?? A LA TOMA DE REGISTROS ELECTRICOS.- La obtención de buenos registros y la interpretación de éstos es frecuentemente dependiente del lodo presente en el agujero. Luego el uso de algunos sistemas de lodos es específico, requiere del conocimiento de sus efectos sobre tales registros.

IV. 3. PROPIEDADES. IMPORTANCIA DE SU CONOCIMIENTO^{4,5,6,7,8,10,12}

Las funciones que los fluidos de perforación deben ejercer, sugieren conocer y medir determinadas propiedades para relacionarlas con problemas específicos de la perforación. Las propiedades más importantes del todo para determinar su comportamiento son:

A. DENSIDAD. - Se la define como el peso de una sustancia por unidad de volumen.

La densidad del fluido en circulación en la perforación es de importancia en la función de ablandar las formaciones, ayudar a elevar a superficie los recortes de la barrena y principalmente para contrarrestar las presiones altas de las formaciones. Su valor se lo puede de

terminar por medio de la balanza de todo y generalmente se lo expresa en las unidades de 1) Lb/gal, 2) Lb/pie³ y 3) gr/cc.

B. VISCOSIDAD.- la viscosidad de un fluido, es **bu** resistencia interna al flujo.

La principal función que cumple esta propiedad es la de limpiar los cortes triturados por la broca, transportarlos a superficie, facilitar **bu** separación y suspenderlos en el espacio anular cuando se interrumpe la circulación.

La viscosidad del fluido afecta su fluidez y la resistencia por fricción que presenta el sistema de circulación al flujo. El asentamiento de mena y de recortes de la barrena y el desprendimiento del gas aprisionado también se afectan adversamente con la viscosidad alta. En el caso de que no se de lugar a la liberación del gas en su superficie puede llegar a producirse un reventón por el **a**ligeramiento de la columna hidrostática.

En el sistema cegesimal la viscosidad se mide en poi__

ses, pero en la práctica se usa frecuentemente el Cp.
La medida de la viscosidad se la obtiene por medio de:

Embudo Marsh: Medida en seg. Marsh. (medida de referencencia).

- Viscosómetro Stoner: Medida en Cp.
- Viscosómetro Fan: Medida en Cp.

C. GELATINOSIDAD. - La fuerza de gelatinosidad es una medida del esfuerzo de corte requerido para producir una deformación permanente del Gel, después de un tiempo de reposo dado. El esfuerzo óptimo de gelatinización es la fuerza final del Gel medida después que el lodo ha permanecido en reposo lo suficiente para lograr su valor máximo.

Las tendencias de gelatinización que ayuda a mantener los recortes en suspensión es una consecuencia de las propiedades tixotrópicas o coloidales del fluido.

El valor de la gelatinosidad normalmente se la mide a los 10 segundos (G_i) y a los 10 minutos (G₁₀) para el control de los lodos y comunmente se lo hace en los mis

mos aparatos en que se obtienen las medidas de viscosidad. la fuerza de Gel be' la expresa en $Lb/100 pie^2$.

- D. ENJARRAMIENTO Y FILTRACION.- Las propiedades coloidales del fluido de perforación son importantes para determinar su habilidad para formar una costra o enjarre impermeable, de esta manera, evitar la pérdida de fluido a la formación y restringir el paso de los fluidos de la formación al pozo.

Respecto a la unidad de medida de la costra no existe una para determinar su valor real, pero mediante pruebas recomendadas por el API se puede obtener valores relativos de gran utilidad para establecer su comportamiento y control así como del filtrado. En forma general se realiza la prueba a baja presión en el filtro prensa ordinario, pero en casos de mayor precisión se efectúan las pruebas en el filtro prensa de alta presión y alta temperatura.

- E. EL VALOR DE IONIZACIÓN DEL HIDROGENO (PH).- El valor del PH indica la concentración del ion hidrógeno y da el grado de acidez o alcalinidad del fluido. su valor



es el logaritmo (de base 10) del recíproco de la concentración del ión hidrógeno y se lo expresa en una escala que va del 0 al 14. El grado de acidez ta indican los valores menores a 7, mientras que los valores mayores a 7 nos dañel grado de alcalinidad. la medida del Pt: se la utiliza para determinar las necesidades del control químico, así como también para indicar la presencia de contaminantes. Para la determinación del PU se usan métodos colorimétricos o electrónétricos , siendo am bos métodos apro bados por el APT.

- F. CONTENIDO VE ARENA.- La arena presente en el lodo de perforación, lo hace abrasivo y puede originar el desgaste rápido de las canisas de la bomba de la tubería de perforación, casing y de otras superficies metálicas con las que se pone en contacto. Et fluído can arena también tiene malas propiedades para la formación de una costra de pared demasiado gruesa wn el consiguien te peligro de interferencia con el paso de las herramientas y la tubería, permitiendo también una excesiva rata de filtración a la formación.

Es una buena práctica conservar el contenido de arena

abajo del 5% y para su determinación se emplean algunos métodos :

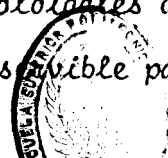
- Centrifugación
- Levigación
- Dilución y Asentamiento por gravedad
- Análisis de Tamiz

G. CONTENIDO VE SOLIDOS.- Ve la práctica se ha observado que la viscosidad, densidad, esfuerzo de gelatinización y la pérdida de filtración de un todo depende básicamente de la cantidad, composición y estructura de su contenido de sólidos y por eso existe la necesidad de su control.

Los métodos que se utilizan para evaluar el contenido de sólidos de un Lodo de perforación son:

- Evaporación
- Destilación y
- Verificación gráfica

H. DETERMINACION VE SALES EN EL LODO.- Las sales disueltas pueden alterar las propiedades coloidales de un fluido para perforación y hacerlo inservible para usar



Lo en ciertas condiciones. Las sales que más dificulta des causan en' el lodo son: los cloruros, los sulfatos y el calcio, es por eso que se determinan sus concen - traciones mediante procedimientos ya establecidos.

I. OTRAS PROPIEDADES.- El todo de perforación debe poseer otras propiedades de igual importancia que las ya men - tinadas y son:

- Resistividad
- Poder de lubricación
- Tensión superficial

V - CONSIDERACIONES TEORICAS

V.1. - ARCILLAS^{8;9,11,13}

Para poder entender el comportamiento del lodo de perforación es necesario tener conocimientos de las arcillas. En forma general se define a la arcilla como el depósito de materiales plásticos de composición heterogénea, producto de la descomposición de otros minerales y rocas, principalmente las eruptivas, debido a la acción de los agentes atmosféricos. El Ingeniero de lodos define a la arcilla como un material de tamaño coloidal, que puede ser:

- Hidrofílico, 0
- Hidrofóbico

Las arcillas hidrofílicas son aquellas que tienen la propiedad de hidratarse y las hidrofóbicas no. Todas las arcillas comerciales usadas en lodos son hidrofílicas, algunas en mayor grado que otras.

Las arcillas más utilizadas en la perforación, para obtener viscosidad, gelatinosidad y otras propiedades

del lodo, son las bentonitas, que tienen como base en su constitución el mineral llamado montmorillonita.

Las partículas de arcilla, individualmente son hojas planas y delgadas, superpuestas en capas. En la parte superior de estas capas, están adheridas cationes de sodio (N_a^+), hidrógeno (H^+) o calcio (Ca^{++}); lo que da a esta parte superior de la capa un carácter positivo (+). En la parte inferior de la capa se tiene un carácter ligeramente negativo (-), que permite mantener equilibrada a la capa.

Las fuerzas de atracción en las capas son débiles, de tal manera que las moléculas de agua pueden entrar, produciendo la hidratación de las arcillas. La cantidad de agua que puede entrar y consecuentemente la capacidad de hidratación de la arcilla depende de la naturaleza del cation que las une. El sodio debido a las bajas fuerzas de unión, permite la entrada de mayor cantidad de agua planar que los cationes de calcio que tienen mayor fuerza de atracción; esto significa que a una concentración dada de arcilla en agua, la arcilla de sodio da una mayor hidratación que la de calcio.

Cuando existen altas concentraciones de cloruros en el agua de tratamiento, la bentonita y las arcillas de bajo rendimiento, son incapaces de hidratarse y dar la viscosidad y gelatinosidad deseadas. Sin embargo bajo estas condiciones, las arcillas altapulgita darán viscosidad y fuerza de gelatinosidad similares a las que se obtendrían con la bentonita en agua dulce. Por lo tanto la aplicación principal de la arcilla altapulgita es en sistemas de lodos de agua salada, caracterizándose el lodo resultante por una pérdida de agua extremadamente alta, necesitando coloides orgánicos para controlarla.

V.2.- ACCION Y EFECTO DE LA DISPERSION DE LA ARCILLA SOBRE LA VISCOSIDAD⁹

REED¹¹, BROUGHTON Y HAND¹⁴, en sus estudios de la viscosidad característica de mezclas de arcilla-agua reportaron ciertos fenómenos. Primero la muestra de arcilla hidratada fue vigorosamente agitada para reducir la tixotropía y luego colocada en la copa del viscosímetro, para medir su viscosidad por rotación del eje del viscosímetro. Ellos, observaron que la viscosidad aparente de la mezcla aumentaba durante el movimiento del eje, para

finalmente alcanzar un valor constante. Si la misma mezcla de arcilla permanecía en reposo por un intervalo apreciable de tiempo, la viscosidad aparente fue relativamente alta cuando la rotación del eje empezó, pero como el movimiento fue continuado a una rata constante la viscosidad decrecía, hasta que un valor constante fue obtenido.

Como un fenómeno contrario; cuando algunas mezclas de arcilla-agua fueron movidas en el viscosómetro, después de un período de quietud inicial (reposo), observaron que la viscosidad decrecía con el tiempo y luego amentaba en forma lenta, para finalmente alcanzar un valor constante.

GARRISON¹⁵, investigó las causas de estos fenómenos y encontró que estos estarían enlazados a los factores de dispersión a través del movimiento; tamaño e hidratación de las partículas.

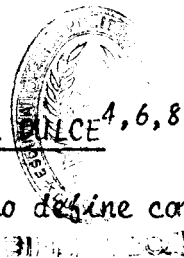
Los dos primeros fenómenos se explican por la condición precedente de la muestra, antes de que la prueba de viscosidad fue hecha, mientras que el último fenómeno se

debe a que la muestra permaneció en reposo el tiempo suficiente para desarrollar la tixotropía, luego una fuerza correspondiente será requerida para empezar la rotación del eje cuando la medida de viscosidad es tomada. La rotación continuada del eje a una rata constante, produce la destrucción de los efectos tixotrópicos y la viscosidad aparente decrece; este efecto de corte continuado por el fluido en movimiento, da lugar a una dispersión separada de las partículas de arcilla. Esto resulta de la dispersión de capas parcialmente hidratadas, las cuales están desarrollando una hidratación separada, que permite incrementar los efectos de la viscosidad. Estos efectos de la viscosidad pueden ser incrementos separados, si los cationes que desarrollan las propiedades de hidratación de las arcillas son agregados a la mezcla.

REEV¹¹ y GARRISON¹⁶, ~~ambos~~ han demostrado que es el tamaño de las partículas de bentonita ~~que~~ ^{el} que da las grandes viscosidades proporcionales, por lo tanto algún incremento en el número de las pequeñas partículas durante el reposo producirá un aumento de los efectos de viscosidad.

1.3. - RENDIMIENTO DE UNA ARCILLA EN AGUA DULCE^{4, 6, 8}

El rendimiento de una arcilla se lo define como la cantidad

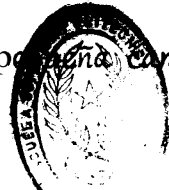


de barriles de lodo con una viscosidad aparente de 15 - cp que pueden prepararse a partir de una tonelada de di-
cha arcilla.

La cantidad de sólidos que pueden agregarse a la frac-
ción líquida de un lodo, manteniéndolo dentro del rango
bombeable, depende de la habilidad del material para ab
sorber el agua y del tamaño de la partícula del mate-
rial. Si el material agregado es bentonita, el 8 a 9%
en peso de sólidos será el máximo que puede tolerarse
sin tratamiento químico.

Si el contenido coloidal del material arcilloso es bajo,
el rendimiento será bajo y de 25 a 50% de sólidos pue-
den tolerarse con el correspondiente incremento en el
peso.

Se acostumbra usar una viscosidad aparente de 15 cp co-
mo patrón para comparar la calidad de los diferentes ba
rros de perforación. Se es coge 15 cp como valor críti-
co, debido a que los sólidos suspendidos tienen poco -
efecto en la viscosidad antes de ese valor. Después de
alcanzar ese punto, al agregar una pequeña cantidad de



sólidos, éstos proporcionarán un aumento considerable en la viscosidad.

En la práctica para determinar el rendimiento de una arcilla se procede así:

- A. Se construye el gráfico viscosidad aparente versus porcentaje de arcilla (ver figura N° 1). De este gráfico se obtiene el porcentaje de arcilla necesario para obtener una viscosidad aparente de 15 cp.
- B. Se determina finalmente el rendimiento de la arcilla utilizada, por medio de la fórmula correspondiente.

DEDUCCION DE LA ECUACION DEL RENDIMIENTO DE UNA ARCILLA.

Los cálculos para las cantidades pesadas de lodo están basadas en un balance de materiales o en la ley de la conservación de las masas, que establece que "la masa de los materiales permanecerá igual"; es decir, que el peso final de los materiales después de mezclados, será igual a los pesos combinados de los materiales antes de mezclarse. Al considerar el fluido constituido por agua



y arcilla, se tendrá la relación de pesos siguiente:

$$W_f = W_{Ag} + W_{Arc} \quad V.3.1$$

Al ser W_f el peso total del fluido y si X es el porcentaje o fracción de arcilla utilizado en la mezcla, se puede expresar que:

$$W_{Ag} = (1-X) W_f \quad V.3.2$$

$$W_{Arc} = X W_f \quad v.3.3$$

La ley de conservación de las masas, al ser aplicada para el caso de volúmenes, será:

$$V_f = V_{Ag} + V_{Arc} \quad V.3.4$$

Por definición, la densidad es el peso por unidad de volumen, por lo tanto:

$$V_{Ag} = \frac{W_{Ag}}{D_{Ag}} \quad v.3.5$$

$$V_{Arc} = \frac{W_{Arc}}{D_{Arc}}$$



Introduciendo primero las relaciones V. 3. 5 y V. 3. 6, y después V. 3. 2' y V. 3. 3 en Pa ecuación V. 3. 4, se tiene:

$$V_f = \frac{w_{Ag}}{D_{Ag}} + \frac{w_{Arc}}{D_{Arc}} = \frac{(1-X) w_f}{D_{Ag}} + \frac{X w_f}{D_{Arc}} \quad \text{V. 3. 7}$$

Utilizando el artificio de dividir toda la ecuación para X y al transponer el término w_f al otro miembro, tendremos:

$$\frac{V_f}{X w_f} = \frac{(1-X)}{X D_{Ag}} + \frac{1}{D_{Arc}} \quad \text{V. 3. b}$$

Así mismo, al separar los términos del numerador del segundo miembro de la ecuación, se tendrá:

$$\frac{V_f}{X w_f} = \frac{1}{X D_{Ag}} - \frac{1}{D_{Ag}} + \frac{1}{D_{Arc}} \quad \text{v. 3. 9}$$

Esta relación también se la puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{V_f}{X w_f} = \frac{V_f}{w_{Arc}} = y = \frac{1}{X D_{Ag}} - \frac{1}{D_{Ag}} + \frac{1}{D_{Arc}} \quad \text{V. 3. 10}$$



tomando en cuenta, las unidades de la densidad:

$$D_{Ag} = 8.33 \frac{\text{Lbs}}{\text{Gal}} \times \frac{42 \text{ Gal}}{\text{Bbl.}} = 350 \text{ Lbs/Bbl}$$

$$D_{Arc} = (S.G.)_{Arc} \times D_{Ag} = 2.5 \times 350 \frac{\text{Lbs}}{\text{Bbl.}} = 875 \text{ Lbs/Bbl.}$$

Al reemplazar estos valores y al considerar que 1 Ton. = 2000 Lbs., la ecuación V.3.10 quedará:

$$y = \frac{2000 \frac{\text{Lbs}}{\text{Ton}}}{350 \frac{\text{Lbs}}{\text{Bbl}}} \cdot \frac{1}{X} - \frac{2000 \frac{\text{Lbs}}{\text{Ton}}}{350 \frac{\text{Lbs}}{\text{Bbl}}} + \frac{2000 \frac{\text{Lbs}}{\text{Ton}}}{875 \frac{\text{Lbs}}{\text{Bbl}}}$$

Efectuando las reducciones correspondientes:

$$y = \frac{5.71}{X} - 5.77 + 2.29$$

Ve donde:

$$y = \frac{5.71}{X} - 3.42 \qquad \text{V.3.11}$$

Siendo: X = fracción en peso

O también:



$$y = \frac{571}{x} - 3.42 \quad \text{V. 3.12}$$

Siendo: $x =$ Porcentaje en peso

Las ecuaciones V. 3.17 y V.3.12 sirven para determinar el rendimiento de una arcilla, solo que en la primera se considera la fracción en peso de la arcilla y en la otra, et porcentaje en peso de la misma arcilla. Por lo tanto:

$Y =$ Rendimiento de la arcilla, Bbl/Ton de lodo

$X =$ Fracción o porcentaje en peso de la arcilla

v. 4. FLUIDOS PLASTICOS Y NEWTONIANOS^{4,6,17}

Se puede establecer que los fluidos se clasifican, en re laci ón con sus características de flujo en dos clases ge ne ra les:

A. FLUIDOS NEWTONIANOS. - Son todos los fluidos -que al estar en reposo no necesitan de ningún esfuerzo para ponerlos en movimiento. la viscosidad de esta clase de fluidos permanece constante a cualquier temperatu ra y presión dadas; entre éstos se tiene: agua, gli

serina, aceite, kerosene y líquidos similares.

- 8 . FLUIDOS PLASTICOS.- *Llamados también no newtonianos, se los define como aquellos fluidos que al estar en reposo se gelatinizan y para ponerlos en movimiento se necesita de un esfuerzo grande. La viscosidad de estos líquidos no es constante a una determinada presión y temperatura, sino que depende de la historia anterior de flujo y de las condiciones de flujo como factores adicionales; las lechadas de cemento portland en agua y las suspensiones coloidales de los barros de perforación son ejemplos de esta clase de fluidos.*

VI.- VISCOSIDAD Y FILTRACION

v7.1. VISCOSIDAD RELATIVA, PLASTICA, APARENTE, PUNTO CEDENTE Y FUERZA VEGETALIZACION^{4,6,8,9,10}

La determinación de la viscosidad de un fluido plástico o no newtoniano depende del instrumento utilizado para medirlo y de las condiciones de la medición. En base a esto se ha establecido varios tipos de viscosidades las cuales se definen a continuación:

VISCOSIDAD RELATIVA. - Llamada también viscosidad Marsh, es la medida del tiempo en segundos del escurrimiento de un cuarto de galón de todo a través del viscosímetro Marsh. Generalmente es una medida rutinaria de campo cuyos valores reportados en segundos Marsh no tienen significación matemática, pero representa un medio para observar si un barro está dentro de los límites que la experiencia del campo juzga razonable.

VISCOSIDAD PLASTICA. - Es la resistencia que el fluido opone a fluir debido al roce del material sólido entre sí. Su valor depende de la cantidad de sólidos presentes en el lodo y de la forma y tamaño de estos sólidos. Por lo tan-



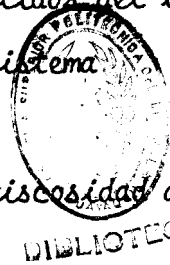
to, altos valores de viscosidad plástica nos indican alta concentración de sólidos.

— VISCOSIDAD APARENTE. - Es la resistencia que el fluido opo-
— ne a fluir debido al roce y a la viscosidad en sí. En aque-
llos lodos que contienen una gran concentración de sólidos
en volumen, la fricción aumenta por aumentar el rozamiento
entre las partículas ; como se expresó anteriormente, bajo
tales condiciones la viscosidad plástica que es una medida
del roce o fricción ~~de~~ aumenta, aumentando también la visco-
sidad aparente. Ya que ~~prácticamente esta es una conse-~~
~~cuencia de la anterior.~~

PUNTO CEDENTE (YIELD POINT) .- Es la resistencia que el -
fluido **opone** a fluir debido a la atracción eléctrica que
existe entre las partículas. Básicamente el punto cedente
es una medida **de las fuerzas de atracción** entre las parti-
culas **de arcilla**. El valor del punto **cedente** depende de:

- Concentración en volumen **de los sólidos en el todo'**
- Propiedades **de superficie de los sólidos del lodo**, y
- Cargas eléctricas envueltas en el sistema.

Para obtener la viscosidad plástica, viscosidad aparente y



el punto cedente se utiliza gen-ente et viscosímetro rotacional de múltiple velocidad Fann. Las constantes de este instrumento están ajustadas de tal manera que solo usando las lecturas a las velocidades de 300 y 600 RPM se puede obtener:

- VISCOSIDAD PLASTICA (cp) : $V_p = \text{Lec } 600 - \text{Lec } 300 \text{ VT. } 7.1$

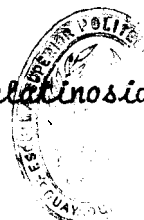
- VISCOSIDAD APARENTE (cp) : $V_a = \frac{\text{Lec } 600}{2} \text{ VT.J.2}$

- PUNTO CEDENTE (Lb/100 pie') : $V_p = \text{Lec } 600 - V_p \text{ VI.1.3}$

FUERZA VE GELATINIZACION.- Es una medida de las propiedades tixotrópicas del fluido y denota la fuerza de floculación en condiciones estáticas. Un fluido tixotrópico es aquel capaz de originar una transformación del estado líquido al estado gelatinoso con el reposo y que vuelve al estado líquido por simple agitación. La reacción solución-Gel es reversible y esencialmente isotérmica.

La gelatinosidad inicial a los 10 segundos y la gelatinosidad a los 10 minutos, también se las puede obtener en el viscosímetro Fann. Los valores de las fuerzas de gelatinosidad son medida de resistencia al corte por deslizamiento.

Hay dos tipos diferentes de fuerza de gelatinosidad: Pro-



gresiva y frágil. Una GELATINOSIDAD PROGRESIVA es la que comienza baja y aumenta en forma constante al transcurrir el tiempo. Este tipo de fuerza de gelatinosidad, es una gelatinosidad firme y requiere aumento de presión de bomba para romper la circulación, tal gelatinosidad ocurre cuando hay una alta concentración de sólidos y puede causar los problemas asociados con las gelatinosidades anormales.

La GELATINOSIDAD FRAGIL puede comenzar con una alta gelatinosidad inicial y aumentar muy poco con el tiempo. Generalmente esta gelatinosidad es muy fácil de romper, esto significa menor presión de bombeo para romper circulación.

VI.2. AGÉMES REDUCTORES DE LA VISCOSIDAD^{9, 10}

~~Las químicas con las cuales han sido encontradas reducciones efectivas de las altas viscosidades consiste de una considerable lista de compuestos. Prácticamente ellos son fosfatos y polifosfatos¹⁸ molecularmente deshidratados, los taninos, los lignosulfonatos y las ligninas mineralizadas.~~

Una lista parcial de los compuestos que se han propuesto y se usan como agentes adelgazadores o reductores de viscosi

dad es:

A. FOSFATOS

Fosfatos Monosódicos

Fosfatos Disódicos

- *Fosfatos Trisódicos*

8 POLIFOSFATOS MOLECULARMENTE DESHIDRATADOS

Pirofosfato de sodio

Pirofosfato ácido de sodio

Metafosfato de sodio

Tripolifosfato de sodio

Septa y octafosfato de sodio

C. COMPONENTES TANÍCOS

Extracto de quebracho

Extracto de castaño

Extracto de mangle

Extracto de Divi-Divi

Acido Gálico

D. LIGNOSULFONATOS

Lignosulfonato de calcio

- *Lignosulfonato de Sodio*
Lignosulfonato de Aluminio

E. LIGNINAS MINERALIZADAS (HUMATOS)

Acido Humico combinado con Hidróxido de Sodio

Ligninas naturales

Mezcla de Ligninas y Taninos

Materiales adicionales han sido propuestos y usados pero ninguno ha demostrado alguna acción benéfica peculiar o haber recibido alguna aceptación comercial.

VT. 3. EFFECTO DEL PH SOBRE LA VISCOSIDAD⁹

GARRISON¹⁶ y otros autores han estudiado el efecto del PU sobre la viscosidad. Las pruebas han sido hechas sobre una buena mezcla hidratada de bentonita comercial preparada al 6%, a la cual se ha agregado el suficiente Hidróxido de Sodio para llegar a desarrollar un PH de 11.8. Este valor de PU fue luego reducido en pasos usando ácido hidrociorhídrico 5N. Después de cada paso en la reducción de PH la mezcla fue movida lo suficiente para equilibrar condiciones y luego la viscosidad fue medida, habiendo continuado este pro-



cedimiento hasta llegar a obtener un PH de 2.5. Al efecto del PH bajo estas condiciones los autores concluyen que se puede establecer un valor mínimo óptimo de viscosidad, recomendado para los fluidos de perforación en un rango de PU de 8.0 - 9.0. Los investigadores también determinaron que a valores más altos de PH de 70.0 se obtienen incrementos marcados de viscosidad no deseados.

VI.4. CALIDAD VE COSTRA Y FILTRADO API^{4,6,8,9,10}

La eficiencia de los lodos de perforación para cumplir las funciones, dentro de los límites requeridos, depende de ciertas características o propiedades. Todas las propiedades ya conocidas, tales como: densidad, viscosidad, fuerza de Gel, etc. son de gran importancia, pero la propiedad característica de formar una costra (enjarre o película) delgada e impermeable es fundamental para reducir la filtración o pérdida de agua a la formación, sobre todo cuando se está perforando estratos en los cuales posteriormente se van a realizar pruebas de formación para petróleo o gas.

Los principales factores que influyen en la calidad y espesor de la costra don:

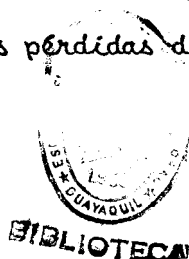


En el laboratorio no existe el medio adecuado para determinar la filtración dinámica, por eso el ingeniero de los pozos tiene que trabajar con la filtración estática.

El filtro prensa **de baja presión**, aunque **no duplica exactamente las condiciones de agujero** da valores del filtrado estático y espesor de costra usados en la práctica con éxito y recomendados por el API. Por lo tanto, el Instituto Americano del Petróleo define como:

FILTRADO API.- Al volumen de la fase continua de un fluido de perforación que se recoge de un filtro prensa en un tiempo de 30 minutos, a una presión de 100 psi (\pm 5 psi) y a la temperatura del medio ambiente. El líquido filtrado se recibe en un recipiente graduado y los resultados de la prueba se reportan como los cc. de filtrado recogido en el lapso de 30 minutos.

Por la experiencia del área que se está perforando pronto se determina la magnitud del filtrado que debe mantenerse para que no surjan problemas en las operaciones que se realizan en el pozo ; dependiendo de las formaciones que se están perforando, en forma general las pérdidas debajo



de 8 c.c. *son consideradas* como aceptables en la práctica.

VT.5. FACTORES QUE AFECTAN LA FILTRACION^{6,8,9}

La ecuación fundamental que describe las relaciones del volumen filtrado en condiciones estáticas es:

$$V_f = c \sqrt{\frac{AP \cdot t}{u}} \quad \text{VI.5.1}$$

Donde:

V_f = volumen de filtrado que pasa a través de la costra

c = constante

AP = Diferencial de presión aplicada en el filtro-prensa

t = tiempo que dura la prueba

u = Viscosidad del lodo

En base a esta ecuación se puede decir que el volumen de filtrado es una función directa de la presión, del tiempo y de la temperatura e inversa de la viscosidad. Por tanto cada una de estas variables tendrá su efecto en el volumen de filtrado que se puede obtener, luego :

EFFECTO DEL TIEMPO SOBRE EL VOLUMEN DE FILTRADO Cuando



los factores AP y u en la ecuación VI. 5.1 son mantenidas constantes durante una prueba, dejando a t como única variable, la ecuación puede ser simplificada a:

$$V_f = Kt \sqrt{t} \quad \text{VI.5.2}$$

Al graficar el volumen del filtrado contra la raíz cuadrada del tiempo transcurrido, una línea recta resulta la cual puede ser extrapolada. De la misma manera, al graficar en papel doble logarítmico (log - log), el volumen de filtrado versus el tiempo transcurrido también se obtiene la línea recta; de aquí se deduce que si t aumenta el V_f también aumenta.

la relación VI. 5.2 puede ser aplicada para dos volúmenes bajo las mismas condiciones a dos tiempos diferentes, entonces se tendrá:

$$\frac{V_{f1}}{\sqrt{t1}} = \frac{V_{f2}}{\sqrt{t2}} = K_t = \text{cte.} \quad \text{VI.5.3}$$

o también:

$$\frac{V_{f1}}{V_{f2}} = \sqrt{\frac{t1}{t2}} \quad \text{VI.5.4}$$

finalmente:

$$V_{f1} = V_{f2} \sqrt{\frac{t1}{t2}} \quad \text{VT.5.5}$$

Como el tiempo de 30 minutos **exigido** para obtener el filtrado API es grande, se lo puede reducir haciendo uso de la fórmula VI.5.5, entonces; si hacemos:

V_{f1} = Volumen de filtrado **obtenido** a $t1 = 30$ minutos

V_{f2} = Volumen de filtrado **obtenido** a $t2 = 7.5$ minutos

Se tendrá:

$$V_{f1} = V_{f2} \sqrt{30/7.5} = 2 V_{f2} \quad \text{VI.5.6}$$

Por eso la prueba realizada en 7 1/2 minutos dará la mitad de la pérdida de fluido que se obtendría en una prueba de 30 minutos, o sea que el volumen de filtrado que se obtiene en 7 7/2 minutos se debe duplicar al reportarlo. En la práctica se ha determinado que esta relación es aproximadamente verdadera.

EFFECTO VE LA PRESTION.- La ecuación VI.5.1 en términos de pérdida de fluido y de la presión viene a ser:



$$V_f = K_p \sqrt{AP} \quad \text{vl.5.7}$$

Al considerar esta relación se observa que si AP au menta, la cantidad de filtrado también aumenta, pero este aumento depende de la distribución coloidal del material sólido del t o d o. Si el medio filtrante es constante, el volumen de filtrado variará con la raíz cuadrada de la presión.

En el caso del enjarre del lodo, éste no es exacto, porque la costra está sujeta a compresiones y por con siguiente a cambios en la porosidad y permeabilidad.

Se ha determinado por pruebas realizadas que el expo nente de AP es frecuentemente menor que 0.5 lo cual significa que ta presión tiene un efecto menor que el indicado por la fórmula.

At graficar los valores de V_f contra P en papel Log-Log se o btendrá una línea recta.

EFECTO DE LA TEMPERATURA. - El efecto de la temperatura en la ecuación VI.5.1, no mu estra un valor direc



to en la relación, sin embargo la temperatura juega un papel importante en esa ecuación.

La función de aumentar ta temperatura es la de disminuir el valor de la viscosidad de la fase acuosa para así incrementar la velocidad de las reacciones químicas dentro del t o d o fluido. Este último fenómeno puede resultar en un aumento de la dispersión o floculación de las arcillas con un resultado de decreciente o creciente en las propiedades de pérdida de fluido.

Cuando los factores de la ecuación VI. 5.7 son mantenidos constantes con excepción de la viscosidad, la relación viene a ser:

$$V_f = \frac{K_u}{\sqrt{u}} \quad \text{VI.5.8}$$

Ve todo esto he puede resumir que al aumentar la temperatura del lodo, la viscosidad de la fase fluida disminuirá, aumentando la magnitud del volumen de filtrado.



V1.6. AGENTES DE CONTROL DE LA FILTRACION^{8,9,10}

Con el fin de poder controlar el volumen de filtrado se utilizan ciertos aditivos, siendo los más importantes los siguientes:

ARCILLAS. - Con la cantidad apropiada de una buena arcilla y manteniendo los sólidos en su máximo de dispersión, el lodo proporciona un enjarre más compresible y la pérdida de agua puede controlarse en valores razonables.

Algunos problemas de pérdida de filtrado pueden solucionarse añadiendo arcilla de buena calidad, pero cuando la cantidad de arcilla que se agrega al lodo es demasiada, puede aumentar rápidamente la viscosidad del lodo.

ALMIDON. - Si las arcillas no son suficientes para bajar la pérdida por filtración, entonces debe usarse coloidales orgánicos tales como el almidón.

El almidón se extrae del maíz, sometiéndolo luego a un proceso especial, para que en forma rápida y eficiente se



hidrate y gelatinice para reducir al máximo la pérdida de agua.

El almidón como reductor de la pérdida de filtrado tiene excelentes resultados cuando existen dos condiciones especiales :

- 1.- El todo debe contener 260.000 pp.m. o más de sal, y;
- 2.- El lodo deberá tener un PH de 11.5 a 12.5

Si no existen estas dos condiciones el almidón en el fluido de perforación se fermentará, descomponiéndose y produciendo olores desagradables, por lo tanto, debe esterilizarse; ya sea sosteniendo una condición muy alcalina o agregando un conservador tal como fenol, creosato, my-lo-jel o formol.

El almidón también está sujeto a degradación a temperaturas más de 300°F, disminuyendo su actividad como agente de control de la pérdida de agua.

CARBOXI METIL CELULOSA SODICA (CMC) .- Otro coloide



orgánico, conocido comercialmente como C. M. C. sódico, al ser agregado en cantidades adecuadas a los fluidos de perforación, produce un todo estable que forma una capa delgada, impermeable y plástica en la pared del agujero reduciendo a un mínimo la pérdida de agua a las formaciones permeables.

A diferencia del almidón, no se fermenta y no requiere que se mantenga un alto PH, sin embargo cuando el lodo contiene una concentración bastante grande de sal la efectividad del C.M.C. se reduce. También está sujeto a degradación cuando existen temperaturas superiores a 300°F.

POLIACRILATO DE SODIO (CYPAN). - El Cypan es un polímero de Acrilonitrilo de alto peso molecular, algunas veces llamado Poliacrilato de Sodio. Generalmente se agrega Cypan a un lodo floculado, pues el Cypan tiende a unir los floculos.

El Cypan no debe usarse en lodos que contienen sales de calcio en exceso. Cuando en las operaciones de



perforación se encuentra en las formaciones atravesadas: yeso, anhidrita, cemento o alguna otra forma soluble de calcio, el todo deberá tratarse con los reactivos usuales para precipitar el calcio y aumentar la eficiencia del Cypan. El Cypan es uno de los pocos agentes de control del filtrado que no es afectado por la temperatura.

Existen otros agentes de control del volumen filtrado conocidos comercialmente como :

- CARBONOX
- SPIF
- IMPERMEX
- GOMAS NATURALES
- GOMA VE KARAYA
- GOMA GHATTI
- ETC.

El uso de cada uno de estos agentes depende básicamente de la clase de Lodo que se está usando en la perforación, del tipo de contaminante presente en el

lodo y de las condiciones que se des ean, pues cada producto ofrece sus ventajas sobre los otros.

La presencia de los contaminantes más frecuentes en el todo de perforación afecta en forma diferente las propiedades del todo, logrando de esta manera reconocer cual es el contaminante^{9,12} presente y así se determina cual es el tratamiento^{9,12} adecuado.

Es necesario que el ingeniero de lodos deba establecer las condiciones de filtración del área que se está perforando, para que una vez determinadas las condiciones y el valor deseado, pueda controlarse la pérdida de agua con uno de los agentes citados.

VII.- PRUEBAS LABORATORIO

VII.1. EQUIPO^{19,20,21}

Los instrumentos que se utilizaron a través de las pruebas realizadas en el laboratorio de fluidos de perforación son:

- MOLINO
- BALANZA
- MEZCLADORA
- BALANZA HIDROSTATICA
- VISCOSIMETRO ROTACIONAL VE MULTIPLE VELOCIDAD FANN-MO
VELO 35
- MEDIDOR VE PH CON ELECTROVOS VE VIDRIO
- FILTRO-PRENSA ORDINARIO BAROID VE BAJA PRESION
- FILTRO PRENSA BAROID VE ALTA PRESION Y ALTA TEMPERA-
TURA-MODELO 387
- CRONOMETROS
- TERMOMETROS

VII.2. MUESTRAS

Para obtener las muestras se cortó la cáscara de mangle en pedazos y luego fue sometido a los rayos solares durante algunos días para eliminar la humedad. Posterior



mente fue triturado, molido y tamizado (tamiz de malla 200), para de esta manera haber obtenido la muestra de mangle en polvo, listo para ser utilizado como aditivo a los lodos.

V77. 3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Antes de realizar los experimentos con las muestras de mangle se determinó primero el rendimiento de la arcilla que se utilizó durante todas las pruebas de laboratorio.

Una vez que se estableció que el rendimiento de esta arcilla está dentro de los límites aceptables, se continuó con el procedimiento planificado con anterioridad.

Para preparar el todo, se vierte la cantidad de agua necesaria para obtener un barril (ver apéndice "Unidades de laboratorio") y se le agrega la cantidad establecida de arcilla correspondiente a un barril. Esto se lo hace preferentemente en un envase plástico para evitar la alteración de la mezcla, ~~procedimiento~~ luego con la agitación de poh lo menos 5 a 7 minutos necesarios para dar lugar a una buena dispersión e hidratación de la arcilla.

Después, cuando se agrega el mangle en polvo también **hace** necesario agitar la mezcla para equilibrar condiciones y obtener de esta manera un Lodo homogéneo .

Debido a la diversidad de los experimentos realizados con lodos, se los ha clasificado de la siguiente manera:

A. LODOS PREPARADOS AL 6% VE ARCILLA.- En esta clase de lodos al mantener constante la cantidad de arcilla en 6% se fue agregando mangle desde 2.0 hasta 10.0 Lb/Bbl.

A medida que se iba variando la concentración del aditivo se hicieron las pruebas respectivas de viscosidad, fuerza del Gel, PH y pérdida de filtrado.

B. LODOS PREPARADOS AL 10% DE ARCILLA.- Manteniendo los lodos en 10% de arcilla y variando la concentración del aditivo desde 2.0 a 10.0 Lb/Bbl se obtuvieron las medidas de las propiedades citadas anteriormente.

C. LODOS PREPARADOS AL 15% DE ARCILLA. aquí se prepa



ró lodos a un 15% de arcilla y en los cuales se agregó el polvo de mangle de 2.0 a 10.0 lb/Bbl., habiendo obtenido de la misma manera los valores de las propiedades ya mencionadas.

D. LODOS PREPARADOS AL 20% VE ARCILLA.- En estos lodos se mantuvo el porcentaje de arcilla en 20 y se varió la concentración del aditivo en un rango igual a los anteriores. Así mismo se obtuvieron las medidas de viscosidad, fuerza de Gel, PH y pérdida de filtrado.

Se debe establecer que para esta clase de lodos, las pruebas para determinar la pérdida por filtración se las realizó tanto en el filtro-prensa de baja presión como en el de alta presión y alta temperatura, cuyos valores obtenidos se encuentran en las tablas N^o. 5 y 7 respectivamente.

E. LODOS PREPARADOS AL 22% VE ARCILLA.- Debido a que el efecto del mangle en la propiedad de viscosidad no estaba definido en su totalidad, se hizo necesario hacer pruebas con lodos preparados a un 22% de

arcilla y en los cuales se iba variando la concentración del mangle desde 2.0 hasta 10.0 Lb/Bbl., es decir, que para esta clase de lodos tan solo se obtuvo los valores correspondientes a viscosidad.

F. LODOS PREPARADOS AL 6, 10, 15 y 20% VE ARCILLA CON C.M.C.-

Para poder establecer una comparación de los efectos del mangle en la propiedad de filtración se preparó lodos, en los cuales se variaba tanto la cantidad de arcilla como la concentración del agente reductor de la filtración conocido comercialmente como C.M. C. En esta clase de lodos se varió la concentración del aditivo de 2.0 a 8.0 Lb/Bbl. y en ellos tan solo se determinó el volumen filtrado a través del filtro-prensa de baja presión.

VII.4. RESULTADOS

Como se expresó anteriormente el primer resultado que se obtuvo fue el rendimiento de la arcilla. Pues bien a partir de la figura N° 1 se determinó que para obtener la viscosidad aparente de 15 cp se necesita 15.7% de esta arcilla utilizada en las pruebas. Entonces, *of. publicah*



la fórmula V.3.72 se tiene:

$$y = \frac{571}{15.7} - 3.42 = 36.37 - 3.42$$

$$y = 32.95 \text{ Bbl/ton. de lodo}$$

Pon lo tanto al comparar este resultado con los valores standar de varias arcillas se la puede considerar como una arcilla de buena calidad.

Los resultados posteriores, una vez que se preparó lodos a diferentes porcentajes de arcilla como a una determinada concentración del aditivo, se los obtiene así:

- 1 a viscosidad plástica al aplicar la fórmula VI. 1.1
- 1 a viscosidad aparente mediante la fórmula v7.7.2
- El punto cedente mínimo por medio de la fórmula VT. 1.3
- Las fuerzas de Gel a través de las lecturas correes pon dientes en el viscosímetro Fann. .
- El PH se lo obtiene mediante la lectura del valor estabilizado en el medidor de PH.
- El volumen filtrado se lo obtiene en el tubo graduado en CC, del filtro-prensa utilizado.



Luego todos los valores de : viscosidad plástica, viscosidad aparente, punto cedente, fuerzas de gel inicial y final, PH, volumen de filtrado tanto en filtro prensa ordinario como en el de alta presión y alta temperatura, obtenidos en las pruebas respectivas, han sido tabulados en la sección adicional correspondiente incluido al final de este trabajo.

VIII.- DISCUSION VE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas que se encuentran registrados en la sección de tablas, han sido utilizados para graficar: **VISCOSIDAD APARENTE, VISCOSIDAD PLASTICA, PUNTO CEDENTE MINIMO Y FILTRACION**, en función de la **CONCENTRACION DEL MANGLE** y a un determinado porcentaje de arcilla. Además se ha graficado el **VOLUMEN VE FILTRADO** versus **TIEMPO TRANSCRURRIDO**, para lodos preparados a un 20% de arcilla y también el volumen de filtrado en función de la concentración del agente reductor conocido como C.M.C., en lodos preparados a varios porcentajes de arcilla.

La figura No.1 cuyos valores están en la tabla No.1, representan el comportamiento de la arcilla en el agua dulce, y a través de dicha curva obtenida se comprueba que la viscosidad aparente de la mezcla arcilla-agua aumenta desde un valor original de 7.5 cp a 20.0 cp a medida que se va incrementando el porcentaje de arcilla presente en el agua, tal como se observa en el gráfico. Prácticamente esta curva es el factor fundamental para determinar el rendimiento del material arcilloso utilizado en todas



las pruebas, tal como se procedió en la sección resulta
dos.

En la figura No. 2 (valores en tabla No. 2) se puede apre
ciar que la viscosidad aparente se incrementa desde 2.5
cp a **3.45** cp al aumentar la concentración del mangle de
2.0 a 10.0 Lbs/Bbl., manteniendo constante la cantidad
de arcilla en un 6%.

Mediante la figura No. 3 (valores en tabla No. 2) se de_
muestra que la viscosidad plástica aumenta de 2.2 cp a
2.7 **cp** al variar la concentración del mangle entre 2.0
y 10.0 Lbs/Bbl. y al mantener el lodo en un 6% de arci
lla.

En la figura No. 4 (valores en tabla No. 2) se observa
que el punto cedente mínimo, a partir del valor 0.6
Lb/100 pie² asciende ligeramente a **1.5** Lbs/100 pie² al
ir variando la concentración del aditivo en un rango i_
gual a los anteriores, y manteniendo la arcilla en igu
al porcentaje.

La figura No. 5 (valores en tabla No. 3) nos indica que

la viscosidad aparente se incrementa de 5.25 cp a 7.25 al mantener el lodo en un 10% de arcilla y variar la concentración del mangle en el rango ya establecido como patrón.

Al observar la figura No.6 (valores en tabla No.3) se puede manifestar que la viscosidad plástica experimenta un ligero incremento de tan solo 1.2 cp (3.7 cp a 4.9 cp), al haber mantenido constante el porcentaje de arcilla en 10, e ir agregando el mangle en el rango ya conocido.

La figura No. 7 (valores en tabla No.3) demuestra que el punto cedente mínimo también tiene una pequeña variación ascendente desde 3.1 Lb/100 pie² a 4.7 Lb/100 pie², al ir agregando el mangle y mantener constante la arcilla en un 10%.

Ve la figura No.8 (valores en tabla No.4) se observa que al agregar 2.0 Lb de mangle por cada barril de lodo preparado a un 15% de arcilla, la viscosidad aparente disminuye de 13.5 cp a 13.0 cp; luego esta propiedad irá aumentando, aunque no en forma considerable desde este último valor hasta 15.3 cp, al ir agregando el aditivo desde 4.0



Lb a 10.0 Lb por cada barril de lodo.

De la misma manera, en la figura No. 9 (valores en tabla No.4) se observa que la viscosidad plástica disminuye de 7.6 cp a 7.5 cp al haber agregado 2.0 Lb/Bbl. del aditivo en lodos preparados al 15% de arcilla, notándose luego un incremento corto de 0.8 cp, al haber alcanzado la viscosidad plástica un valor máximo de 6.3 cp cuando la concentración del mangle es de 10.0 Lbs/Bbl.

En la figura No.10 (valores en tabla No. 4) se establece que el punto cedente mínimo también experimenta una disminución de 11.4 a 71.0 Lb/100 pie², al agregar 2.0 Lbs de mangle por barril de lodo. Posteriormente al ir variando la concentración del aditivo de 4.0 a 10.0 Lbs/Bbl. se observa que el punto cedente aumenta hasta un valor de 14.0 Lb/100 pie², todo esto ocurre para los lodos preparados al 15% de arcilla.

La figura No. 11 (valores en tabla No. 5), muestra que la viscosidad aparente disminuye de 31.5 cp hasta un valor mínimo de 27.8 cp correspondiente a una concentración de 4.0 Lbs/Bbl. de mangle, luego aumenta y alcanza el

el valor original de la viscosidad aparente, a una concentración de 8.0 Lb/Bbl. , después sigue aumentando hasta obtenerse el máximo de 36.5 cp para una concentración de 10.0 Lbs/Bbl. Es necesario indicar que esta óptima reducción de la viscosidad hasta ahora experimentada en el desarrollo de este trabajo, se la obtuvo para lodos que han sido preparados aun 20% de arcilla.

A través de la figura Na.12 (valores en tabla No.5) se aprecia que la viscosidad plástica también disminuye hasta obtener el valor mínimo entre 13.2 y 13.3 cp que corresponden a las concentraciones de 4.0 y 6.0 Lb/Bbl. del aditivo respectivamente. Luego la viscosidad plástica tiene una variación ascendente, alcanzando su valor máximo en 18.0 cp para una concentración de mangle de 10.0 Lb/Bbl. , en lodos preparados al 20% de arcilla.

La figura No.13 (valores en tabla No.5) confirma que para lodos en los cuales se mantiene constante la cantidad de arcilla en un 20%; la otra propiedad: El punto cedente, también experimenta una disminución hasta un mínimo de 29.2 Lb/100 pie² a una concentración de 4.0 Lb/Bbl. de mangle, y luego se incrementa en valor hasta obtener



su valor original y alcanzar posteriormente su máximo en 37.0 Lb/100 pie² para la concentración de 10.0 Lb/Bbl del aditivo.

La viscosidad aparente en la figura No.14 (valores en tabla No. 6) disminuye de 47.5 a 37.5 cp cuando a un Lodo preparado al 22% se le agregó 2.0 Lbs de mangle por cada barril de lodo; aumentando después de ese último valor hasta 53 .0 cp que corresponde a la concentración de 7 0.0 Lb/Bbl, del aditivo.

En lo que a viscosidad plástica se refiere la figura No. 15 (valores en tabla No.6) nos demuestra que para lodos mantenidos en un 22% de arcilla, esta propiedad disminuye de su valor original de 20 cp a 18 cp, al agregar 2.0 Lbs de mangle al todo. Posteriormente se incrementa hasta llegar al valor máximo de 25.0 cp para la concentración de 10 Lbs/Bbl de mangle.

Igualmente en la figura No.16 (valores en tabla No.6) se certifica que el punto cedente mínimo también se reduce en valor desde 43.0 a 39.0 Lbs/100 pie², al agregar 2.3 Lb de mangle al todo. Después al ir variando la concen



tración del aditivo desde 4.0 a 10.0 Lbs/Bbl. en lodos preparados al 22% de arcilla, se manifiesta un incremento en el valor del punto cedente, hasta lograr el máximo de 56.0 Lb/100 pie².

Mediante los primeros valores de las tablas Nos. 2, 3, 4 y 5 de volumen de filtrado se ha obtenido la figura Na.77 que nos da una idea de la habilidad de la arcilla utilizada para reducir la filtración. Pues bien a través del gráfico se observa que al tener una mezcla de 6% de arcilla en agua se obtiene un filtrado de 23.5 cc., el cual irá disminuyendo conforme va aumentando la cantidad de material coloidal. Pues claramente se nota que para una mezcla con 20% de arcilla, el volumen de filtrado ha sido reducido a 17.7 cc.

Ve la figura No .18 (valores en tabla No. 2) se establece que en un Lodo preparado al 6% de arcilla y en el cual se ha ido variando la concentración del aditivo desde 2.0 a 10.0 Lbs/Bbl., el volumen de filtrado se reduce de 23.5 a 21.5 cc., tal como se observa en el gráfico.

Ve la misma manera, la figura No 19 (valores en tabla No. 3) determina que el volumen de filtrado disminuye desde



19.0 a 15.6 cc. en lodos preparados a un 10% de arcilla y en los cuales *be. varió la concentración del mangle en el rango ya establecido.*

La figura No.20 (valores en tabla No.4) nos demuestra que el filtrado disminuye desde un valor de 13.6 cc. hasta un mínimo de 11.5 cc. obtenido al agregar 10.0 Lbs de mangle por cada barril de lodo preparado a un 15% de arcilla.

Finalmente mediante la figura No.21 (valores en tabla No. 5) se certifica **que** el mangle reduce el filtrado **desde** 11.7 CC. hasta un mínimo **de** 9.4 cc. correspondiente a una concentración de 10.0 Lb/Bbl. en lodos preparados a un 20% del material arcilloso utilizado; como *be puede apreciar a través de este gráfico y del anterior la curva tiende a estabilizarse en los últimos valores.*

La figura No.22 cuyos valores se encuentran en la tabla No.7, es el resultado de las pruebas de filtración realizadas en el filtro Prensa Baroid No.387 de alta presión y alta temperatura. En este gráfico se pone de manifiesto que el volumen de filtrado obtenido *disminuye*



en función de la concentración del mangle para lodos preparados al 20% de arcilla; todas estas pruebas se efectuaron a una presión de 500 psi (± 5 psi), con una temperatura de la celda portomuestra de 210°F (± 2 °F) y 215°F (± 2 °F) temperatura de la chaqueta.

Ve las figuras No. 23 y 24 (valores en tabla No. 7) se observa que el volumen de filtrado aumenta con el tiempo y que al ser graficados sus valores en papel log-log se obtienen líneas rectas, tal como se lo había expresado en la sección teórica respectiva del efecto del tiempo sobre la filtración.

En la figura No. 25 (valores en tabla No. 8) están insertados las curvas que muestran el comportamiento del C.M.C. para lodos preparados al 6, 10, 15 y 20% de arcilla respectivamente. Mediante el análisis de dichos gráficos se determina que el volumen de filtrado disminuye considerablemente a medida que se va agregando el C.M.C.

Una observación que se hace necesario enfatizarla es que con esta clase de lodos con C.M.C. no se pudo efectuar las pruebas cuando se les agregó 10.0 Lb/Bbl, ya que es

tos se volvían demasiado gelatinosos, es decir casi im posible de poder transportarlos desde el vaso de agita ción a la celda portamuestra del filtro prensa, motivo por el cual se suspendió dichas pruebas. Lo mismo ocu rrió para el caso del lodo preparado al 20% de arcilla, en el cual se agregó 8.0 lb de C.M.C. por cada barril de lodo; experiencia que también fue suspendida.

TX. CONCLUSIONES

- 1.- A través del estudio detenido de los resultados presentados en las tablas y gráficos de viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto cedente mínimo se observa que estas tres propiedades presentan una ligera variación ascendente al aumentar la concentración del mangle para casos de lodos preparados al 6 y 10% de arcilla respectivamente, es decir, que bajo estas condiciones el mangle da lugar al aumento de la viscosidad aunque no en forma considerable.
- 2.- Posteriormente se obtuvieron resultados positivos en la reducción de la viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto cedente mínimo al operar con los porcentajes de 15, 20 y 22% de la arcilla muestra y al variar la concentración del aditivo en el rango establecido.
- 3.- De los tres porcentajes de arcilla arriba anotados, cabe indicar que para el caso de lodos en los cuales se mantuvo en 15 y 22% de arcilla, se obtuvieron comportamientos similares, pues la viscosidad descendía a bajas concentraciones de mangle y luego aumentaba, al seguir incrementando la concentración del aditivo. Habiendo determinado que la reducción máxima de la viscosidad se efectúa hasta las concentra



ciones de mangle de **3.0** lb/Bbl. g de 4.0 lb/Bbl. para cada porcentaje respectivamente.

Mientras que al mantener constante la cantidad de arcilla en un porcentaje de 20, he observó una reducción óptima de las tres propiedades de viscosidad hasta la concentración de 7.0 lb/Bbl; es decir que para esta clase de lodos, la disminución de viscosidad he efectuó en un rango más extendo 40. De esta manera se logró obtener los mejores resultados positivos al alcanzar un mínimo valor de viscosidad cuando he agregó 4.0 lb del aditivo por cada barril de Lodo preparado al 20% de arcilla.

Por lo tanto al evaluar los efectos del mangle en la propiedad de viscosidad, se puede resumir que este aditivo efectivamente sí reduce el valor de la viscosidad pero bajo ciertas consideraciones tales como calidad de arcilla, su porcentaje adecuado, etc. **Pues** bien para el caso de la arcilla disponible en el laboratorio de fluidos de perforación de la ESPOL, el mangle si se manifiesta como agente adelgazador o reductor de viscosidad en lodos en los cuales se mantiene constante la cantidad de arcilla en un 20%, de-

biendo **en Lo** posterior establecer su límite, ya que **en** estos lodos, a partir de una concentración dada **de** mangle, la viscosidad comienza a incrementarse en ~~el~~ valor.

Ve igual manera se **ha** logrado establecer mediante las pruebas desarrolladas en este trabajo, **que** al incrementar la concentración del mangle disminuye progresivamente la pérdida **de** filtrado para cualquier porcentaje de arcilla utilizado. **Pon tanto en** lo que a pérdida **de** filtrado **be** refiere, concretamente el mangle si actúa como un verdadero agente reductor **de dicha propiedad.**

Comparando las curvas de filtrado versus la concentración **de** mangle con las curvas obtenidas al usar C.M.C. se **concluye que** al operar bajo las mismas condiciones, el C.M.C. es más efectivo **que** el mangle para reducir el volumen filtrado sea **cual!** fuere el porcentaje de arcilla utilizado y la calidad **de** la misma.

Al **hacen** el análisis **de** los resultados de PH obtenidos en los lodos **de** mangle, es notorio que dichos valores se encuentran arriba del punto neutro y son menores que 8.9, lo cual sostiene y justifica lo manifestado en la sección **teó**

rica respectiva del efecto del PH sobre la propiedad de vis
cosidad.

- 9.- Resumiendo; se puede finalmente concluir que a través de to
das las pruebas realizadas y por medio del estudio de los
cuadros y curvas obtenidas, se ha observado que el mangle
tiene condiciones como para ser considerado agente reductor
de viscosidad y filtración debido a los resultados positivos
que se obtuvieron, debiendo establecer en las recomendacio-
nes de este mismo trabajo ciertas sugerencias indispensables,
para obtener en lo futuro mejores resultados favorables con
el mangle.

do de cortezas con elevado porcentaje de taninos, pero en lodos preparados con la arcilla que se utiliza en la perforación de pozos petrolíferos del Oriente Ecuatoriano, observando su comportamiento y tratar al mismo tiempo de encontrar el tratamiento químico necesario, para establecer condiciones bajo las cuales podría ser utilizado en la región oriental.

- 4.- También se recomienda hacer pruebas con lodos preparados con la misma arcilla disponible en el laboratorio de la ESPOL y utilizando agentes reductores de viscosidad y filtración de uso común en la industria petrolera de nuestro país, para establecer una comparación de comportamiento con los lodos de mangle.
5. - Aunque se ha establecido en este trabajo que el mangle es menos efectivo que el C.M.C. para reducir el filtrado; sin embargo, su elaboración más sencilla, su volumen de producción como materia prima y su menor costo presentan un aspecto muy favorable que debe ser motivo de un estudio más detenido de las personas o empresas interesadas y relacionadas principalmente a la industria del petróleo.

- 6.- Debido a que en los estudios de los efectos del PH sobre los lodos, se pueden desarrollar diversidad de trabajos experimentales con mangle; se recomienda realizar pruebas en las cuales al mantener constante la concentración del mangle y el porcentaje de arcilla, e ir variando el valor del PH, se obtendría los valores de las propiedades: viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto cedente mínimo, fuerza de Gel, filtrado, etc. y posteriormente realizar las mismas pruebas pero a una concentración de mangle y cantidad de arcilla diferentes, para de esa manera determinar las condiciones óptimas de los efectos del PH en lodos de mangle.
- .- Se sugiere, también realizar experiencias con mangle en otra clase de lodos, tales como : lodos contaminados con sal, lodos con presencia de cemento, lodos contaminados con yeso o anhídrita, lodos emulsionados, etc., para poder establecer las limitaciones y las diferencias en su comportamiento.
- .- Finalmente como algo adicional y necesario se debe acotar de que en un laboratorio de fluidos de perforación, es de importancia fundamental el tener en cuenta la agitación que las mezclas de arcilla-agua, al ser sometidas a la agitación por



Lodos preparados a varios porcentajes de arcilla

MATERIAL	CANTIDAD (gr)	PORCENTAJE (%)	LECTURA 300 RPM	LECTURA 600 RPM	Va (cp)	Vp (cp)	Yp (Lbs/100 pie ²)
Arcilla	10.0	2.86	1.5	3.0	1.5	1.5	0
Arcilla	20.0	5.71	2.6	5.0	2.5	2.4	0.2
Arcilla	30.0	8.57	4.5	8.0	4.0	3.5	1.0
Arcilla	40.0	11.43	9.0	14.0	7.0	5.0	4.0
Arcilla	50.0	14.29	16.0	23.0	11.5	7.0	9.0
Arcilla	60.0	17.14	31.0	40.0	20.0	9.0	22.0

TABLA # 2

Lodos preparados al 6% de arcilla:

6 gr ——— 100 c.c.

x ——— 350 c.c.

$$x = \frac{6 \times 350}{100} = 21.0 \text{ gr de arcilla}$$

MATERIAL	CANTIDAD (gr)	LECTURA 300 RPM	LECTURA 600 RPM	Va	Vp	Yp	FUERZA DE GEL 10 SEG.	FUERZA DE GEL 10 MIN.	PH	FILTRADO
PRUEBA EN BLANCO		2.8	5.0	2.5	2.2	0.6	0.4	0.6	8.8	23.5
Mangle	2.0	3.0	5.3	2.65	2.3	0.7	0.6	0.8	7.7	22.8
Mangle	4.0	3.2	5.5	2.75	2.3	0.9	0.8	0.9	7.6	22.3
Mangle	6.0	3.5	5.9	2.95	2.4	1.1	0.9	1.0	7.4	22.0
Mangle	8.0	3.8	6.3	3.15	2.5	1.3	1.0	1.0	7.2	21.7
Mangle	10.0	4.2	6.9	3.45	2.7	1.5	1.0	1.0	7.1	21.3

T A B L A # 3

Lodos preparados al 10% de arcilla

10 gr ——— 100 c.c.

x ——— 350 c.c.

$$x = \frac{10 \times 350}{100} = 35 \text{ gr. de arcilla}$$

MATERIAL	CANTIDAD (gr)	LECTURA 300 RPM	LECTURA 600 RPM	Va	Vp	Yp	FUERZA DE GEL 10 SEG.	FUERZA DE GEL 10 MIN.	PH	FILTRADO
PRUEBA EN BLANCO		6.8	10.5	5.25	3.7	3.1	1.8	2.2	8.8	19.0
Mangle	2.0	7.0	10.8	5.4	3.8	3.2	2.0	2.5	7.8	17.7
Mangle	4.0	7.5	11.5	5.75	4.0	3.5	2.2	2.8	7.5	17.0
Mangle	6.0	8.2	12.5	6.25	4.3	3.9	2.6	3.2	7.4	16.6
Mangle	8.0	8.9	13.5	6.75	4.6	4.3	3.0	3.5	7.3	16.1
Mangle	10.0	9.6	14.5	7.25	4.9	4.7	3.6	4.0	7.2	15.6

T A B L A # 5

Lodos preparados al 20% de arcilla

20 gr ——— 100 c.c.

x ——— 350 c.c.

$$x = \frac{20 \times 350}{100} = 70 \text{ gr. de arcilla}$$

MATERIAL	CANTIDAD (gr)	LECTURA 300 RPM	LECTURA 600 RPM	Va	Vp	yp	FUERZA DE GEL 10 SEG.	FUERZA DE GEL 10 MIN.	PH	FILTRADO
PRUEBA EN BLANCO		48.0	63.0	31.5	15.0	33.0	24.0	26.0	8.7	11.7
Mangle	2.°	44.5	58.4	29.2	13.9	30.6	23.5	24.6	7.9	10.6
Mangle		42.4	55.6	27.8	13.2	29.2	23.2	24.2	7.6	10.0
Mangle		43.7	57.0	28.5	13.3	30.4	23.4	25.0	7.4	9.8
Mangle		8.°	48.0	63.0	31.5	15.0	33.0	24.0	26.2	7.3
Mangle	10.°	55.0	73.0	36.5	18.0	37.0	24.8	28.0	7.2	9.4

T A B L A # 6

Lodos preparados al 22% de arcilla

$$\begin{array}{l} 22 \text{ gr} \text{ --- } 100 \text{ c.c.} \\ x \text{ --- } 350 \text{ c.c.} \end{array}$$

$$x = \frac{22 \times 350}{100} = 77 \text{ gr. de arcilla}$$

MATERIAL	CANTIDAD (gr)	LECTURA 300 RPM	LECTURA 600 RPM	Va	Vp	Yp
PRUEBA EN BLANCO		63.0	83.0	41.5	20.0	43.0
Mangle	2.0	57.0	75.0	37.5	18.0	39.0
Mangle	4.0	61.0	80.0	40.0	19.0	42.0
Mangle	6.0	66.0	87.0		21.0	45.0
Mangle	8.0	73.0	96.0	48.0	23.0	50.0
Mangle	10.0	81.0	06.0		25.0	56.0

T A B L A # 7

Lodos preparados al 20% de arcilla

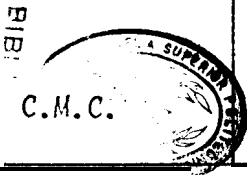
PRUEBA N°	MATERIAL	CANTIDAD (gr)	FILTRADO obtenido en Filtro-Prensa de alta presión y alta temperatura					
			A los 5 min.	A los 10 min.	A los 15 min.	A los 20 min.	A los 25 min.	A los 30 min.
1	REALIZADA EN BLANCO		5.3	7.5	9.0	10.8	11.7	12.4
2	Mangle	2.0	4.8	6.2	7.5	8.4	9.4	10.2
3	Mangle	4.0	4.4	5.9	7.1	8.2	8.9	9.7
4	Mangle	6.0	4.2	5.6	6.9	7.8	8.5	9.1
5	Mangle	8.0	3.9	5.2	6.3	7.3	7.9	8.5
6	Mangle	10.0	3.7	5.0	6.0	6.7	7.4	8.0

P.D. Las pruebas se llevaron a efecto a una presión de 500 psi (± 5 psi), a 210°F (± 2 °F) temperatura de la celda y 215°F (± 2 °F) temperatura de la chaqueta del Filtro-Prensa.

T A B L A # 8

Lodos preparados al 6,10,15 y 20% de arcilla con C.M.C.

MATERIA	CANTIDAD (gr)	FILTRADO obtenido en Filtro-Prensa ordinario de baja presión			
		Lodos al 6%	Lodos al 10%	Lodos al 15%	Lodos al 20%
PRUEBA EN BLANCO		23.5	19.0	13.6	11.7
C.M.C.	2.0	8.4	7.1	6.0	4.7
C.M.C.	4.0	7.2	5.8	5.1	4.2
C.M.C.	6.0	6.7	5.2	4.2	3.6
C.M.C.	8.0	6.2	4.8	3.7	---
C.M.C.	10.0	---	---	---	---



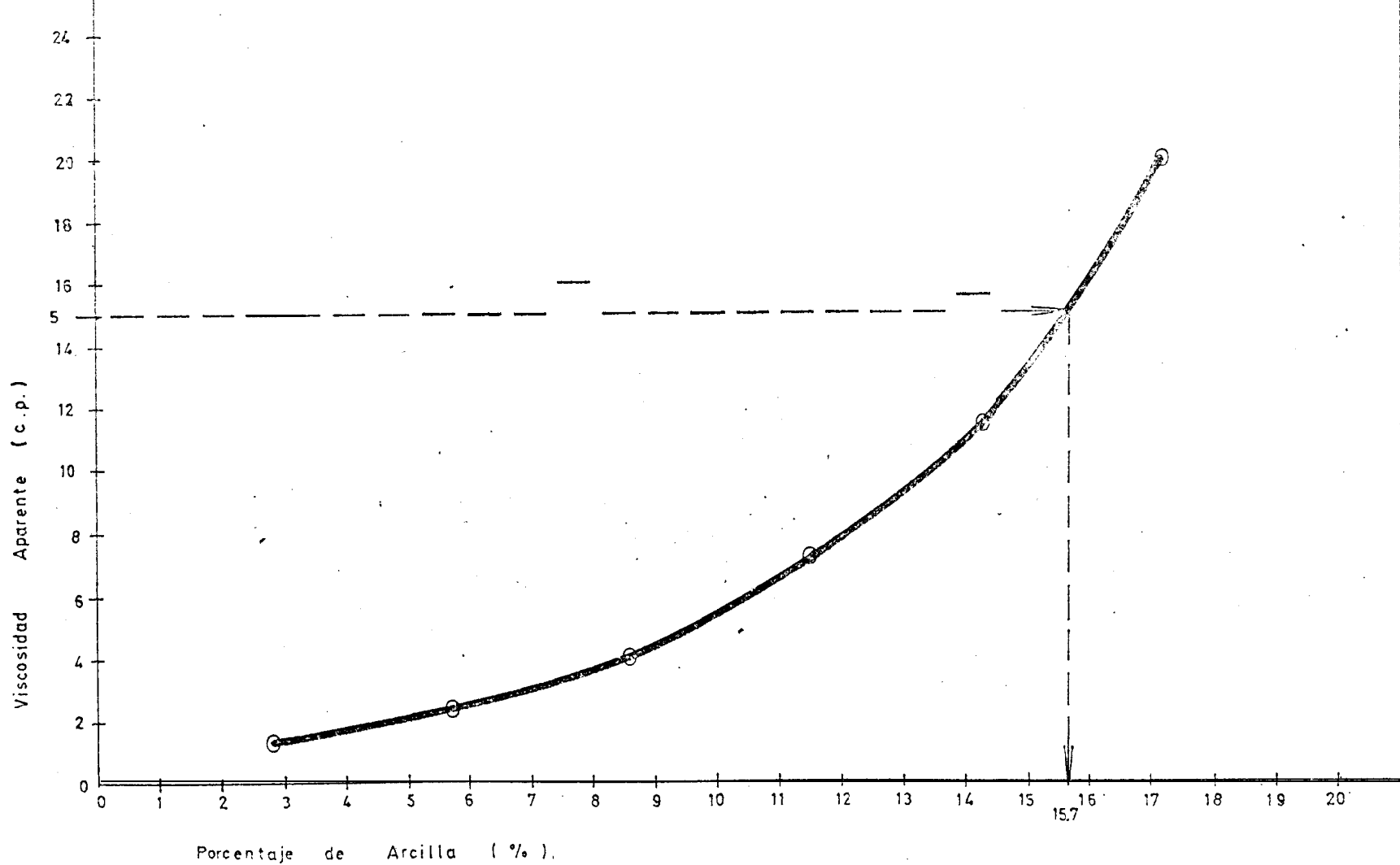


Figura N° 3. VISCOSIDAD PLASTICA VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 6% DE ARCILLA (Tabla N° 2)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

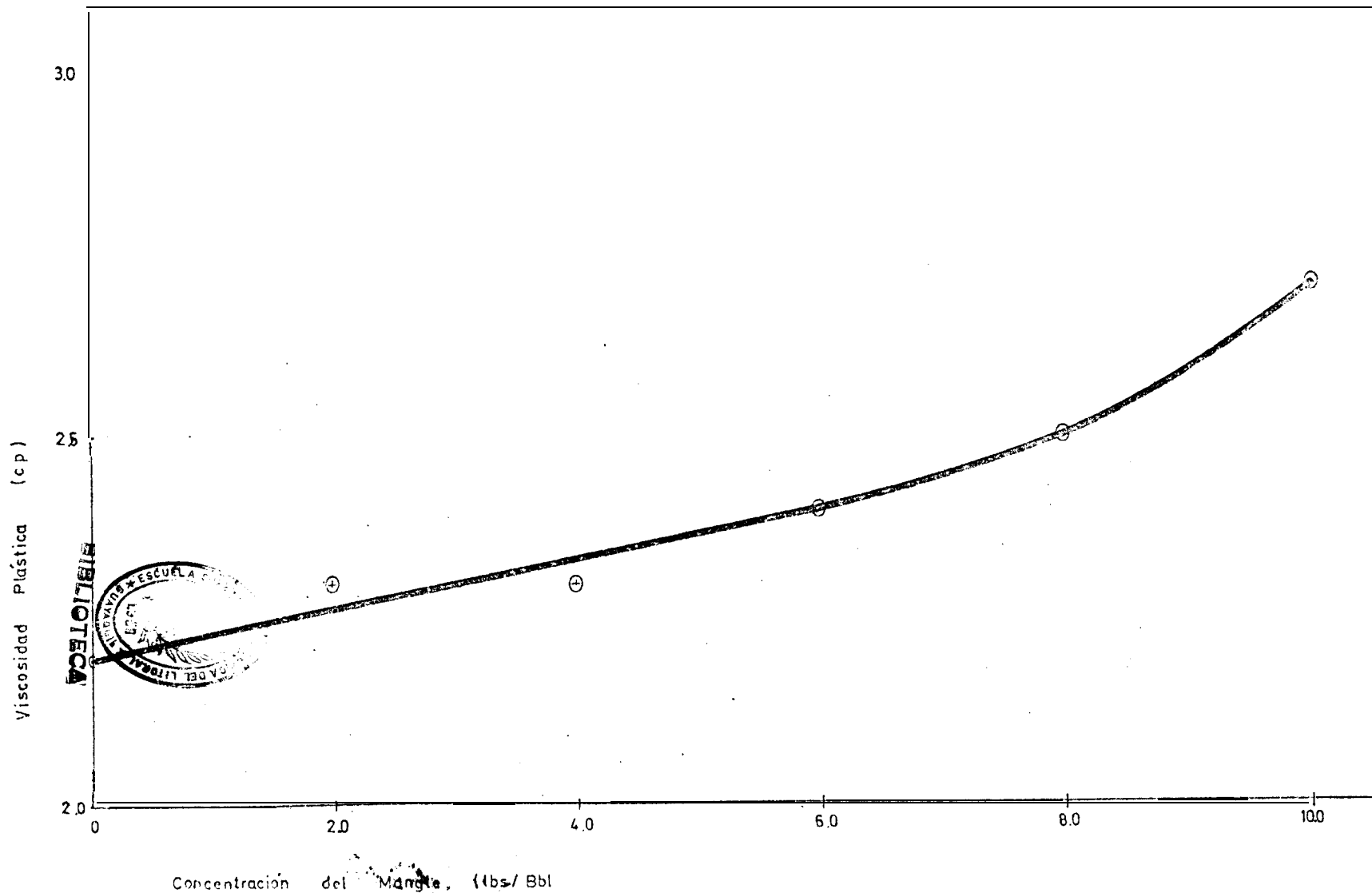


Figura N° 4 . PUNTO CEDENTE MINIMO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 6 "1. DE. ARCILLA (Tabla N° 2)
AGREGAN 30 MANGLE EN POLVO

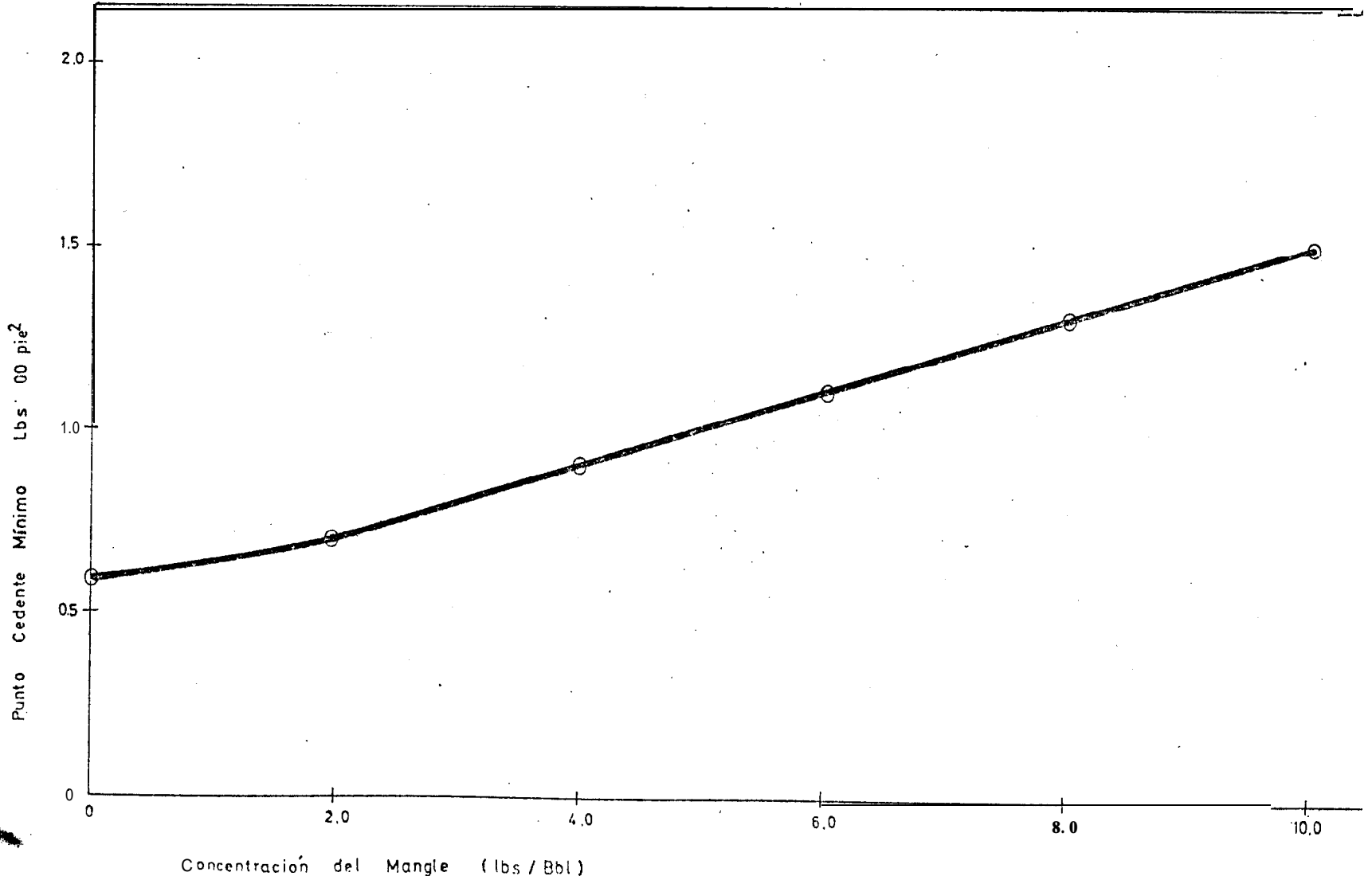


Figura N° 6 . VISCOSIDAD PLASTICA VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 10% D E ARCILLA (Tabla N° 3)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

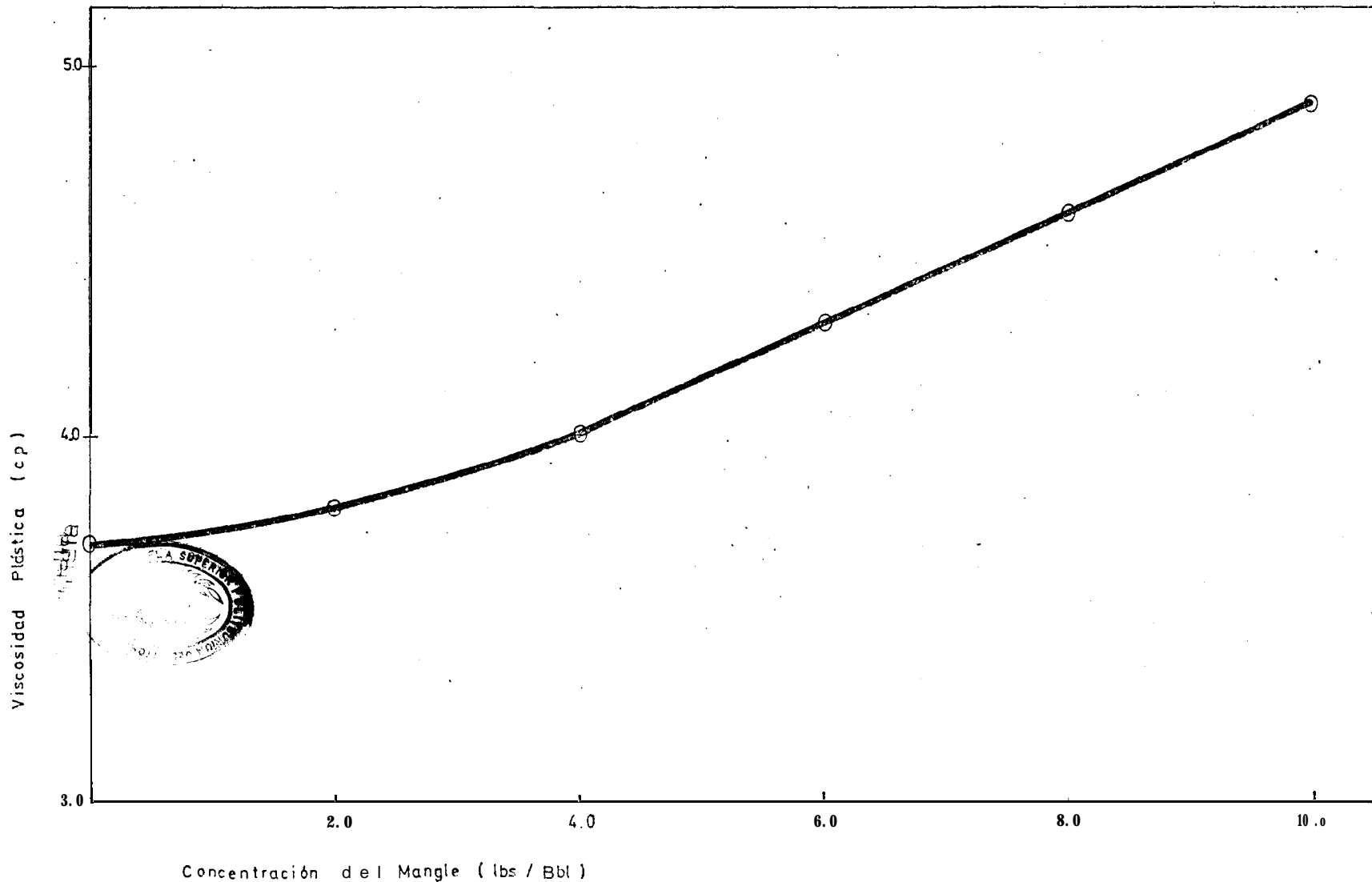


Figura N° 8 : VISCOSIDAD APARENTE VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 15% DE ARCILLA (Tabla N°4)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

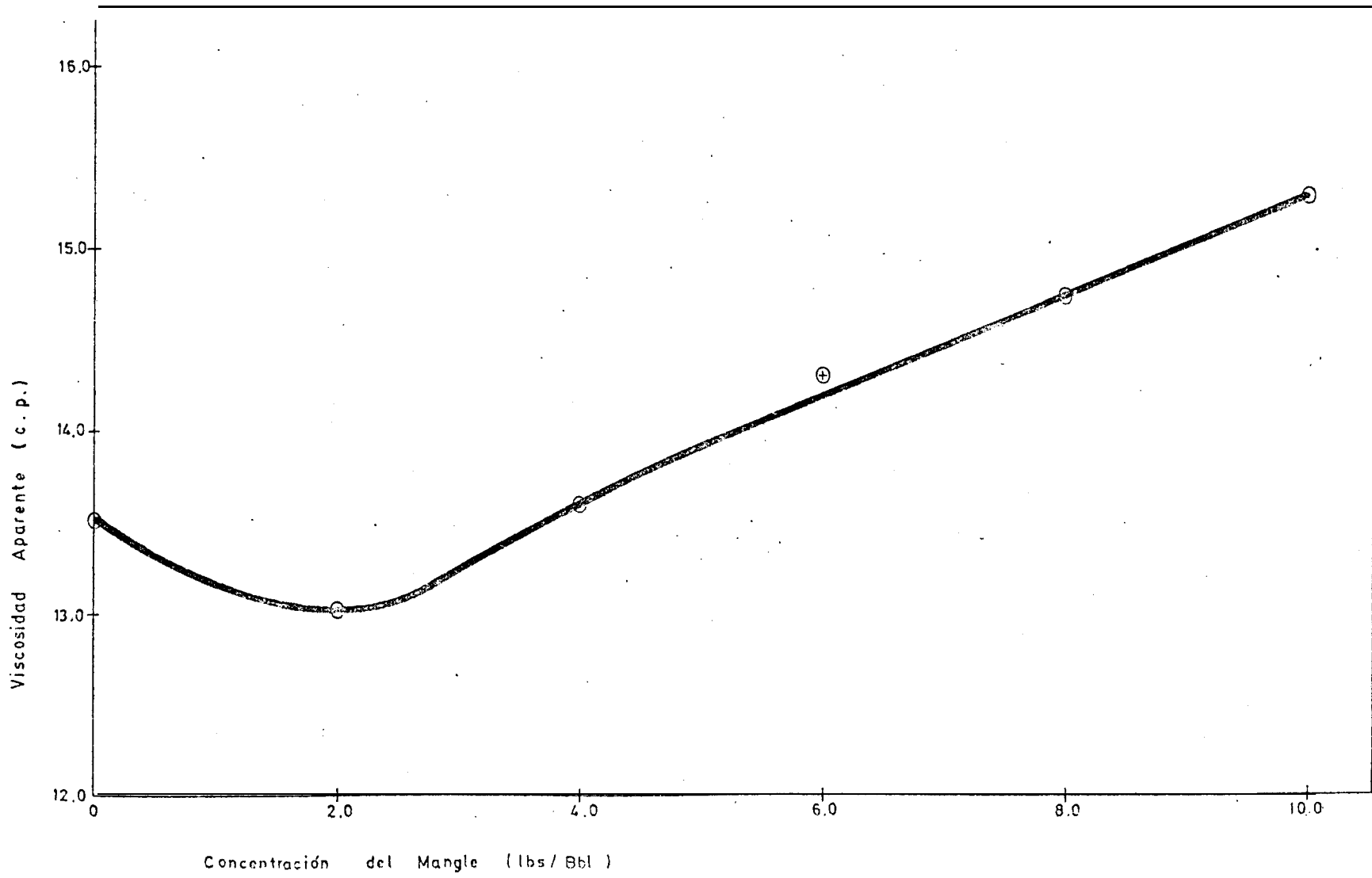


Figura N^o 9. VISCOSIDAD PLÁSTICA VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 15 % DE ARCILLA
AGREGANDO MANGLE EN POLVO (Tabla N^o 4)

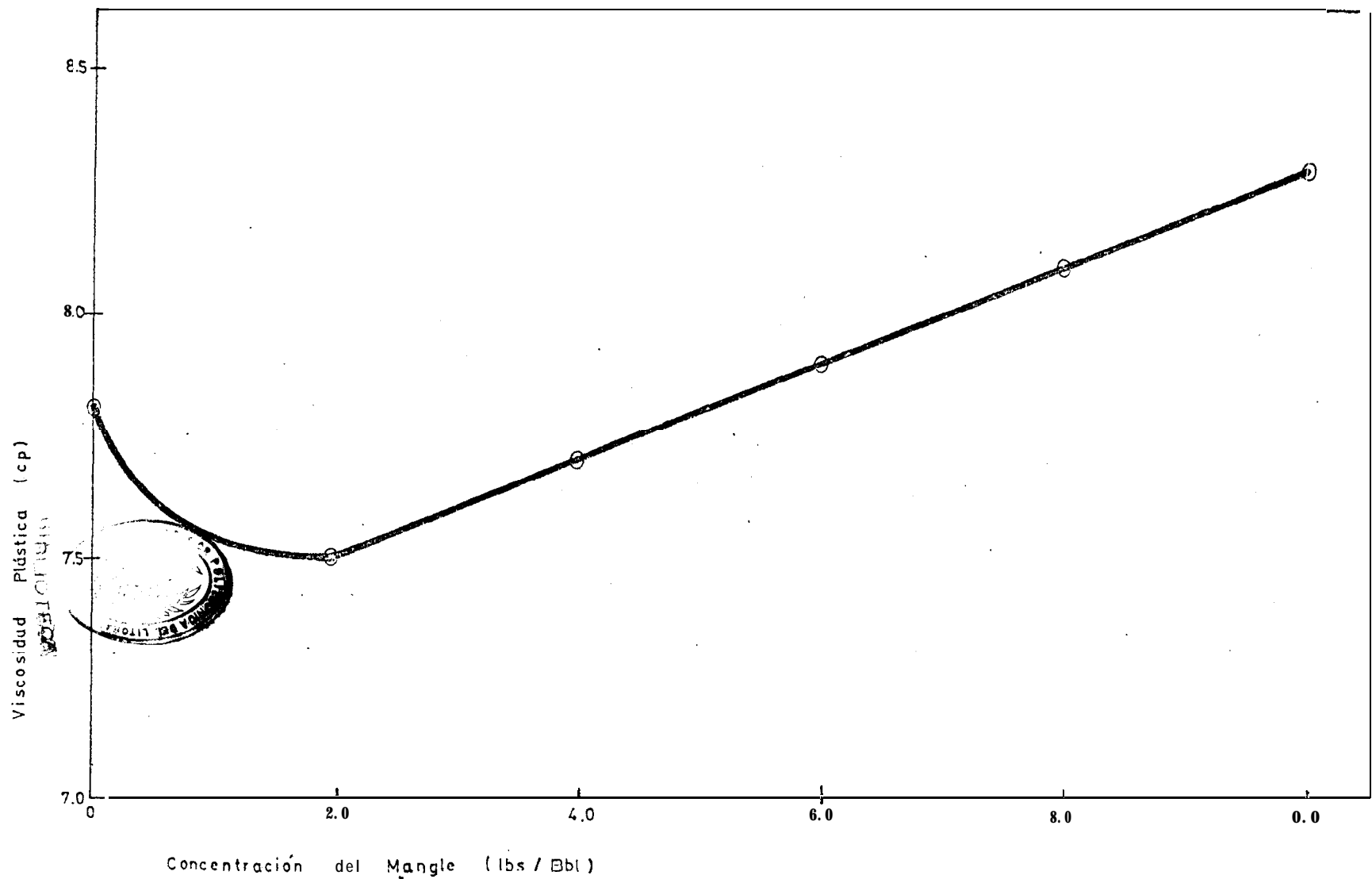


Figura N° 10. PUNTO CEDENTE MINIMO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 15 % DE ARCILLA (Tabla N° 4)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

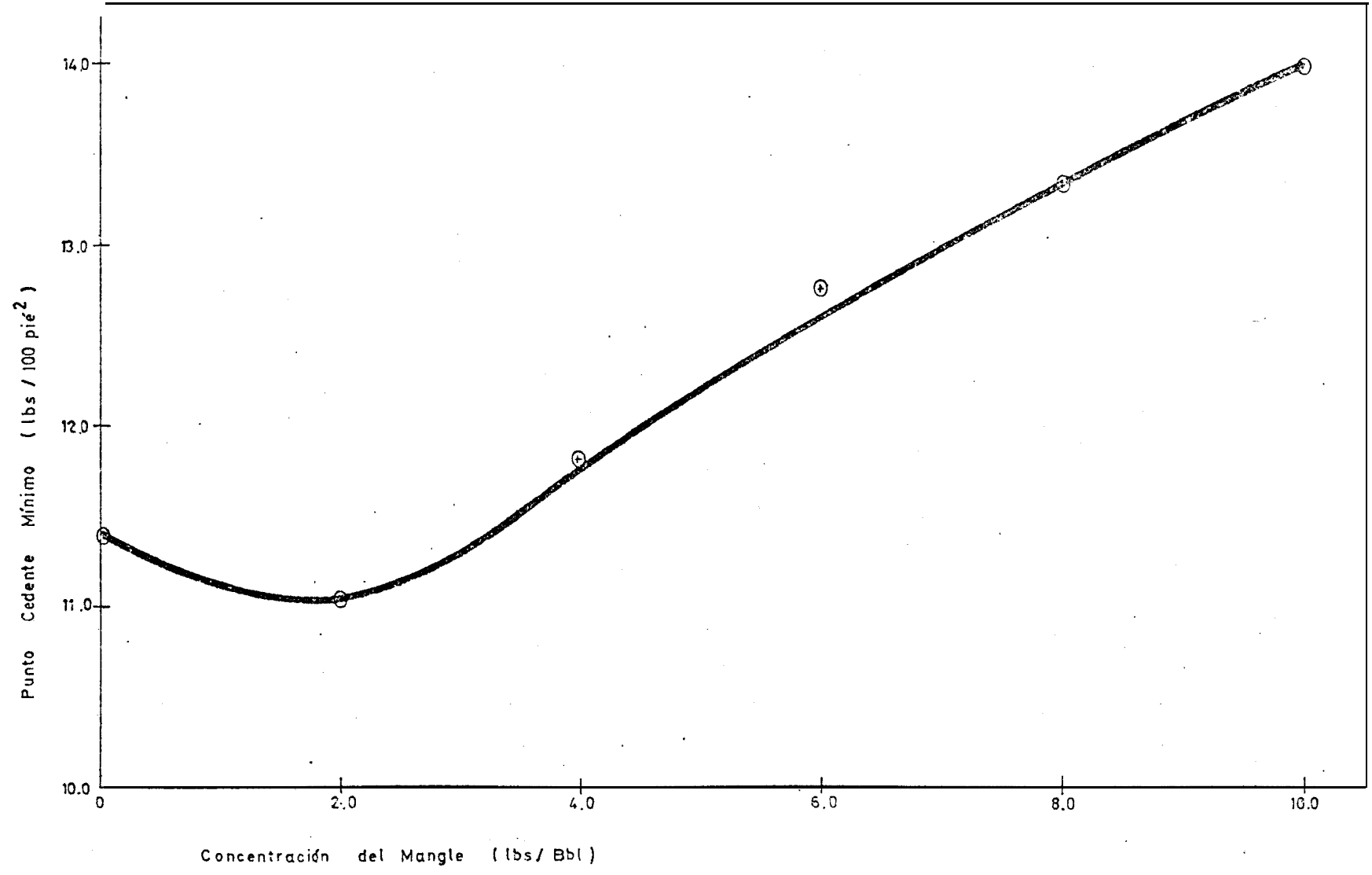


Figura N° II . VISCOSIDAD APARENTE VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 20 % DE ARCILLA (Tabla N° 5)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

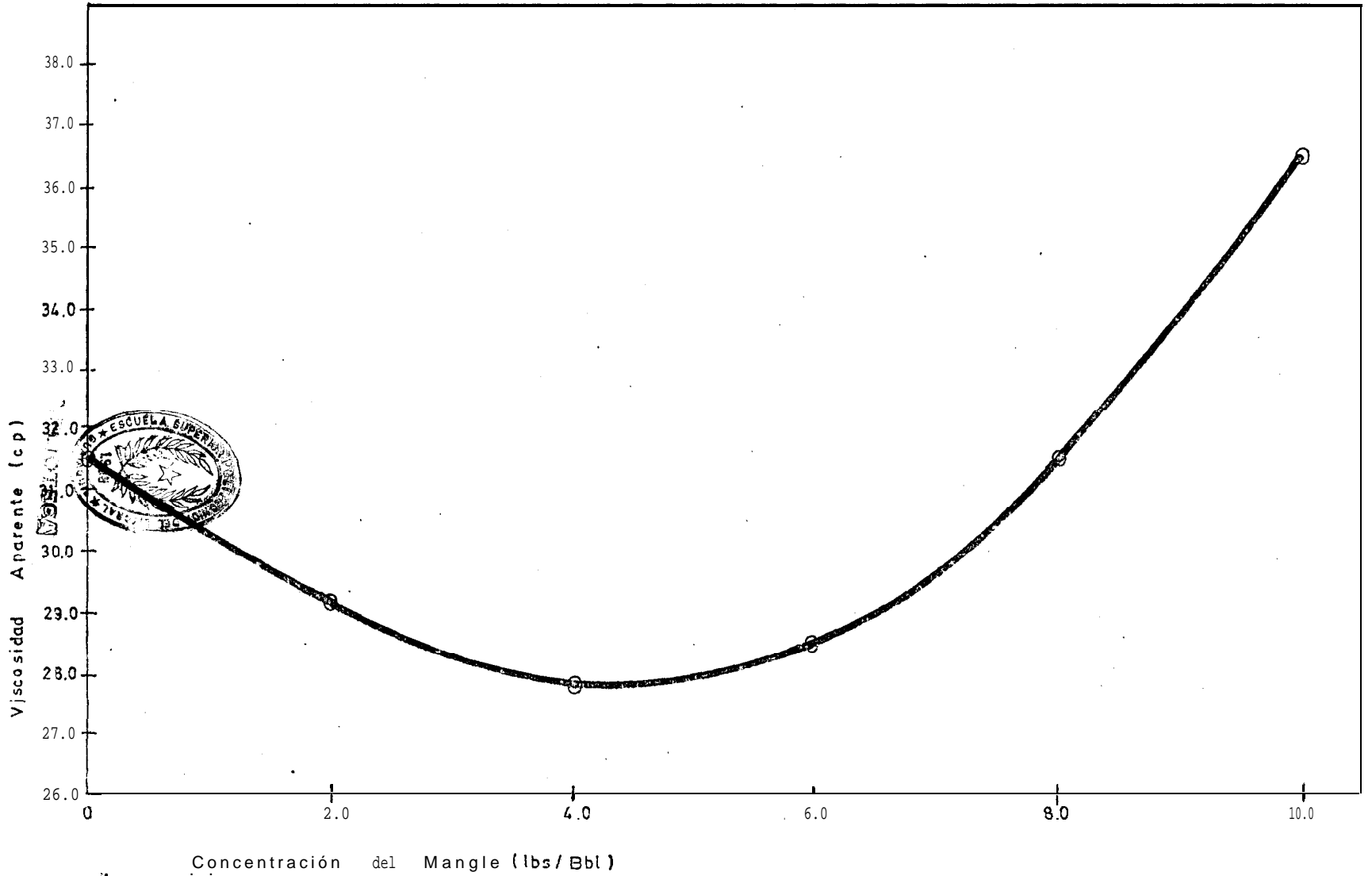


Figura N^o 12 . VISCOSIDAD PLASTICA VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 20 % DE ARCILLA (Tabla N^o 5)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

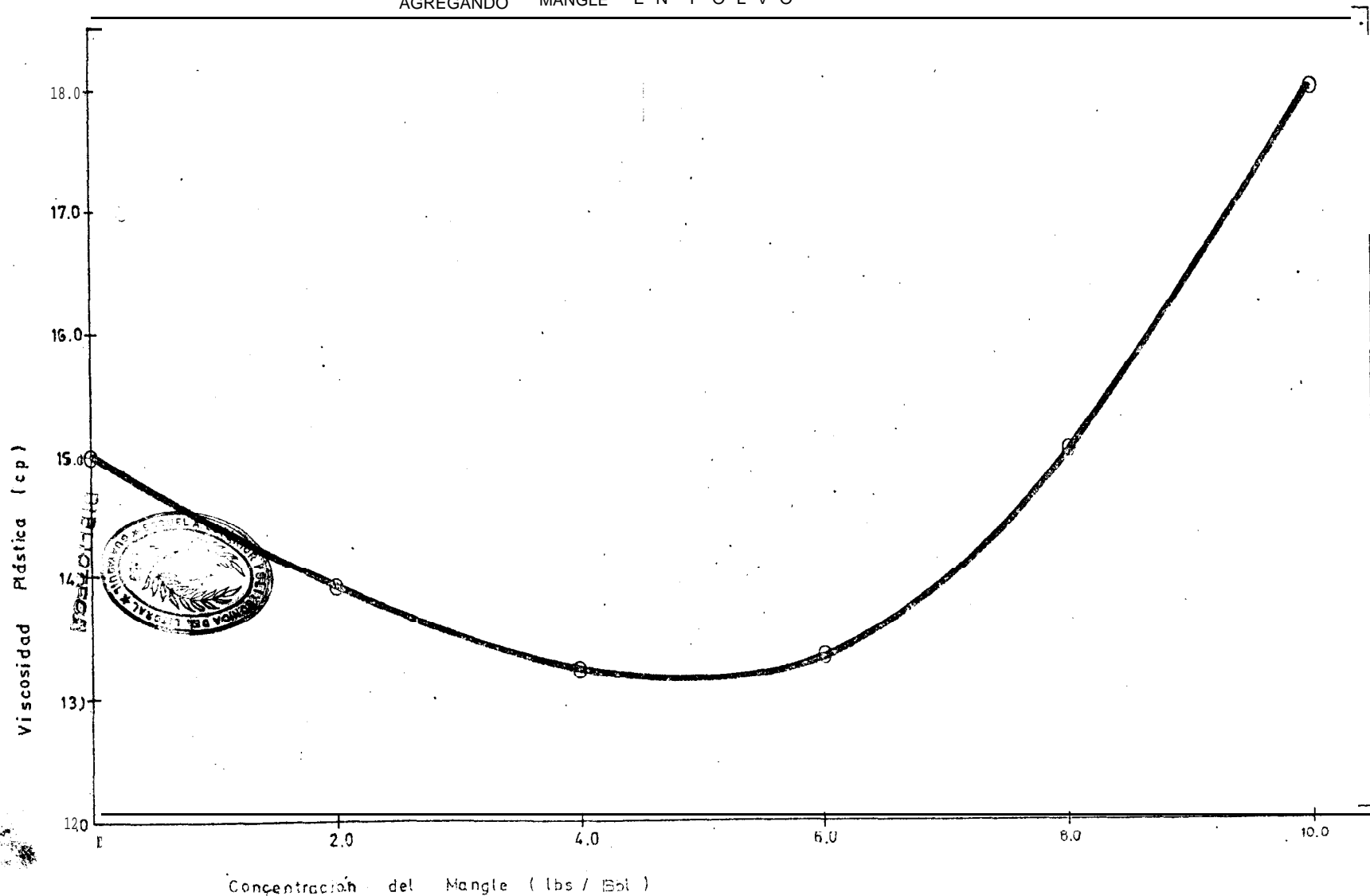


Figura N° 3 PUNTO CEDENTE MINIMO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 20% DE ARCILLA (Tabla N° 5)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

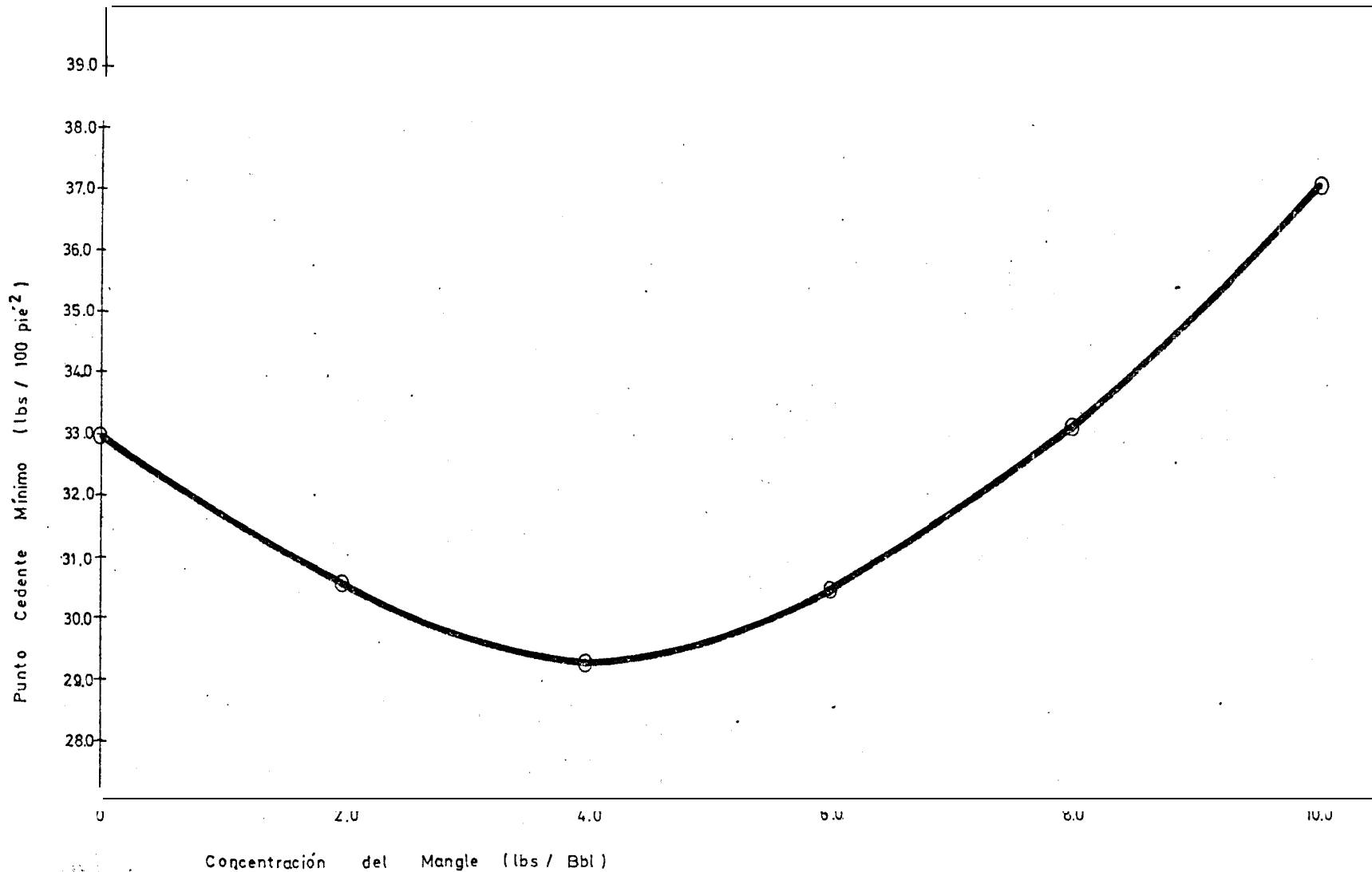


Figura N° 14 . VISCOSIDAD APARENTE VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 22 % DE ARCILLA (Tabla N° 6)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

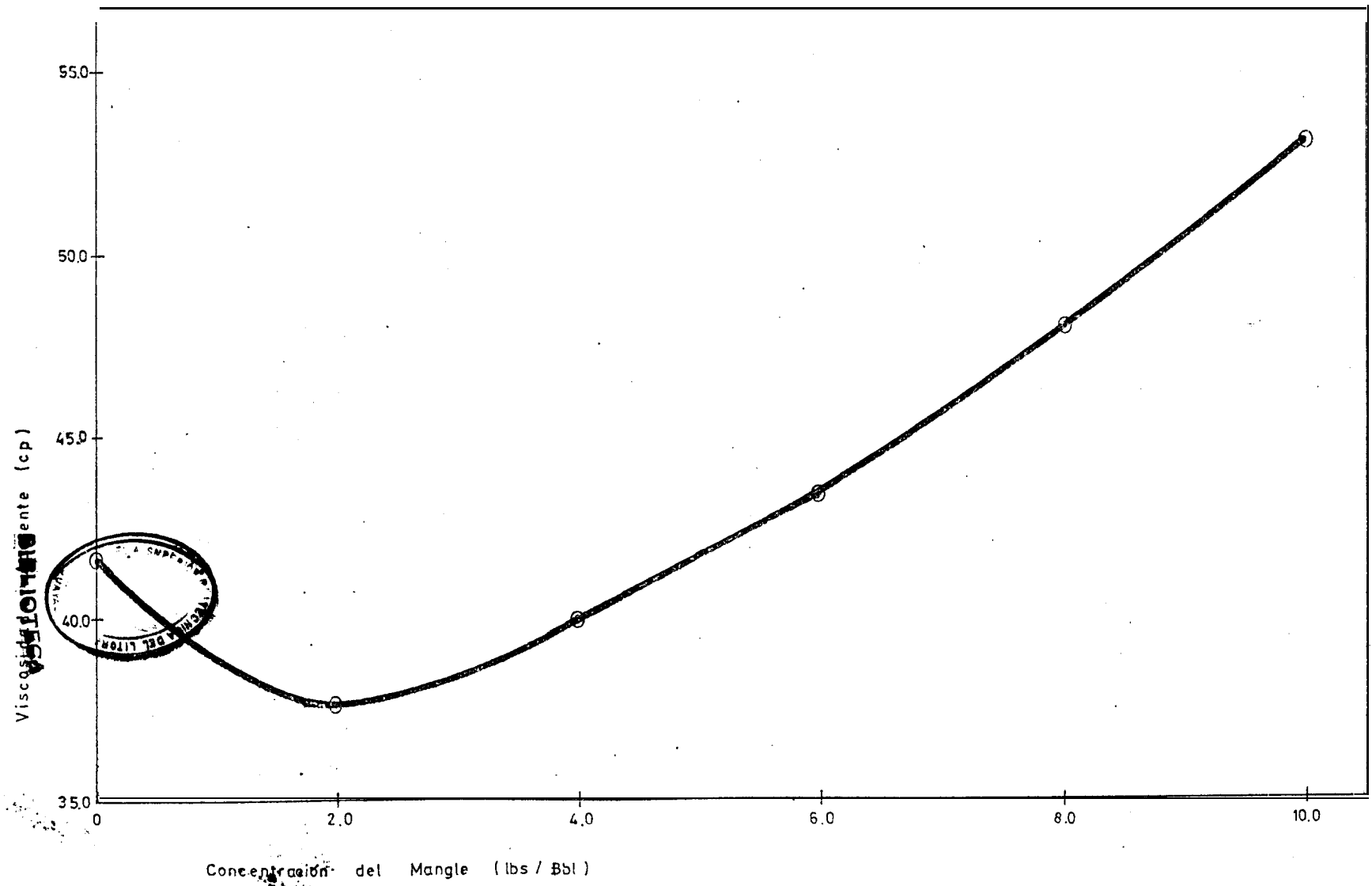


Figura N° 15 .

VISCOSIDAD PLASTICA VS. CONCEN TRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 22 '1. DE ARCILLA (Tabla N° 6)
AGREGANDO MANGLE EN W C V O

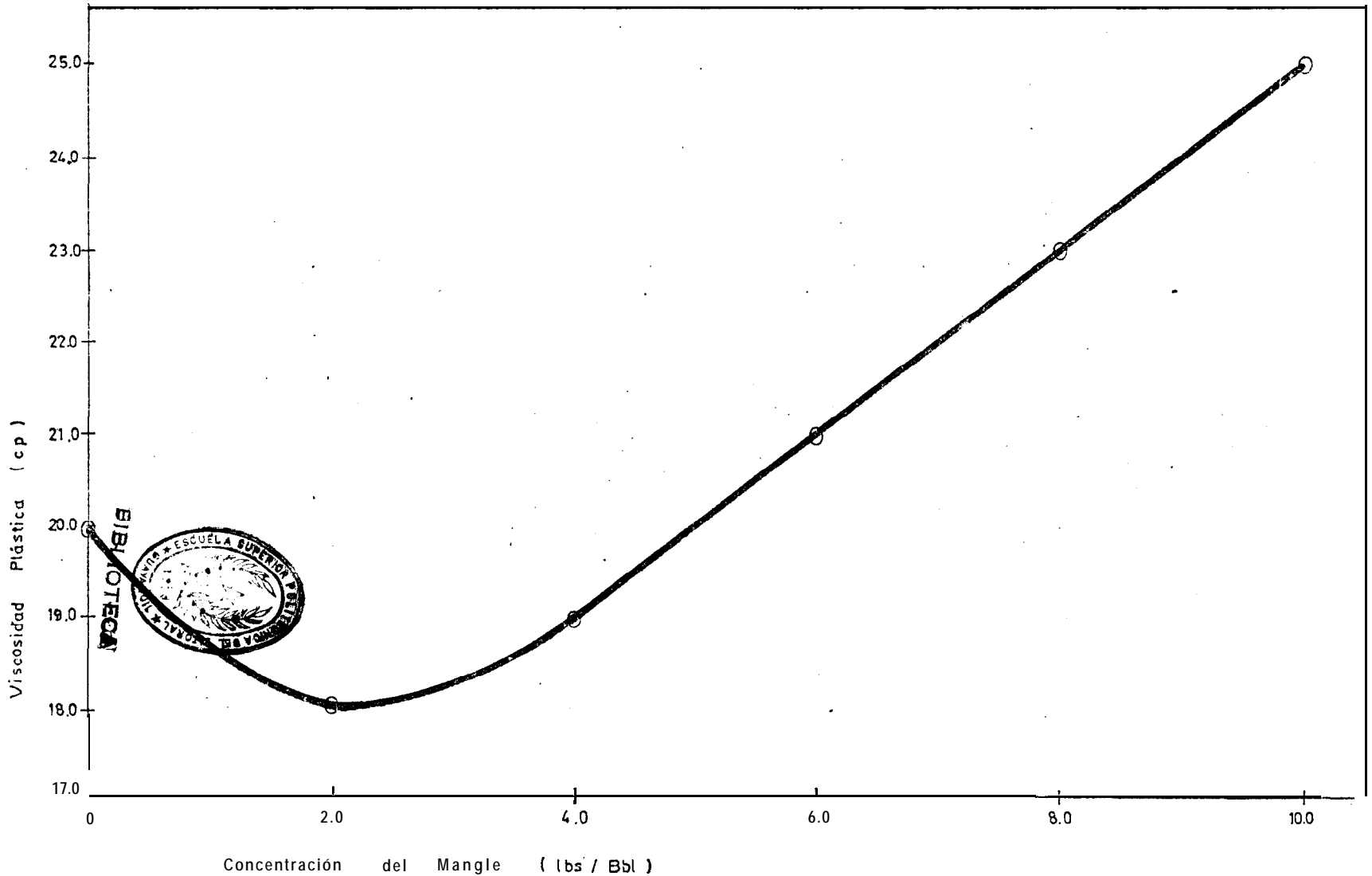


Figura N° 16 . PUNTO CEDENTE MINIMO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 22% DE ARCILLA (Tabla N° 6)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

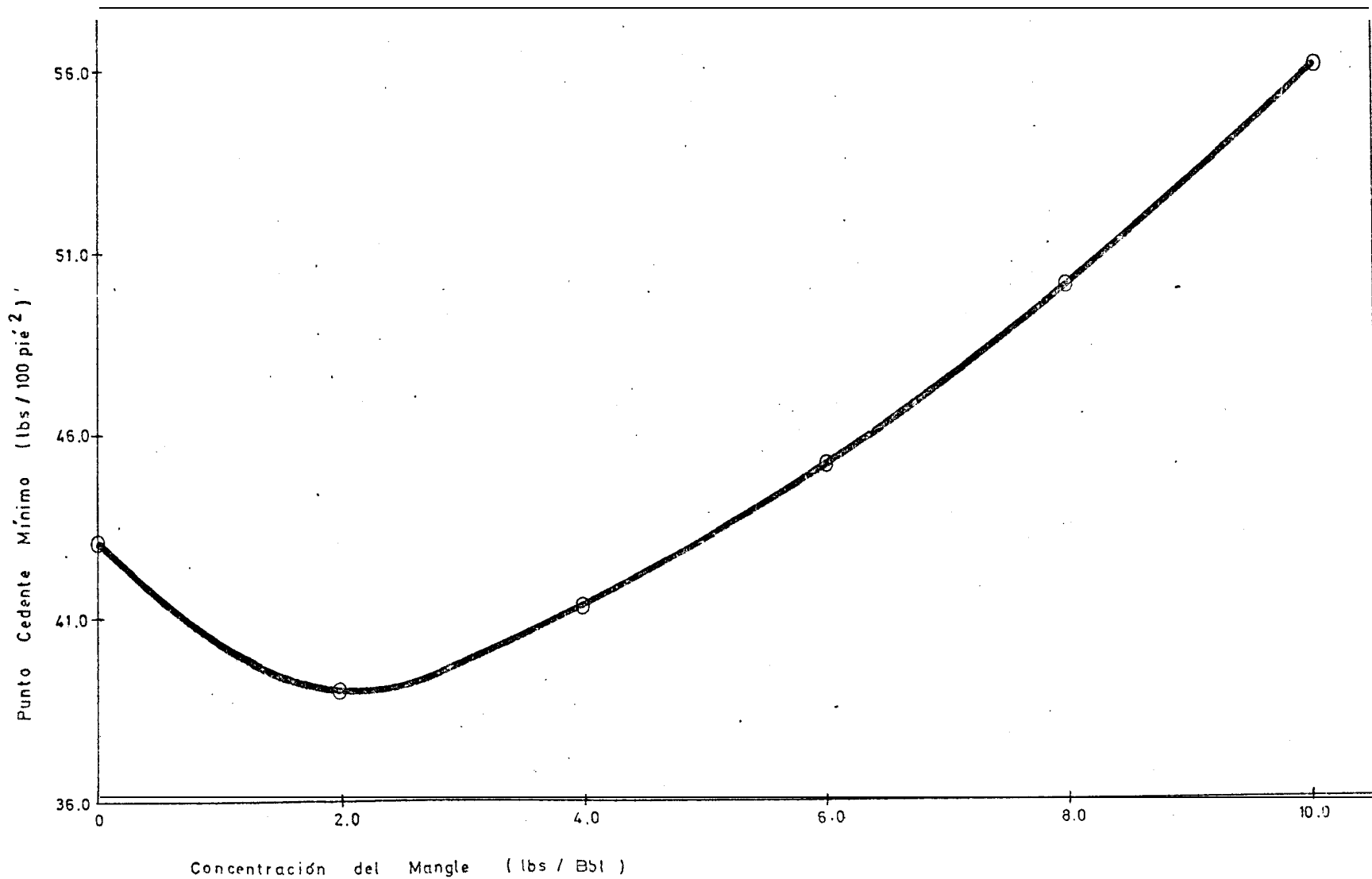
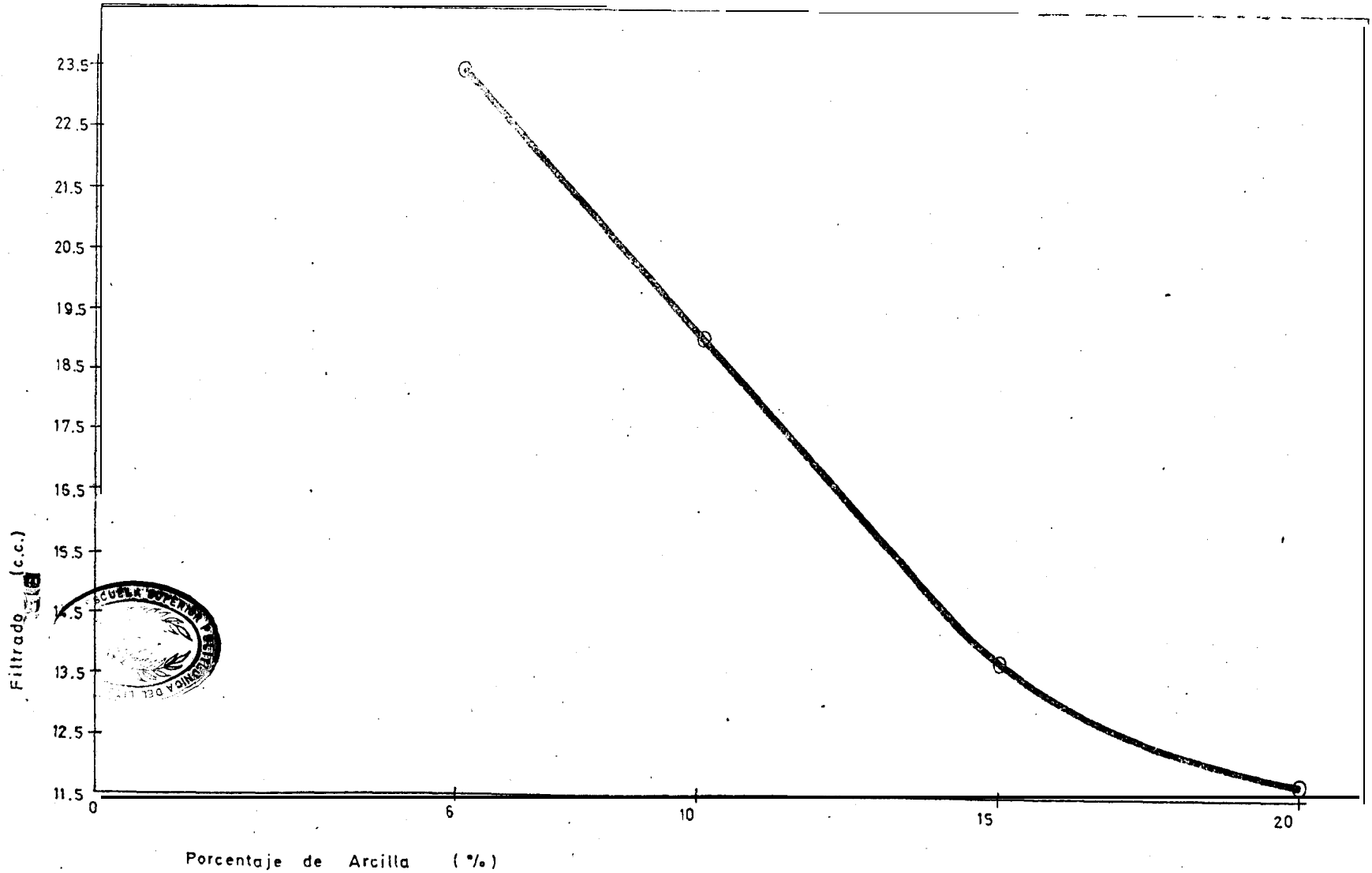
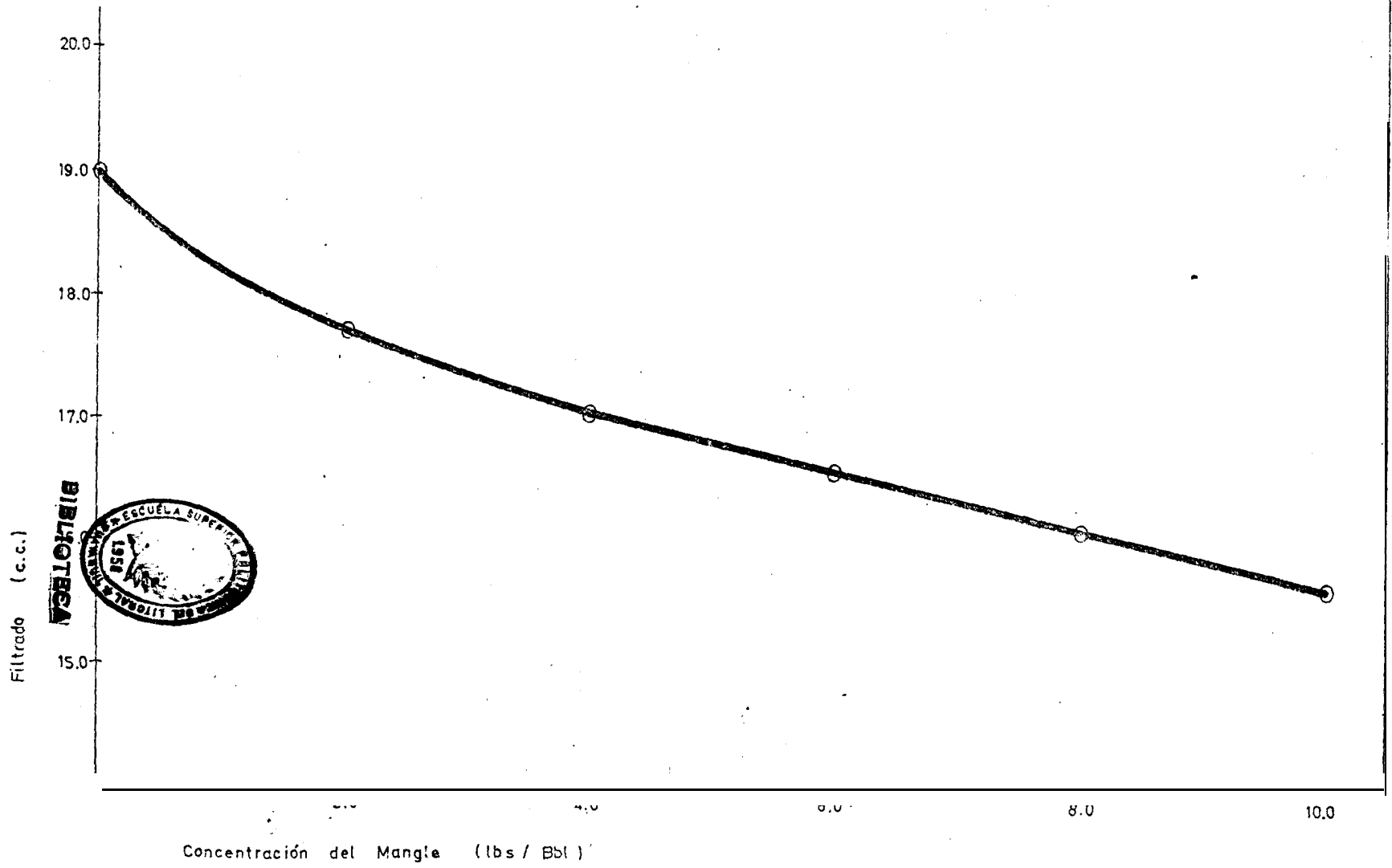


Figura N° 17. FILTRADO VS. PORCENTAJE DE ARCILLA

LODOS PREPARADOS SIN HADER AGRICADO MUY BUE (Primeros valores de Tablas N° 2, 3, 4 y 5)





Filtrado (c.c.)



Concentración del Mangla (lbs / Bbl)

Figura N° 20. FILTRADO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 15% DE ARCILLA (Tabla N° 4)

AGREGANDO MANGLE EN POLVO

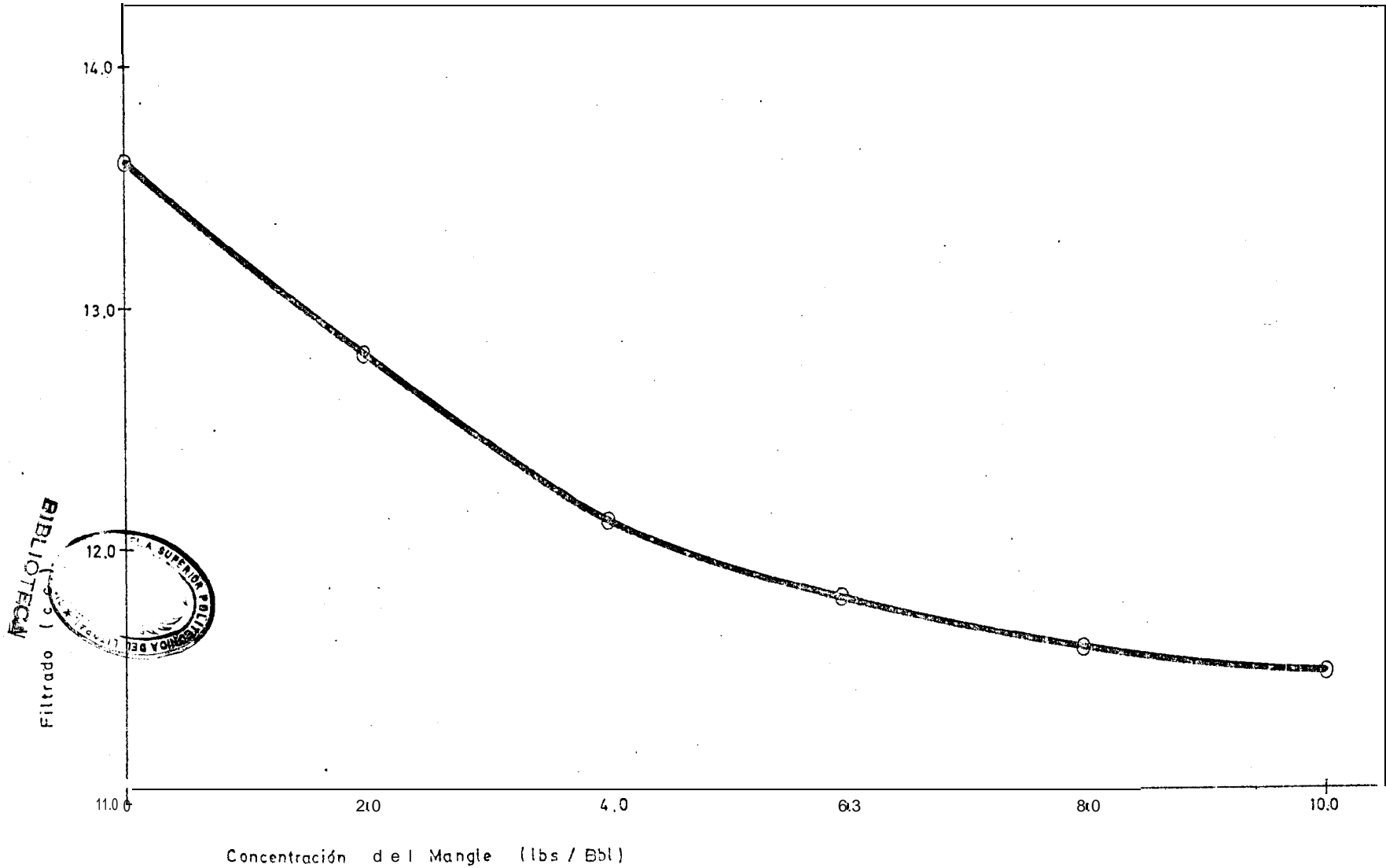


Figura N° 21 FILTRADO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 20% DE ARCILLA (Tabla N° 5)
AGREGANDO MANGLE EN POLVO

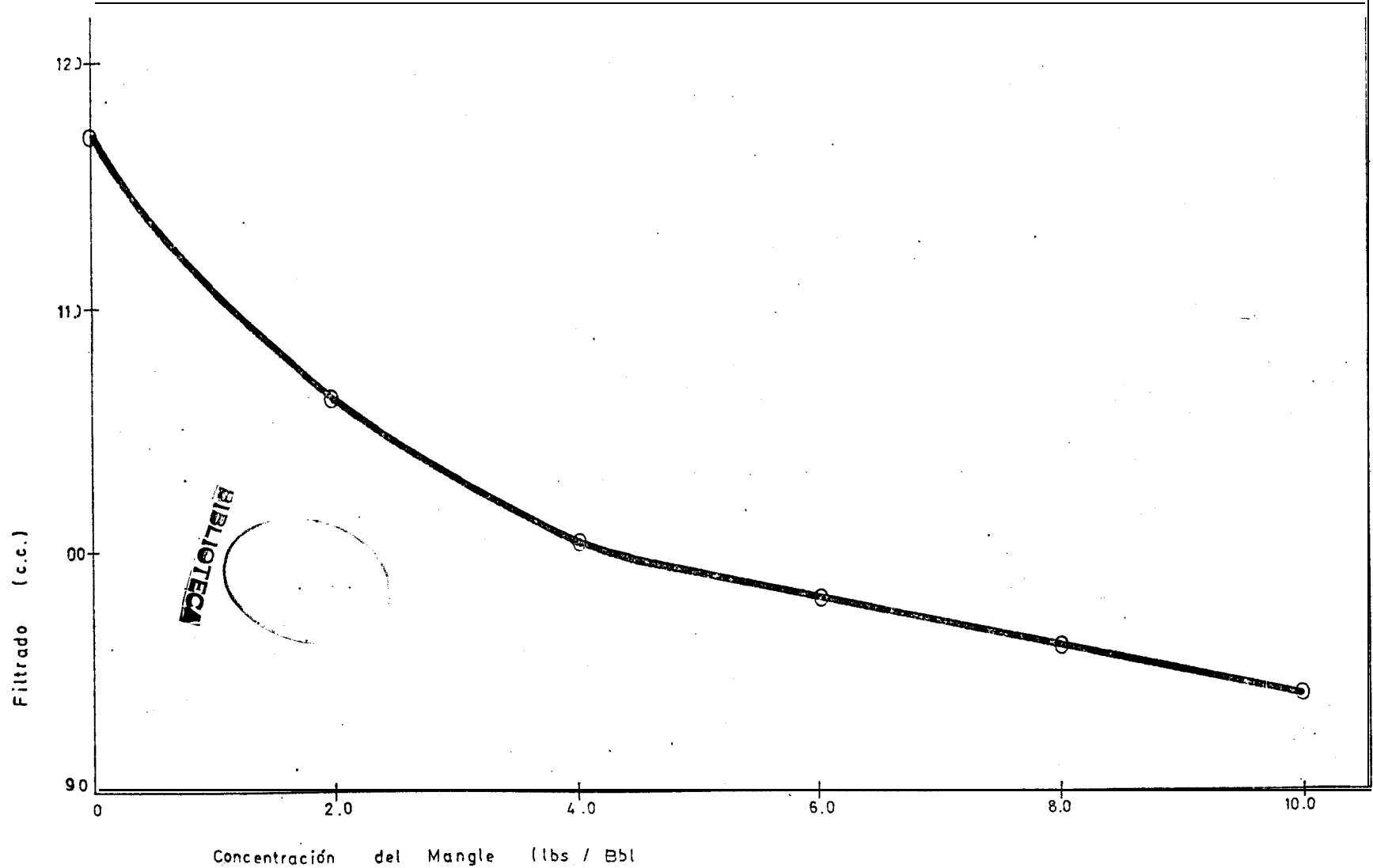


Figura N^o 22 . FILTRADO VS. CONCENTRACION DEL MANGLE

LODOS PREPARADOS AL 20 % DE ARCILLA (Tabla N^o 7)

PRUEBAS REALIZADAS EN FILTRO-PRENSA DE ALTA PRESION Y ALTA TEMPERATURA

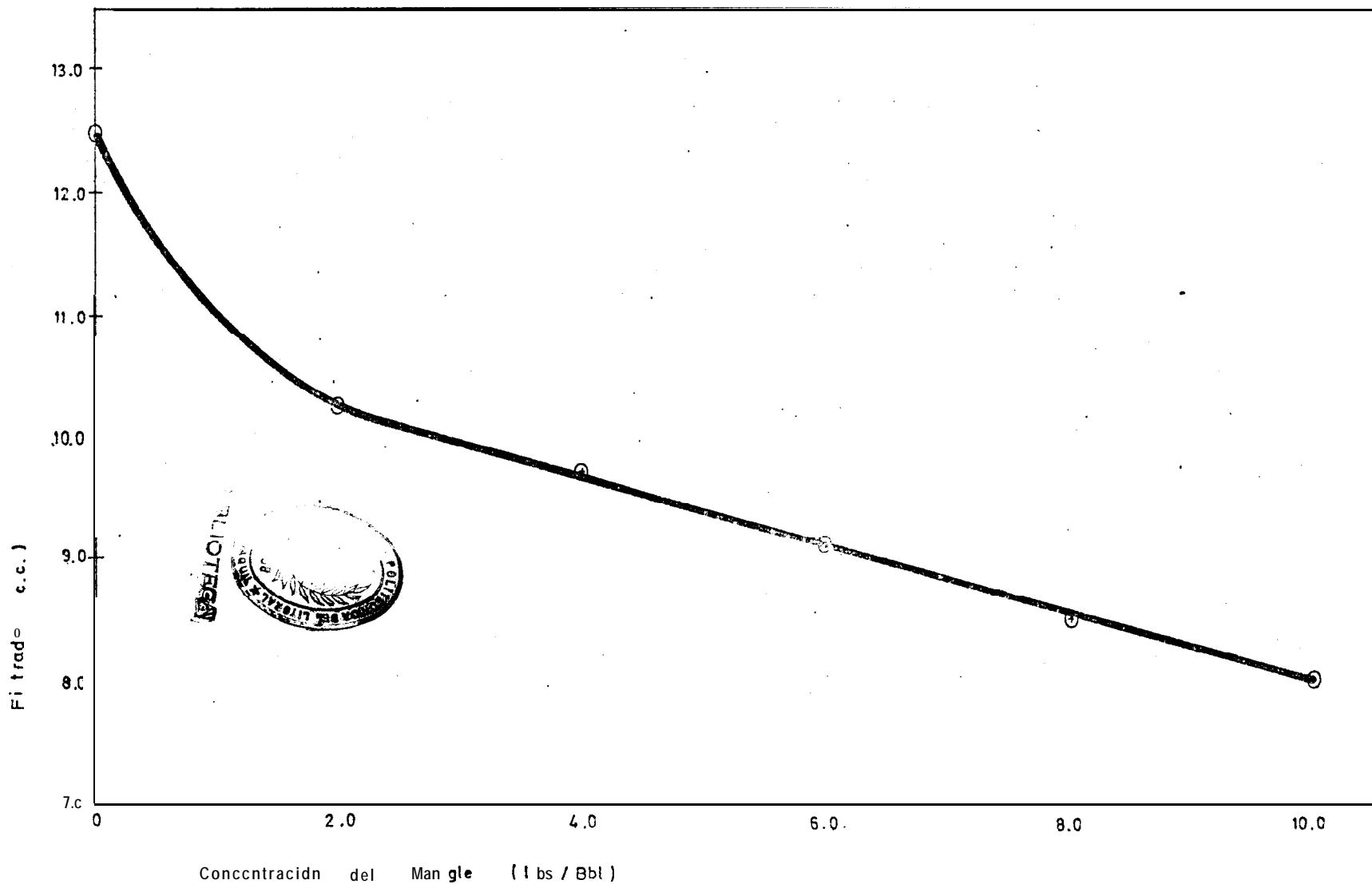


Figura N° 23 . FILTRADO VS. TIEMPO

LODOS PREPARADOS AL 20% DE ARCILLA (Tabla N° 7)
PRUEBAS N° 1,3y 5 REALIZADAS EN FILTRO-PRESA DE ALTA PRESION Y ALTA TEMPERATURA

1

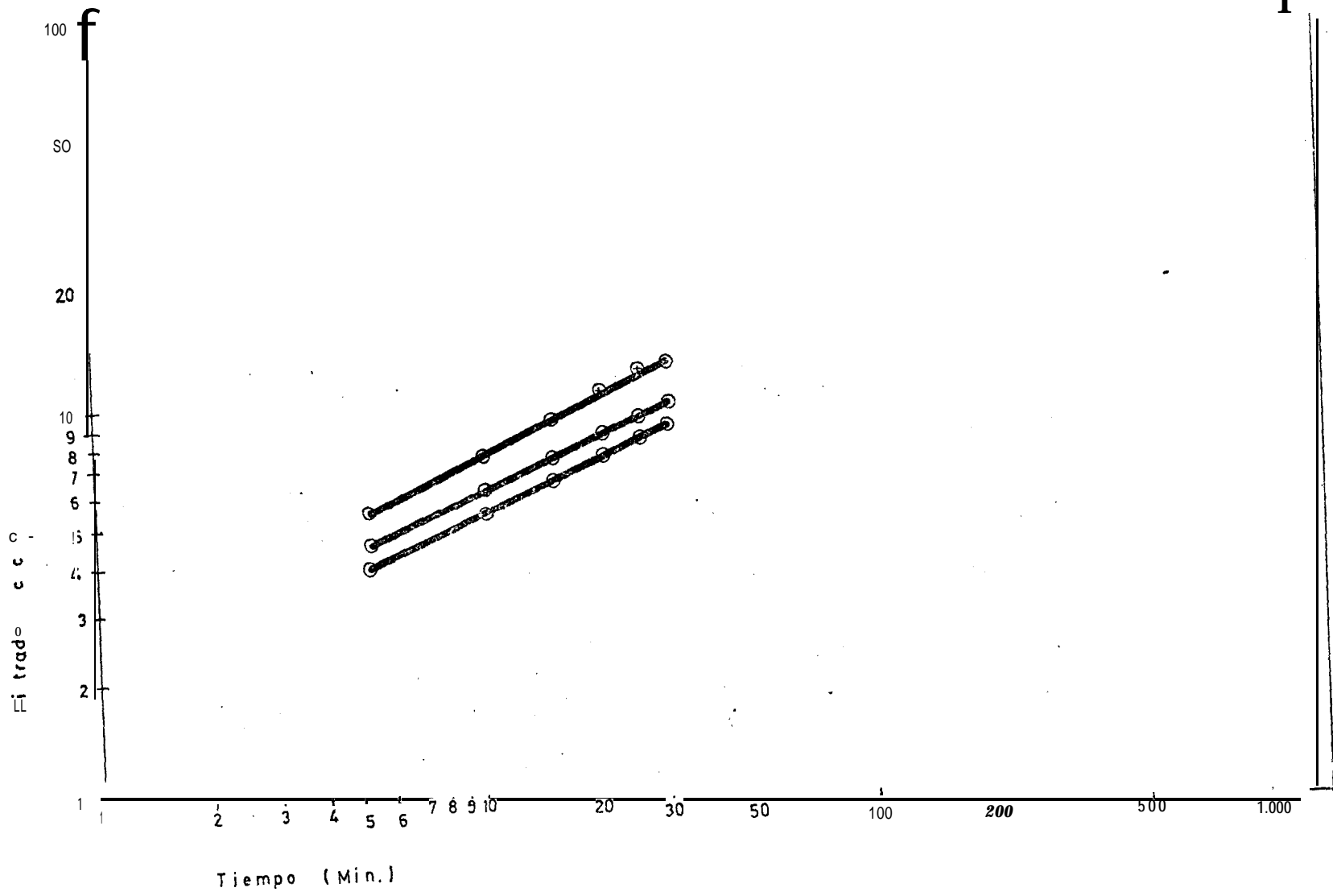


Figura N° 24 . FILTRADO VS. TIEMPO

LODOS PREPARADOS AL 20 % DE ARCILLA (Tabla N° 7)

PRUEBAS N° 2, 4 y 6 REAUZACAS EN FILTRO-PRESA DE ALTA PRESION Y ALTA TEMPERATURA

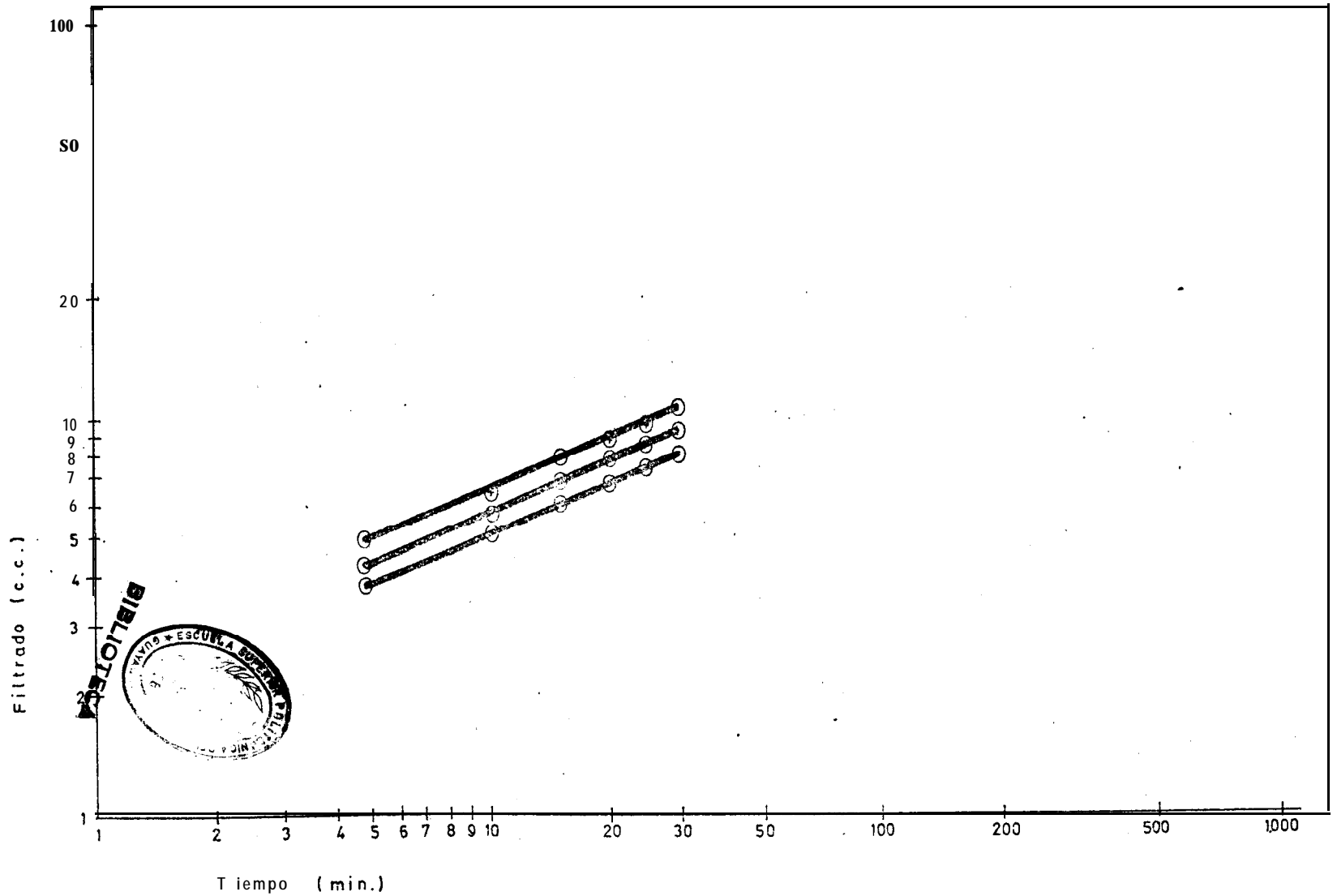
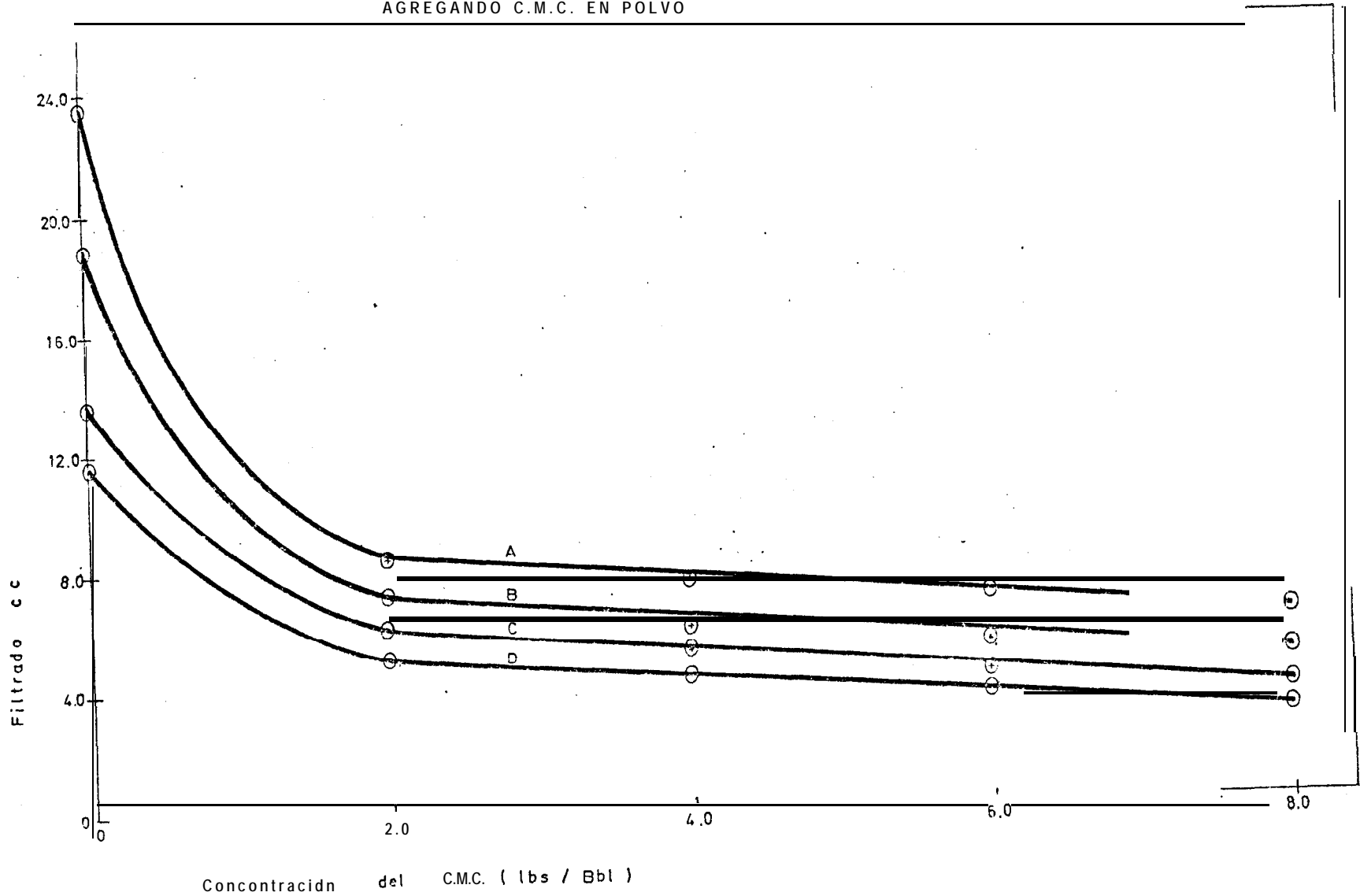


Figura N° 25 . FILTRADO VS. CONCENTRACION DEL C.M.C. (Tabla N° 8)

LODOS PREPARADOS AL 6, 10, 15, y 20% DE ARCILLA
AGREGANDO C.M.C. EN POLVO



APENDICE "A"

DETERMINACION CUANTITATIVA DE TANINOS PRESENTES EN LA MUESTRA DE

MANGLE.- Para llevar a cabo la determinación del porcentaje de taninos presentes en el mangle se utilizó el método recomendado por la A.O.A.C.²² (Association -of- Official Agricultural Chemists).

En resumen el método consiste en la titulación de una solución de mangle, utilizando la solución de permanganato valorada.

La técnica de este análisis químico requiere de los siguientes reactivos:

- Solución de ácido oxálico 0.1N
- Solución de $KMnO_4$ valorada
- Solución de Indigo Carmin (Indicador)

Pues bien una vez que se tiene listo los reactivos citados, se procede con los pasos establecidos por el método en mención. Luego, mediante los valores obtenidos en la titulación, se determina el porcentaje de taninos al aplicar la fórmula:

$$t = 2.9634$$

(V_M B_M LIB_M B_M T_M E_M C_M A_M)

A.1

Donde:

2.9634 = Constante

V_M = Volumen de solución de permanganato gastados para titular la solución que contiene mangle.

V_B = Volumen de solución de permanganato gastados para titular el ensayo en blanco.

t = Porcentaje de taninos contenidos en la muestra.

Entonces al haber realizado por tres ocasiones, el análisis químico respectivo, se obtuvo los siguientes resultados parciales:

$$V_{M1} = 10.9 \text{ c.c.}$$

$$V_{B1} = 2.70 \text{ c.c.}$$

$$V_{M2} = 10.9 \text{ C.C.}$$

$$V_{B2} = 2.70 \text{ c.c.}$$

$$V_{M3} = 10.8 \text{ c.c.}$$

$$V_{B3} = 2.70 \text{ c.c.}$$

$$V_M = 32.6/3 = 10.8666 \text{ C.C.}$$

$$V_B = 2.70 \text{ c.c.}$$

Finalmente mediante la fórmula A.1 se obtiene:

$$t = 2.9634 (10.8666 - 2.70) = 2.9634 (8.1666)$$

$$t = 24.20\%$$

Por lo tanto **24.20** es el porcentaje de taninos presentes en la muestra de mangle analizada en el laboratorio químico de la ESPOL.

APENDICE "B"

ANALISTSECONOMICO DEL MANGLE EN EL ECUADOR

B.1. OBSERVACIONES GENERALES. - Uno de los principales recursos forestales ricos en taninos en el Ecuador, es el constituido por Ron manglares situados exclusivamente en las Provincias de la Región Costanera: Esmeraldas, Manabí, Guayas y **Et Oro**.

Del total vegetativo que constituye el manglar, el 99% aproximadamente, está formado por el verdadero mangle comercial o mangle rojo (rhizophora) y el resto por otras especies²: mangle blanco o comedero (laguncularia racenosa), mangle negro o mangle salado (avicenia nitida), mangle jeli (conocarpus erectus), etc. Todas las variedades del mangle son específicamente halofílicas en alto grado, es decir que viven en presencia del agua marina.

EL mangle es rico en taninos en todos sus órganos y principalmente en su corteza, razón por la que, se lo explota en varios países para el sector industrial, especialmente en las curtiembres; en este sentido los manglares de la Costa Ecuatoriana constituyen grandes reservas natural

les de taninos que pueden ser explotados para las diferentes industrias, y por que no decirlo para la industria petrolera.

Para orientar al interesado sobre el contenido de taninon de la corteza de mangle verdadero, a continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos en los laboratorios de la Politécnica Nacional (Febrero de 1959).

TABLA CE ANALISIS TANICO DEL MANGLE AL RHIZOPHORA MANGLE L.

CLASE DE MUESTRA	HUMEDAD %	EXTRACTO TOTAL	TANINO %
1. Corteza de árbol joven: de 12 cm. de diámetro sobre las raíces zancos	45.2	30.3	52.7
2. Corteza de árbol maduro: 50 cm. de diámetro sobre las raíces zancos	38.8	38.0	52.9
3. Corteza de troncos maduros y viejos: de más de 60 y 70 cm. de diámetro sobre las raíces zancos	19.8	48.0	48.4

4. Cortezas de ramas de manglar secundario 0 joven	50.0	33.0	51.2
5. flojas de mangle, de los ejemplares de la muestra 4	62.3	32.0	21.9

B.2. PRINCIPALES AREAS INVENTARIADAS EN EL ECUADOR.- La Costa Ecuatoriana es rica en manglares y el desarrollo que el verdadero mangle alcanza en varias secciones es casi fantástico pues en ningún otro manglar del mundo existen ejemplares tan corpulentos como los aquí encontrados; siendo en la actualidad las principales áreas inventariadas las siguientes:

PROV. ESMERALDAS:

El estuario del Río Santiago, Río San Lorenzo y Limones hasta La Tola. Desembocaduras de los Ríos Esmeraldas, Atacames, Bahía de Muisne.

PROV. MANABI:

Cojimies y Bahía de Caráquez

PROV. GUAYAS:

Golfo de Guayaquil e Isla Puná

PROV. EL URO:

Puerto Bolívar y Santa Rosa



De todas estas áreas citadas, las más importantes están si tuadas en la Prov. de Esmeraldas, abarcando alrededor de 200 Km² de superficie, siendo por lo tanto la sección costanera más rica el Ecuador en esta clase de formaciones de manglares rojo.

- 8.3. LIGERO ANALISIS ECONOMICO.- Mediante el proceso rudimentario para obtener la corteza o cáscara; el costo de su quintal sería aproximadamente en la actualidad de S/. 20,00 en el sitio de producción. Por lo tanto al considerar el costo total por compra, pesada, liada, embarque e impuesto a bordo, la materia prima puesta en el puerto de Esmeraldas se la obtendría alrededor de S/. 30.00.


Como una sugerencia de parte del autor de este trabajo de tesis, se recomienda en lo futuro realizar el estudio económico detallado para obtener el costo del aditivo a nivel comercial, justificando de esta manera su uso en la industria petrolera. Para ello se requiere tomar en consideración el sencillo proceso que a partir de la corteza se necesita para llegar a obtenerlo en polvo, es decir: trituración, secada, molida y tamizada.

· APENDICE "C"

RELACION ENTRE LAS UNIDADES VE CAMPO Y LAS DEL LABORATORIO DE FLUIDOS VE PERFORACION.- Debido a que prácticamente sería imposible trabajar en el Laboratorio con las unidades comunes de campo se ha establecido una relación, que se ajusta a la realidad:

Lo que en el campo equivale a un barril de fluido, en el Laboratorio será 350 cc. del mismo fluido. De la misma manera 1 Lb de aditivo en el campo corresponde a 1 gr. del mismo aditivo en el laboratorio.

Por lo tanto cuando a través de un trabajo experimental (como en el caso de esta tesis) se esté hablando de concentraciones de una determinada cantidad de Lbs/Bbl, eso correspondería a una concentración obtenida en el Laboratorio con esa cantidad de gr/Bbl o gr por cada 350 cc. de fluido.

Ej.: Si se ha manifestado un  un párrafo que habla de una concentración de 10.0 Lb/Bbl., eso sería la manera de expresar que en el Laboratorio se ha agregado 10.0 gr del aditivo correspondiente por cada 350 cc. del fluido ya preparado.

APENDICE "D"

MANERA DE PREPARAR UN LODO A UN DETERMINADO PORCENTAJE DE ARCILLA. - Al haber manifestado en el apéndice anterior la relación entre las unidades de campo y las del laboratorio, se puede fácilmente explicar la forma correcta de la preparación de lodos a un porcentaje de arcilla dado.

Pues bien cuando se esté hablando de lodos preparados al 6% de arcilla, significa que la cantidad de gr necesarios de arcilla para obtener lodos a ese porcentaje se la obtiene así:

Por cada 100cc. de agua se agrega 6gr de arcilla, luego por cada 350cc. de agua se agrega x gr de arcilla.

Entonces:

$$x = \frac{350 \text{ cc.} \times 6 \text{ gr}}{100 \text{ cc.}} = 21 \text{ gr. de arcilla}$$

Osea que para obtener un lodo preparado al 6% de arcilla se tendría que añadir 21 gr de arcilla por cada 350 cc. de agua. De la misma manera se procede con los otros lodos preparados a los diferentes porcentajes de arcilla.

NOMENCLATURA

w_f = Peso final del lodo, Lbs

w_{Ag} = Peso del agua, Lbs

w_{Arc} = Peso de la arcilla, Lbb

x = Porcentaje o fracción de la arcilla utili
zada.

V_f = Volúmen del lodo, Gal

V_{Ag} = Volumen del agua, Gal

V_{Arc} = Volumen de la arcilla, Gal

D_{Ag} = Densidad del agua, Lbs/Gal

D_{Arc} = Densidad de la arcilla, Lb/Gal

$(SG)_{Arc}$ = Gravedad específica de la arcilla, adimencional.

y = Rendimiento de la arcilla, Bbl/Ton

V_p = Viscosidad plástica, cp

V_a = Viscosidad aparente, cp

y_p = Punto cedente, lb/100 pie²

V_f = Volumen de filtrado, cc.

c = Constante de la Ecuación de volumen de fil
trado.

AP = Diferencial de presión aplicada en filtro
prensa, psi.

t = Tiempo que dura la prueba, Min.

M = Viscosidad del lodo,


BIBLIOTECA

K_t = Constante considerando al tiempo como una
variable

V_{f1} = Volumen de filtrado, en cc. considerando a
un tiempo t_1 .

V_{f2} = Volumen de filtrado, en CC. a un tiempo t_2

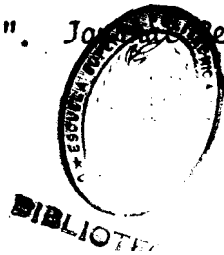
K_P = Constante al considerar el diferencial de presión como variable.

K_u = Constante cuando la temperatura y la viscosidad son consideradas como variable.

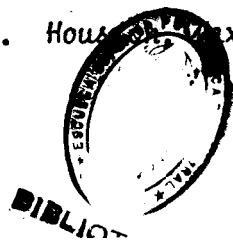
BIBLIOGRAFIA

1. HENRIQUEZ, A., MACHADO, G. Y PARRA, D. "El mangle como aditivo a los lodos de perforación". Trabajo especial de grado. Universidad de Zulia, Maracaibo-Venezuela, 1965.
2. GONZALEZ, N. Y LUGO, E. "El mangle como aditivo a los lodos de perforación". Trabajo especial de grado. Universidad de Zulia, Maracaibo-Venezuela. 1966.
3. LOPEZ, M., LUDOVICH, S. "El mangle como aditivo a los lodos de perforación". Trabajo especial de grado. Universidad de Zulia, Maracaibo-Venezuela. 3 9 3 7 .
4. McCRAY, A. & COLE F. "Tecnología de la perforación de Pozos Petrolíferos". Edición Tercera en español. Compañía Editorial Continental, Cap. 7, Pag. 103, 1970.
5. PETROLEUM EXTENSION SERVICE. "Fundamentos de Perforación 7. " Edición Primera. Universidad de Texas, División de Extensión. 1961.
6. ACURERO, L. "Guía para las prácticas sobre lodos de perforación". Universidad de Zulia, Maracaibo-Venezuela. 1972.
7. GATLIN, C. "Petroleum Engineering: ~~Drilling~~ and well completions". Edición Primera. Prentice-Hall, Inc. Cap. 6 . Pag. 70, 1960.

8. RUSAS, E. Traducción de "Mud Engineering Magcobar Complete Drilling Service" .. Mejico, 1964.
9. ROGER, W. F. "Composition and Properties of oil well drilling Fluids". Third Edition. Gulf Publishing Compaq, Houston, Texas, 1 9 6 3 .
10. UREN, L. CH. "Ingeniería de Producción de petróleo : Desarrollo de los campos petroleros ". Traducción de la edición cuarta. Compañía Editorial Continental, S.A., Cap. 8, 'Pag. 311, 1969.
11. REED, C.E. "Recent advances in knowledg e of the colloidal properties of clay suspensions and gels". Trans. Aieme 1938. Pag. 240.
12. CAMBEFORT, H. "Perforaciones y Sondeob ". Edición Segunda. Ediciones Omega, S.A. Capítulos 2 y 3, 1962.
13. GARRISON, A.V. "Surface Chemistry of Clays and Shales". Trans. Aieme 7939. Pag. 191. .
14. BROUGHTON, G. AND HAND, R. S. "Viscosity Characteristics of clay in connection with drilling muds". *Journal of Petroleum Technology*. Nov. 1938.



15. GARRISON, A.D., TEN BRINK, K.C. AND ELKINS, P.B. "Dispersion of clays and shales by fluid motion." *Trans. Aieme* 1940. Pag. 195.
16. GARRTSON, A.D. AND TEN BRINK, K.C. "A study of some phases of chemical control in clays suspensions ." *Trans. Aieme* 1940. Pag. 175.
17. CRAFT, 8. C., HOLDEN, W. R. AND GRAVES, E.V. "Well Desing : Drilling and Production". Edición Primera. Pretince-Hall Tng.' Pag. 16,17,31,32,33. 1962.
18. LOOMIS, A.G. , FORD, T.F. AND FIDIAM, J.F. "Colloid Chemistry of Clay Drilling Fluids." *Trans. Aieme* 1941. Pag. 86.
19. CARVOSO, N.E. "Normas para la manipulación de equipo de laboratorio de fluidos de perforación." Universidad de Zulia, Maracaibo-Venezuela, 1967.
20. ZABA, J. AND DOHERTY W.T. "Practical Petroleum Engineering Handbook". Fifth Edition. Gulf Publishing Company. Houston, Texas. 1970.
21. BAROID VIVTSTON N.L. INDUSTRIES, TNC. "Apparatus and Procedure for the Field testing of drilling muds". Houston, Texas, 1975.



22. HORWITZ, W "Official Methods of Analysis Agricultural Chem-
&& (A.O.A.C.)". Ninth Edition. Editorial Board. Pag. 406,
1960.

23. ACOSTA SOLIS M. "Los manglares del Ecuador". Editado por el
Instituto Geográfico Militar. Quito - Ecuador pag. 21, 7959.