

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO

Grado  
Dic 28/81  
7. P.M.

T  
553.61  
5588  
C.2

"ESTUDIO DE LAS ARCILLAS DE LA ZONA DE CHARASOL (CAÑAR)  
PARA LA UTILIZACION EN FLUIDOS DE PERFORACION"

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO DE PETROLEO

PRESENTADA POR:  
VICENTE SIMBALA CUN

GUAYAQUIL-ECUADOR  
1.981

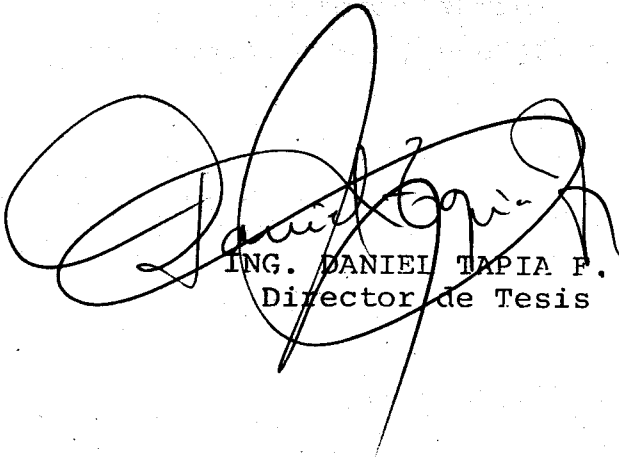
## AGRADECIMIENTO

Al ING. DANIEL TAPIA F.  
Director de tesis, por su  
valiosa ayuda y colabora-  
ción para la realización  
de este trabajo de inves-  
tigación.

Al ING. EUGENIO NUÑEZ DEL  
ARCO. Mi reconocimiento a  
su eficaz cooperación.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES  
A MIS HERMANOS  
A MIS FAMILIARES  
A MIS COMPAÑEROS  
DE PROMOCION

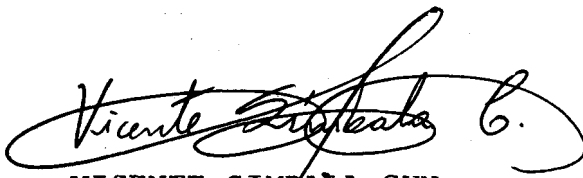
A highly stylized, cursive handwritten signature in black ink, featuring large loops and overlapping strokes. The signature is positioned above the typed name and title.

ING. DANIEL TAPIA F.  
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas ex  
puestos en esta tesis son de mi exclusiva  
responsabilidad y que el patrimonio inte  
lectual de la misma corresponde a la ES-  
CUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profe-  
sionales de la ESPOL).



VICENTE SIMBALA CUN

## RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el estudio de arcillas bentoníticas con la finalidad de determinar su utilidad para preparar fluidos de perforación de pozos para hidrocarburos. Las bentonitas objeto de estudio, fueron colectadas tanto de la zona de Charasol como de otros yacimientos de la región de Cañar, diferentes a los estudiados en otros trabajos de esta índole.

Estas arcillas han sido localizadas en mapas topográficos del área citada, y analizadas en forma detallada para lo cual se realizaron las pruebas concernientes al carácter de esta investigación tales como comportamiento reológico, análisis granulométrico, pruebas API, etc. que son las que determinan la aplicación o no de la bentonita para su utilización en fluidos de perforación.

Todos estos análisis se los realizó con materiales bentoníticos al estado natural y también cuando fueron activados, y los resultados de dichas pruebas han sido respectivamente tabulados y graficados para un mejor entendimiento e interpretación de los mismos.

Finalmente, se hace una discusión de resultados para cada arcilla al igual que se establecen las conclusiones y recomendaciones del caso.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
REVISION DE LITERATURA	4
CAPITULO II	
CONSIDERACIONES TEORICAS	8
CAPITULO III	
ESTUDIO EXPERIMENTAL	20
3.1. Localización de las arcillas en territorio nacional.	20
3.2. Análisis granulométrico	24
3.3. Análisis químico	26
3.4. Características reológicas del fluido preparado con estas arcillas.	27
3.5. Pruebas de laboratorio	31
CAPITULO IV	
ANALISIS ECONOMICO DE APLICACION	33
CAPITULO V	
TABLAS, GRAFICOS, DISCUSION DE RESULTADOS	35
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	168
APENDICES	171
I. MAPAS	172
INDICE DE ABREVIATURAS	175
BIBLIOGRAFIA	177

## INTRODUCCION

Desde hace años se ha tenido conocimiento de la existencia de yacimientos de arcilla en la región de Cañar.

En tal razón, con la finalidad de encontrar depósitos bentonínicos en dicha zona y determinar su posible utilización en - fluidos de perforación, se ha llevado a efecto este trabajo de carácter netamente investigativo

Cabe destacar que los yacimientos bentoníticos aquí estudiados son en su totalidad, salvo la bentonita de Charasol, diferentes a los incluidos en trabajos anteriores que perseguían un objetivo similar a éste. Además, se ha tratado de realizar un análisis experimental más detallado y completo de estas arcillas con el fin de tener un conocimiento sólido de las mismas para establecer su aplicación o nó en la industria petrolera, más aún hoy en día en que se ha impulsado mayormente la exploración y explotación de nuevos yacimientos de hidrocarburos tanto en la región costera como en la región amazónica.

Todas las arcillas materia de este análisis han sido primeramente localizadas en un mapa topográfico de la zona de interés, para así tener información de su procedencia. Así mismo, todas ellas fueron sometidas a métodos de secamiento, triturau



ción y tamización convencionales a fin de acondicionarlas apropiadamente y poder realizar todas las pruebas y análisis de laboratorio requeridas.

También se ha efectuado el análisis granulométrico a fin de determinar la distribución del tamaño de las partículas de arcilla y de esta manera entender y estimar mejor su comportamiento dentro de la preparación de los fluidos.

La parte medular de esta investigación lo constituye el análisis detallado del comportamiento reológico de las bentonitas en cuestión, es decir, la determinación de la mayoría de las características y propiedades fundamentales de los lodos de perforación preparados con estas arcillas, lo que contribuye categóricamente para afirmar si sirven o no para este propósito.

Las principales pruebas o especificaciones para bentonitas recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo tienen cumplida realización para todas las muestras objeto de estudio.

Se ha realizado también un estudio de las propiedades de la bentonita importada utilizada por las compañías petroleras en el territorio nacional.

Debo agregar que todos los análisis y pruebas experimenta-

les se los realizó íntegramente en los laboratorios de Mecánica de Suelos y Fluidos de Perforación en la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Finalmente, y como se manifestó anteriormente este trabajo ha sido orientado desde el punto de vista netamente de investigación, por lo que los capítulos teóricos subsiguientes se han desarrollado en una forma concisa y tratando de no abundar en literatura que al respecto existe en muchos textos y manuales de autoridad indiscutible.

## CAPITULO I

### REVISION DE LITERATURA

El uso de la bentonita o arcilla bentonítica no fue iniciado sino hasta 1929. Ese año sus usos fueron patentados por Cross, bajo el N° 1943.584, y por Hart según patente N° - 1991.637, que cubría además las arcillas bentoníticas con óxido de magnesio y la arcilla bentonítica, aditivo de suspensión y gelatinización para lodos a base de agua. Desde el año de 1931 el progreso en el arte de preparar y analizar el lodo de perforación toma rápido incremento. Se realizan estudios de la estructura y propiedades de la bentonita, para ser usada en el fluido de perforación.

En 1938, E.A. Sawdon descubre la determinación de las propiedades químicas del lodo, y desde aquí en adelante el progreso logrado ha consistido en el mejoramiento de la técnica de medir las propiedades físicas y químicas y de hacer estudios de las características de los lodos usados en la industria, y de aquellos que tengan probabilidades de uso en la perforación.

En la preparación y características de los lodos de perforación se nota una decidida inclinación por el uso de sustancias que, debidamente catalogadas según las normas de pureza ensayadas satisfactoriamente, tiendan a evitar las dificultades.

des factibles de ocurrir en la perforación debido al lodo mismo o a las propiedades físicas y químicas de las formaciones.

Refiriéndonos a los lodos de perforación, podemos decir que ellos son suspensiones de sólidos en soluciones acuosas, o en soluciones base petróleo. Los lodos base agua son usados mucho más extensivamente que los de base petróleo. Los fluidos de perforación básicamente están constituidos por las siguientes fases:

1. Fase líquida: agua dulce o salada o emulsión agua y petróleo.
2. Fase coloidal o reactiva: arcillas
3. Fase inerte: barita, arenas, cortes, etc.
4. Fase química: iones y sustancias en solución, las cuales originan las propiedades del lodo.

Las funciones principales del lodo son las siguientes:

- a) Extraer los cortes del fondo del pozo.
- b) Controlar las presiones de las formaciones atravesadas
- c) Enfriamiento y lubricación de la sarta de perforación.
- d) Mantener los cortes en suspensión cuando se interrumpe la circulación (Tixotropía).
- e) Proporcionar información sobre los estratos perforados.

f) Proporcionar protección a la formación productiva.

Los fluidos de perforación presentan ciertas propiedades fundamentales, que merecen un cuidadoso estudio y control para evitar las dificultades e inconvenientes que se presentan en las operaciones de perforación de pozos petroleros. Estas propiedades fundamentalmente son las siguientes: densidad, viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto cedente, esfuerzos de gelatinización, pérdida de filtración, valor de ph, etc.

CRITERIO DE UN BUEN LODO.- La química coloidal falla en ser una guía efectiva en el control de lodos de perforación, quizás por causa de que ella es la química de sistemas complejos. Ciertamente el hecho de que un lodo de perforación debe proporcionar un amplio rango y variedad de usos y funciones según los requerimientos y necesidades que se tengan, hacen difícil establecer un criterio general para considerar que tal o cual lodo es un buen lodo. Sin embargo se ha llegado a establecer que generalmente un buen fluido de perforación tendrá las siguientes propiedades:

1. Baja viscosidad compatible con la bombeabilidad y capacidad de acarreamiento de los cortes.
2. Estabilidad de la suspensión del material pesante, particularmente en lodos que pesan más de 12 lbs/galón.

3. Un alto grado de tixotropía. ✓
4. Una delgada y resistente costra de filtrado de baja permeabilidad.
5. Estabilidad de temperatura.
6. Alta resistencia a los electrolitos.
7. Buena respuesta a los agentes de tratamiento y control de propiedades.
8. Baja resistencia eléctrica. ✗
9. Capacidad para liberar cortes de mayor tamaño y liberar gas en la cantina de lodo.
10. Inmunidad a la acción química o bacterial.
11. Capacidad de retardar el hinchamiento de lutita "bentonítica" o "hinchable".
12. Bajo costo inicial y de mantenimiento.

↓

## CAPITULO II

### CONSIDERACIONES TEORICAS

Las arcillas han sido definidas un sinnúmero de veces, y entre estas definiciones podemos anotar algunas:

1. Un sólido con un diámetro equivalente de menos de 2 micrones.
2. Una partícula cargada eléctricamente capaz de absorber agua.
3. Un material que dá la apariencia de hinchamiento cuando agua es absorbida.

Químicamente las arcillas consisten de aluminosilicatos hidratados de extrema fineza y tamaño variable. Suspendidas en agua, las arcillas exhiben varios o diferentes grados de hinchamiento, dependiendo de su origen y de la naturaleza química y coloidal de cualquier otra sustancia presente. Cualquier arcilla natural dada viene ligada siempre con una cantidad de finida de metales disociables, generalmente cationes alkalinos o alkalino-terrosos. Estos cationes son fácilmente reemplazables uno por otro y por hidrógeno; una arcilla puede ser saturada con cualquier catión metálico por tratamiento repetido con una solución de la sal neutral correspondiente o hidróxi-do en el caso de un metal, o ácido en el caso de hidrógeno.

ORIGEN DE LAS ARCILLAS.- Las arcillas son materiales residuales resultantes de la meteorización de rocas o lutitas. La meteorización puede desintegrar rocas silicatadas o tomar rocas carbonatadas en solución dejando residuos arcillosos atrás o puede desintegrar lutitas, las que primariamente son arcillas compactadas. Los métodos y condiciones de meteorización, la temperatura, las condiciones climáticas, La presencia de minerales reactivos, todas se combinan para determinar el producto final o mineral de arcilla específico formado por el proceso de meteorización.

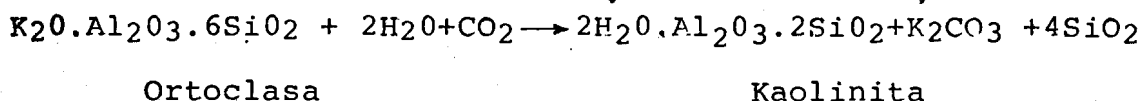
Más del 83% de la corteza de la tierra está compuesta de tres elementos: oxígeno, sílice y aluminio. Consecuentemente los productos de corrosión de la corteza son predominantemente silicatos aluminicos o compuestos de aluminio, sílice y oxígeno.

Si nosotros añadimos los compuestos de seis elementos- hierro, calcio, sodio, potasio, magnesio e hidrógeno, más de 98% de la corteza terrestre ha sido evaluada. Estos seis elementos, juntamente con los tres primeros, también aparecen en las arcillas. Alrededor del 4% de la litósfera puede ser clasificada como arcilla o lutita, 1% como caliza o arenisca y el 95% restante como rocas igneas intactas.

La meteorización química de las rocas igneas ha resultado por



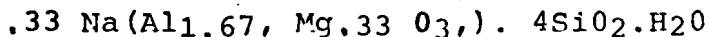
la mayor parte del ataque de dos sustancias, agua y dióxido de carbono atmosférico. Los feldespatos y hornblendas que componen la mayoría de las rocas ígneas, no son estables en la presencia de estos agentes atmosféricos y las reacciones que toman lugar son similares a la siguiente ilustración que es la reacción básica aceptada para la formación de arcillas.



**CARACTERISTICAS DE LA BENTONITA.**- Es una roca sedimentaria y el mineral en la roca es la montomorillonita, sin embargo los dos términos se emplean en la industria petrolera como sinónimos.

La bentonita se usa como elemento esencial en la preparación del fluido de perforación, es el encargado de originar la viscosidad del fluido. Además de la viscosidad y suspender el material de carga, los lodos del tipo de la bentonita producen un fluido que tiene una filtración baja.

Su fórmula química es muy compleja. En forma general se enuncia así:



**FORMACION DE LA BENTONITA.**- Es ampliamente aceptado por los geólogos que la gran mayoría de los depósitos bentoníticos han sido formados por la devitrificación y la alteración química de material ígneo vidrioso, generalmente toba o ceniza volcánica.

Tales depósitos resultaron de la erupción de volcanes, al ser las cenizas puestas en contacto con los gases corrosivos, éstas fueron atacadas en la superficie de sus partículas, siendo después desintegradas o subdivididas al asociarse con humedad. En el cretáceo y el terciario se presentaron tales condiciones en las áreas donde se presentan actualmente los depósitos de bentonita. El agua primeramente desintegró la ceniza en sílice hidratado y aluminio con propiedades coloidales. Las sales solubles fueron parcialmente absorbidas, siendo el resto arrastrado por el agua percolante. A partir de este estado o etapa vino el crecimiento incipiente de cristales formando un gran número de núcleos para finalmente tomar una apariencia o condición metacoloidal. La bentonita, pues, está constituida de materia coloidal, materia cristalina diminuta e impurezas incluidas.

**MINERALOGIA DE LA BENTONITA.**- La montmorillonita es el principal mineral de arcilla en la bentonita, y se presenta en partículas extremadamente pequeñas, lo que dificulta su información detallada la que está en parte basada en conside

raciones teóricas.

La montmorillonita consiste en una laminilla central octahédrica de (Al-OH) junto con dos laminillas tetrahédricas de  $\text{Si}_4\text{O}_{10}$ . Estos grupos son apilados uno encima de otro, con moléculas de agua absorbidas entre las capas estructurales. El contenido de agua es variable, causando que la montmorillonita se hinche cuando está saturada de agua. Considerable sustitución atómica es posible en el enrejado cristalino. Por lo tanto la composición química de los grupos de montmorillonita es excesivamente variable. Además la unidad de tres capas está cargada negativamente de modo que los cationes intercambiables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) pueden ser absorbidos entre las capas de la unidad. La capacidad de intercambio de la mayoría de las bentonitas está en el rango de 60 a 150 miliequivalentes por 100 gramos.

Las características de intercambio iónico desempeñan un importante papel en el control o influencia de las propiedades físicas de la bentonita. En general aquellas bentonitas que tienen el ion  $\text{Na}^+$  como el ión intercambiable dominante, tienen capacidades de hinchamiento muy altas y propiedades coloidales y aquellas bentonitas en que el ión  $\text{Ca}^{++}$  es el ión dominante tiende a hincharse un poco más que otras arcillas. Debido a sus altas propiedades coloidales, las bentonitas sódicas de alto hinchamiento son valiosas en lodos de perforación y otros

usos que requieren propiedades tixotrópicas. Las bentonitas cálcicas generalmente tienen poco valor para tales usos sin la beneficiación con la adición de soda ash u otros químicos, y aún cuando así tratadas, no son ordinariamente tan eficientes como las de tipo sódicas.

Todas las bentonitas contienen impurezas de mineral, que varían considerablemente en tipo y cantidad presente. Los minerales no arcillosos comunes en la bentonita son los feldespatos, biotita, cuarzo, piroxeno, circón y varios otros minerales típicos de rocas volcánicas.

CLASIFICACION DE BENTONITAS.- Podemos clasificar a las bentonitas de acuerdo a sus capacidades de hinchamiento cuando son humedecidas o agregadas a agua:

La bentonita sódica que tiene el  $\text{Na}^+$  como el ión intercambiable dominante, posee altas capacidades de hinchamiento y forma masas semejantes a gel cuando es agregada al agua. Actualmente, la bentonita comercial no es montmorillonita sódica pura. Se ha estimado que la mejor bentonita contiene alrededor de 60 a 70% de montmorillonita sódica. El otro 40% podría ser montmorillonita cálcica u otras arcillas de bajo rendimiento, tal como kaolinita. La bentonita sódica es un material semejante a una placa, que es a menudo comparada con las páginas de un libro. Las placas son delgadas y el tamaño to

tal de la partícula puede ser menor que 0.1 de un micrón.

La bentonita cálcica que tiene el  $\text{Ca}^{++}$  como el ión intercambiable dominante, posee mucha menor capacidad de hinchamiento que las variedades sódicas. Varias bentonitas cálcicas se hinchan un poco más que las arcillas comunes y la mayoría se desmorona en masas granulares en el agua.

La molécula de bentonita está ilustrada en la siguiente figura (fig. A). La plaquita de arcilla está cargada negativamente y tiene una nube de cationes asociados con ella. Si estos cationes son primordialmente  $\text{Na}^+$ , la bentonita es una de tipo sódica, si son principalmente iones  $\text{Ca}^{++}$ , entonces es una bentonita cálcica.

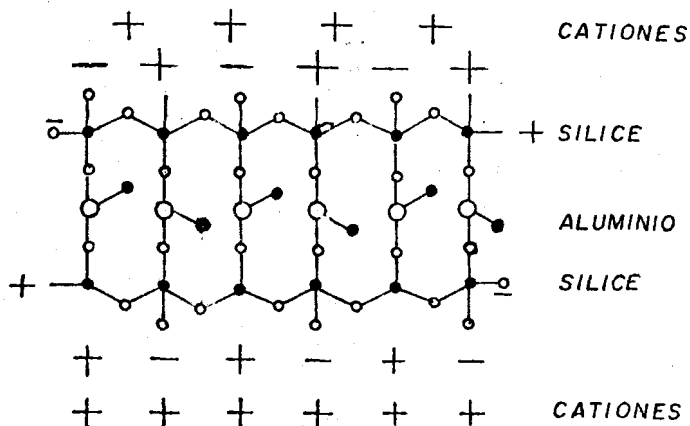


FIGURA A.  
MOLECULA DE BENTONITA

La bentonita intermedia entre cálcica y sódica, también llamada tipo mezclada, tiende a hincharse moderadamente y a formar gel de volúmenes menores que los que forman masas iguales de las bentonitas tipo sódicas.

El término "sub-bentonita" es usado inconsistentemente en la industria para las variedades de bajo hinchamiento (cálcicas), o moderado hinchamiento (intermedias).

Existen otros tipos de bentonitas de poca importancia para su uso en lodos de perforación como lo son las que tienen independientemente al ión  $Mg^{++}$ , al ión  $H^{-}$ , al ión  $K^{+}$  como el ión intercambiable dominante.

PROPIEDADES DE LA BENTONITA.- Entre las propiedades físicas y químicas de la bentonita de interés para su uso en fluidos de perforación podemos anotar las siguientes: hidratación, propiedades de cambio de base, dispersión, efecto del pH, reducción de pérdida de fluidos, carácter tixotrópico, efecto de sales solubles, etc. Considerando que la bentonita o montmorillonita es un componente altamente reactivo en mezclas acuosas, es por tanto necesario tener un buen conocimiento de sus propiedades químicas con la finalidad de conseguir buenas propiedades físicas de los lodos de perforación.

FUNCIONES DE LA BENTONITA EN EL LODO.- La bentonita sirve para dar viscosidad, excelentes propiedades de suspensión, re-

ducción de la cantidad de filtrado y buenas propiedades lubricantes al lodo de perforación. Es claro también que la bentonita contribuye a que un fluido de perforación cumpla con las funciones anteriormente referidas en este trabajo y que no está demás recordarlas, las cuales son: remoción de cortes del hueco; lubricar la broca y sarta de perforación; mantener los cortes en suspensión cuando se interrumpe la circulación; depositación de una costra impermeable en la pared del pozo, etc.

HIDRATACION DE LA BENTONITA.- La hidratación o hinchamiento es efectuado principalmente por la adsorción de agua a la superficie de la bentonita. La cantidad de hinchamiento, observado por el aumento medido en la viscosidad del lodo que ocurrirá, depende del área de superficie disponible y la cantidad total de agua sostenida o retenida en la arcilla.

Cuando la bentonita está seca los cristales individuales están estrechamente ligados uno a otro y la distancia de cualquier plano inferior en un cristal al correspondiente plano superior en un cristal adyacente es alrededor de  $11\text{\AA}$ . ( $1\text{\AA} = 10^{-8}$  cm). Cuando agua es agregada a la bentonita en cantidades que van aumentando, las moléculas de agua migran entre los cristales adyacentes y los separan fuertemente más y más lejanamente, originándose el consiguiente hinchamiento de la bentonita. Las distancias de separación de los cristalitos

tienen un límite de equilibrio que dependerá de las fuerzas de atracción electrostáticas entre ellos.

La bentonita cálcica, debido a su ión  $\text{Ca}^{++}$  asociado se hincha solamente 1/4 de lo que lo hace o experimenta la bentonita sódica. Esto nos dice que las bentonitas sódicas son más hidratables que las bentonitas cálcicas.

La figura B ilustra la hidratación tanto de una bentonita cálcica como de una bentonita sódica.

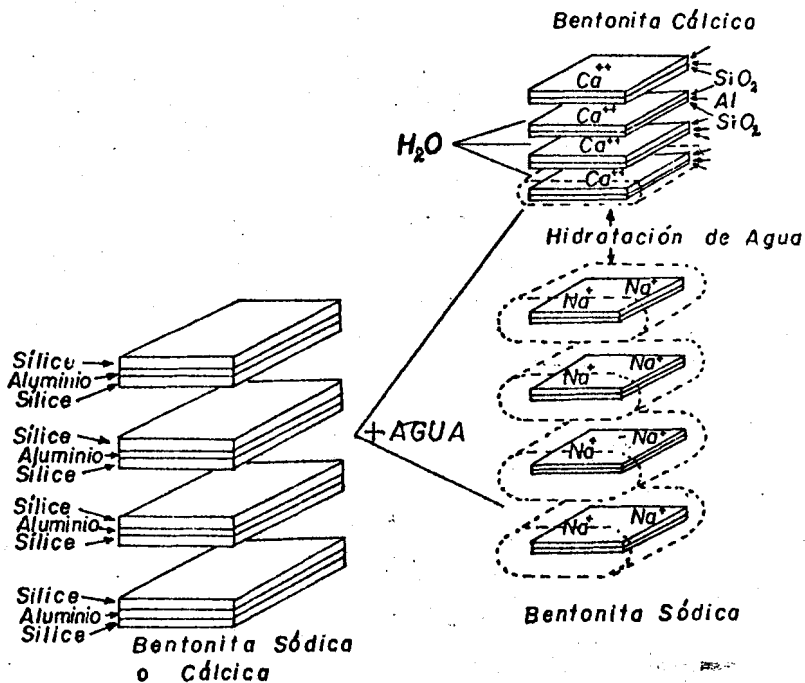


FIGURA B.- HIDRATACION DE AGUA DE BENTONITA CALCICA Y BENTONITA SODICA



PROPIEDADES DE TIXOTROPIA Y VISCOSIDAD DE LA BENTONITA.- Algunos científicos e investigadores han llegado a la conclusión de que la gelatinización causada por la bentonita consiste en la formación de grupos primarios de partículas individuales seguido de la agregación secundaria de estos grupos en una <sup>na</sup> cadena intercalada con canales. Dos fuerzas se desarrollan al unirse tales partículas, siendo la primera una fuerza repulsiva, resultante de las cargas negativas existentes en la superficie y la segunda es una fuerza atractiva del tipo Van der Waals.

Dichas fuerzas al ponerse en equilibrio originan o producen un determinado esfuerzo de gelatinización.

El movimiento browniano de las partículas coloidales causado cuando se deja de agitar una mezcla o solución de bentonita resulta en un incremento tixotrópico de la solución con el tiempo, además de que al aumentar la temperatura y por ende el movimiento browniano se producirá la formación acelerada de una estructura de gel.

La consecuencia de la adsorción de grandes cantidades de agua en las partículas de una bentonita altamente dispersada se traduce en altos valores de viscosidad, por lo cual se ha demostrado que el grado de dispersión es un factor que influye en la viscosidad de un lodo conteniendo bentonita. En i-

gual forma actúa o afecta en la viscosidad, el tamaño de las partículas de dicho material. Si la dispersión y el tamaño de las partículas de una montmorillonita, al igual que la concentración de ellas son mayores, (nos referimos a tamaño pequeño de partículas cuando hablamos de ello), de igual forma se obtendrá mayor incremento de viscosidad.

Por otro lado la adición de sales solubles u otros químicos pueden tener efectos beneficiosos o dañinos en la viscosidad, gelatinización y pérdida de fluido en un lodo de perforación al que se ha agregado bentonita.

#### ESPECIFICACIONES DEL API PARA BENTONITA

##### REQUERIMIENTO

API STD 13A, Marzo 1965

Lectura en el dial del viscosímetro a 600 rpm.	30 cp. mínimo
Punto cedente, lb/100 pie <sup>2</sup>	3 x viscosidad plástica máxima.
Filtrado	13.5 cc mínimo
Análisis de residuo (Residuo en US sieve N° 200)	2.5% máximo
Humedad	10% máximo cuando ha salido del sitio de manufactura.
Rendimiento	91.8 Bbls de lodo de 15 cp. por tonelada de bentonita seca.

### CAPITULO III

#### ESTUDIO EXPERIMENTAL

3.1. LOCALIZACION DE LAS ARCILLAS EN TERRITORIO NACIONAL.- Todas las arcillas aquí estudiadas están ubicadas en la región de Cañar, dentro de la Hoya Sedimentaria Azogues-Cuenca, al Sur oeste de la República del Ecuador, y las muestras tomadas se las ha localizado tal como sigue:

ARCILLA V1: Ubicada en el Mapa I.

Punto: V1

Localización: 338949

Formación: Cushumaute

Potencia del estrato: 1 metro, intercalado entre areniscas.

Rumbo: Norte-Sur

Buzamiento:  $\sim 50^\circ$  hacia el Este

Aspecto: Arcilla de color oscuro

ARCILLA V2: Ubicada en el Mapa I

Punto: V2 (a unos 20 metros de V1 al filo del carretero)

Localización: 337949

Formación: Cushumaute

Potencia del estrato:  $\sim 1,5$  metro

Rumbo: Norte-Sur  
 Buzamiento:  $\sim 50^\circ$  hacia el Este  
 Aspecto: Arcilla de color oscuro

ARCILLA V3: Ubicada en el Mapa I  
 Punto: V3  
 Localización: 341947  
 Formación: Subformación Guapán de la Formación  
 Azogues  
 Potencia del Estrato: de 2 a 2.5 metros

Rumbo: Norte-Sur  
 Buzamiento:  $30^\circ$  a  $35^\circ$  hacia el Este  
 Aspecto: Arcilla de color claro

ARCILLA V4: Ubicada en el Mapa I  
 Punto: V4 (inmediatamente encima de V3)  
 Localización: 341947  
 Formación: Subformación Guapán de la Formación  
 Azogues

Potencia del estrato:  $\sim 0,5$  metro  
 Rumbo: Norte-Sur  
 Buzamiento:  $30^\circ$  a  $35^\circ$  hacia el Este  
 Aspecto: Arcilla de color mas o menos claro,  
 colectada de 3 niveles del mismo es-  
 trato.

- ARCILLA V5: Ubicada en el Mapa I
- Punto: V5 (Estrato localizado en una quebrada a la derecha del camino de herradura)
- Localización: 340947
- Formación: Subformación Guapán de la Formación Azogues
- Potencia del estrato:  $\sim$  1.5 metro
- Rumbo: Norte-Sur
- Buzamiento: 30° a 35° hacia el Este
- Aspecto: Arcilla de color rojizo no acentuado, en superficie no presenta agrietamientos.
- 
- ARCILLA V6: Ubicada en el Mapa I
- Punto: V6 ( $\sim$  a unos 15 metros hacia el Este de V5 en la misma quebrada)
- Localización: 340947
- Formación: Subformación Guapán de la Formación Azogues
- Potencia del estrato: Espesor no muy diferenciado
- Rumbo: Norte-Sur
- Buzamiento: 30° a 35° hacia el Este
- Aspecto: Arcilla de color rojizo. Presente fuerte agrietamiento.

ARCILLA V7: Ubicada en el Mapa II

Punto: V7

Localización: 394985

Potencia del Estrato: ~ 0.30 metro

Rumbo: Norte 10° hacia el Este

Buzamiento: 35° hacia el Este

Aspecto: Arcilla de color plomizo

ARCILLA V8: Ubicada en el mapa III

Punto: V8

Localización: 398939

Potencia del estrato: Espesor no definido. Zona caótica fa  
ilada.

Rumbo: Norte-Sur

Buzamiento: 55° hacia el Oeste

Aspecto: Arcilla de color no muy oscuro

ARCILLA V9: Ubicada en el mapa III

Punto: V9

Localización: 398937

Potencia del Estrato: 0.5 a 7 metros

Rumbo: Norte-Sur

Buzamiento: 12° hacia el Oeste

Aspecto: Arcilla de color claro

2. ANALISIS GRANULOMETRICO.- La distribución del tamaño de partículas de una arcilla tiene un efecto notable de influencia en las propiedades de un lodo, sobre todo en la viscosidad y pérdida de filtrado. Reed, Broughton y Hand al igual que otros investigadores han mostrado que para la bentonita son las partículas de tamaño coloidal las responsables de las mayores propiedades de viscosidad del mineral. Burke, otro investigador, también encontró que las propiedades de viscosidad aumentan con el porcentaje de partículas coloidales.

Gates y Bowic, ~~determinaron~~ la distribución del tamaño de partículas de varios lodos por medio del ensayo de Hidrómetro, y clasificaron a los mismos en coloides, finos y arenas de acuerdo a los diámetros equivalentes de partículas encontrados, así tenemos:

Diámetro  $> 0.074$  mm. = arena

Diámetro  $< 0.074$  mm. y  $> 0.001$  mm (1 Micron) = finos

Diámetro  $< 0.001$  mm. = coloides

Este análisis de tamaño de partículas mostró que los lodos varían ampliamente en concentración coloidal. La propiedad de pérdida de filtrado fue la que mejor se correlacionó con la distribución del tamaño de partículas. Es así que los lodos de baja pérdida de filtrado tienen un gran porcentaje de coloides, entre 42 y 88% en peso, y un contenido de 7 a 46% en

peso de finos.

Por otro lado los lodos de alta pérdida de filtrado poseen una pobrísima fracción, 1% en peso, o ninguna de coloides y al contrario tienen un gran porcentaje, alrededor de 94% en peso, de finos.

Conforme a estos estudios, he realizado el análisis granulométrico de las 9 arcillas en cuestión, aplicando el ensayo de hidrómetro que es el indicado para este tipo de materiales, detallándolo brevemente a continuación.

Realización de la prueba.- El método utilizado fue el ensayo de hidrómetro.

Los diámetros equivalentes,  $\phi$ , se los obtuvo utilizando el nomograma de A. Casagrande, para lo cual se trabajó con los siguientes datos: Temperatura promedio del ensayo: 25°C  
Gravedad específica de las arcillas, G, (valor asumido): 2.65  
Las correcciones de las lecturas del hidrómetro, d, por temperatura, menisco, defloculante por ser mínimas se las descartó.

Se utilizó agua potable, hidrómetro de punta negro del laboratorio de Mecánica de Suelos.

El porcentaje de material de diámetro menor que el considerado, N, o lo que es lo mismo % en peso acumulativo se lo calcu



16 con la fórmula establecida:

$$N = \frac{G}{G-1} \times \frac{V}{W_s} \times \rho_c \times (d - r_w) \times 100\%, \text{ donde}$$

$N, G, d$ , están definidos en las líneas anteriores.

$V$  = Volumen de la suspensión (1000 cc)

$W_s$  = Peso de arcilla secada al horno = 50 gr.

$\rho_c$  = Densidad del agua a la temperatura (25°C) de calibración del hidrómetro = 0.9971 gr/cc.

$r_w$  = Lectura del hidrómetro en agua destilada = 0.999

Los valores y resultados obtenidos de las pruebas para todas las arcillas se encuentran tabuladas con sus respectivos gráficos en el capítulo V de este trabajo.

3. ANALISIS QUIMICO: A fin de tener un mejor conocimiento de las condiciones o propiedades de los lodos preparados con estas arcillas luego de ser activadas se realizaron las siguientes pruebas Baroid: Determinación de Alcalinidades, estimación del contenido de hidróxido de calcio y contenido del ión calcio con Versenato.

No está demás agregar que todos los fluidos motivo de este análisis fueron preparados con agua destilada y con los porcentajes de arcilla en peso que junto con la concentración óptima de agente químico de activación, determinado experimen

talmente, daban valores de viscosidad cercanos a 15 cps., de tal forma que los resultados de las pruebas sean lo más idóneos posibles.

Para la prueba de hidróxido de calcio, la fracción de agua del lodo se la estimó a partir de la densidad medida para cada uno de los fluidos a probar,

Todos los resultados de estas pruebas se encuentran resumidos en tablas.

#### 4. CARACTERISTICAS REOLOGICAS DEL FLUIDO PREPARADO CON ESTAS ARCILLAS

A fin de apreciar la determinación de las propiedades reológicas de cada uno de los fluidos preparados con las diversas arcillas objeto de estudio, se hace un resumen del procedimiento experimental común realizado para todas ellas.

Todas las muestras de arcilla fueron puestas primeramente a secar en los hornos del Laboratorio de Fluidos de Perforación a una temperatura de  $\approx 220^{\circ}\text{F}$  durante 24 horas.

Una vez secadas las muestras se las trituró y se las tamizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos para así obtener partículas de 200 mesh (0.0029 pulgadas). En estas condiciones las arcillas están listas para someterlas a las pruebas ca-

racterísticas para fluidos de perforación.

No está demás recordar que en el Laboratorio cuando se habla de 1 barril (bbl) se estará hablando de 350 cc, y cuando se hable de 1 libra (lb) será equivalente a utilizar 1 gramo.

Es así entonces que se procedió a realizar las pruebas para cada una de las arcillas que nos permitirán conocer sus características reológicas. El fluido a probar se lo prepara midiendo la cantidad de agua necesaria para obtener el volumen deseado, luego se pesa la cantidad de arcilla con el porcentaje deseado y se la agrega poco a poco al agua procediendo luego a agitar la muestra con una mezclador de alta velocidad por espacio de 15 minutos.

Una vez terminada de agitar la muestra se procedió a determinar la densidad en la balanza de densidad Baroid, y sus resultados en lbs/gal. están recopiladas en las tablas presentadas en el capítulo V. Seguidamente se determinó la viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto cedente, gel inicial y gel final del fluido utilizando el Viscosímetro Fann. Los valores de viscosidad obtenidos, expresados en centipoises son también tabulados al igual que los valores de punto cedente y de geles reportados en lbs/100 pie<sup>2</sup>.

Inmediatamente se midió el pH del lodo haciendo uso del juego de papeles indicadores de diferentes escalas y finalmente

se determinó el contenido de arena en % por volumen por medio del equipo medidor de arena. Igualmente todos los resultados obtenidos están tabulados.

Por otro lado se ha graficado también los valores de viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto cedente, gel inicial, gel final, densidad y pH, todos, versus la concentración de arcilla en % en peso para de esta forma poder interpretar mejor las propiedades reológicas que dan estas arcillas siempre con la finalidad de encontrar una bentonita de carácter sódico con las propiedades antes señaladas y que sean tales que nos permitan utilizarlas en fluidos de perforación de pozos del área hidrocarburífera.

Para cada arcilla al preparar un fluido se fue variando la concentración de la misma, de una manera tentativa en forma ascendente hasta obtener un valor de viscosidad aparente de 15 centípoises o más a fin de poder determinar luego el rendimiento de la arcilla, propiedad fundamental que nos permite afirmar si ella sirve o no para poder utilizarla en fluidos de perforación.

Aquí debo señalar también que todos los fluidos fueron preparados con agua potable.

Una vez obtenidos todos estos resultados, de los cuales se

hará una discusión detallada en el capítulo posterior correspondiente, se los analizó y de ellos se desprendió que todas las arcillas son bentonitas de carácter cálcico con propiedades reológicas y rendimiento insuficientes para ser consideradas aptas para utilizarlas en lodos de perforación. Por lo tanto se escogió indiferentemente una de ellas, la V4 y se la sometió a activación experimentando con diferentes concentraciones de Soda Ash a fin de obtener la concentración óptima que nos dé las mejores propiedades reológicas y especialmente el mejor rendimiento. Sólo se determinaron la viscosidad aparente, viscosidad plástica, punto cedente y rendimiento.

Las concentraciones usadas fueron de 0,5, 1, 2,3, 4,5 en porcentaje por peso de químico agregado al fluido preparado con arcilla y agua. Al realizar la adición del químico se dejaba mezclar con el fluido durante 15 minutos y luego se realizaron las pruebas antedichas. Igualmente, de los resultados obtenidos, que también son posteriormente analizados, se determinó que la mejor concentración de Soda Ash para activar estas bentonitas cálcicas fue la de 1%. No obstante se activó también la arcilla V4 con 1% en peso de Bicarbonato de Sodio para poder comparar los resultados con los obtenidos con la adición del 1% de Soda Ash, estableciéndose experimentalmente que la Soda Ash es el químico más a-

propiado para activar todas estas bentonitas cálcicas, tal como teóricamente es recomendado.

Entonces, nuevamente todas las arcillas fueron analizadas en el laboratorio con igual procedimiento anterior, pero esta vez con la adición de 1% en peso de Soda Ash para cada concentración.

Así mismo todos los resultados experimentales se encuentran resumidos en tablas y gráficos para cada prueba y para todas las arcillas.

#### 5. PRUEBAS DE LABORATORIO

No se describe aquí las características y funcionamiento de los equipos y aparatos utilizados en la determinación de propiedades de fluidos de perforación, ni tampoco los procedimientos normalizados seguidos en la realización de cada prueba de laboratorio específica. Se considera que existe abundante material bibliográfico de consulta y sería de poca o ninguna contribución al espíritu de este trabajo la repetición de lo existente.

Sin embargo, si cabe mencionar que aparte de las pruebas realizadas para determinar las características reológicas de los fluidos preparados con estas arcillas, también se efectuaron

las pruebas más importantes recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo para cada una de dichas arcillas y así de esta forma establecer si cumplen o no con las especificaciones API para ellas establecidas con la finalidad de determinar si en realidad sirven o no para utilizarlas en lodos de perforación. Dichas pruebas fueron las de viscosidad aparente, Viscosidad plástica, Punto cedente, Filtrado, Costra de filtrado, Rendimiento, pH, y contenido de arena. Todos los resultados de este análisis se encuentran tabulados, al igual que se hace una interpretación de los mismos.

Este análisis experimental, aplicado a las arcillas al estado natural y activadas, es el más importante e imprescindible, realizado a este tipo de arcillas por razones que resultan obvias.

En el capítulo de Consideraciones Teóricas están detalladas las especificaciones API recomendadas para arcillas bentónicas.

#### CAPITULO IV

#### ANALISIS ECONOMICO DE APLICACION

*Conclusión ↓*

*no hay tal analisis*

Ninguna de las arcillas aquí analizadas tanto en su estado natural lo mismo que activadas tiene aplicación para flujos de perforación de pozos de petróleo, de tal forma que desde este punto de vista no se justifica análisis económico alguno.

Más, sin embargo se ha encontrado dos bentonitas: la V3 y V4 que al ser activadas con 1% de Soda Ash comercial (3.5 lb/Bbl) presentan mejores propiedades coloidales y mayores rendimientos que la bentonita de Charasol o V9 en nuestro estudio, la cual es utilizada frecuentemente en nuestro medio para perforar huecos superficiales de pequeña profundidad (compañías de fabricación de pilotes) cotizándose el saco de 100 lbs. en el mercado a un precio de aproximadamente S/. 100.

Por lo tanto, sería interesante realizar un estudio de carácter geológico para dichas bentonitas, a fin de determinar el volumen de material técnicamente explotable y con esta información analizar y concluir si resulta económicamente rentable el proceder a explotar esta bentonita.

La bentonita Milgel importada se cotiza a 25,50 dólares el



$\$1,000/\text{qt} \Rightarrow \underline{20,000 \text{ ton}}$  34

saco de 100 libras, lo cual nos dá una idea de su alta calidad y consecuentemente su mayor valor monetario en comparación con la bentonita de Charasol.

## CAPITULO V

### TABLAS, GRAFICOS, DISCUSION DE RESULTADOS

ANALISIS DE LOS FLUIDOS PREPARADOS SOLO CON ARCILLA Y AGUA  
POTABLE

ARCILLA V1

- Los valores de densidad son aceptables para cada concentra  
ción de arcilla. Ellos van aumentando moderadamente confor  
me ésta también se incrementa, lo cual está de acuerdo -  
con el hecho de que las arcillas en general no son agentes  
pesantes.
- La viscosidad aparente aumenta en forma mínima, necesitán-  
dose una concentración de arcilla mayor del 30% en peso pa  
ra obtener una viscosidad mayor de 15 centipoises, lo cual  
implica un rendimiento muy bajo. Esta arcilla por su ren-  
dimiento se la clasifica como de bajo grado.
- La viscosidad plástica y punto cedente igualmente dan valo  
res muy bajos en relación con los porcentajes de arcilla u  
tilizados.
- El gel, tanto inicial como final sufre un incremento modes  
to.
- Los valores de pH decrecen hasta el rango ácido, lo cual  
nos indica que se trata de una arcilla de tipo ligeramente  
ácida.

- El análisis granulométrico nos muestra ningún contenido coloidal y un 100% de contenido de partículas menores que 0.041 mm. lo cual es típico de una arcilla de propiedades de viscosidad pobrísimas y de altas pérdidas de fluido, como en efecto lo es esta arcilla.
- Las pruebas API confirman esta alta pérdida de fluido y el resto de propiedades en general nos lleva a afirmar que esta arcilla no es aplicable a fluidos de perforación. Únicamente para estas pruebas API y para todas las arcillas se utilizó agua destilada.

ARCILLA V2

- La densidad cae dentro de rangos aceptables, incrementándose ligeramente con el aumento de arcilla.
- La propiedad de viscosidad aparente solo sobrepasa los 15 centipoises al utilizar un porcentaje alrededor del 40% de arcilla, lo que resulta en un redimiento que clasifica a esta arcilla como de bajo grado.
- Los valores de viscosidad plástica y punto cedente resultan también bajos.
- Las capacidades de gel alcanzan valores inusuales para utilizarlos en lodos de perforación.
- La arcilla prácticamente no tiene arena.
- El pH nos muestra una arcilla de tipo ligeramente ácida.
- En general el análisis granulométrico da como resultado una arcilla de bajo contenido coloidal, insuficiente para darle buenas propiedades de suspensión.
- Las pruebas API reportan una alta pérdida de filtrado y viscosidades mínimas. En general la arcilla no cumple, salvo el contenido de arena, con ninguna de dichas especificaciones.

ARCILLA V3

- La densidad tiene un comportamiento similar al de las dos arcillas anteriores.
- Los valores de viscosidad aparente son bajos, determinando un rendimiento ligeramente mayor que las arcillas precedentes, aunque también se trata de una arcilla de bajo grado.
- Los resultados de viscosidad plástica y punto cedente nos hace pensar en una arcilla con bajas propiedades de hidratación o hinchamiento.
- Los valores de gel son discretos.
- El contenido de arena de esta arcilla es despreciable.
- El pH indica una arcilla ligeramente ácida.
- La distribución del tamaño de partículas de esta arcilla es tal que cae dentro de aquellas de propiedades de suspensión más bien bajas.
- La arcilla no cumple con ninguna de las especificaciones para bentonita recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo, salvo la de contenido de arena. El filtrado es menor que el de las arcillas anteriores, pero aún así sigue siendo alto.

ARCILLA V4

- La variación de la densidad a medida que crecen las concentraciones de arcilla es relativamente mínima.
- Los valores de viscosidad aparente ni siquiera llegan a 5 centipoises cuando tenemos 30% de arcilla, esto determina un rendimiento de unos pocos barriles por tonelada.
- En cuanto a la viscosidad plástica sólo a un 40% de arcilla muestra un valor relativamente alto, por debajo de esta concentración se obtienen valores bajos. El punto cede tiene un comportamiento comparativamente similar.
- Las características de gelificación son por demás bajas, incluso con la concentración más alta de arcilla (40%) lo que indica un pobre efecto de tixotropía.
- Esta arcilla es limpia, es decir prácticamente sin arena.
- El pH se mantiene constante a partir del 10% de arcilla, - siendo de carácter ligeramente ácido.
- La concentración coloidal es escasa, su distribución de partículas no le permite tener buenas propiedades para lodos de perforación.
- El filtrado API es el más bajo de todas estas arcillas pero no cumple la especificación recomendada. En general las propiedades API son deficientes.

ARCILLA V5

- La densidad sigue manteniendo un comportamiento similar al ya descrito para las arcillas anteriores.
- Los valores de viscosidad aparente son bajos. Se necesita aproximadamente un 35% de arcilla para obtener 15 centipoises. El rendimiento es superior escasamente a los obtenidos con las arcillas precedentes.
- La viscosidad plástica es muy baja y ni con la mayor concentración usada (40%) se obtiene un buen valor. El punto cedente registra valores también bajos.
- Las características tixotrópicas solo se elevan a partir del 30% de arcilla. A concentraciones menores son insuficientes.
- El contenido de arena es prácticamente 0%.
- El pH está en un rango débilmente ácido.
- El porcentaje de partículas coloidales es muy pequeño, lo que causa propiedades viscosificantes muy bajas y alta pérdida de filtrado.
- Las propiedades API para esta arcilla, demuestran que ellas están muy por debajo de las recomendadas para arcillas bentónicas de tipo sódico.

ARCILLA V6

- La densidad incrementa gradualmente con el aumento del % de arcilla sin experimentar una variación amplia.
- Esta arcilla tiene un escaso rendimiento consecuencia de los bajos valores obtenidos para la viscosidad aparente - que hicieron necesario utilizarla hasta en un 50% para - poder determinar su rendimiento.
- Consecuentemente las propiedades de viscosidad plástica y punto cedente son también muy bajas.
- Los geles, inicial y final, son pequeños.
- La arcilla puede decirse que no tiene arena.
- El pH solo varía desde 6.4 hasta 6.2, rango ligeramente ácido.
- El contenido coloidal es de alrededor del 20% en peso y ese valor es insuficiente para obtener buenas propiedades de suspensión.
- Las propiedades API en general no muestran ningún resultado óptimo.



ARCILLA V7

- La densidad no experimenta variaciones extremas lo que se debe a que las arcillas no son elementos que sirven como agentes pesantes.
- Los valores de viscosidad aparente son relativamente mejores que los obtenidos con las arcillas anteriores obteniéndose un rendimiento de casi 16 Bbls/ton.
- La viscosidad plástica y punto cedente alcanzan valores no satisfactorios.
- Las capacidades de gelatinización no son aceptables.
- El contenido de arena aumenta con la concentración de arcilla pero se mantiene dentro de rangos permitidos.
- El pH es débilmente ácido manteniéndose a un valor constante de 6.4 a partir del 10%.
- Un 2% de contenido coloidal da a la arcilla características muy pobres de viscosidad y filtrado.
- El filtrado API es muy alto, formándose una costra demasiado gruesa. Las demás propiedades API resultan poco menos - que insuficientes para caracterizar una bentonita sódica de aplicación a fluidos de perforación.

ARCILLA V8

- Los valores de densidad son tolerables.
- Viscosidades aparentes bajísimas se obtienen con esta arcilla. Su rendimiento es el menor de todas las arcillas a nalizadas.
- La viscosidad plástica y punto cedente igualmente resultan también demasiado bajas.
- La capacidad de gel, inicial y final es ínfima.
- La arcilla prácticamente no posee arena.
- El pH solo varía de 6.5 a 6.4, lo que indica que se trata de una arcilla debilmente ácida.
- El análisis granulométrico muestra un 0% de contenido coloidal, lo cual explica las pobrísimas propiedades de suspensión que tiene esta arcilla.
- Esta arcilla, salvo el contenido de arena no cumple con ninguna de las normas API establecidas para el uso de la bentonita.

ARCILLA V9

- Esta es la arcilla comúnmente conocida en nuestro país como bentonita de Charasol y su propiedad de densidad muestra valores aceptables.
  - De todas las arcillas aquí analizadas, sin activar, es la que mejor rendimiento presenta, sin embargo ni siquiera se clasifica como arcilla de grado A.
  - Los valores de viscosidad plástica y punto cedente son bajos. La arcilla se hidrata muy poco en agua.
  - Los valores de gel inicial y final resultan también bajos.
  - Esta arcilla es una arcilla limpia, conteniendo poquísimos arena.
  - El pH nos dice que se trata de una arcilla, mas bien de carácter débilmente ácido.
  - El análisis granulométrico refleja que la arcilla tiene propiedades de suspensión muy bajas.
  - No tomando en cuenta la arena, la arcilla de Charasol no cumple con ninguna especificación API para utilizarla en fluidos de perforación en el área petrolera.
- Toda esta discusión de resultados incluyento a las 9 arcillas, se los puede visualizar mejor a través de los gráficos o figuras presentadas.

Del análisis anterior se desprende que casi todas las arcillas son bentonitas cálcicas debido a sus bajas capacidades de hidratación o hinchamiento lo que causa que tengan propiedades reológicas mínimas y altas pérdidas de fluido, al igual que bajos rendimientos. Resulta claro también que estas bentonitas se hinchan un poco más que otras arcillas comunes.

Por este motivo a todas estas bentonitas se las ha activado para tratar de transformarlas de bentonitas cálcicas a sódicas y mejorar sus propiedades y ver si alguna de ellas cumple con las normas establecidas para usarlas en fluidos de perforación.

El mejor método para activarlas se lo determinó y realizó de la siguiente manera:

Se ha establecido ampliamente que la bentonita sódica es altamente hidratable y dispersable y posee buenas propiedades de reducción de pérdida de fluido. Por otro lado las bentonitas cálcicas, como las aquí estudiadas, son pobremente hidratables y dispersables y además tienden a flocular.

Es necesario entonces el uso de un agente químico para reemplazar el ión calcio dominante en estas bentonitas por el ión sodio y así mejorar sus capacidades de hidratación y propiedades coloidales. Entre los químicos más apropiados recomendados para realizar esta función dentro de bentonitas cál

citas tenemos los siguientes: Sida Ash (Carbonato de Sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Disodium Phosphate ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), carbonato de Bario - ( $\text{BaCO}_3$ ) y Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).

Para el presente trabajo se desechó la activación de las bentonitas con el Disodium Phosphate debido a su alto costo, la del carbonato de bario debido a que se necesita en grandes cantidades y esto produce un costo igualmente elevado.

La soda Ash y el bicarbonato de sodio tienen costos similares, y para establecer cual de los dos y en que porcentaje se debe utilizar para activar en la mejor forma las arcillas objeto de estudio se hizo un breve análisis experimental para lo cual se probó la bentonita V4 de rendimiento intermedio entre las arcillas V9 y V8 que son las que dieron el más alto y más bajo rendimiento respectivamente cuando fueron analizadas sin activación.

Los resultados muestran que la concentración del 1% en peso de Soda Ash es la que nos da el mejor rendimiento. Luego se probó esta misma arcilla con el 1% de Bicarbonato de Sodio obteniéndose un rendimiento inferior al de la Soda Ash.

Por lo tanto se procedió a activar a todas las bentonitas - con el 1% de Soda y sus resultados son discutidos a continuación.

ANALISIS DE LOS FLUIDOS PREPARADOS CON ARCILLA + AGUA +  
SODA ASH

- Los valores de densidad son prácticamente los mismos que los obtenidos para las arcillas sin activar, comparándolos lógicamente a iguales concentraciones, lo cual indica que el carbonato de sodio no tiene ningún efecto sobre la densidad.
- La viscosidad aparente mejora notablemente en todas las bentonitas con la excepción de la V7, que no reacciona favorablemente con el químico. Si comparamos los rendimientos observamos que las arcillas V6, V1 son escasamente inferiores, prácticamente los mismos, que el de la bentonita de Charasol o V9 activada. Estas arcillas activadas se las clasifica como de grado A.
- Las arcillas V8, V7 y V2 tienen rendimientos casi iguales entre sí, pero son inferiores a los de las anteriores. Son arcillas de bajo grado.

La muestra V5 mejoró también su rendimiento y se clasifica como arcilla de grado A.

La bentonita V3 con 42 Bbls/Ton. y la V4 con 38.64 Bbls/Ton. superan a todas las arcillas restantes. Recordemos - que la de Charasol (V9), actualmente en explotación, sólo

tiene 27,4 Bbls/ton. cuando es activada, y 17.5 Bbls/ton. sin activar.

- Los valores de viscosidad plástica mejoran considerablemente para la arcilla V3 comparándolas con los resultados en su estado natural. Solamente con el 15% de arcilla se obtiene 10,5 centipoises, mientras que en su estado original es preciso tener 40% de la misma para obtener únicamente 10 centipoises.

De igual forma, las bentonitas V4, V6 y V5 experimentan también mejores resultados para esta propiedad, aunque por debajo de la V3.

La V7 y V8 prácticamente no experimentan ningún cambio al ofrecido sin la activación.

En general el resto de arcillas muestran una activación positiva de la viscosidad plástica pero sin embargo sigue siendo baja.

- El punto cedente se incrementa en forma muy pronunciada en las arcillas V1, V3, V4, V6, V8 y disminuye en la V7. En cambio aumenta en pequeña escala para la V2, V5 y V9.
- Con la adición de soda Ash se obtiene una mejor dispersión de las partículas arcillas resultando por ello que se obtengan buenos efectos de tixotropía en relación con los

fluidos preparados sin el 1% de carbonato. Sin embargo en las concentraciones más altas se obtienen valores muy altos de gel para todas las arcillas en común.

- El contenido de arena en general permanece siempre el mismo.
- En cambio el pH es muy alto para estos fluidos, siendo ello, una desventaja que se produce de la activación con este agente químico, ya que produce altos esfuerzos de gel.
- Las propiedades API son mejoradas en todas las arcillas, sobre todo la pérdida de filtrado es reducida en forma ostensible, con excepción de la bentonita V7 que sufre apenas una pequeña disminución de la experimentada cuando no es activada. Junto con la V9 poseen las más altas pérdidas de fluido con 143 cc y 110 cc respectivamente. En cambio las arcillas V4, V6, V5, V3, V2 y V1 fluctúan entre 30.4 cc y 48.4 cc de filtrado, lo que demuestra la mejor distribución de partículas que se ha obtenido con la adición de Soda Ash. Correlativamente mejores costras de filtrado son obtenidas!

Las arcillas V3 y V4 en su orden muestran los mayores valores de viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto cedente, por lo que se considera que son las mejores de todas las bentonitas.



- El contenido de arena es mínimo para todas y el pH es alto variando entre 10 y 11.

No obstante haber obtenido mejores resultados con la activación de Soda Ash, ninguna de las arcillas aquí estudiadas cumple con las especificaciones recomendadas por el API para la bentonita.

Esto se puede explicar también observando los resultados del análisis químico que demuestran que las bentonitas cálcicas han sido transformadas parcialmente en bentonitas sódicas con el carbonato de sodio, pero en una magnitud tal que resulta insuficiente para obtener propiedades reológicas óptimas, lo mismo que altos rendimientos. En realidad de acuerdo al contenido de hidróxido de calcio o del calcio en sí que se ha obtenido, los fluídos preparados con estas arcillas tratadas con el agente químico, caen con demasía dentro de la clasificación de los lodos base calcio, por cuanto las bentonitas siguen siendo de carácter netamente cálcico antes que sódico.

- En cuanto a la arcilla americana (Milgel) que es utilizada actualmente en la perforación de pozos de petróleo del Oriente ecuatoriano, su comportamiento reológico y pruebas API indican que es una bentonita de extraordinaria calidad, ideal para utilizarla en fluídos de perforación.

Con un rendimiento de aproximadamente 100 Bbls/ton, y propiedades API que sobrepasan con largueza las normas establecidas por dicho Instituto para la bentonita, hacen de ella una arcilla muy superior a las aquí estudiadas.

10.1 40 33.0

TABLA I

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA VI + AGUA

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.58	3.5	2.0	1.75	1.5	0.5	1.0	1.7	0.03	7.3
10	8.80	4.5	2.7	2.25	1.8	0.9	1.5	1.9	0.06	7
20	9.25	8.5	6.0	4.25	2.5	3.5	5	7.5	0.08	6.4
30	9.6	16.5	12.5	8.25	4.0	8.5	10.5	19.5	0.10	6.4
40	10.1	40	33.0	20	7.0	26	19.5	51	0.14	6.2

Rendimiento = 12.16 Bbls/ton.

TABLA II

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V2 + AGUA

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	$L_{600}$	$L_{300}$	$V_a$ (cps)	$V_p$ (cps)	$Y_p$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_i$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_{10}$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.5	2.8	1.7	1.4	1.1	0.6	0.8	1.2	0.04	6.9
10	8.78	3.6	2.2	1.8	1.4	0.8	1.0	1.6	0.05	6.9
20	9.27	6.8	4.5	3.4	2.3	2.2	1.5	4.8	0.06	6.6
30	9.69	13	10	6.5	3.0	7.0	8.5	26.5	0.07	6.4
40	10	28	21	14	7.0	14	21.5	50.5	0.09	6.2
45	10.2	39	31	19.5	8.0	23	27.5	83	0.10	6.2

Rendimiento = 10.53 Bbls/ton.

TABLA III

FLUIDO REPARADO: ARCILLA V3 + AGUA

%	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>1</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.59	2.7	1.8	1.35	0.9	0.9	0.7	1	0.02	7
10	8.81	3.7	2.3	1.85	1.4	0.9	1.0	1.4	0.02	6.6
20	9.3	9	6.4	4.5	2.6	3.8	4.0	11	0.03	6.4
30	9.7	21	16	10.5	5	11	14	19	0.03	6.4
35	9.9	30.7	25	15.35	5.7	19.3	17.5	35	0.05	6.2
40	10.1	47	37	23.5	10	27	22.5	49	0.05	6.0

Rendimiento = 13.11 Bbls/ton.

TABLA IV

FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA

% PESO	% (lb/gal)	I <sup>600</sup>	I <sup>300</sup>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.5	3	1.6	1.5	1.3	0.3	0.7	0.9	0.0	6.6
10	8.75	3.7	2.1	1.85	1.7	0.4	0.85	1.0	0.0	6.4
20	9.2	6.0	3.5	3.0	2.5	1.0	1.2	1.3	0.01	6.4
30	9.83	9.5	5.5	4.75	4.0	1.5	1.7	1.85	0.01	6.4
40	10.4	43	26.5	21.5	16.5	10	2.2	4.0	0.03	6.4

Rendimiento = 11.63 Bbls/ton.

TABLA V

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V5 + AGUA

% PESO	ϕ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.58	3.4	2.0	1.7	1.4	0.6	1.1	1.2	0.0	6.5
10	8.82	5	3	2.5	2.0	1.0	1.4	2.1	0.01	6.4
20	9.3	10.5	7.5	5.25	3.0	4.5	5.3	8.5	0.01	6.3
30	9.65	25	20.0	12.5	5.0	15.0	20	28.5	0.01	6.3
35	9.85	30.5	24.5	15.25	6.0	18.5	23.5	32	0.02	6.2
40	10.1	57	50.0	28.5	7.0	43.0	47	60	0.02	6.0

Rendimiento = 13.76 Bbls/ton.

TABLA VI

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V6 + AGUA

%	$\rho$ (lb/gal)	$L_{600}$	$L_{300}$	$V_a$ (cps)	$V_p$ (cps)	$Y_p$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_i$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_{10}$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.56	2.9	1.6	1.45	1.3	0.30	0.7	1	0.01	6.4
10	8.81	4.0	2.3	2.0	1.7	0.60	1	1.9	0.01	6.4
20	9.3	6.8	3.8	3.4	3.0	0.80	2.3	4.2	0.02	6.4
30	9.71	12.8	8.7	6.4	4.1	4.6	4.8	9.6	0.03	6.2
50	10.4	43.5	35.8	21.75	7.7	28.1	29.5	37.2	0.03	6.2

Rendimiento = 9.79 Blbs/Ton.



TABLA VII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V7 + AGUA

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	$L_{600}$	$L_{300}$	$V_a$ (cps)	$V_p$ (cps)	$Y_p$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_i$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_{10}$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.57	3.5	2.3	1.75	1.2	1.1	1.0	1.3	0.10	6.8
10	8.79	5.5	3.5	2.75	2.0	1.5	1.4	2.0	0.22	6.4
20	9.22	11.5	8.5	5.75	3.0	5.5	5.0	6.5	0.25	6.4
30	9.61	31.5	26.5	15.75	5.0	21.5	15.0	16.5	0.45	6.4
35	9.80	49.5	41.5	24.75	8.0	33.5	26.5	28	0.50	6.4

Rendimiento = 15.9 Bbls/ton.

TABLA VIII

FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V8 + AGUA

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L600	L300	$V_a$ (cps)	$V_p$ (cps)	$Y_p$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_i$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_{10}$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.52	3.3	1.9	1.65	1.4	0.5	0.7	0.8	0.01	6.5
10	8.76	4.2	2.4	2.1	1.8	0.6	1.0	1.2	0.02	6.5
20	9.26	6.5	3.6	3.25	2.9	0.7	1.5	3.5	0.02	6.4
30	9.7	10	6.5	5.0	3.5	3.0	4.0	8.0	0.05	6.4
50	10.32	24	18	12	6.0	12	14	30	0.18	6.4
60	10.75	52.5	44.7	26.25	7.8	36.9	26	74	0.31	6.4

Rendimiento = 7.37 Bbls/ton.

TABLA IX

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V9 + AGUA

g	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.54	3.5	2.1	1.75	1.4	0.7	1.0	1.2	0.01	6.3
10	8.79	5.4	3.5	2.7	1.9	1.6	1.5	2.0	0.08	6.2
20	9.17	13.5	10.5	6.75	3.0	7.5	6.0	7.3	0.12	6.2
25	9.39	23.5	19	11.75	4.5	14.5	10	12.5	0.12	6.0
30	9.52	38.5	32	19.25	6.5	25.5	14	18	0.13	6.0

Rendimiento = 17.5 Bbls/ton.

TABLA X

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 5% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	4.6	2.8	2.3	1.8	1.0
10	7.7	5.3	3.85	2.4	2.9
25	31	26.5	15.5	4.5	22

Rendimiento: 20 Bbls/ton.

TABLA XI

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 4% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	4.3	2.5	2.15	1.8	0.7
10	6.7	4.4	3.35	2.3	2.1
25	23	19	11.5	4	15

TABLA XII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 3% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	4.3	2.5	2.15	1.8	0.7
10	10.8	7.6	5.4	3.2	4.4
25	65.5	56.5	32.75	9	47.5

Rendimiento: 28.2 Bbls/ton.

TABLA XIII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 2% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	4.5	2.5	2.25	2	0.5
10	8.5	5.6	4.25	2.9	2.7
25	66	56	33	10	46

Rendimiento: 27.8 Bbls/ton.

TABLA XIV

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 0.5% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	4.8	3.0	2.4	1.8	1.2
10	13	9.5	6.5	3.5	6
25	85.4	59	42.7	26.4	32.6

Rendimiento : 33.7 Bbls/ton.

TABLA XV

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	5	3.3	2.5	1.7	1.6
10	12	9	6	3	6
25	210	204	105	6	198

Rendimiento ; 39 Bbls/ton.

TABLA XVI

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 1%  
BICARBONATO DE SODIO

% PESO	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )
5	3.6	1.9	1.8	1.7	0.2
10	4.4	2.3	2.2	2.1	0.2
25	110	87	55	23	64

Rendimiento = 29.3 Bbls/Ton.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Ensayo de Hidrómetro)

TABLA XVII  
ARCILLA VI

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.049	0.041	100
00:02	1.048	0.029	97.9
00:04	1.046	0.021	93.9
00:08	1.042	0.015	85.9
00:15	1.040	0.0113	81.9
00:30	1.035	0.0085	72
01:00	1.015	0.0067	32
02:00	1.001	0.0050	4
04:00	0.999	0.0036	0
07:00	0.9985	0.0027	-
24:00	0.9985	0.00145	-
48:00	0.998	0.00105	-

TABLA XVIII  
ARCILLA V2

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.050	0.040	100
00:02	1.049	0.0286	98
00:04	1.048	0.0205	96
00:08	1.046	0.0146	92.1
00:15	1.0435	0.011	87.2
00:30	1.0385	0.008	77.4
01:00	1.034	0.0059	68.6
02:00	1.0305	0.00425	61.7
04:00	1.026	0.0032	52.9
07:00	1.0235	0.0024	48
24:00	1.0185	0.0013	38.2
48:00	1.011	0.00095	23.5



## ANALISIS GRANULOMETRICO (Ensayo de Hidrómetro)

TABLA XIX

ARCILLA V3

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.051	0.040	100
00:02	1.0505	0.028	99
00:04	1.050	0.020	98
00:08	1.048	0.0143	94.2
00:15	1.0465	0.0106	91.3
00:30	1.043	0.0078	84.6
01:00	1.039	0.0057	76.9
02:00	1.0355	0.0040	70.2
04:00	1.032	0.0030	63.4
07:00	1.029	0.0023	57.7
24:00	1.023	0.00127	46.1
48:00	1.019	0.000925	38.4

TABLA XX

ARCILLA V4

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.048	0.0415	100
00:02	1.046	0.0295	95.9
00:04	1.043	0.0215	89.8
00:08	1.038	0.0158	79.6
00:15	1.033	0.012	69.4
00:30	1.028	0.0086	59.2
01:00	1.0235	0.0064	50
02:00	1.020	0.0045	42.8
04:00	1.017	0.0033	36.7
07:00	1.015	0.00246	32.7
24:00	1.0105	0.00136	23.5
48:00	1.009	0.000975	20.4

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Ensayo de Hidrómetro)

TABLA XXI

## ARCILLA V5

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.047	0.042	100
00:02	1.045	0.030	95.8
00:04	1.041	0.0218	87.4
00:08	1.0365	0.016	78.1
00:15	1.033	0.012	70.8
00:30	1.029	0.0088	62.5
01:00	1.026	0.00625	56.2
02:00	1.023	0.0045	50
04:00	1.0175	0.0033	38.5
07:00	1.0095	0.0026	21.9
24:00	1.0015	0.00143	5.2
48:00	1.001	0.001	4.2

TABLA XXII

## ARCILLA V6

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.050	0.040	100
00:02	1.048	0.029	96.1
00:04	1.0455	0.0205	91.2
00:08	1.040	0.0152	80.4
00:15	1.0355	0.0117	71.6
00:30	1.0305	0.0085	61.7
01:00	1.026	0.00625	52.9
02:00	1.0225	0.0045	46.1
04:00	1.0185	0.00326	38.2
07:00	1.017	0.00245	35.3
24:00	1.013	0.00134	27.4
48:00	1.0105	0.00095	22.5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Ensayo de Hidrómetro)

TABLA XXIII  
ARCILLA V7

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.049	0.041	100
00:02	1.048	0.029	97.9
00:04	1.046	0.021	93.9
00:08	1.0435	0.0147	88.9
00:15	1.042	0.011	85.9
00:30	1.035	0.0085	77
01:00	1.026	0.00625	54
02:00	1.010	0.0047	22
04:00	1.004	0.00355	10
07:00	1.001	0.0027	4
24:00	1.000	0.00144	2
48:00	1.000	0.0010	2

TABLA XXIV  
ARCILLA V8

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.050	0.040	100
00:02	1.047	0.029	94.1
00:04	1.043	0.021	86.3
00:08	1.0385	0.0155	77.4
00:15	1.033	0.012	66.7
00:30	1.0205	0.0091	42.1
01:00	1.0035	0.0072	8.8
02:00	1.9995	0.0051	1
04:00	0.999	0.0037	0
07:00	0.999	0.0027	0
24:00	0.999	0.00144	0
48:00	0.999	0.00103	0

ANALISIS GRANULOMETRICO (Ensayo de Hidrómetro)

TABLA XXV

ARCILLA V9

HORA	d	$\phi$ (mm)	N (%)
00:01	1.049	0.041	100
00:02	1.048	0.029	97.9
00:04	1.047	0.0203	95.9
00:08	1.0455	0.0145	92.9
00:15	1.042	0.011	85.9
00:30	1.036	0.0083	74
01:00	1.0165	0.0066	35
02:00	1.007	0.0049	16
04:00	1.0015	0.0036	5
07:00	1.000	0.0027	2
24:00	0.9995	0.00144	0.998
48:00	0.999	0.00103	0

TABLA XXVI

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA VI + AGUA + 1% SODA ASH

g	g	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	GI (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G10 (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.61	3.5	2.3	1.75	1.2	1.1	1.0	2.3	0.02	11
15	9.10	14.4	10.9	7.2	3.5	7.4	9.5	25	0.03	10.5
25	9.45	60.5	54.5	30.25	6.0	48.5	50	66	0.08	10.2

Rendimiento = 26.25 Bbls/ton.

TABLA XXVII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V2 + AGUA + 1% SODA ASH

%	$\rho$ (lb/gal)	$L_{600}$	$L_{300}$	$V_a$ (cps)	$V_p$ (cps)	$Y_p$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_i$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	$G_{10}$ (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont.de arena %	pH
5	8.62	3.0	1.7	1.5	1.3	0.4	0.9	1.5	0.04	10.6
15	9.05	9.0	6.5	4.5	2.5	4	3.5	21.5	0.05	10.5
30	9.68	36	24.5	18	11.5	13	8.0	51	0.05	10.2

Rendimiento = 17.59 Bbls/Ton.

TABLA XXVIII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V3 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.65	6.3	4.5	3.15	1.8	2.7	4.0	7.5	0.0	11
10	8.88	15	11.2	7.5	3.8	7.4	14.8	34	0.0	10.6
15	9.10	53	42.5	26.5	10.5	32	62	108	0.01	10.5

Rendimiento = 42 Bbls/ton.

TABLA XXIX

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	g (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.63	4.9	3	2.45	1.9	1.1	1.7	4.0	0.0	10.7
10	8.84	11.6	8.5	5.8	3.1	5.4	8.0	17.5	0.0	10.5
15	9.05	41.5	35.6	20.75	5.9	29.7	35.5	51	0.0	10.5

Rendimiento = 38.64 Bbls/ton.



TABLA XXX

FLUIDO PREPARADO + ARCILLA V5 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.60	4.1	2.5	2.05	1.6	0.9	1.4	3.4	0.0	11
10	8.88	8.4	5.7	4.2	2.7	3	4.5	13.5	0.0	10.7
20	9.3	24.7	18	12.35	6.7	11.3	20	91	0.0	10.4
25	9.5	45.4	29.6	22.7	15.8	13.8	32	156	0.0	10.3

Rendimiento = 23 Bbls/Ton.

TABLA XXXI

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V6 + AGUA + 1% SODA ASH

%	ρ (lb/gal)	L600	L300	Va (cps)	Vp (cps)	Yp (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Gi (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G10 (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.61	4.0	2.5	2	1.5	1	1.0	2.0	0.0	11
15	9.10	17.2	12.5	8.6	4.7	7.8	12	34	0.0	10.7
25	9.50	62	43	31	19	24	46	124	0.01	10.3

Rendimiento = 26.9 Bbls/ton.

TABLA XXXII

FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V7 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L600	L300	Va (cps)	Vp (cps)	Yp (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.60	2.8	1.5	1.4	1.3	0.2	0.8	0.9	0.10	10.5
15	9.09	6.0	3.5	3.0	2.5	1.0	2.2	4.8	0.20	10.2
30	9.18	34	29.3	17	4.7	24.6	30.5	44	0.30	10.0

Rendimiento = 16.77 Bbls/ton.

TABLA XXXIII

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V8 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L600	L300	Va (cps)	Vp (cps)	Yp (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Gi (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G10 (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena	pH
5	8.60	3.3	2.0	1.65	1.3	0.7	1.0	1.1	0.01	11
20	9.30	14.3	11.6	7.15	2.7	8.9	12.5	38	0.04	10.5
40	10.1	56.5	52	28.25	4.5	47.5	83.5	146	0.15	10.3

Rendimiento = 16.54 Bbls/ton.

TABLA XXXIV

FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V9 + AGUA + 1% SODA ASH

% PESO	$\rho$ (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
5	8.61	4.5	2.6	2.25	1.9	0.7	1.5	2.2	0.01	10.5
10	8.80	10.3	7.7	5.15	2.6	5.1	4.8	6.5	0.01	10.4
15	9.0	19.5	15.8	9.75	3.7	12.1	13	14	0.01	10.3
20	9.19	34.8	29.8	17.4	5.0	24.8	22	41.5	0.03	10.3

Rendimiento = 27.4 Bbls/Ton.

TABLA XXXV

FLUJIDO PREPARADO: ARCILLA AMERICANA (MILGEL) + AGUA

% PESO	f (lb/gal)	L <sub>600</sub>	L <sub>300</sub>	V <sub>a</sub> (cps)	V <sub>p</sub> (cps)	Y <sub>p</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>i</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	G <sub>10</sub> (lb/100 pie <sup>2</sup> )	Cont. de arena %	pH
1	8.39	2.9	2.0	1.45	0.9	1.1	0.7	0.9	0.04	7.8
3	8.49	8.5	6.4	4.25	2.1	4.3	2.4	3.4	0.12	8.0
4	8.51	15.5	11.5	7.75	4.0	7.5	5	7	0.18	8.2
5	8.52	26.5	20	13.25	6.5	13.5	9	13	0.25	8.3
6	8.60	34.5	27.3	17.25	7.2	20.1	13	17	0.25	8.6

Rendimiento = 99.64 Bbls/ton.

TABLA XXXVI

ANALISIS QUIMICO

ARCILLA	% PESO	g (lb/gal)	P <sub>m</sub> de cc de (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50)	P <sub>f</sub> de cc de (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50)	Ca(OH) <sub>2</sub> (lb/Bbl)	Calcio (ppm)
V1	20	9.1	3	1	0.55	400
V2	30	9.61	2.15	0.4	0.47	600
V3	12	8.91	2.75	1.9	0.24	1200
V4	13	8.86	3.25	2.3	0.28	600
V5	22	9.33	2.35	1.2	0.33	480

TABLA XXXVII

ANALISIS QUIMICO

ARCILLA	% PESO	S (lb/gal)	P <sub>m</sub> de cc de (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50)	P <sub>f</sub> de cc de (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50)	Ca(OH) <sub>2</sub> (lb/Bbl)	Calcio (ppm)
V6	18	9.15	2.6	1.60	0.29	400
V7	30	9.18	0.75	0.35	0.12	200
V8	30	9.70	2.5	1.15	0.39	380
V9	20	9.20	1.2	0.75	0.13	440



PRUEBAS API. ARCILLA V1

- |    |                      |                                 |
|----|----------------------|---------------------------------|
| 1. | L600: 3.0            | L300 : 1.7                      |
|    | Viscosidad aparente: | 1.5 cps.                        |
|    | Viscosidad plástica: | 1.3 cps.                        |
| 2. | Punto cedente:       | 0.4 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. | Filtrado:            | 139.6 cc.                       |
| 4. | Costra de Filtrado:  | $\frac{3.15}{32}$ "             |
| 5. | Rendimiento:         | 12.16 Bbls/ton.                 |
| 6. | pH:                  | 6.5                             |
| 7. | Contenido de arena:  | 0.03 (%)                        |

PRUEBAS API. ARCILLA V2

- |                        |     |       |                                 |
|------------------------|-----|-------|---------------------------------|
| 1. L600:               | 2.8 | L300: | 1.6                             |
| Viscosidad aparente:   |     |       | 1.4 cps.                        |
| Viscosidad plástica:   |     |       | 1.2 cps.                        |
| 2. Punto cedente:      |     |       | 0.4 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:           |     |       | 119.5 cc.                       |
| 4. Costra de Filtrado: |     |       | $\frac{2.8}{32}$ "              |
| 5. Rendimiento:        |     |       | 10.53 Bbls/ton.                 |
| 6. pH:                 |     |       | 6.4                             |
| 7. Contenido de arena: |     |       | 0.04(%)                         |

PRUEBAS API. ARCILLA V3

- |                        |                                 |       |     |
|------------------------|---------------------------------|-------|-----|
| 1. L600:               | 2.8                             | L300: | 1.7 |
| Viscosidad aparente:   | 1.4                             | cps.  |     |
| Viscosidad plástica:   | 1.1                             | cps.  |     |
| 2. Punto cedente:      | 0.6 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |       |     |
| 3. Filtrado:           | 88.6 cc                         |       |     |
| 4. Costra de filtrado: | $\frac{2.5}{32}$ "              |       |     |
| 5. Rendimiento:        | 13.11 Bbls/ton.                 |       |     |
| 6. pH:                 | 6.4                             |       |     |
| 7. Contenido de arena: | 0.02 (%)                        |       |     |

PRUEBAS API. ARCILLA V4

- |                        |                                 |       |     |
|------------------------|---------------------------------|-------|-----|
| 1. L600:               | 3.5                             | L300: | 2.0 |
| Viscosidad aparente:   | 1.75                            | cps.  |     |
| viscosidad plástica:   | 1.5                             | cps!  |     |
| 2. Punto cedente:      | 0.5 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |       |     |
| 3. Filtrado:           | 82.6 cc.                        |       |     |
| 4. Costra de filtrado: | <u>3.7</u>                      |       |     |
|                        | 32"                             |       |     |
| 5. Rendimiento:        | 11.63 Bbls/ton.                 |       |     |
| 6. pH:                 | 6.4                             |       |     |
| 7. Contenido de arena: | 0.0 (%)                         |       |     |

PRUEBAS API. ARCILLA V5

- |    |                      |                                 |
|----|----------------------|---------------------------------|
| 1. | L600: 3.4            | L300: 1.8                       |
|    | Viscosidad aparente: | 1.7 cps.                        |
|    | Viscosidad plástica: | 1.6 cps.                        |
| 2. | Punto cedente:       | 0.2 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. | Filtrado:            | 93.4 cc                         |
| 4. | Costra de filtrado:  | $\frac{2.5}{32}$ "              |
| 5. | Rendimiento:         | 1,376 Bbls/ton.                 |
| 6. | pH:                  | 6.3                             |
| 7. | Contenido de arena:  | 0.0 (%)                         |

PRUEBAS API. ARCILLA V6

1. L600:	3.0	L300:	1.6
Viscosidad aparente:		1.5	cps.
Viscosidad plástica:		1.4	cps.
2. Punto cedente:		0.2 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup>	
3. Filtrado:		95.2 cc	
4. Costra de filtrado:		<u>2.5</u>	
		32"	
5. Rendimiento:		9.79	Bbls/ton.
6. pH:		6.4	
7. Contenido de arena:		0.01	(%)

PRUEBAS API, ARCILLA V7

- |                        |     |       |                                 |
|------------------------|-----|-------|---------------------------------|
| 1. L600:               | 3.8 | L300: | 2.5                             |
| Viscosidad aparente:   |     |       | 1.9 cps.                        |
| Viscosidad plástica:   |     |       | 1.3 cps.                        |
| 2. Punto cedente:      |     |       | 1.2 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:           |     |       | 168 cc                          |
| 4. Costra de Filtrado: |     |       | $\frac{5.6}{32}$ "              |
| 5. Rendimiento:        |     |       | 15.9 Bbls/ton.                  |
| 6. pH:                 |     |       | 6.3                             |
| 7. Contenido de arena: |     |       | 0.10 (%)                        |

PRUEBAS API. ARCILLA V8

- |                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. L600: 3.3           | L300: 1.7                       |
| Viscosidad aparente:   | 1.65 cps                        |
| Viscosidad plástica:   | 1.6 cps.                        |
| 2. Punto cedente:      | 0.1 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:           | 179.2 cc.                       |
| 4. Costra de filtrado: | <u>3.5</u><br>32"               |
| 5. Rendimiento:        | 7.37 Bbls/ton.                  |
| 6. pH:                 | 6.5                             |
| 7. Contenido de arena: | 0.01 (%)                        |



PRUEBAS API. ARCILLA V9

- |                        |     |                                 |           |
|------------------------|-----|---------------------------------|-----------|
| 1. L <sub>600</sub> :  | 3.7 | L <sub>300</sub> :              | 2.1       |
| Viscosidad aparente:   |     | 1.85                            | cps.      |
| Viscosidad plástica:   |     | 1.6                             | cps.      |
| 2. Punto cedente:      |     | 0.5 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |           |
| 3. Filtrado:           |     | 173.2                           | cc        |
| 4. Costra de filtrado: |     | $\frac{5}{32}$                  | "         |
| 5. Rendimiento:        |     | 17.5                            | Ebls/ton. |
| 6. pH:                 |     | 6.3                             |           |
| 7. Contenido de arena: |     | 0.02                            | (%)       |

PRUEBAS API. ARCILLA V1 + 1%SODA ASH

- |                        |     |                                 |     |
|------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 1. L <sub>600</sub> :  | 4.6 | L <sub>300</sub> :              | 3.0 |
| Viscosidad aparente:   |     | 2.3 cps.                        |     |
| Viscosidad plástica:   |     | 1.6 cps.                        |     |
| 2. Punto cedente:      |     | 1.4 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |     |
| 3. Filtrado:           |     | 48.4 cc                         |     |
| 4. Costra de filtrado: |     | $\frac{2.5}{32}$ "              |     |
| 5. Rendimiento:        |     | 26.25 Bbls/ton.                 |     |
| 6. pH:                 |     | 10.8                            |     |
| 7. Ccntenido de arena: |     | 0.02 (%)                        |     |

PRUEBAS API. ARCILLA V2 + 1%SODA ASH

1. L <sub>600</sub> :	3.5	L <sub>300</sub> :	2.1
Viscosidad aparente:			1.75 cps.
Viscosidad plástica:			1.4 cps.
2. Punto cedente:			0.7 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup>
3. Filtrado:			48.2 cc.
4. Costra de Filtrado:			$\frac{1.8}{32}$ "
5. Rendimiento:			17.59 Bbls/ton.
6. pH:			10.6
7. Contenido de arena:			0.04 (%)

PRUEBAS API. ARCILLA V3 + 1%SODA ASH

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. L <sub>600</sub> : 12 | L <sub>300</sub> : 9.4          |
| Viscosidad aparente:     | 6 cps.                          |
| Viscosidad plástica:     | 2.6 cps.                        |
| 2. Punto cedente:        | 6.8 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:             | <u>46.6</u> cc                  |
| 4. Costra de filtrado:   | <u>2.3</u><br>32"               |
| 5. Rendimiento:          | 42 Bbls/ton.                    |
| 6. pH:                   | 10.7                            |
| 7. Contenido de arena:   | 0.0 (%)                         |

PRUEBAS API. ARCILLA V4 + 1%SODA ASH

1. L600: 10.4                      L300: 7.8  
Viscosidad aparente: 5.2 cps.  
Viscosidad plástica: 2.6 cps.
2. Punto cedente:                      5.2 x 5 lb/100 pie<sup>2</sup>
3. Filtrado:                              34 cc.
4. Costra de filtrado:                       $\frac{1.4}{32}$ "
5. Rendimiento:                              38.64 Bbls/ton.
6. pH:                                      10.8
7. Contenido de arena:                      0.0 (%)

PRUEBAS API. ARCILLA V5 + 1%SODA ASH

- |                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. L600: 5             | L300: 3                         |
| Viscosidad aparente:   | 2.5 cps.                        |
| Viscosidad plástica:   | 2.0 cps.                        |
| 2. Punto cedente:      | 1,0 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:           | 43,2 cc                         |
| 4. Costra de filtrado: | $\frac{1.6}{32}$ "              |
| 5. Rendimiento:        | 23 Bbls/ton.                    |
| 6. pH:                 | 10.7                            |
| 7. Contenido de arena: | 0.9 (%)                         |

PRUEBAS API. ARCILLA V6 + 1% SODA ASH

1. L600:	5.2	L300:	3.3
Viscosidad aparente:			2.6 cps.
Viscosidad plástica:			1.9 cps.
2. Punto cedente:			1.4x 31b/100 pie <sup>2</sup>
3. Filtrado:			36.8 cc
4. Costra de filtrado:			$\frac{1.4}{32}$ "
5. Rendimiento:			26.9 Bbls/ton.
6. pH:			11
7. Contenido de arena:			0.0 (%)

PRUEBAS API. ARCILLA V7 + 1%SODA ASH

- |                        |     |                                 |     |
|------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 1. L600:               | 3.3 | L300:                           | 1.7 |
| Viscosidad aparente:   |     | 1.65 cps.                       |     |
| Viscosidad plástica:   |     | 1.6 cps.                        |     |
| 2. Punto cedente:      |     | 0.1 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |     |
| 3. Filtrado:           |     | 143 cc                          |     |
| 4. Costra de Filtrado: |     | <u>2.3</u><br>32"               |     |
| 5. Rendimiento:        |     | 16.77 Bbls/ton.                 |     |
| 6. pH:                 |     | 10.4                            |     |
| 7. Contenido de arena: |     | 0.10 (%)                        |     |



PRUEBAS API. ARCILLA V8 + 1%SODA ASH

- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1. L <sub>600</sub> : 4 | L <sub>300</sub> : 2.2          |
| Viscosidad aparente:    | 2 cps.                          |
| Viscosidad plástica:    | 1.8 cps.                        |
| 2. Punto cedente:       | 0.4 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup> |
| 3. Filtrado:            | 80 cc                           |
| 4. Costra de filtrado:  | $\frac{1.9}{32}$ "              |
| 5. Rendimiento:         | 16.54 Bbls/Ton.                 |
| 6. pH:                  | 10                              |
| 7. Contenido de arena:  | 0.01 (%)                        |

PRUEBAS API. ARCILLA V9 + 1%SODA ASH

1. L600: 6.0	L300: 3.8
Viscosidad aparente:	3.0 cps.
Viscosidad plástica:	2.2 cps.
2. Punto cedente:	1.6 x 3 lb/100 pie <sup>2</sup>
3. Filtrado:	110 cc
4. Costra de filtrado:	<u>3.8</u> 32"
5. Rendimiento:	27.4 Bbls/ton.
6. pH:	10.5
7. Contenido de arena:	0.01 (%)



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA VI+AGUA

Figura N° 1

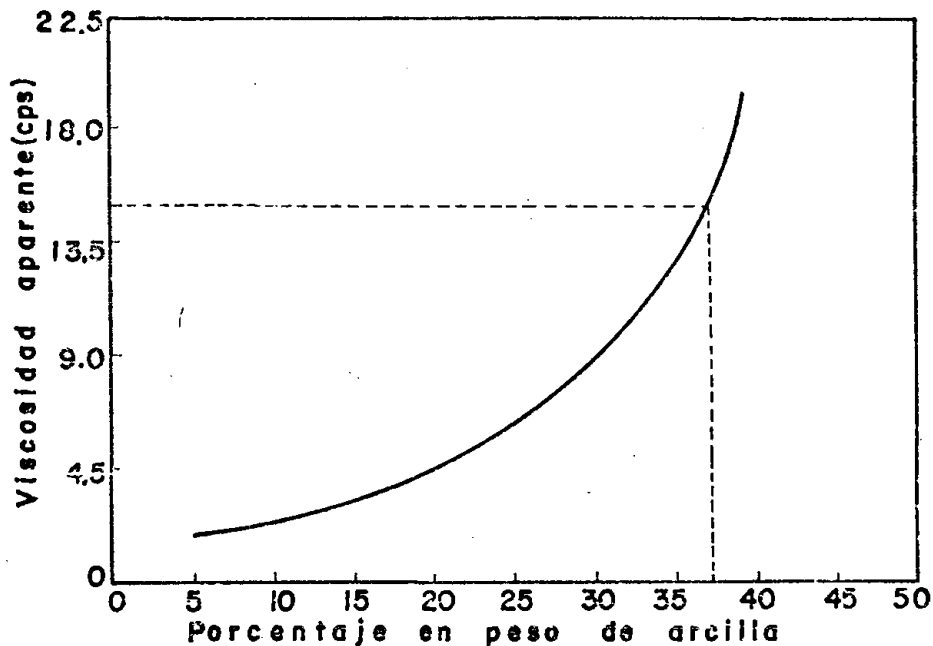
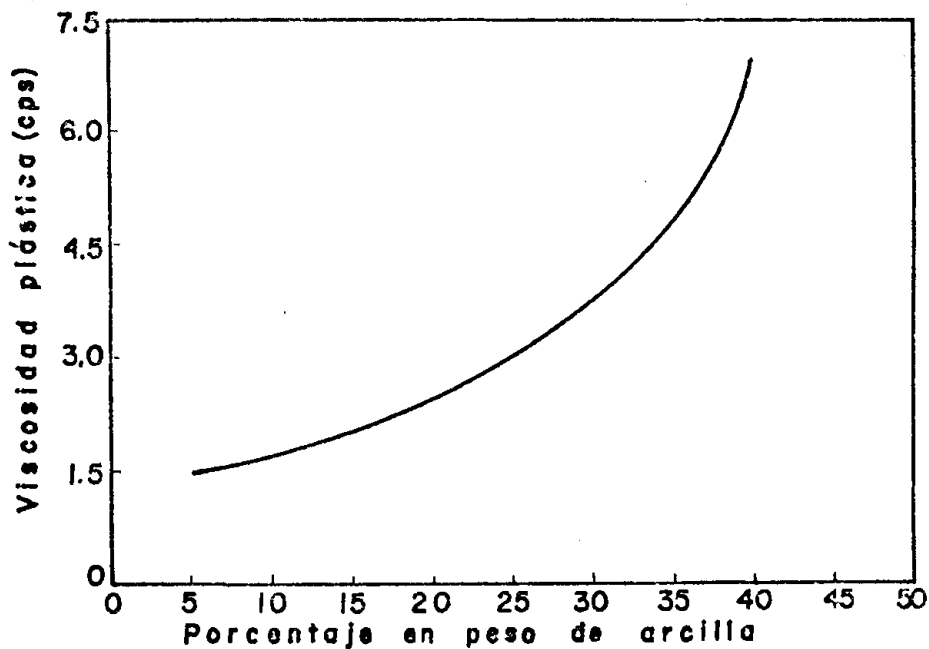


Figura N° 2



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA VI + AGUA

Figura N°3

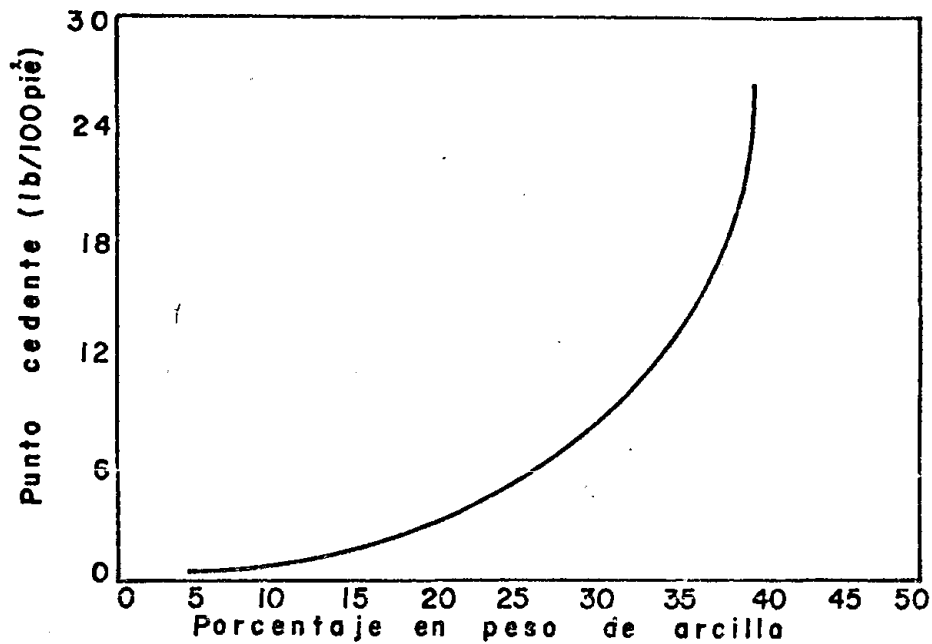
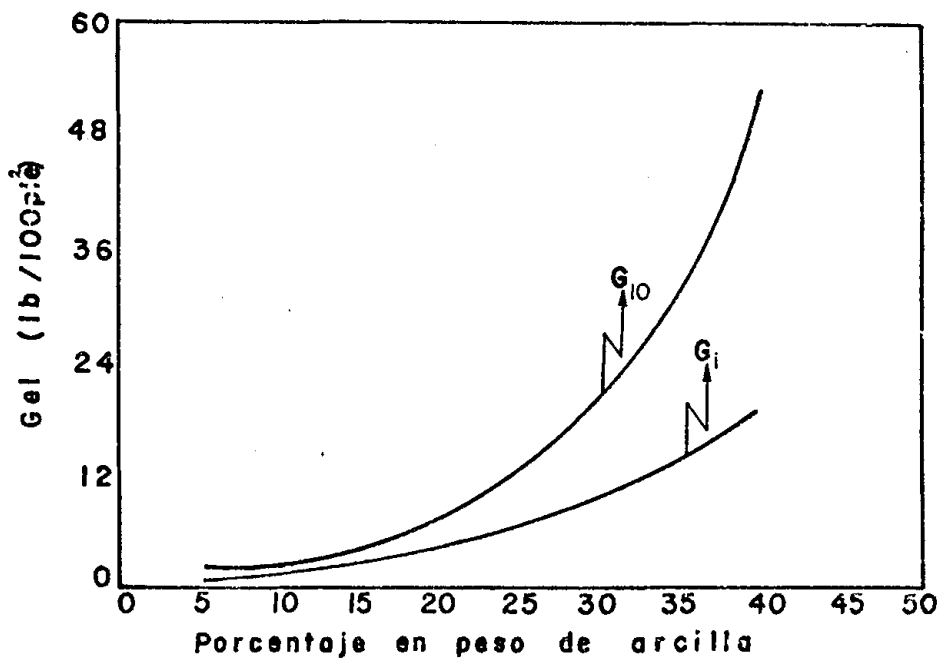


Figura N° 4



## FLUIDO PREPARADO: ARCILLA VI + AGUA

Figura N° 5

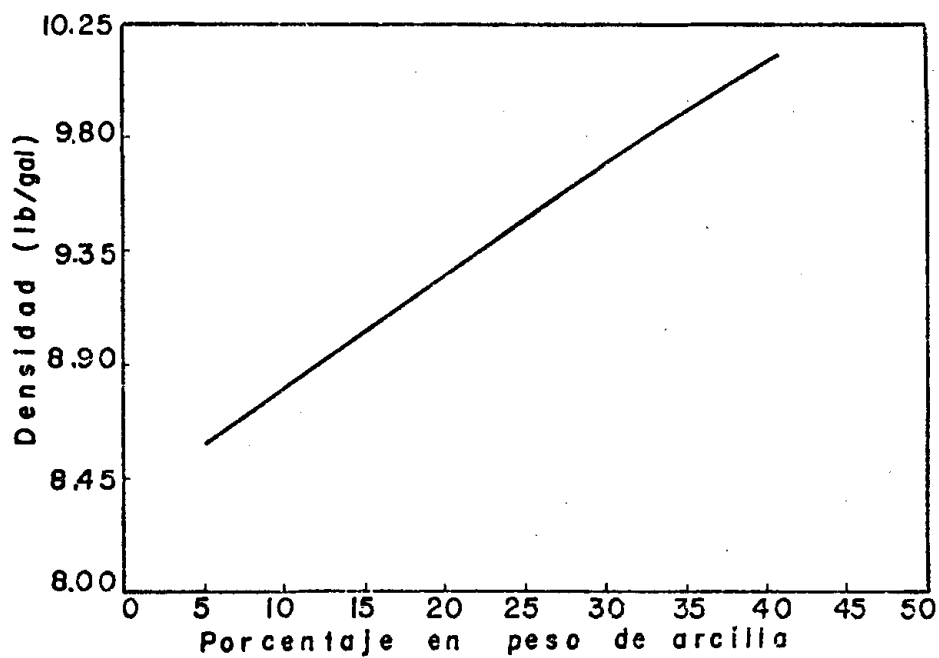
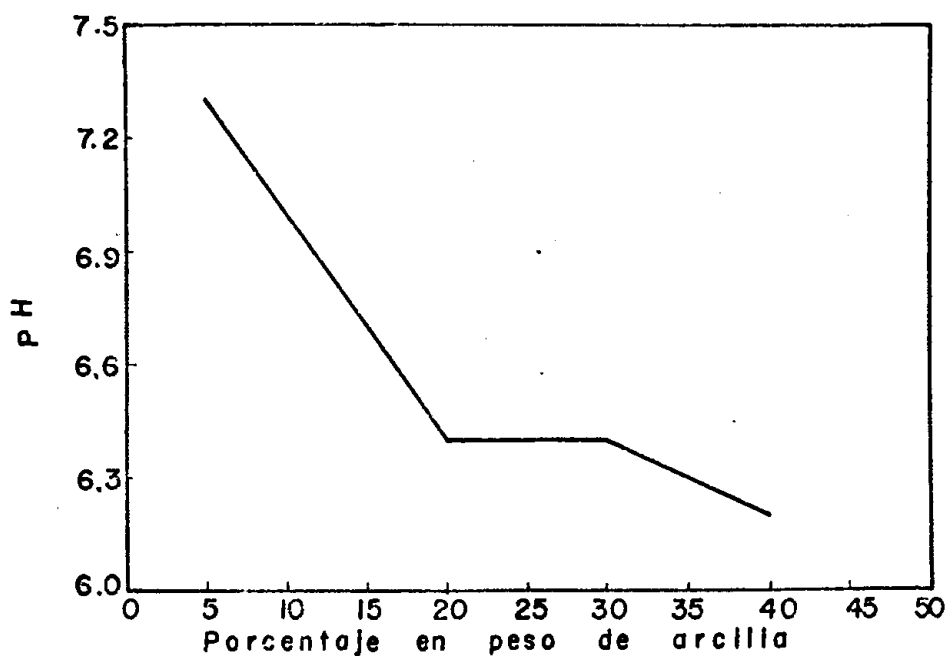


Figura N° 6



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V2 + AGUA

Figura N° 7

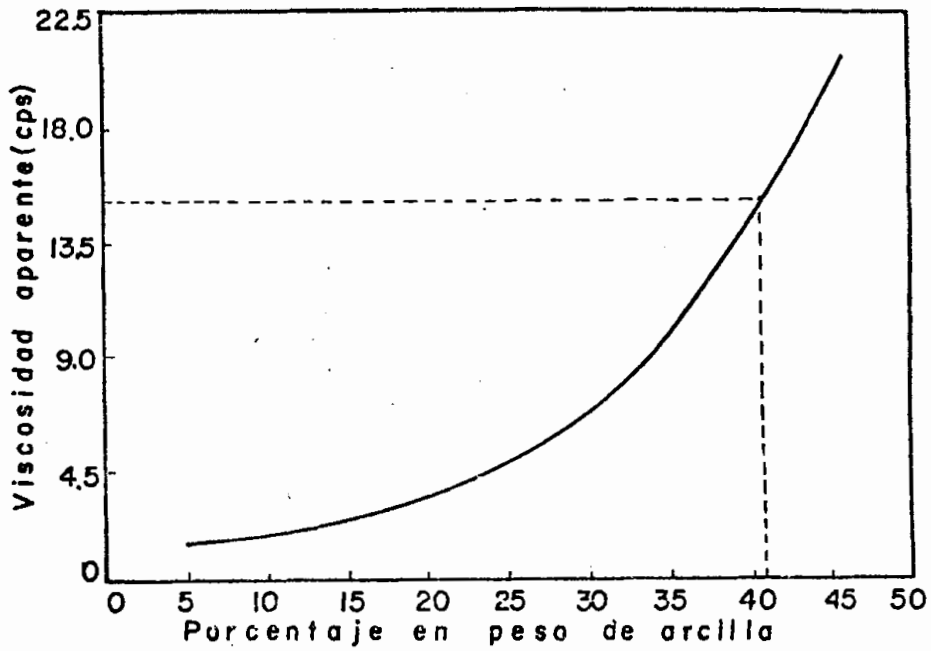
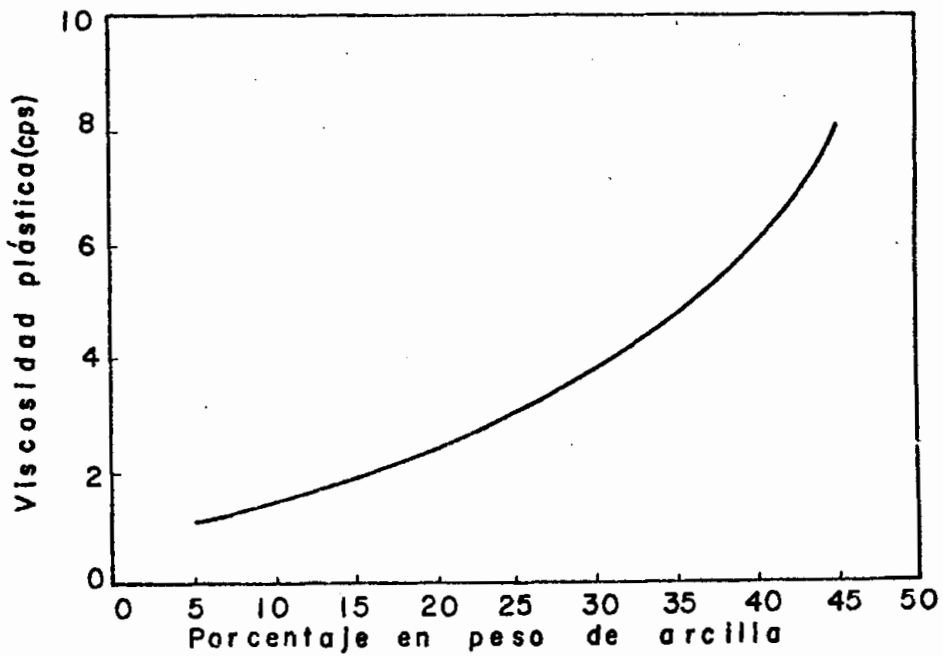


Figura N° 8



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V2 + AGUA

Figura N° 9

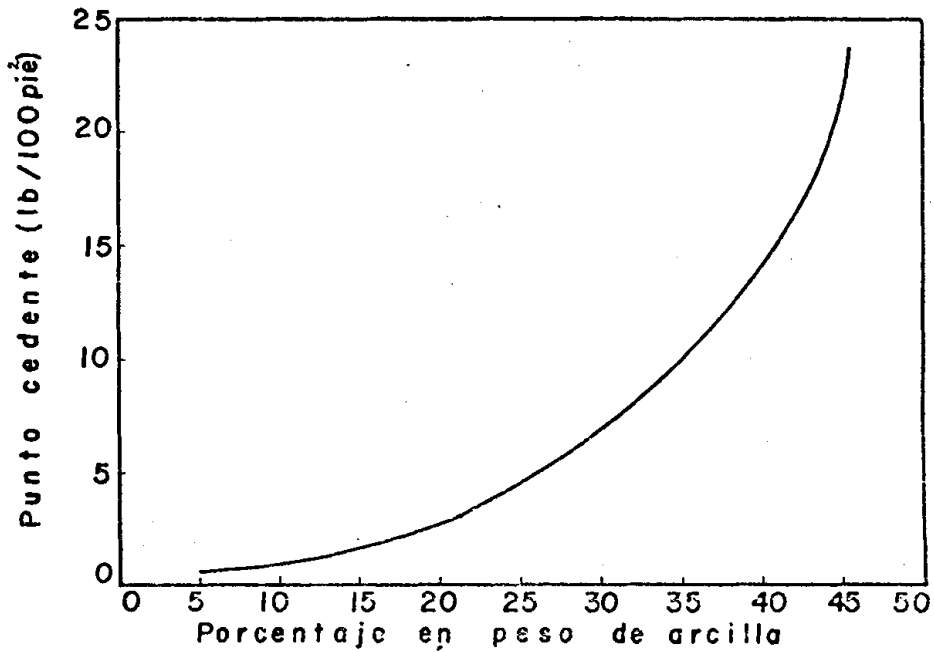
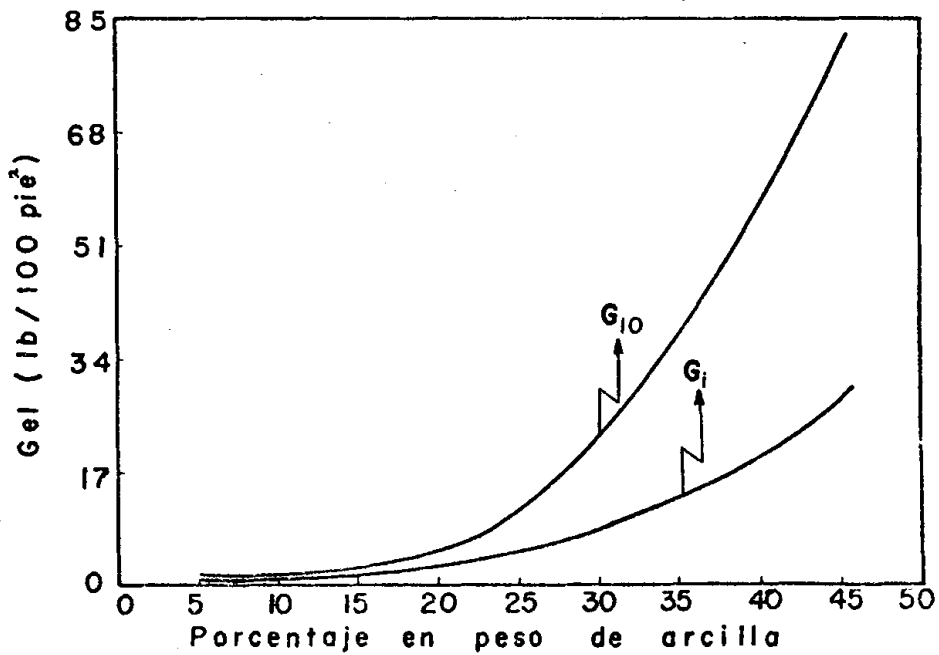


Figura N° 10





## FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V2 + AGUA

Figura N° 11

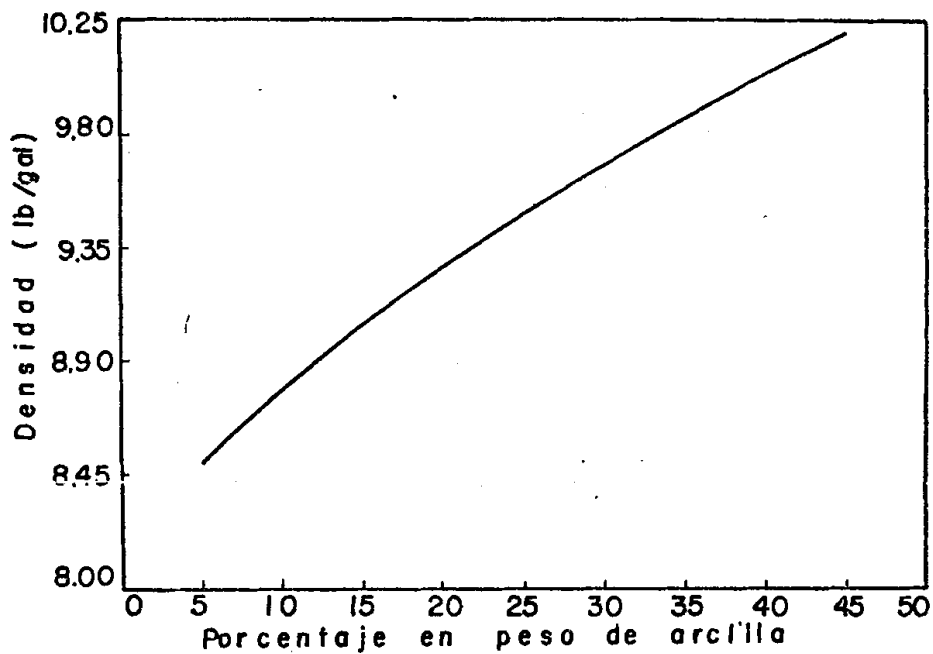
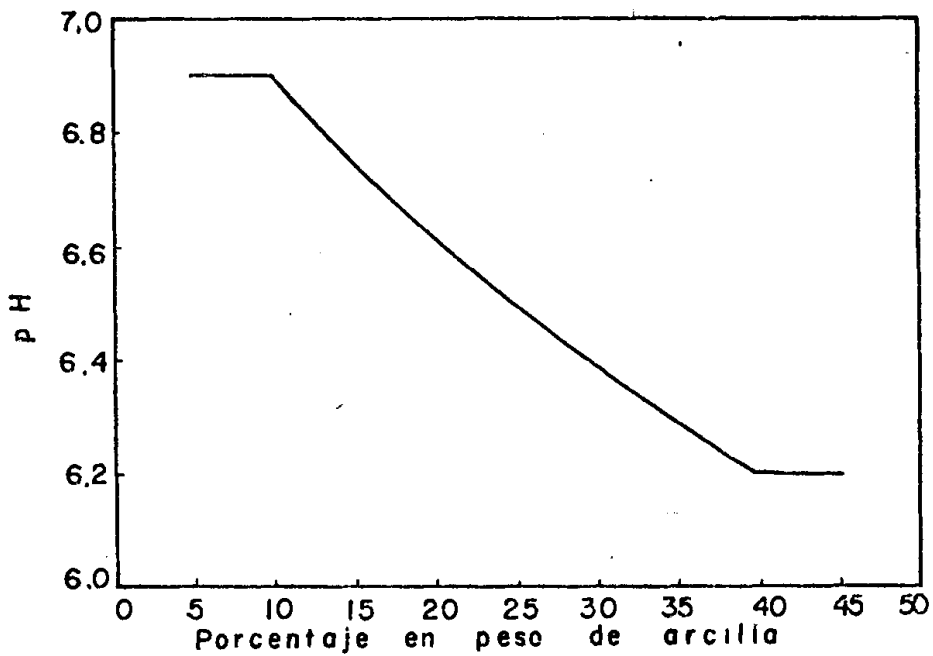


Figura N° 12



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V3 + AGUA

Figura N°13

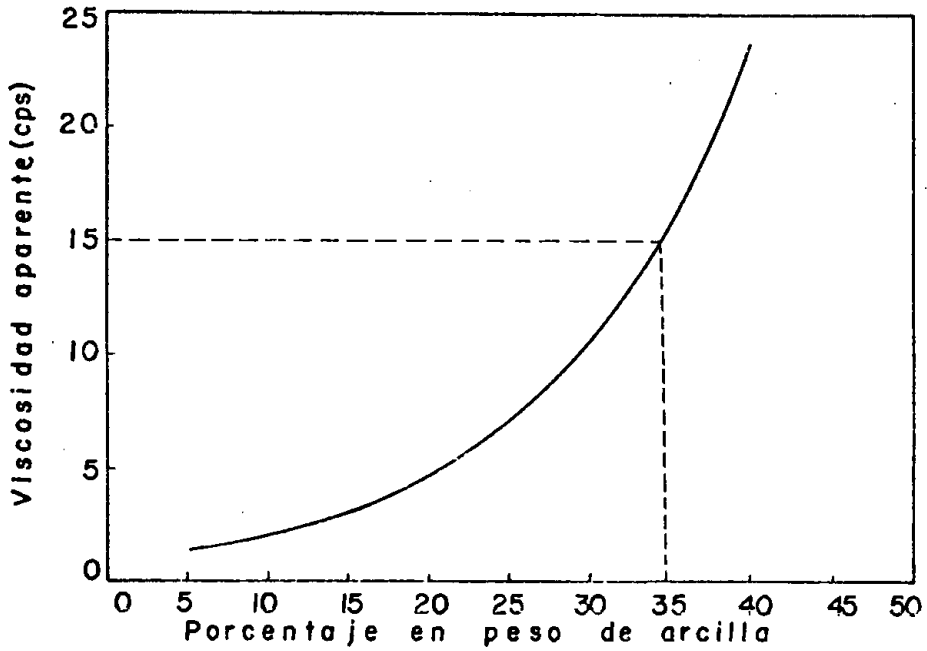
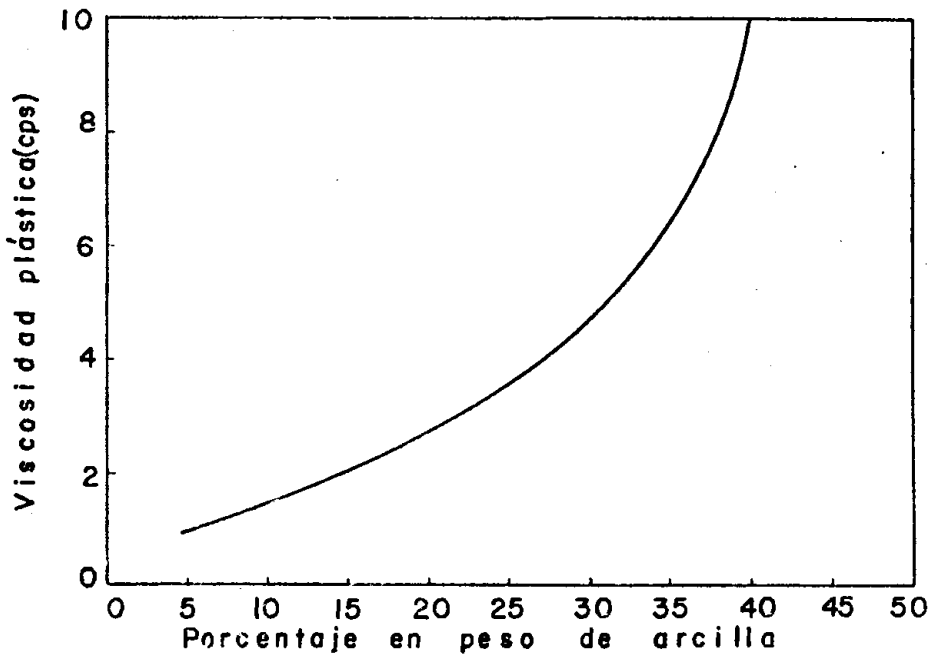


Figura N°14



## FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V3 + AGUA

Figura N° 15

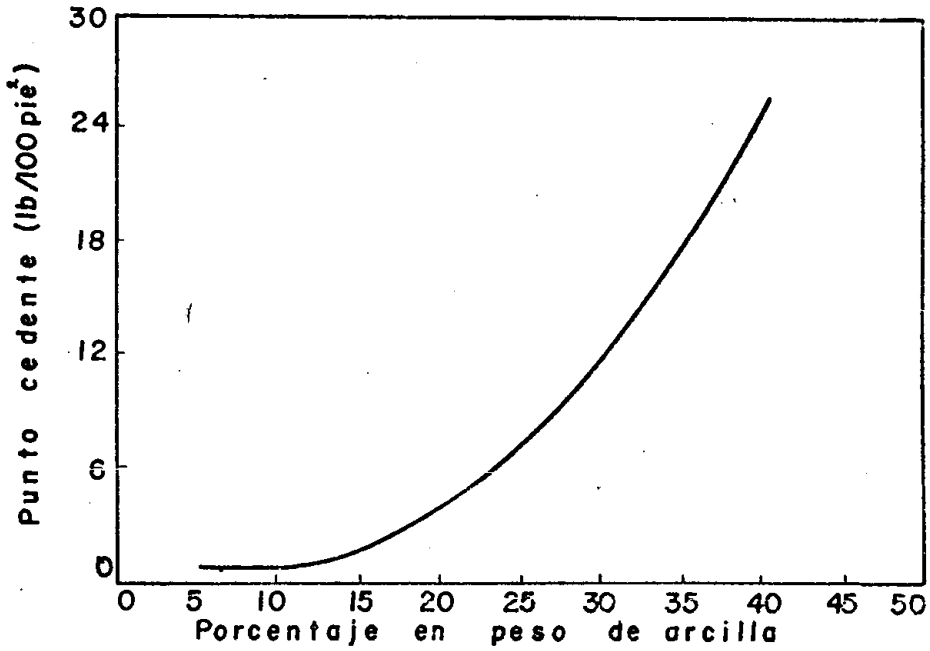
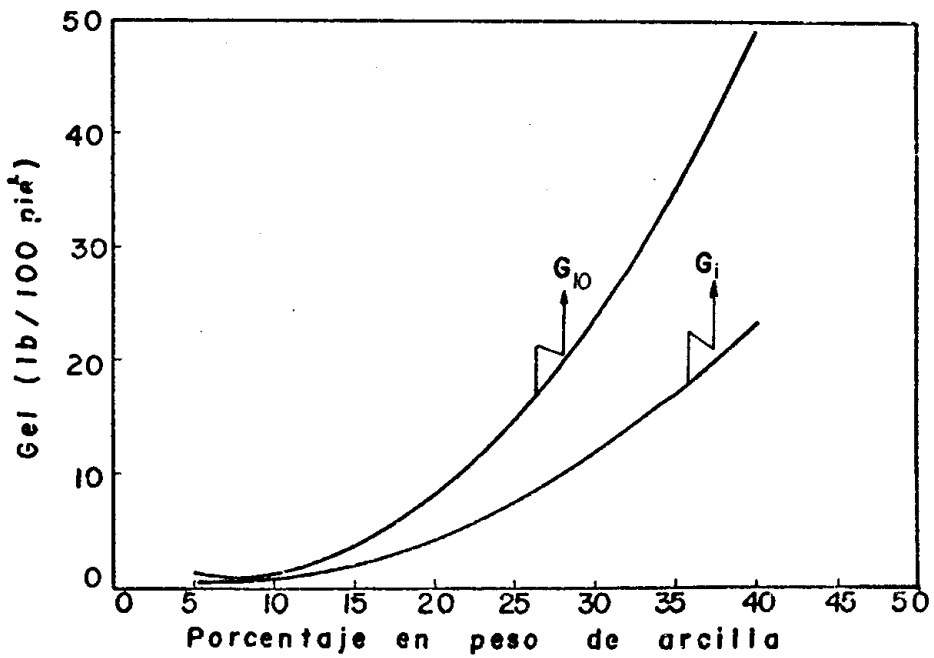


Figura N° 16



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V3 + AGUA

Figura N° 17

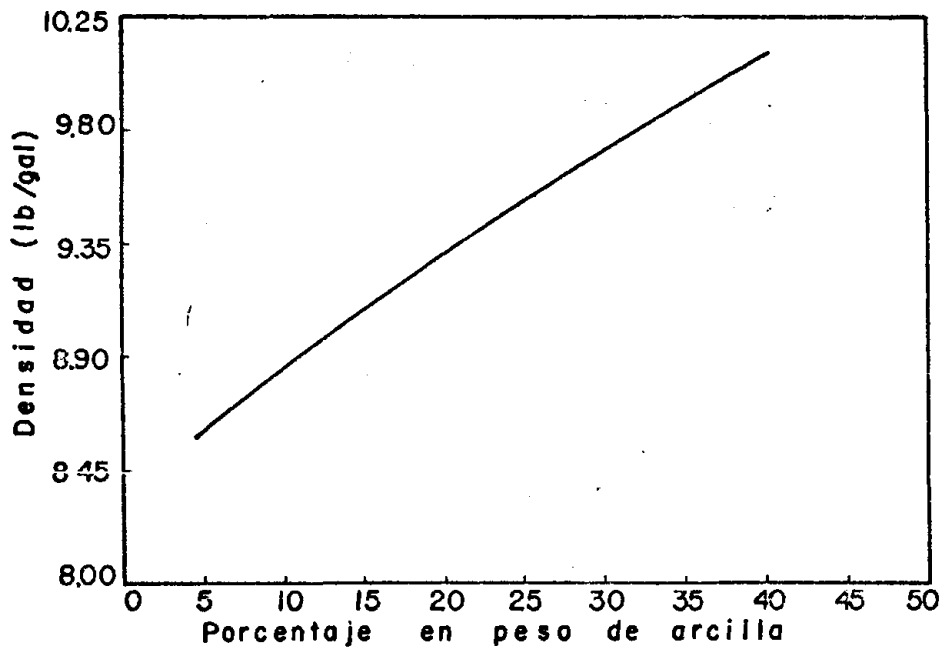
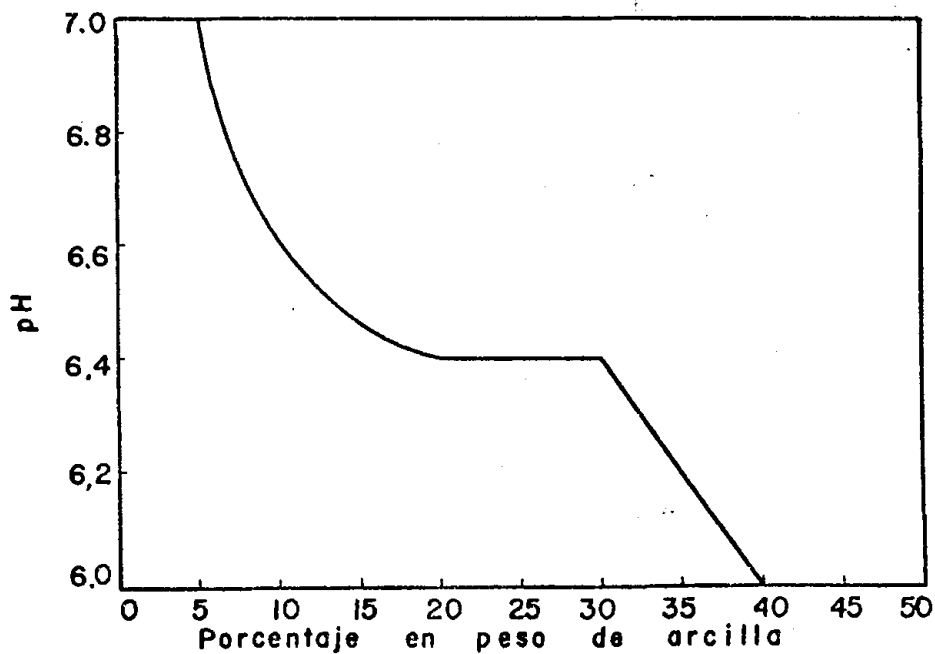


Figura N° 18



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA

Figura N°19

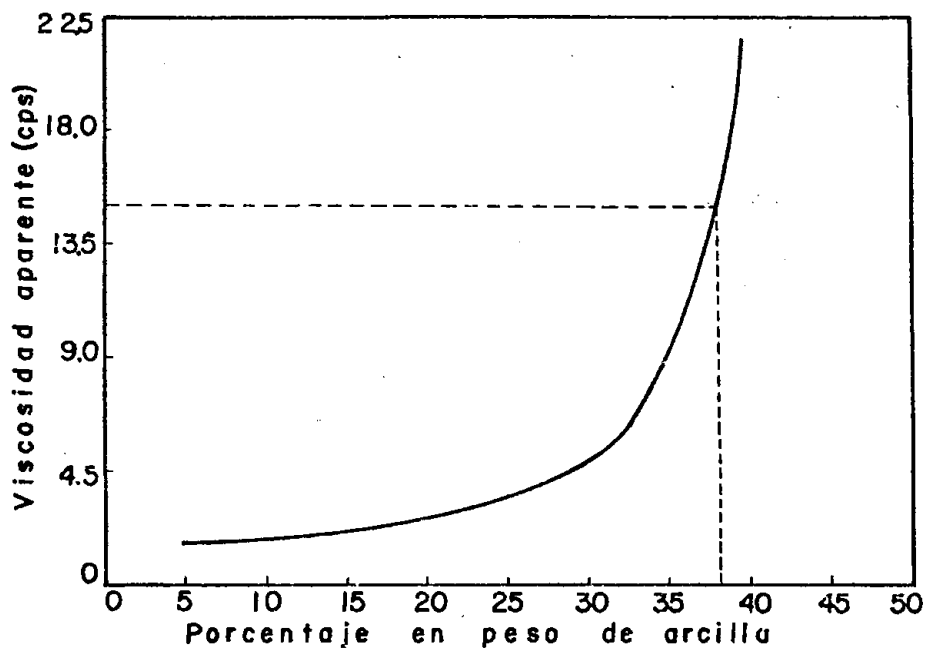
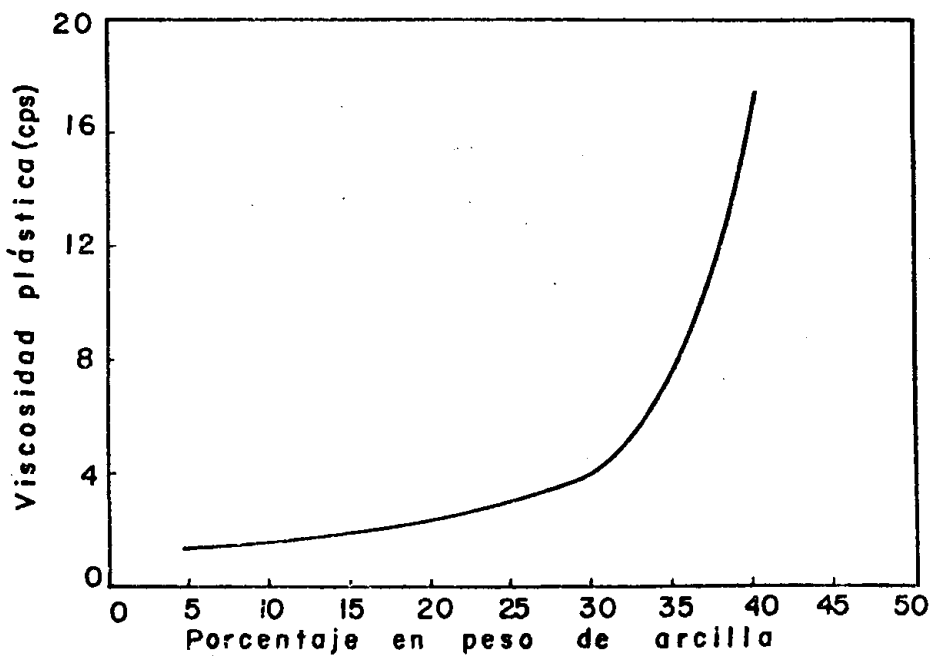


Figura N°20



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V 4 + AGUA

Figura N°21

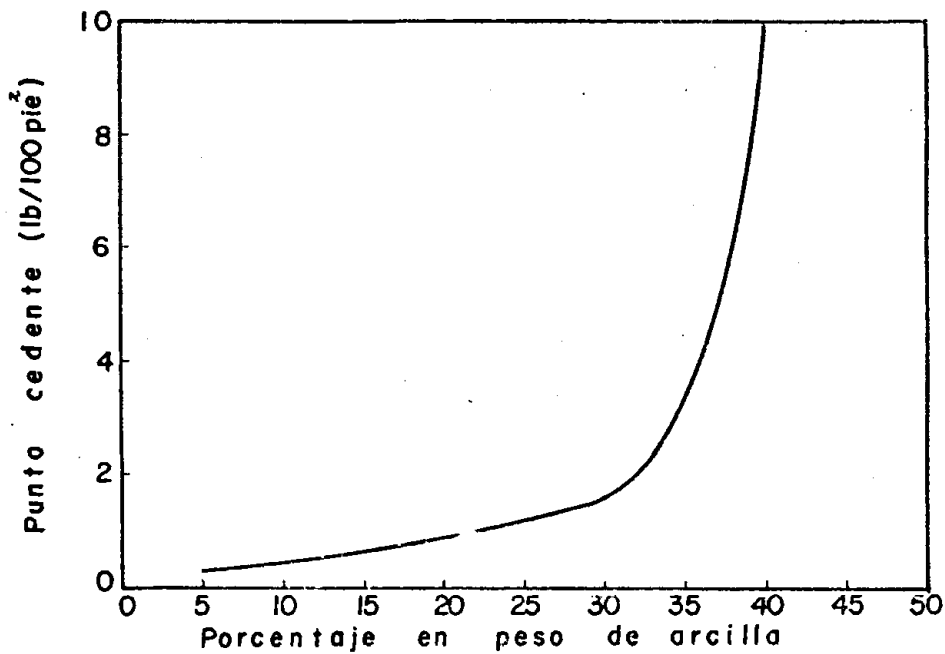
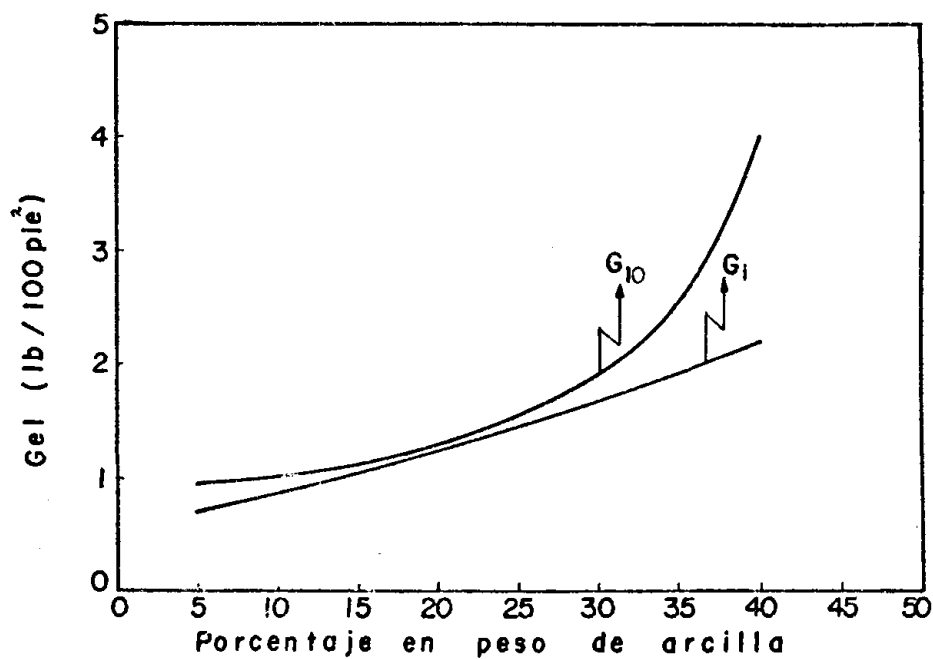


Figura N°22



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA

Figura N° 23

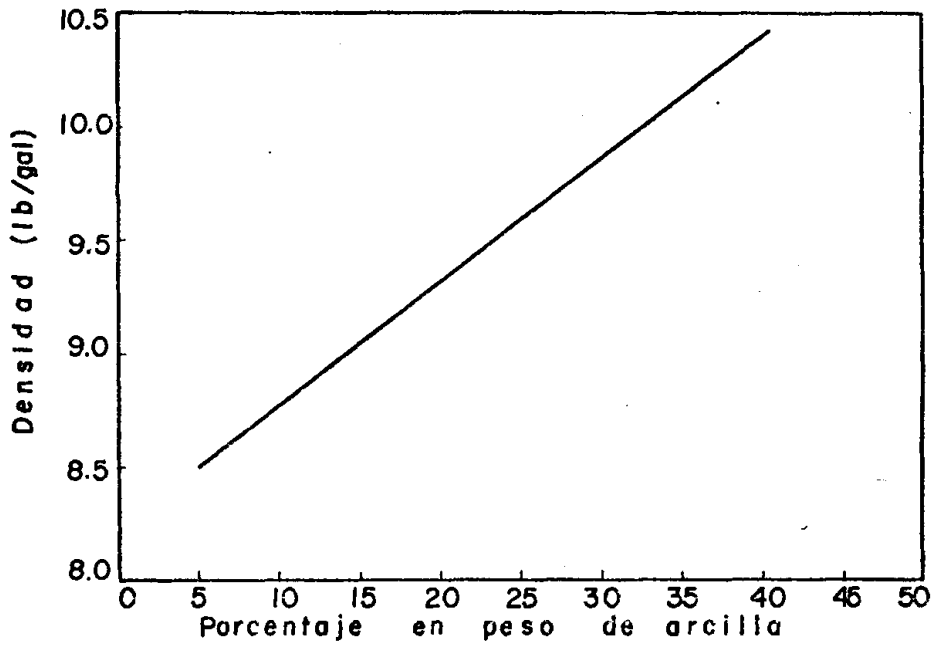
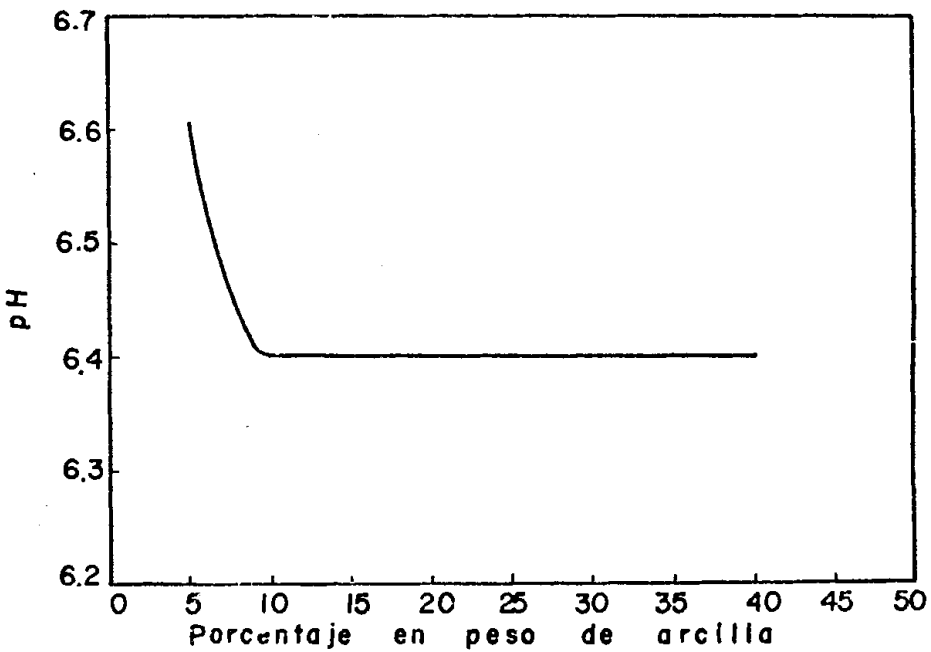


Figura N° 24



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V5 + AGUA

Figura N°25

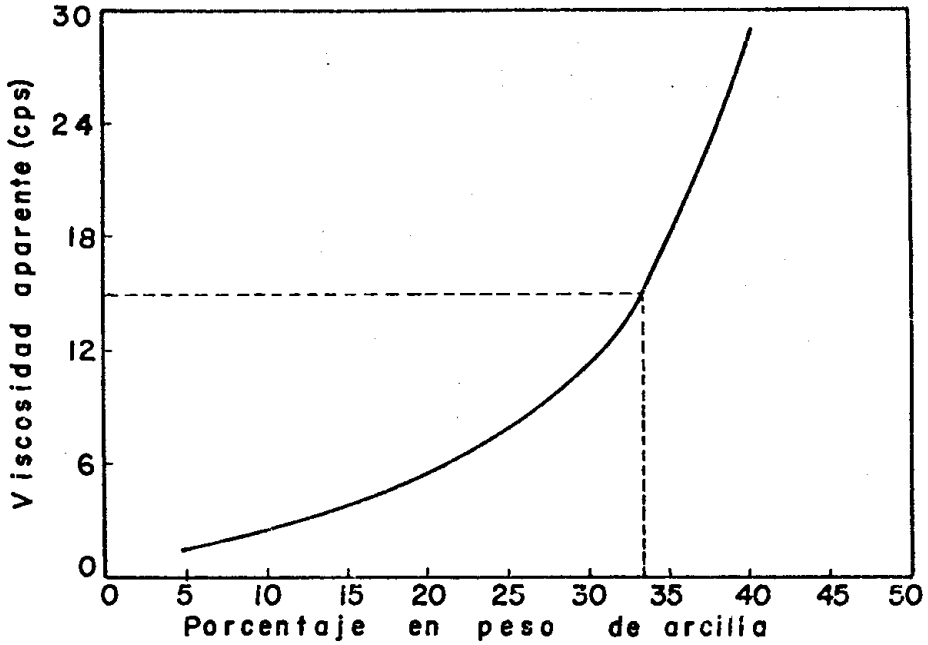
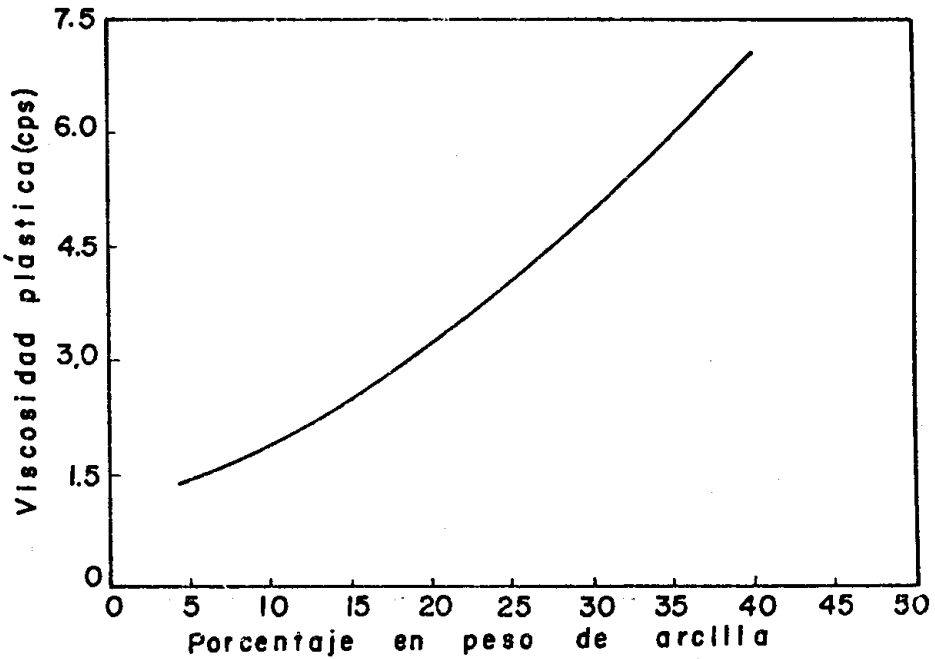


Figura N°26





## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V5 + AGUA

Figura N°27

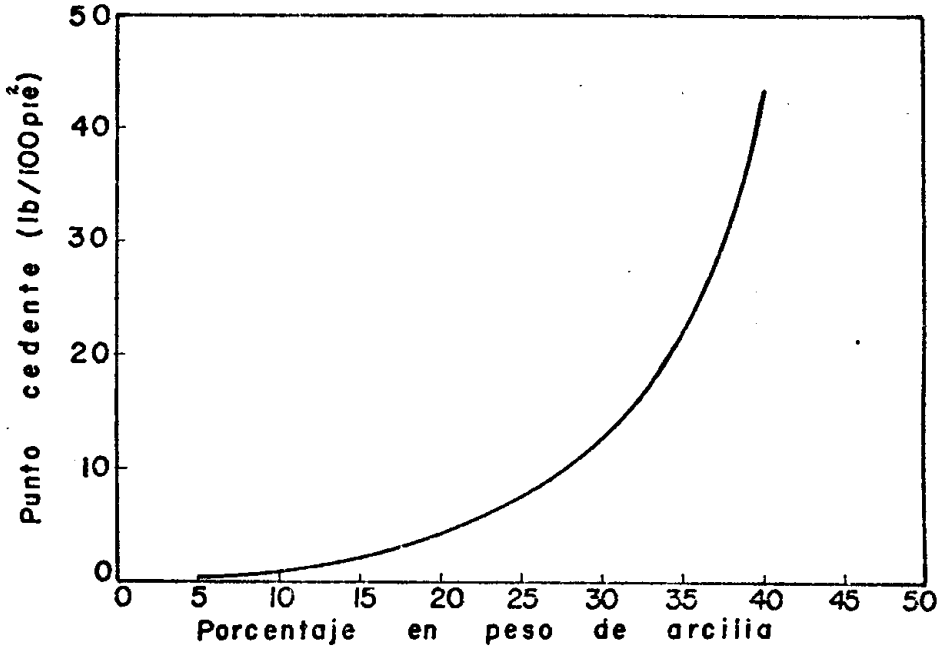
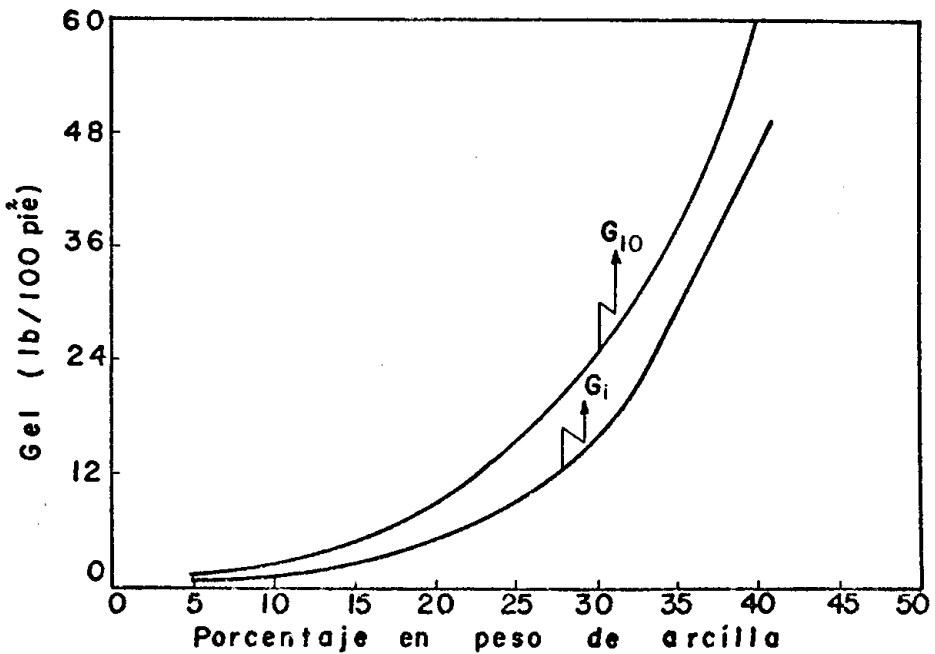


Figura N°28



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V5 + AGUA

Figura N° 29

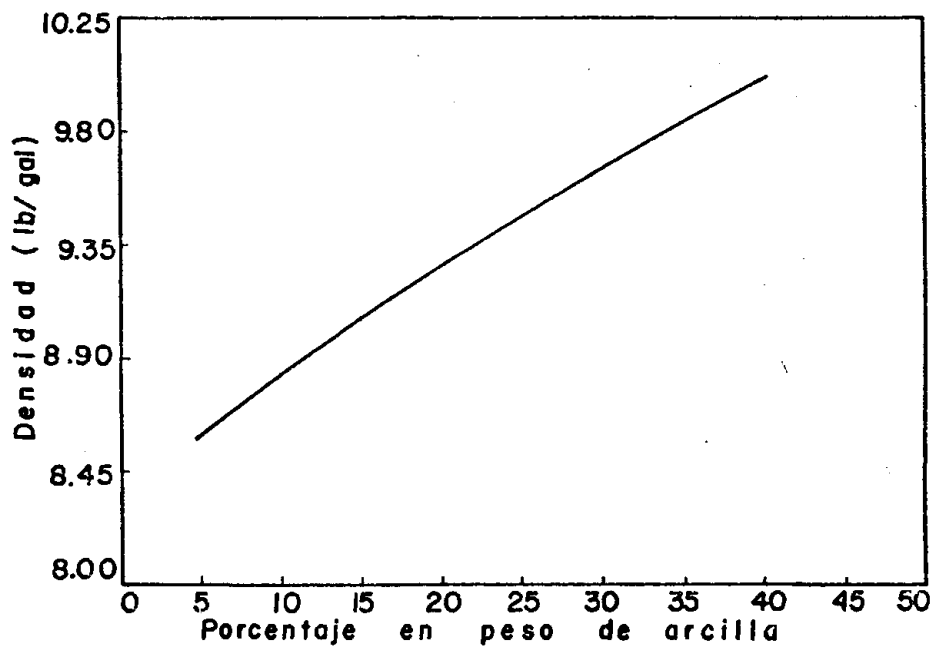
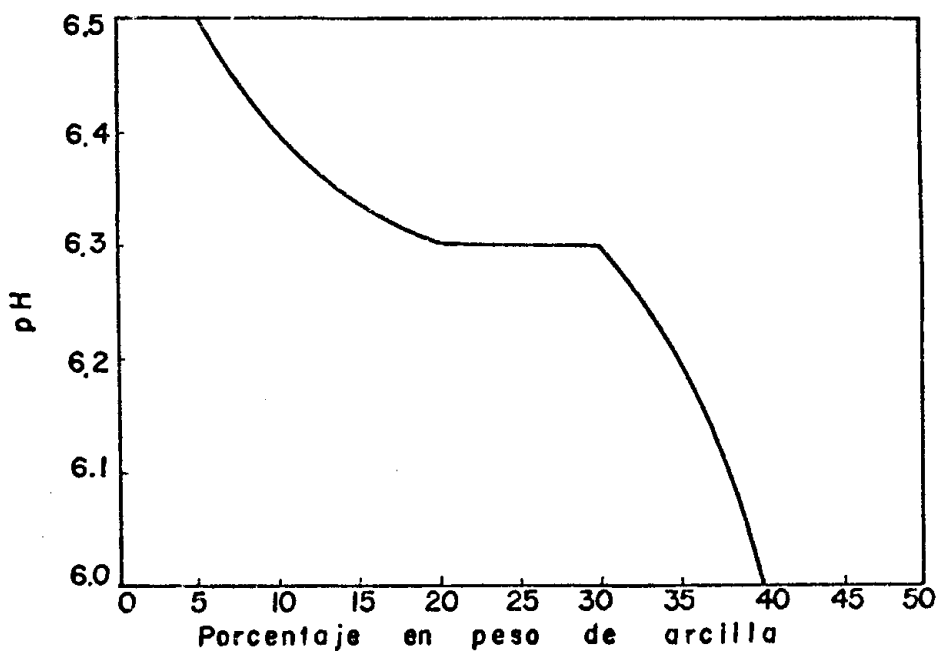


Figura N° 30



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V6 + AGUA

Figura N° 31

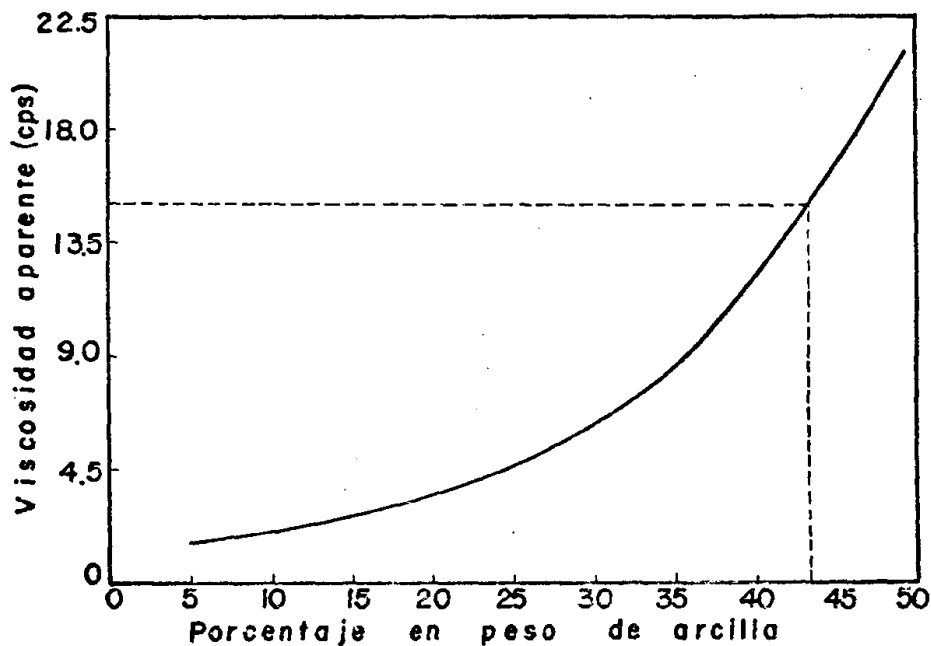
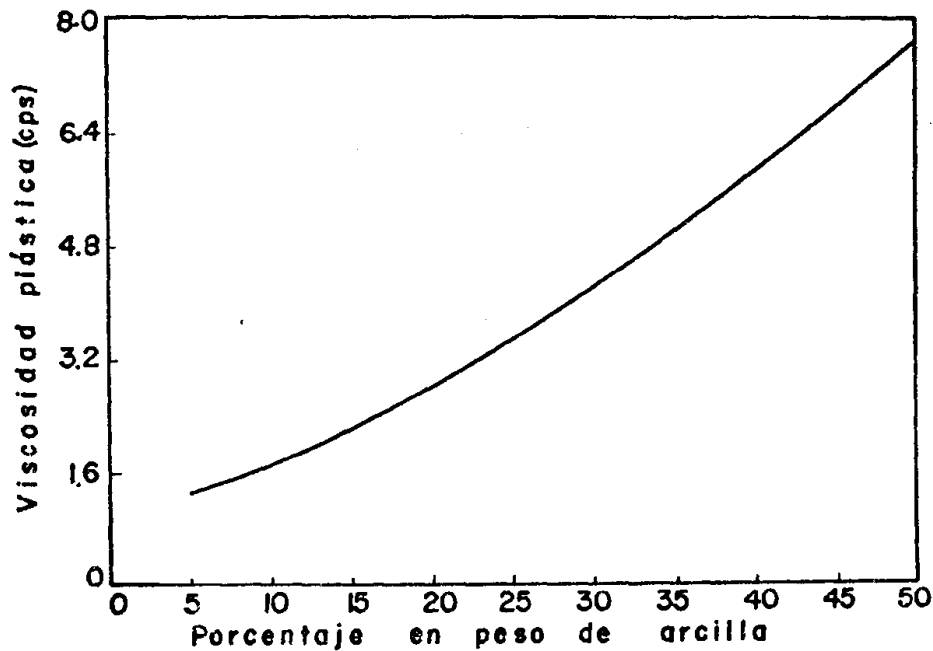


Figura N° 32



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V6 + AGUA

Figura N° 33

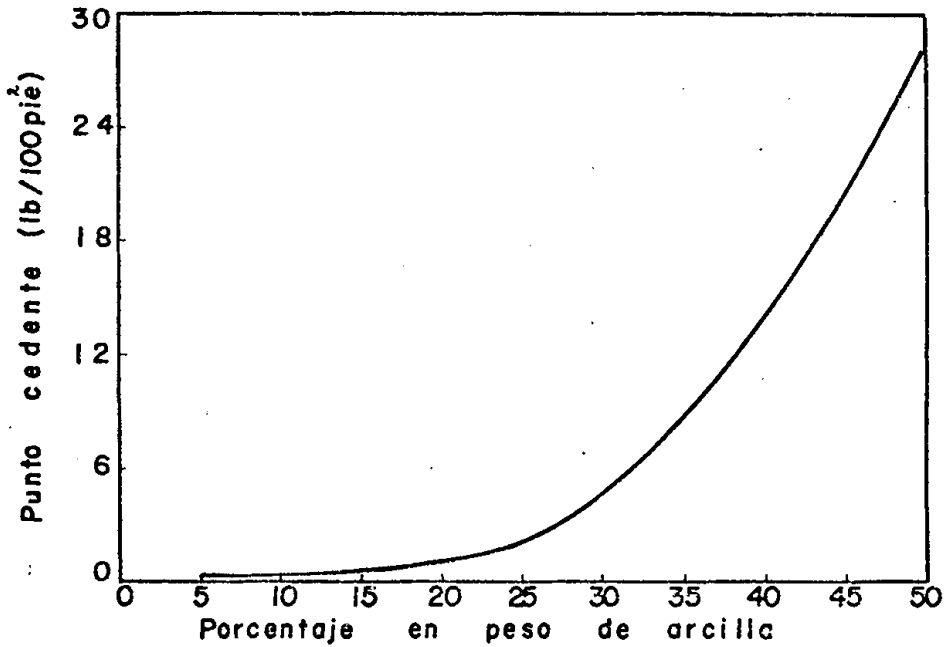
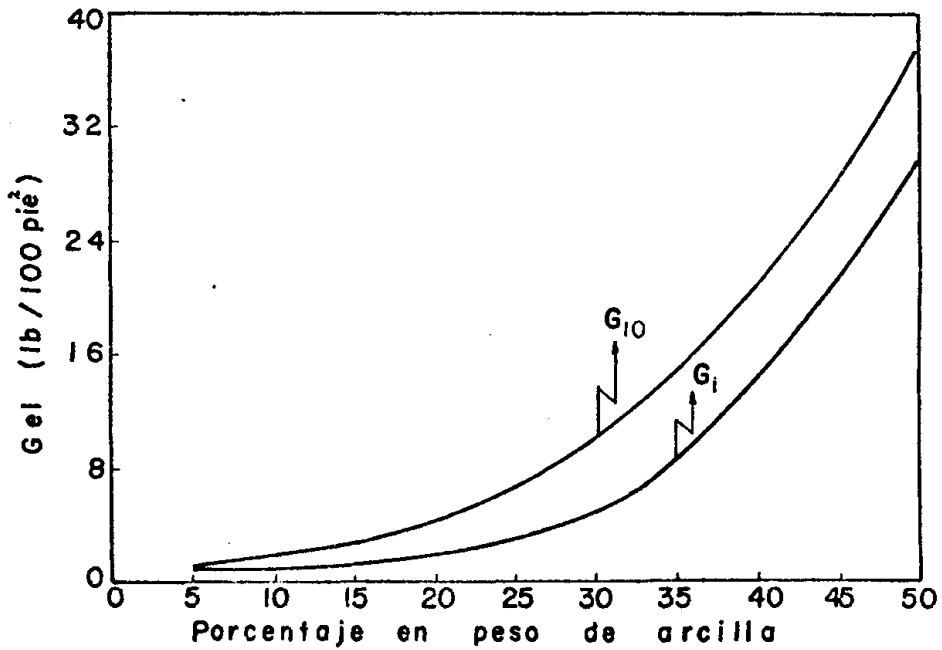


Figura N° 34



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V6 + AGUA

Figura N°35

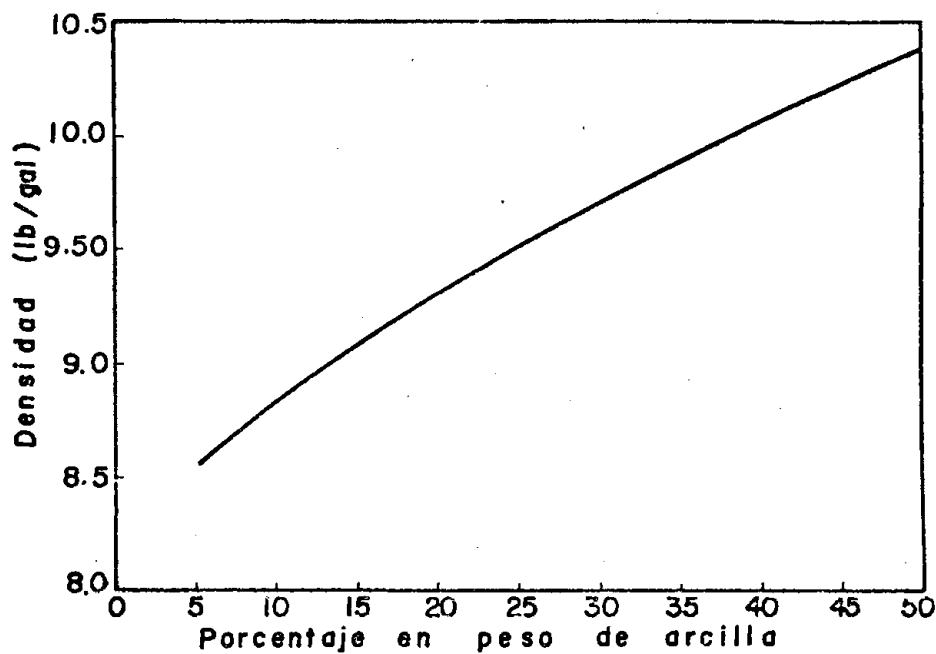
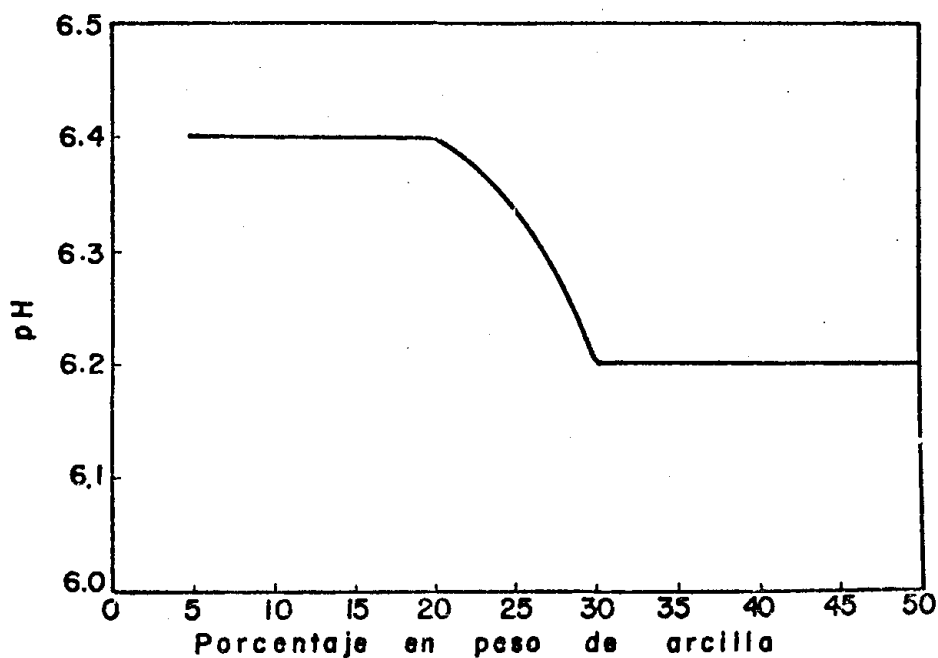


Figura N°36



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V7 + AGUA

Figura N° 37

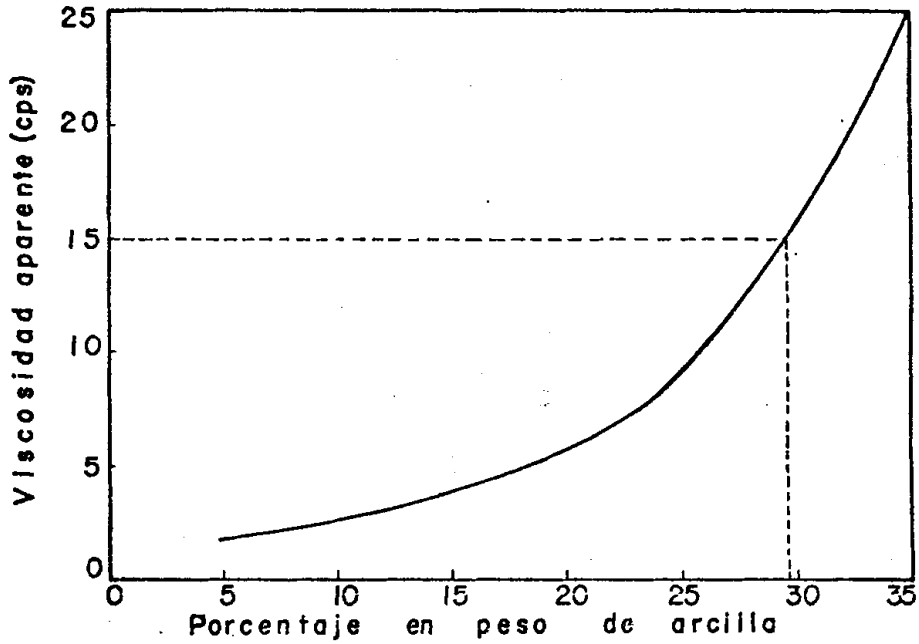
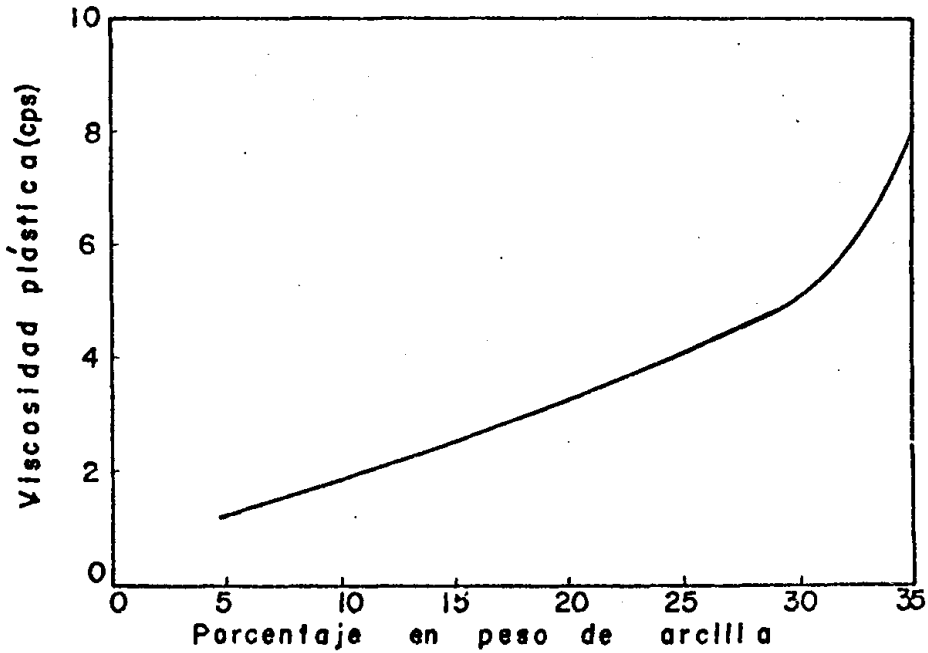


Figura N° 38



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V7 + AGUA

Figura N° 39

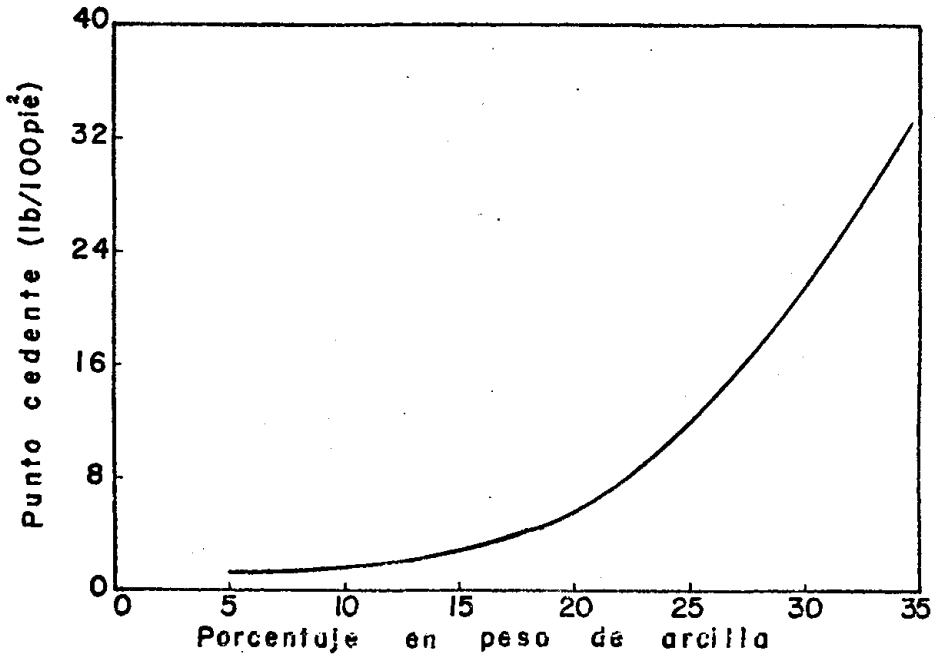
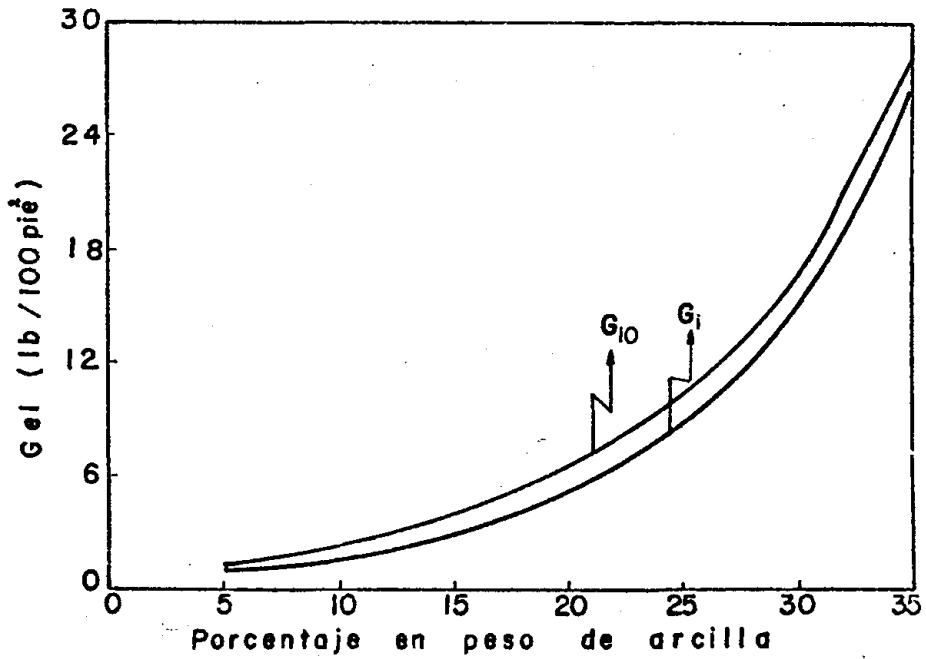


Figura N° 40



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V7 + AGUA

Figura N° 41

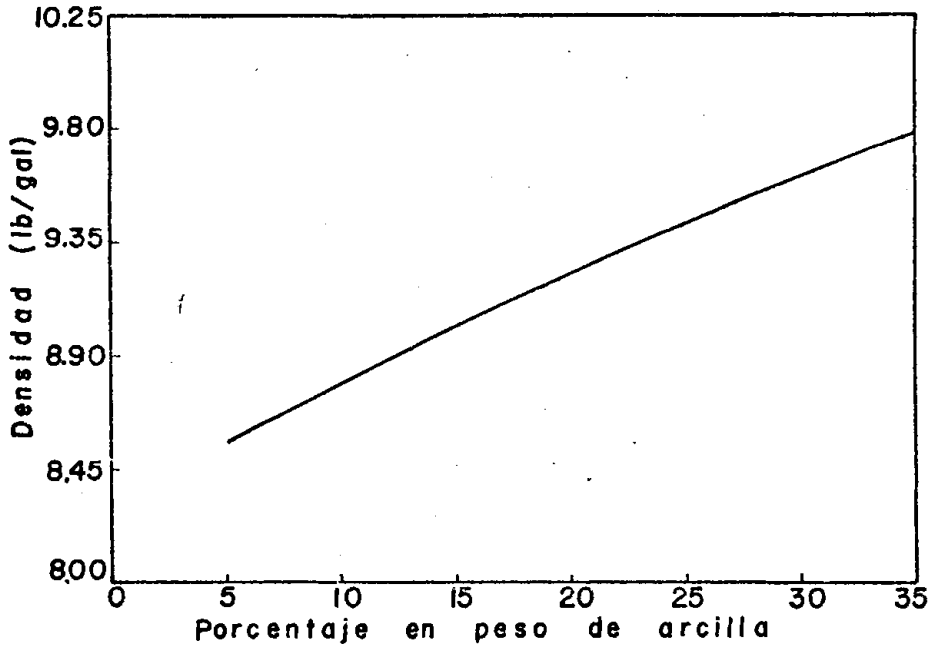
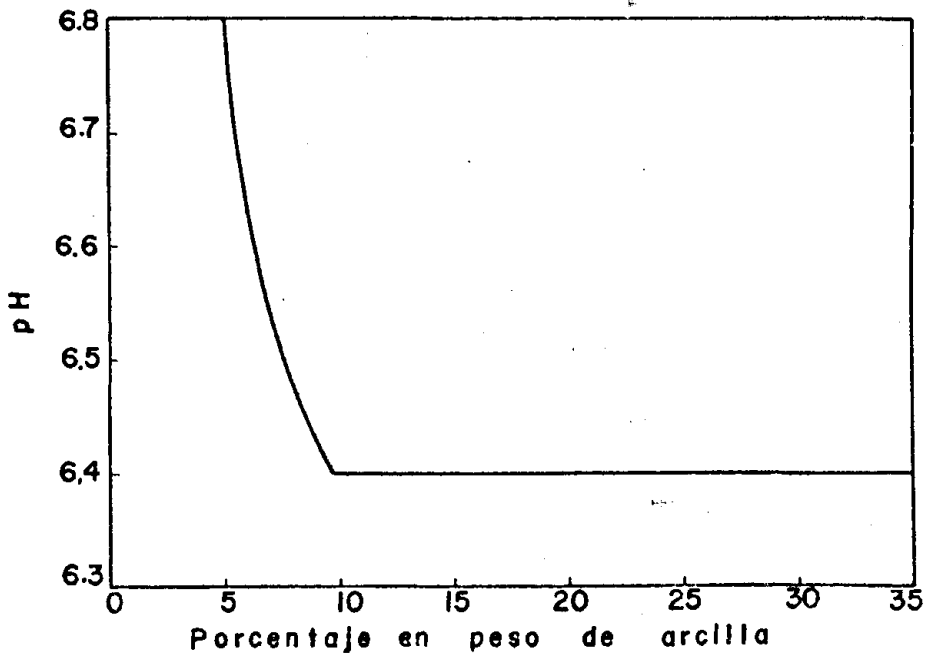


Figura N° 42





# FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V8 + AGUA

Figura N° 43

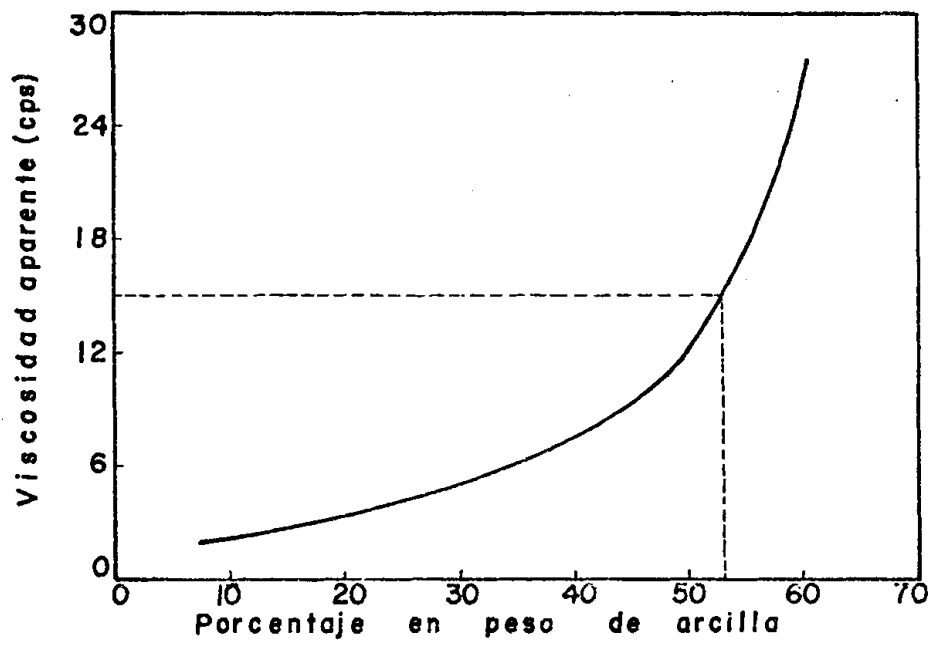
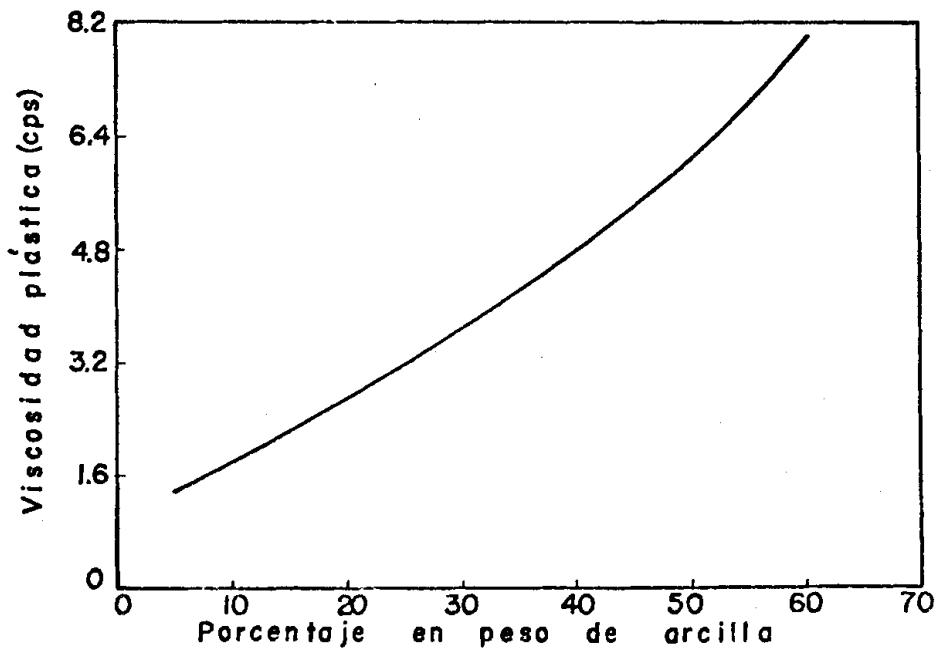


Figura N° 44



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V8 + AGUA

Figura N° 45

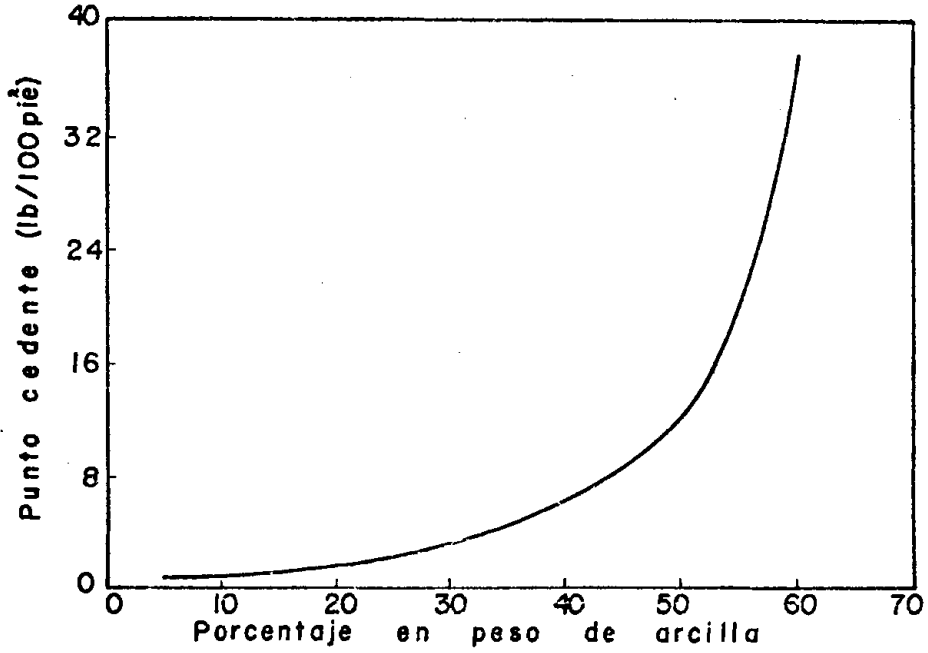
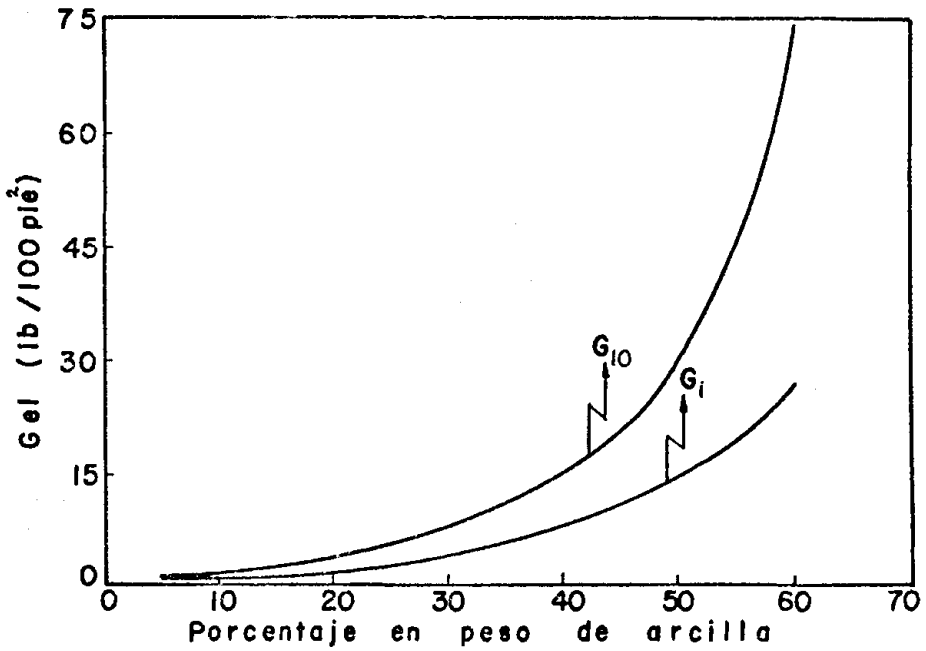


Figura N° 46



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V8 + AGUA

Figura N° 47

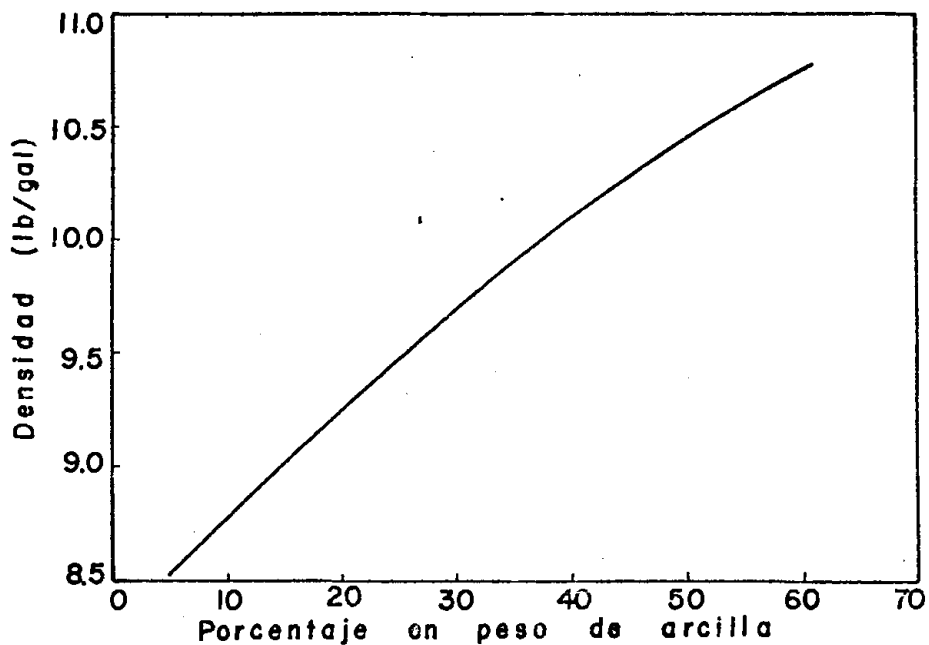
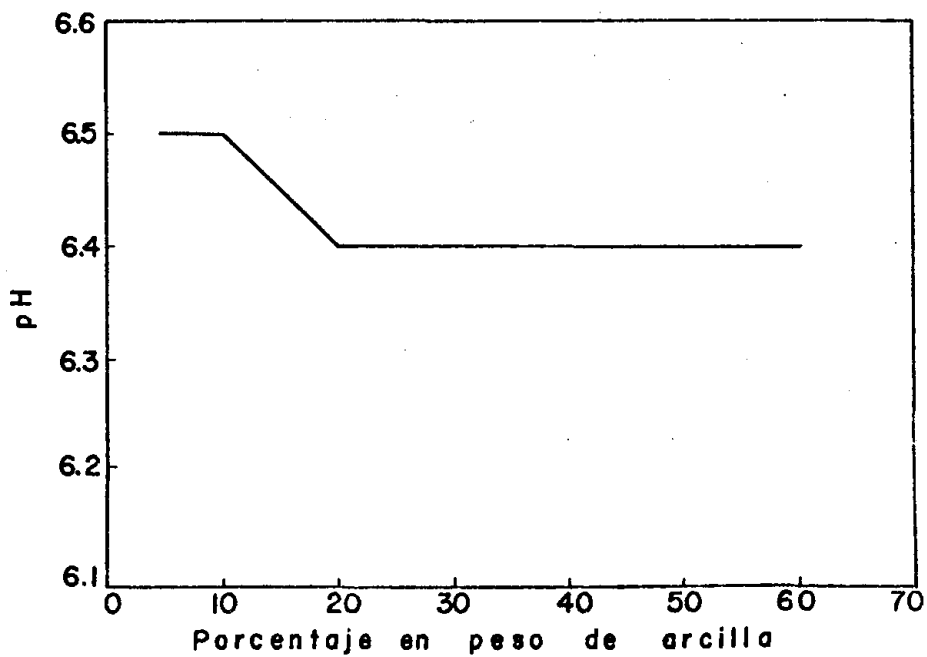


Figura N° 48



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V9 + AGUA

Figura N° 49

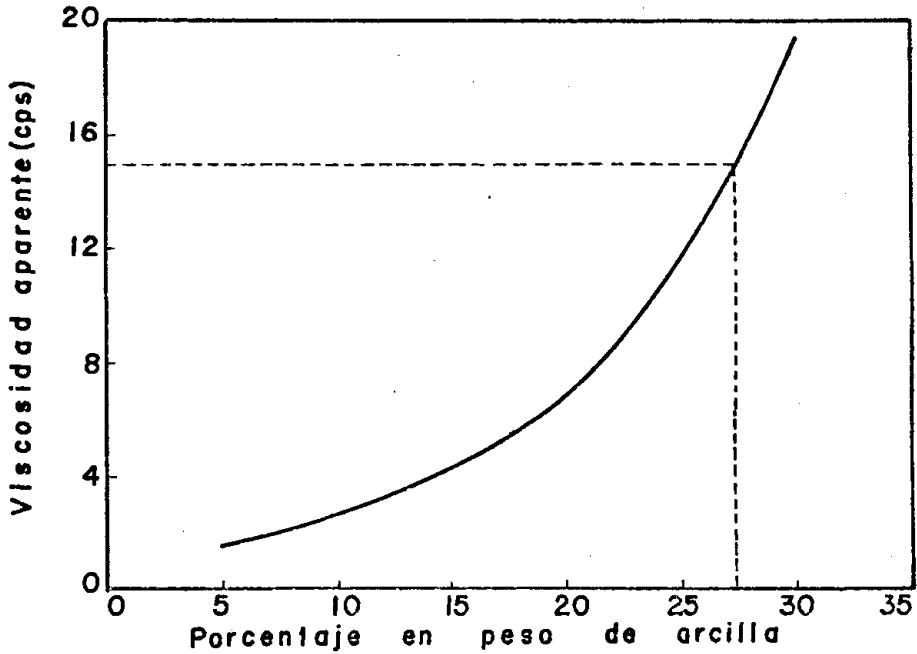
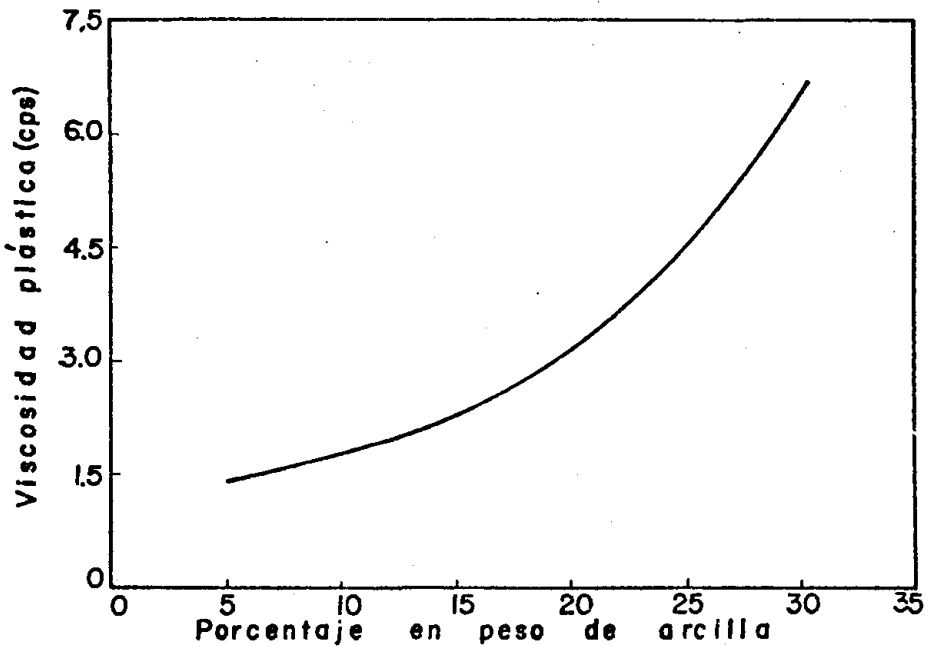


Figura N° 50



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V9 + AGUA

Figura N° 51

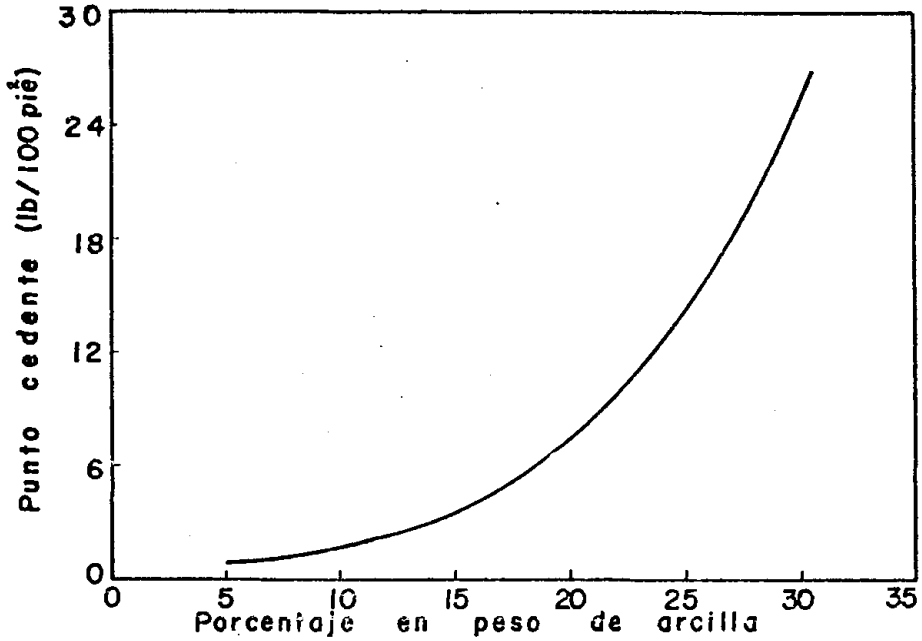
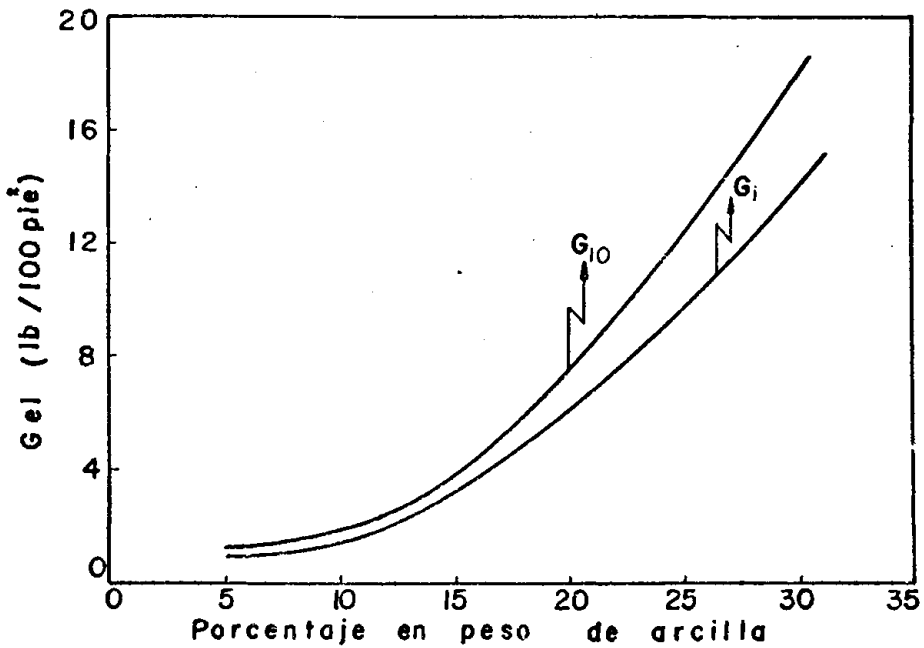


Figura N° 52



## FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V9 + AGUA

Figura N° 53

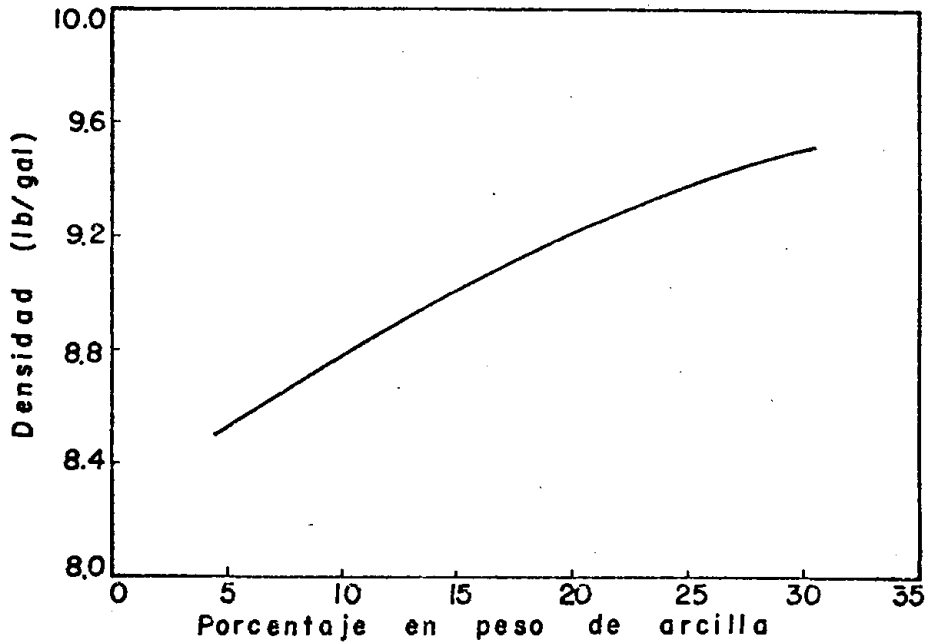
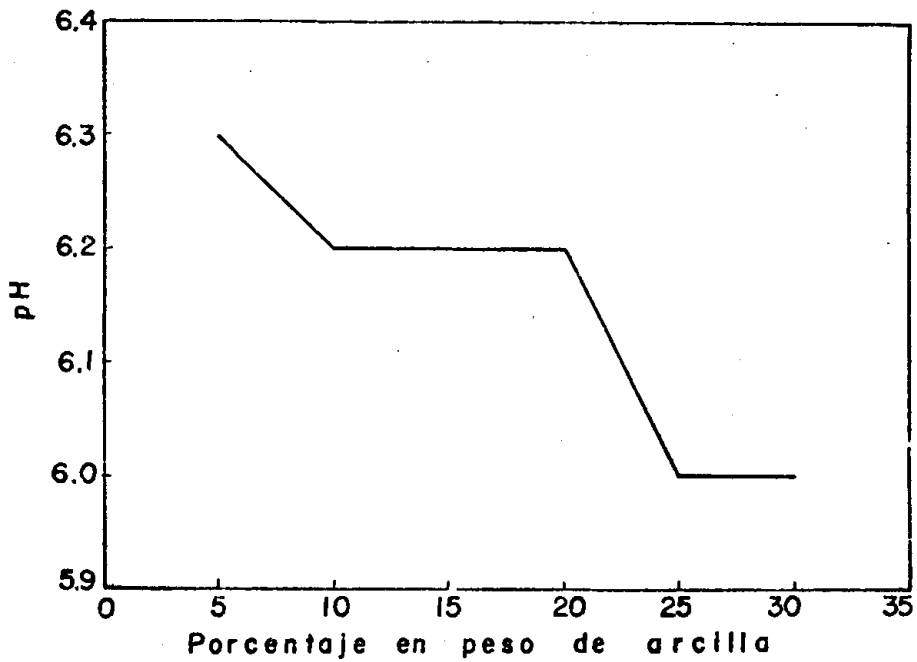


Figura N° 54



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V4+AGUA+0.5% SODA ASH

Figura N° 55

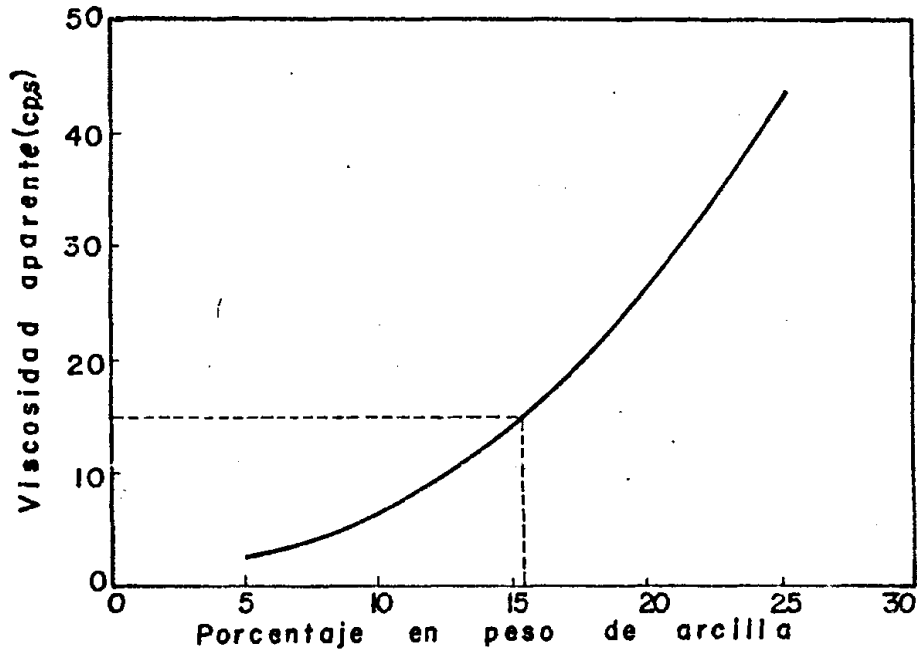
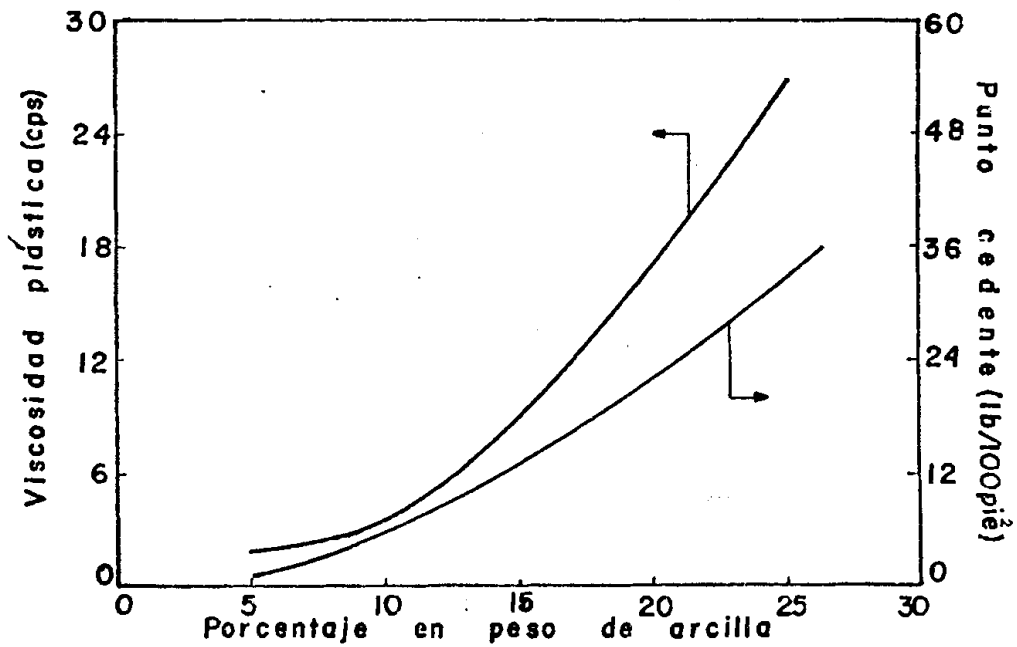


Figura N° 56



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 57

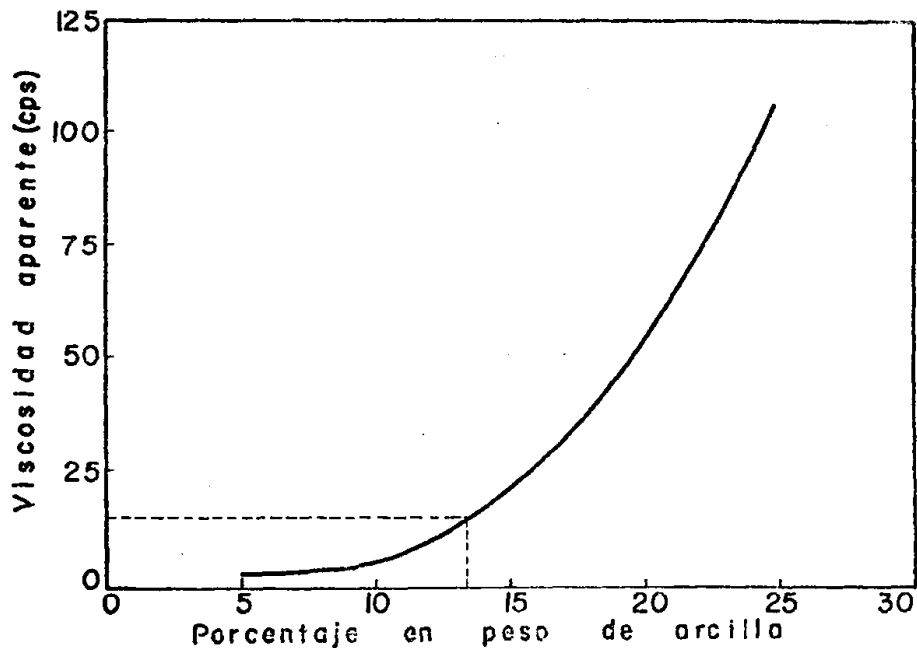
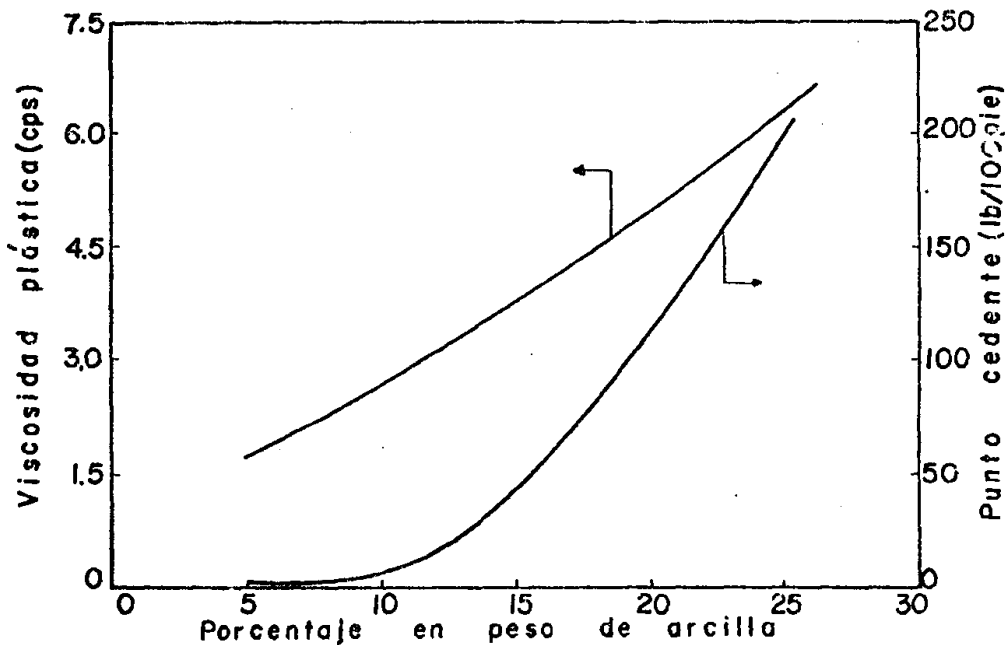


Figura N° 58





FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4+AGUA+2% SODA ASH

Figura N° 59

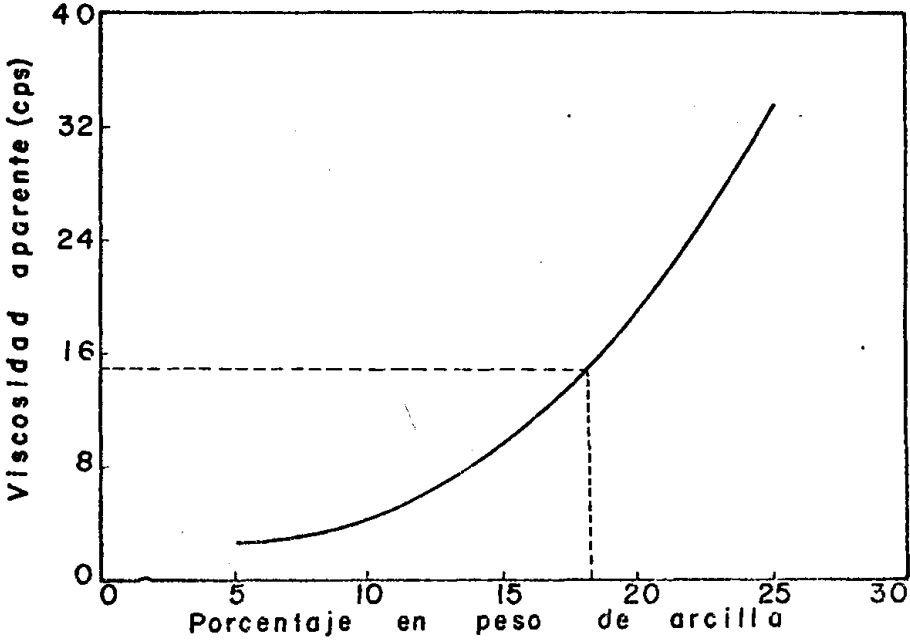
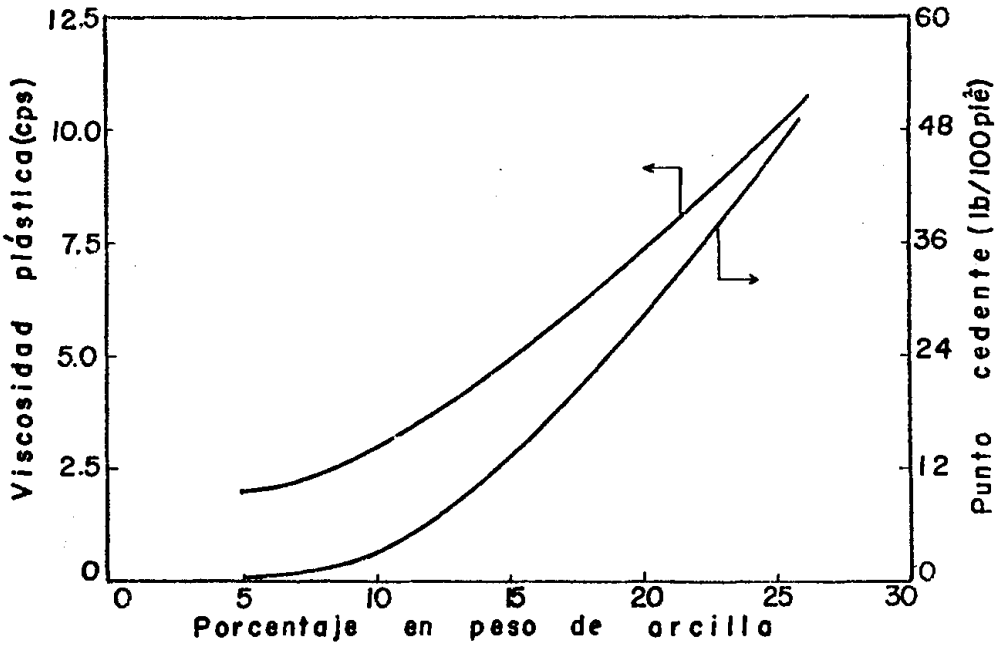


Figura N° 60



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA + 3% SODA ASH

Figura N° 61

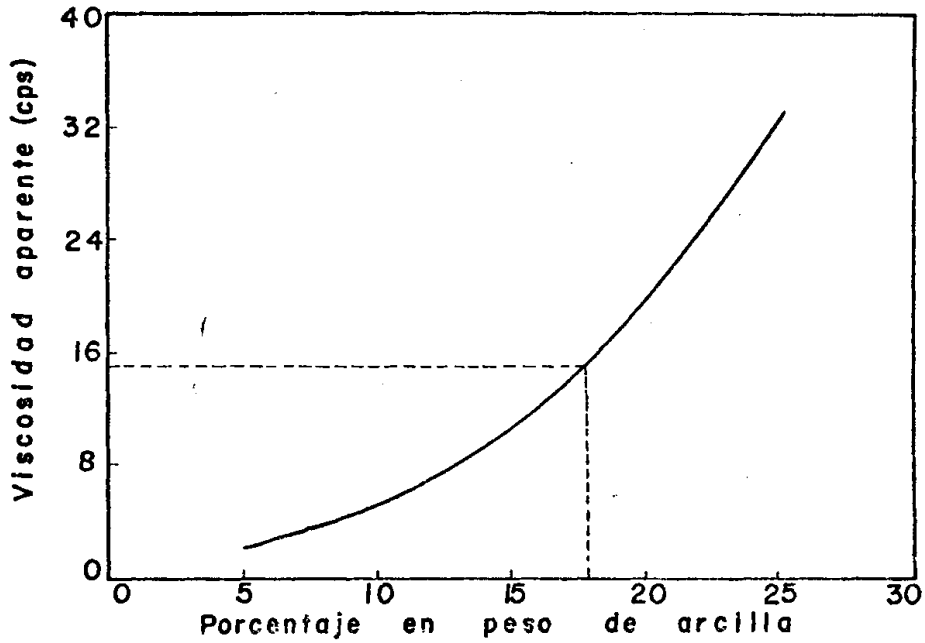
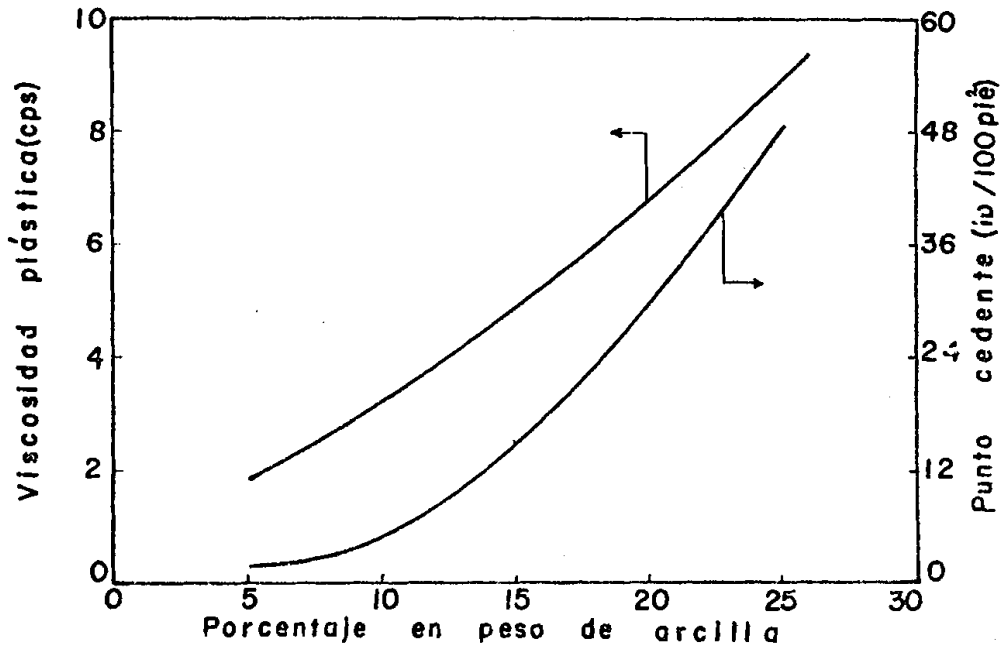


Figura N° 62



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA + 4% SODA ASH

Figura N° 63

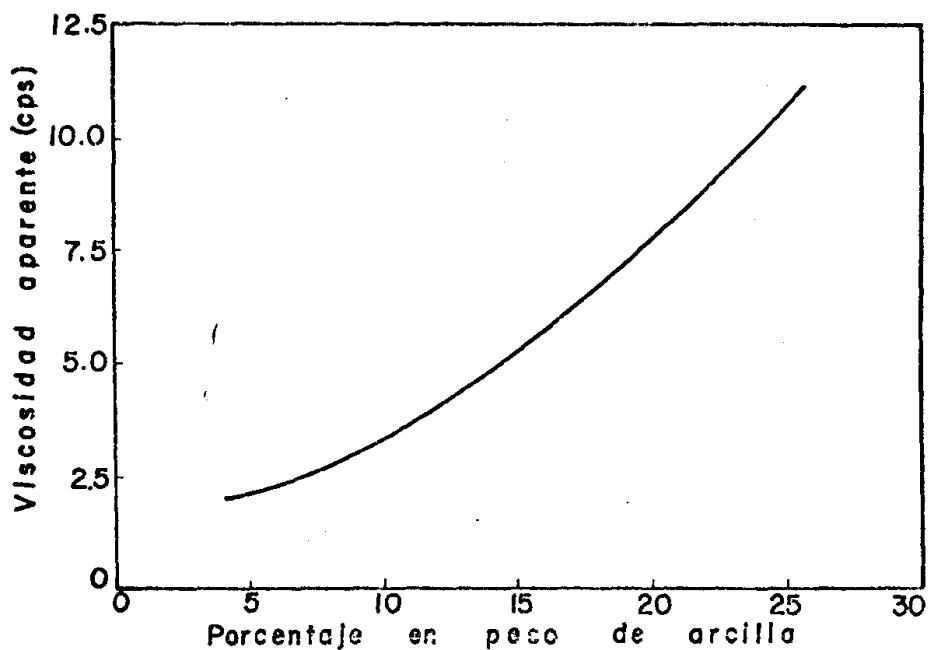
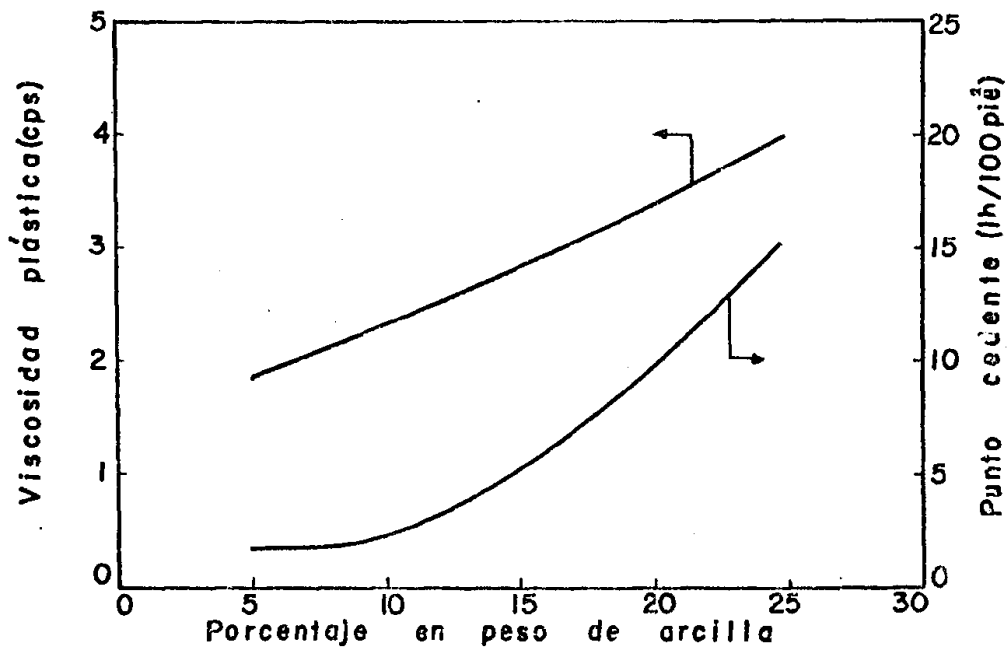


Figura N° 64



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA + 5% SODA ASH

Figura N° 65

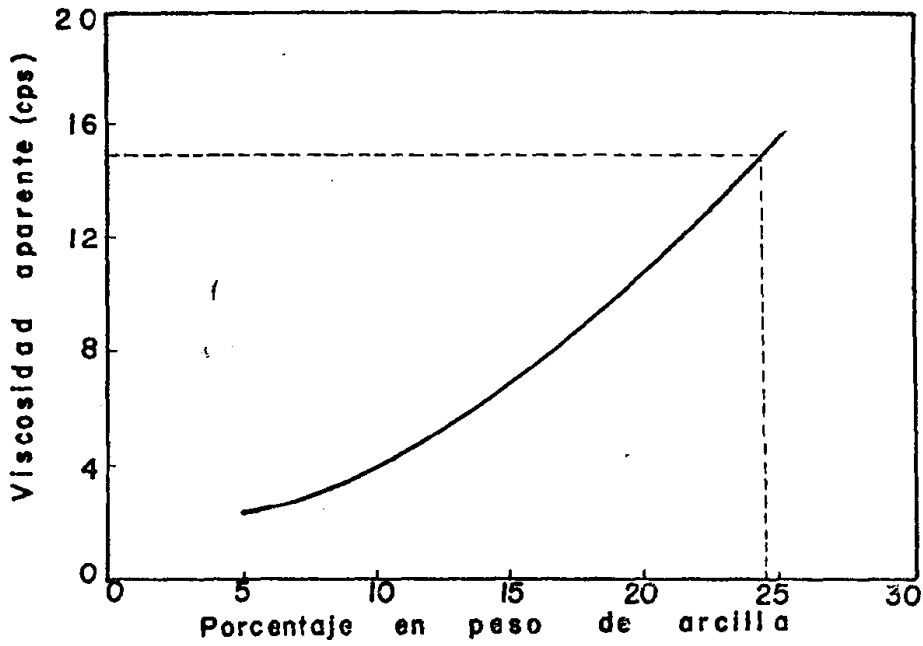
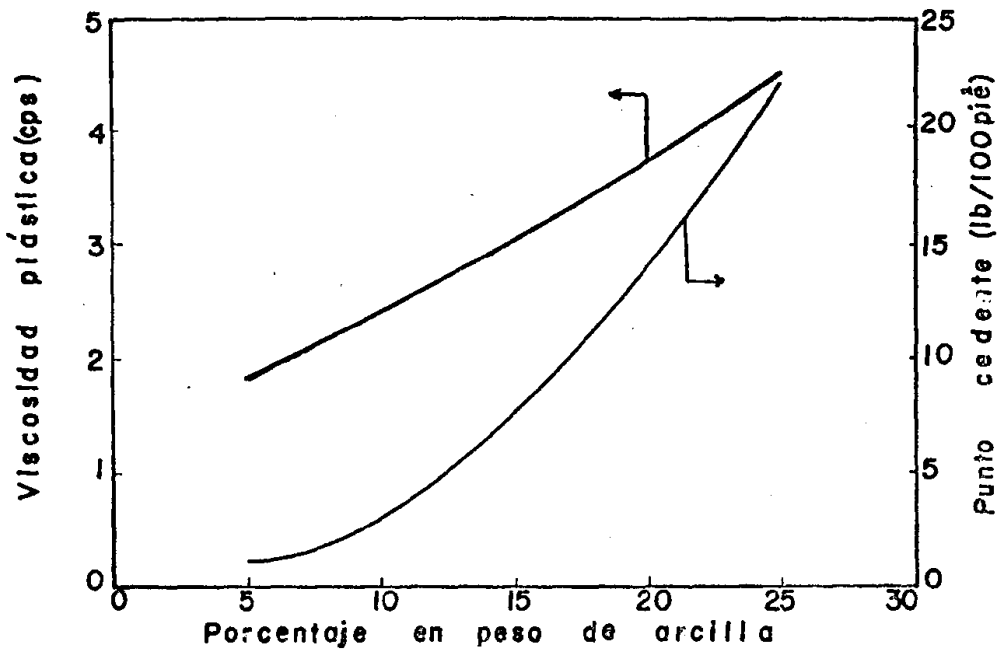


Figura N° 66



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4+AGUA+1%  
BICARBONATO DE SODIO

Figura N° 67

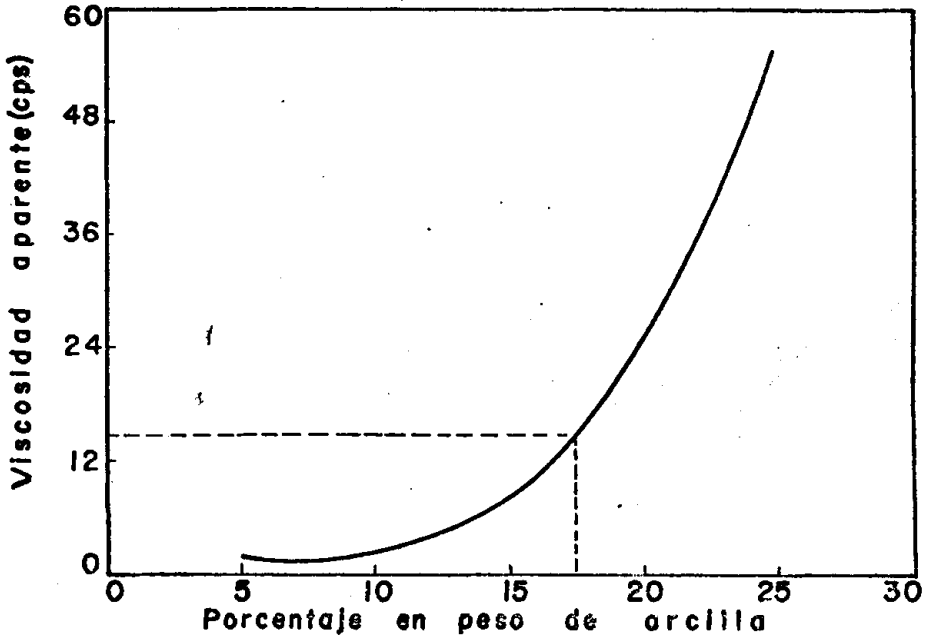
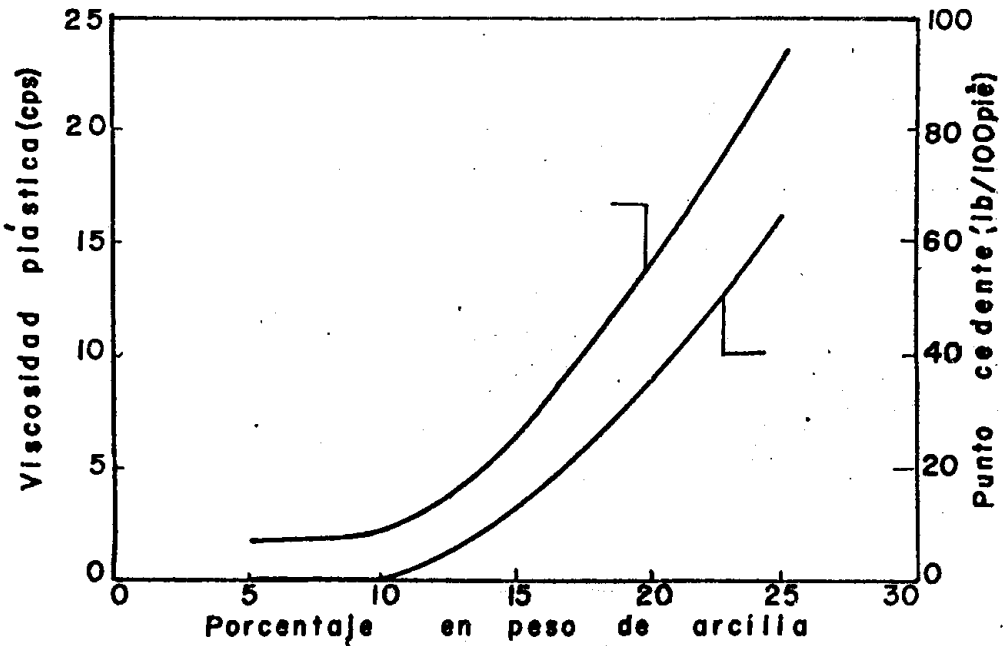


Figura N° 68.



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA VI + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 69

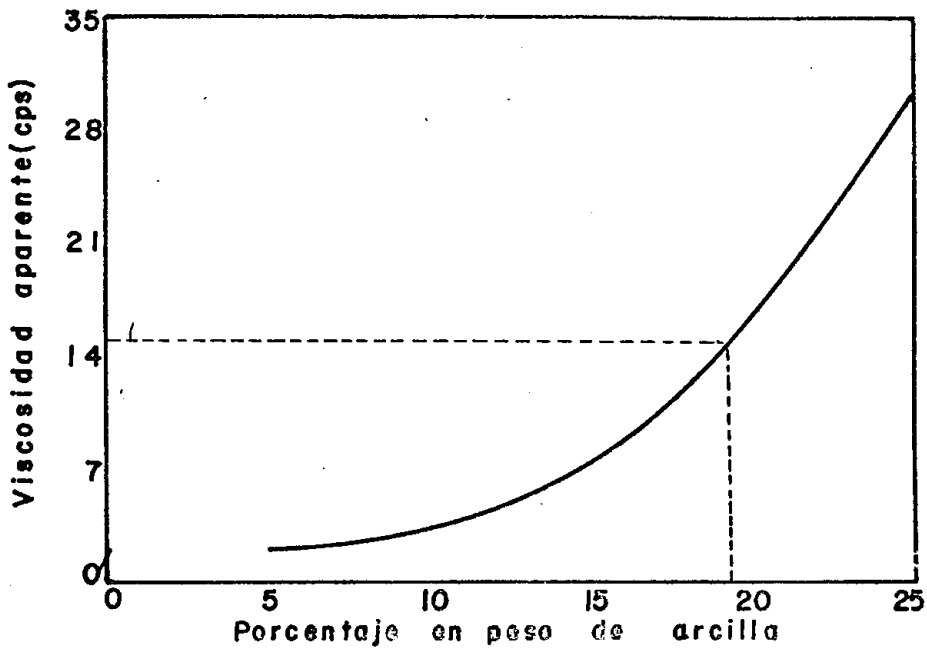
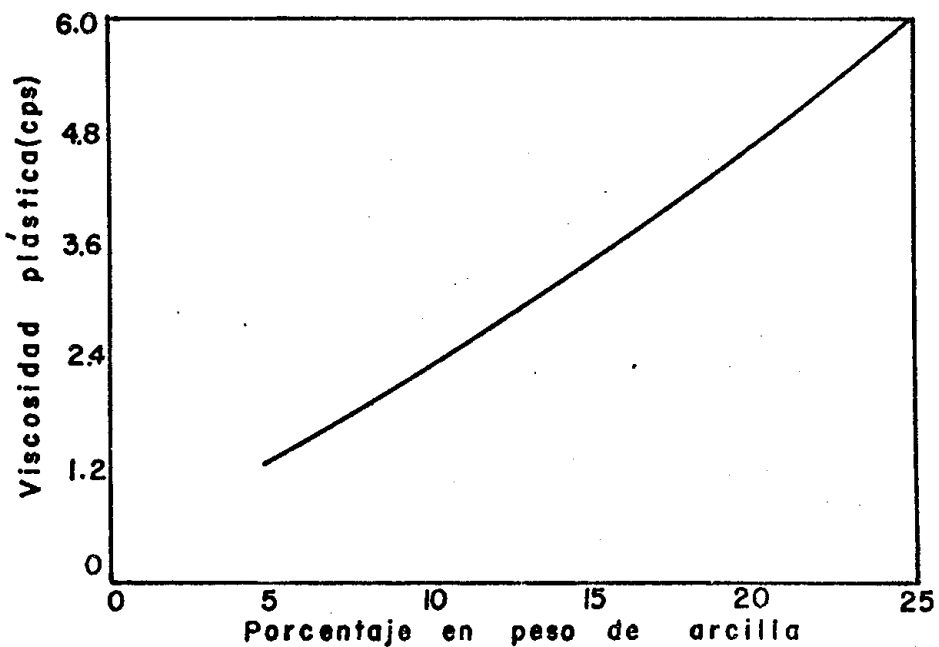


Figura N° 70



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA VI+AGUA +1% SODA ASH

Figura N° 71

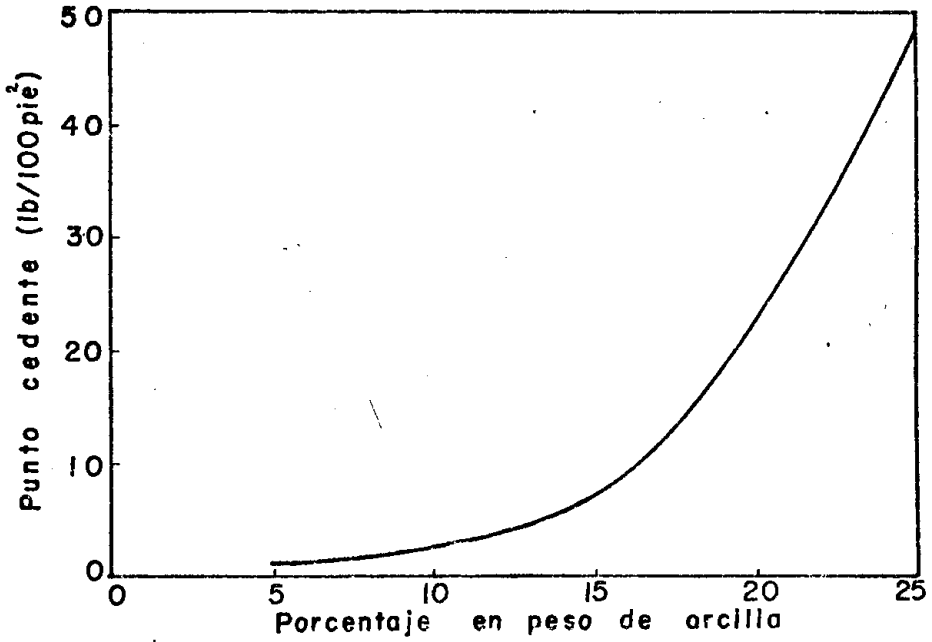
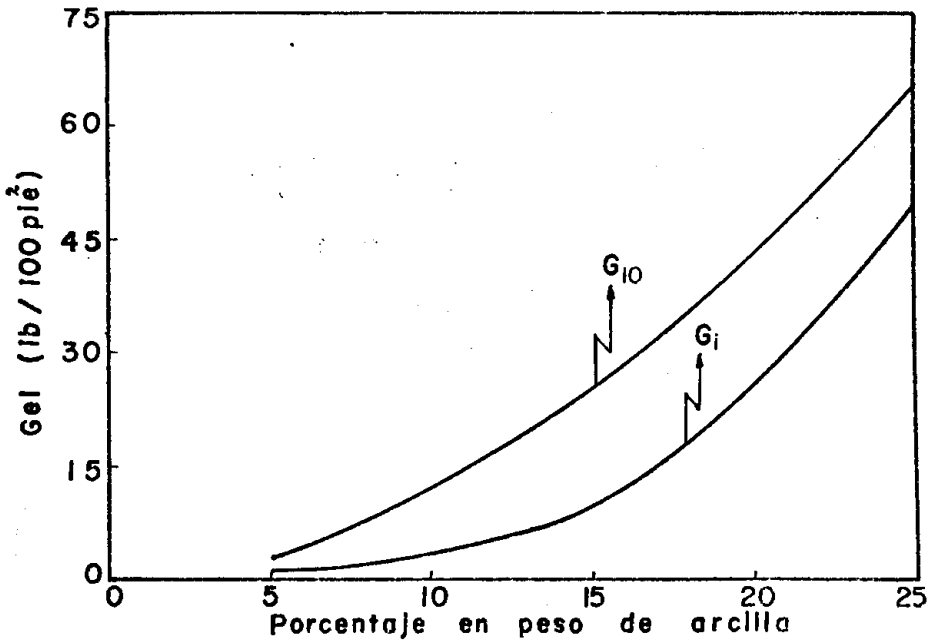


Figura N° 72



## FLUIDO PREPARADO: ARCILLA VI+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 73

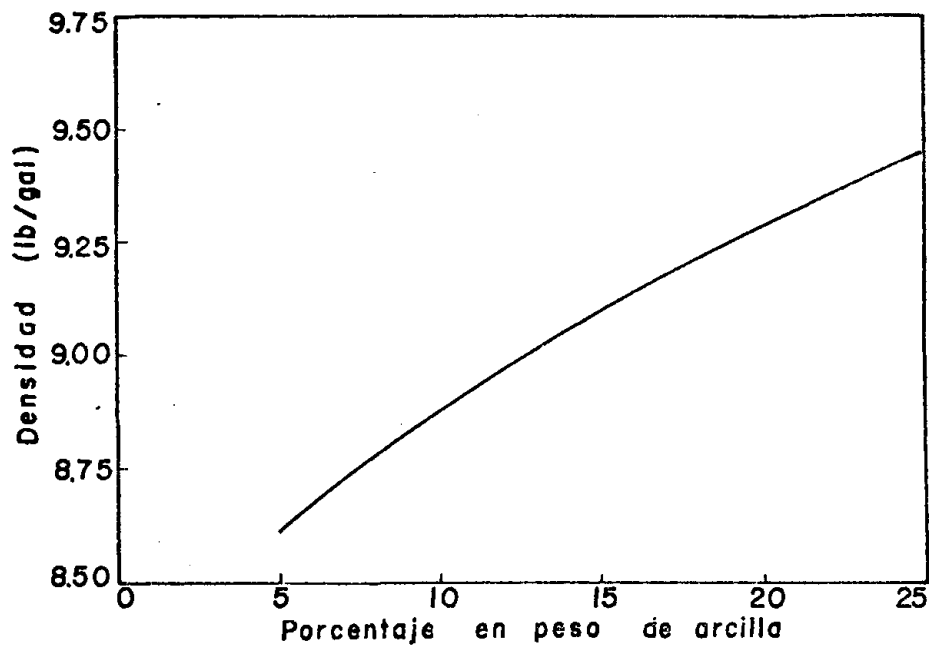
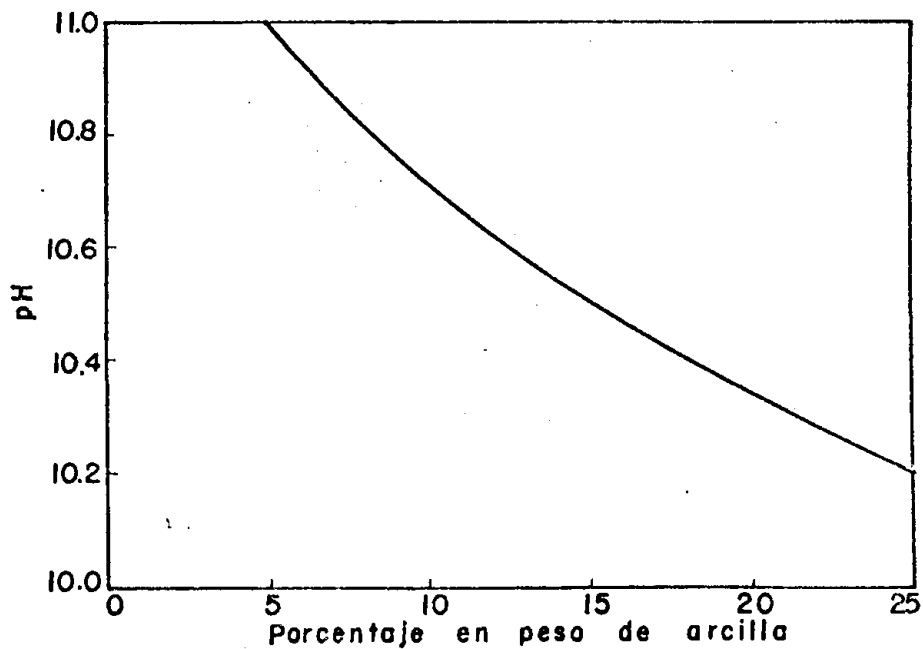


Figura N° 74





FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V2+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 75

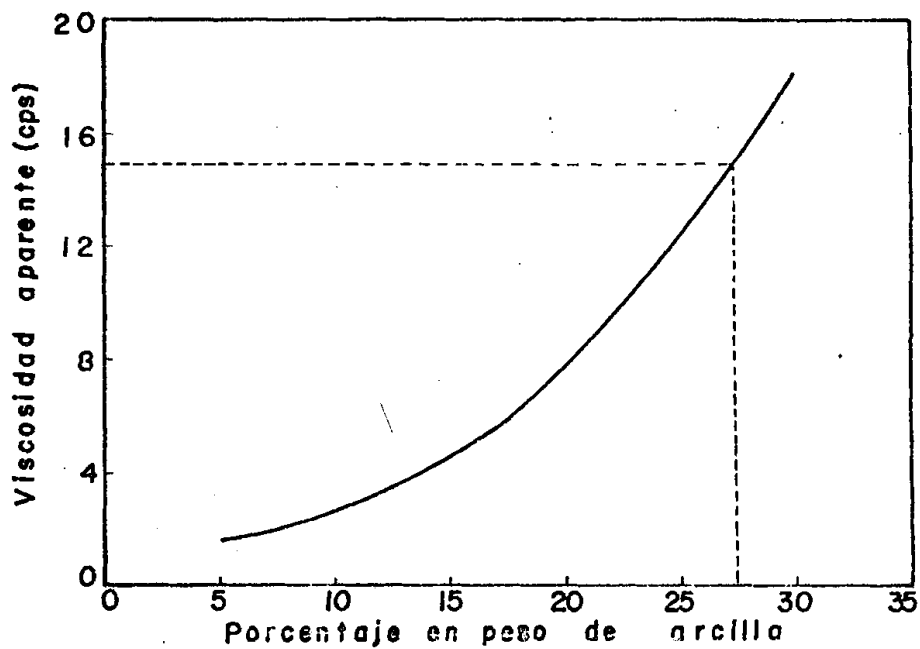
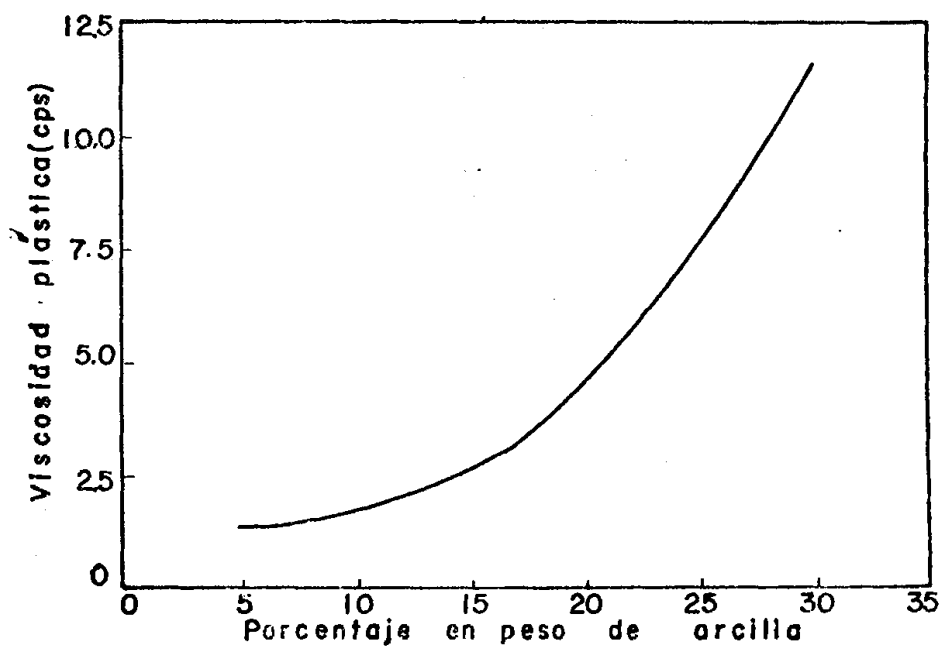


Figura N° 76



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V2+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 77

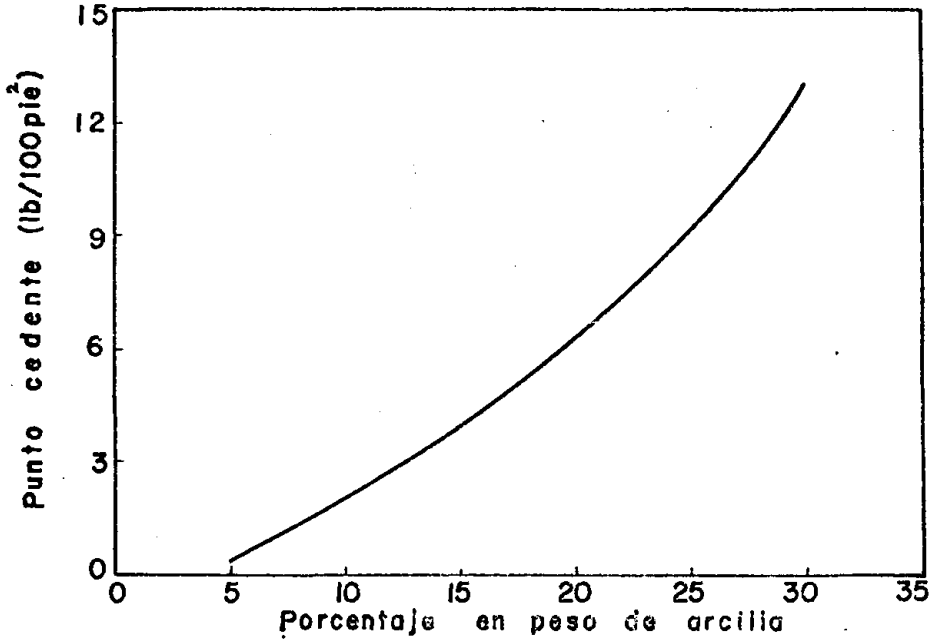
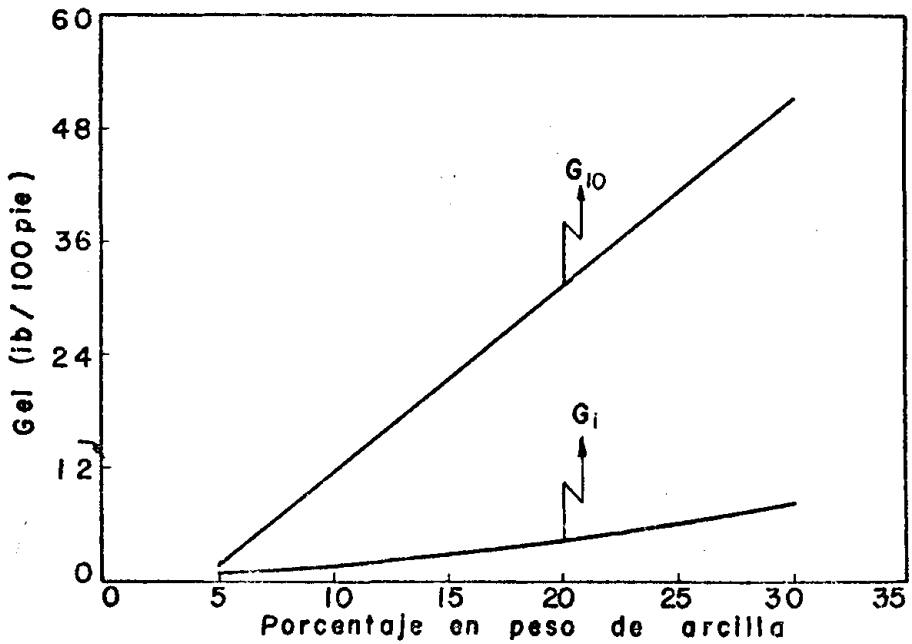


Figura N° 78



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V2+AGUA +1% SODA ASH

Figura N° 79

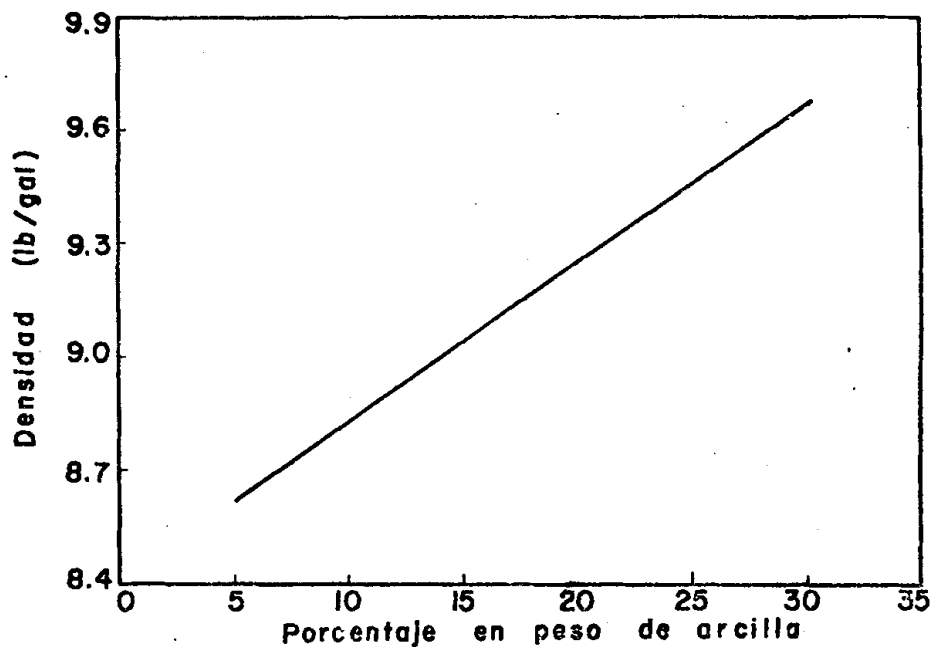
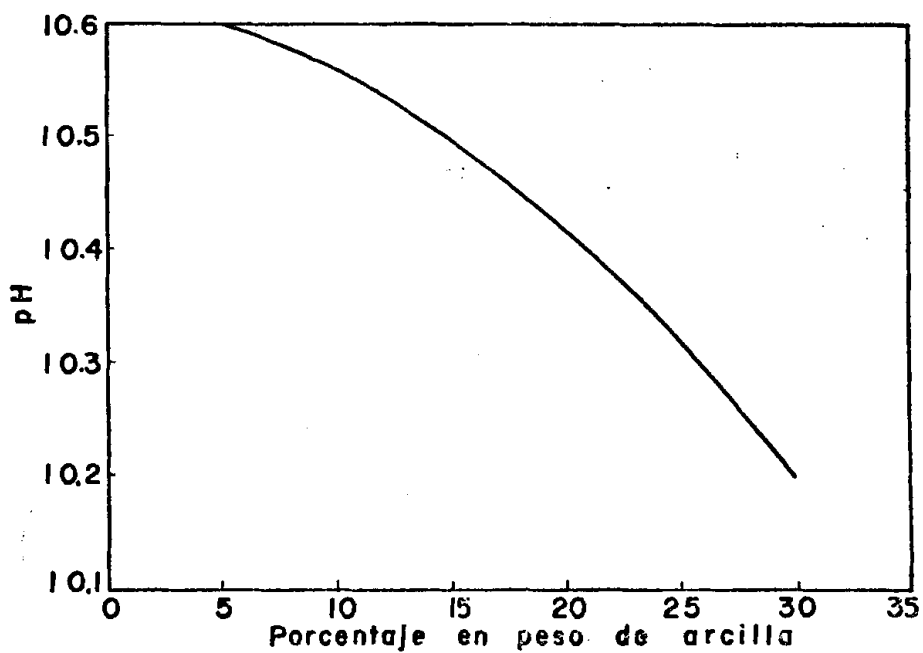


Figura N° 80



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V3+AGUA+1%SODA ASI

Figura N° 81

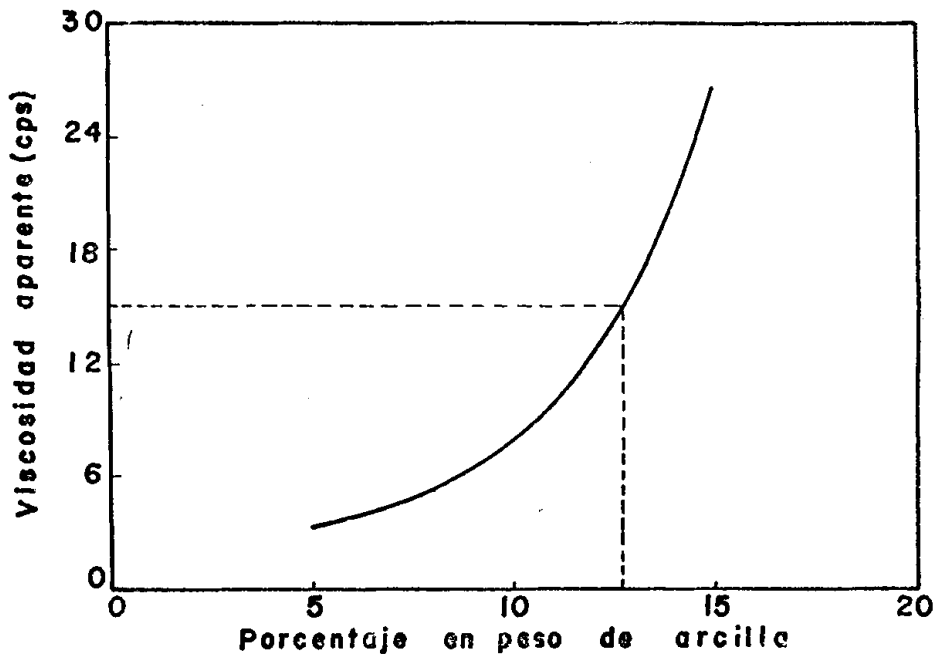
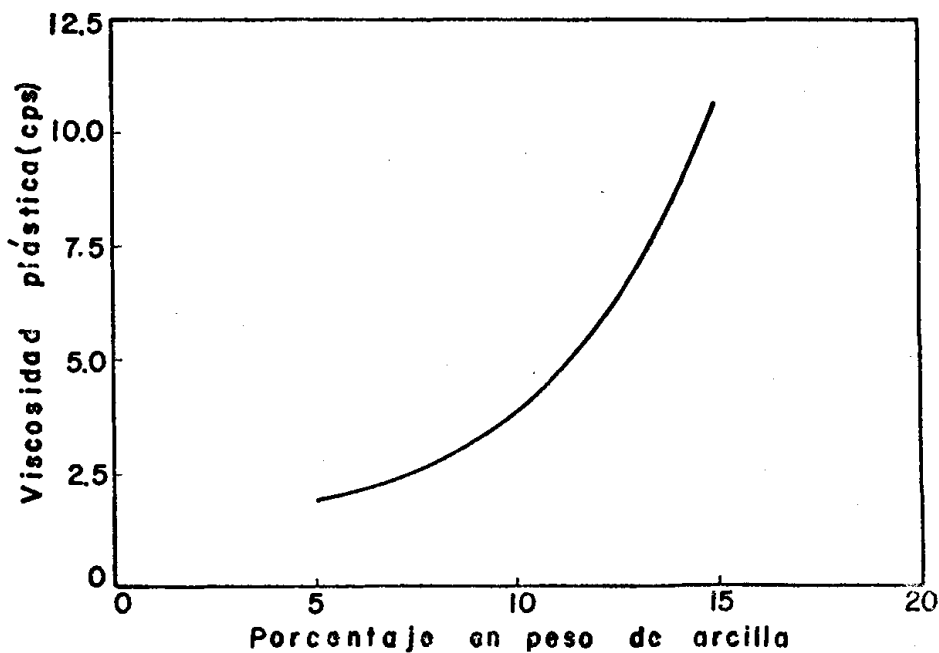


Figura N° 82



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V3 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 83

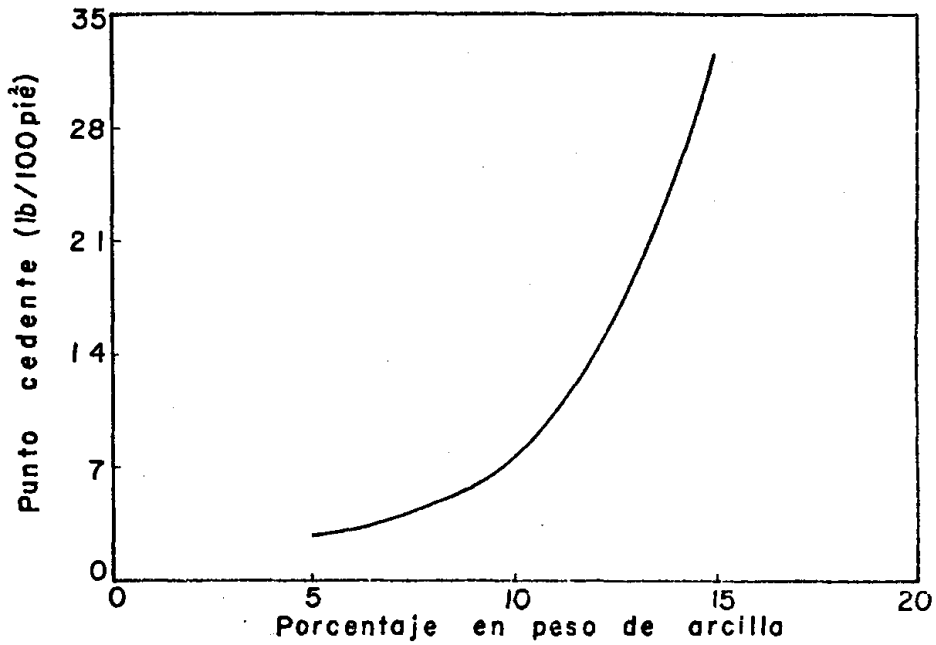
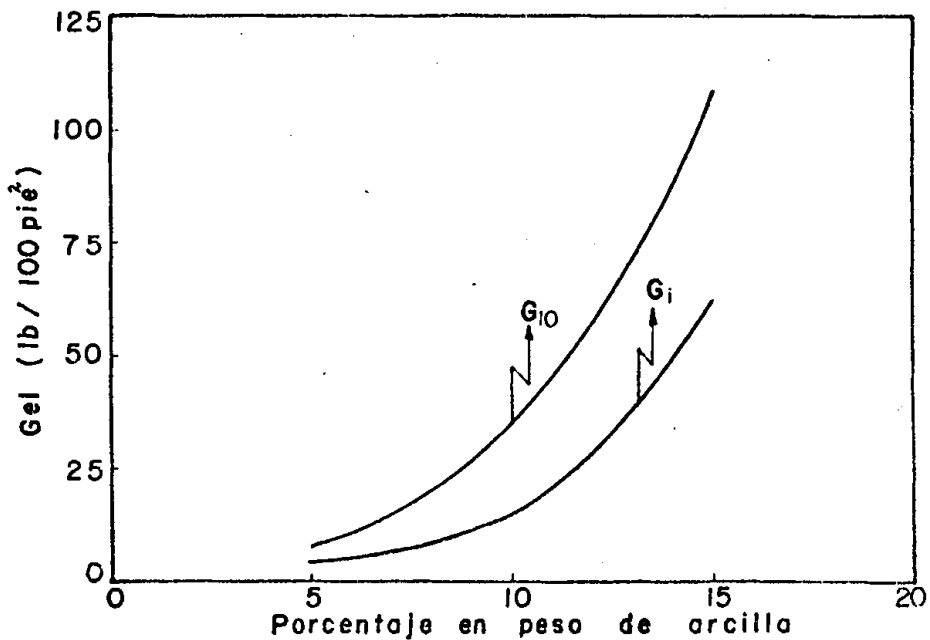


Figura N° 84



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V3+AGUA +1% SODA ASH

Figura N° 85

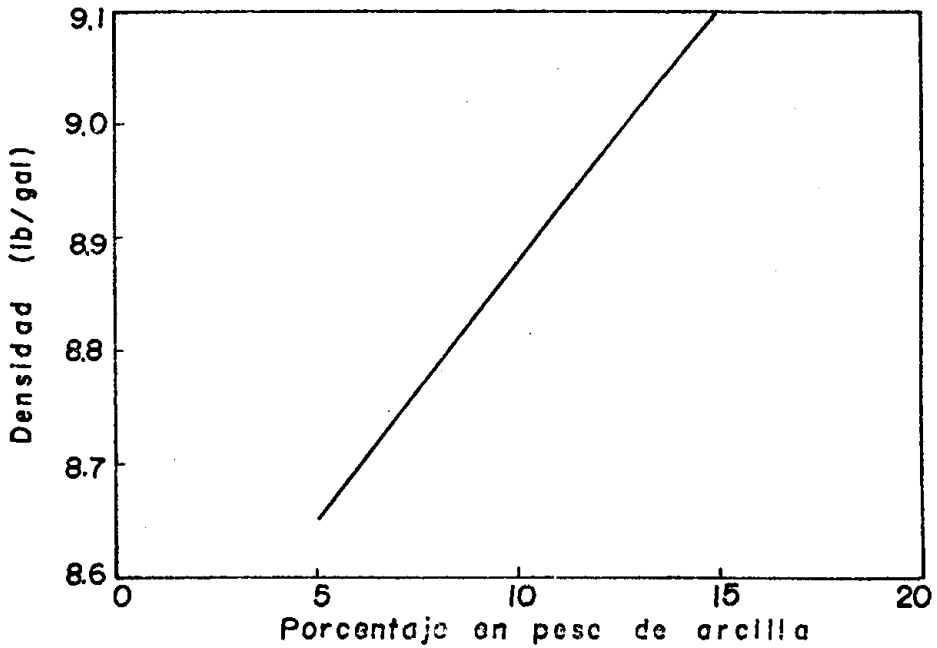
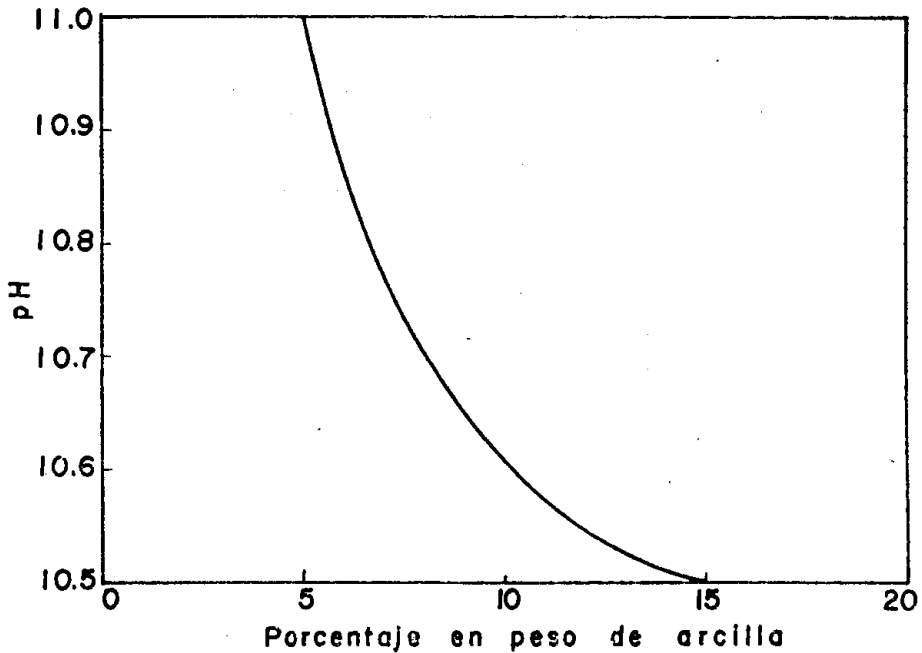


Figura N° 86



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 87

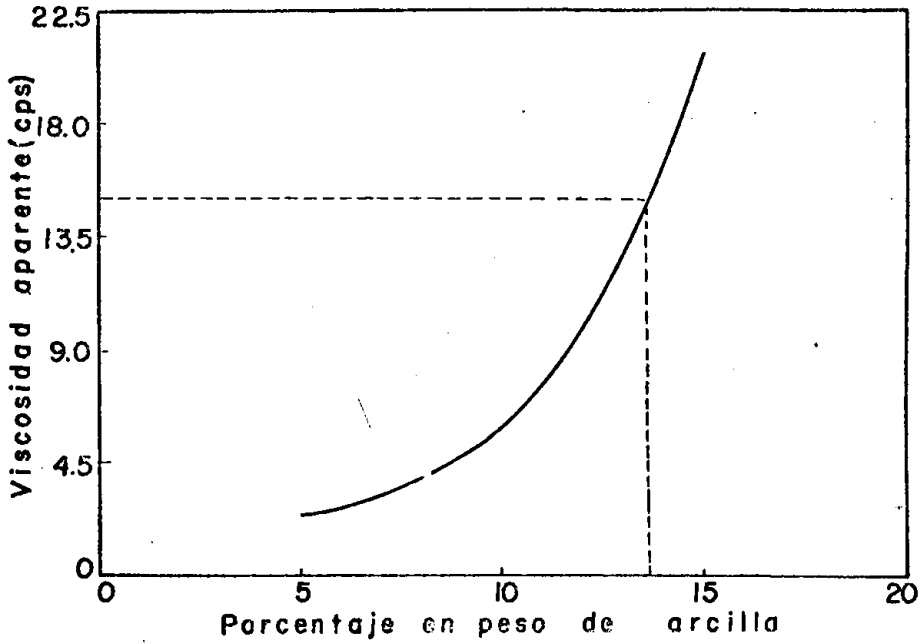
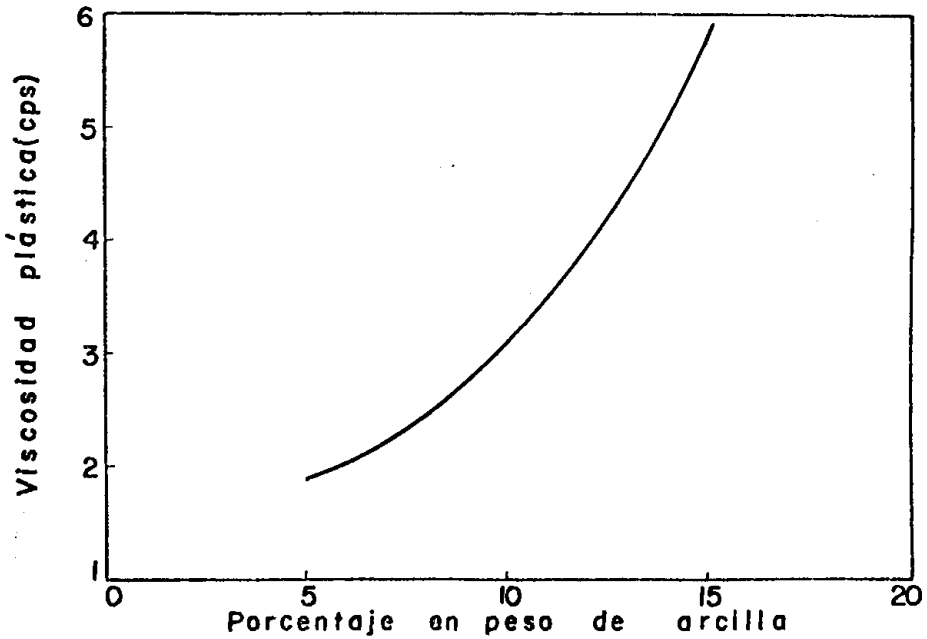


Figura N° 88



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V4 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 89

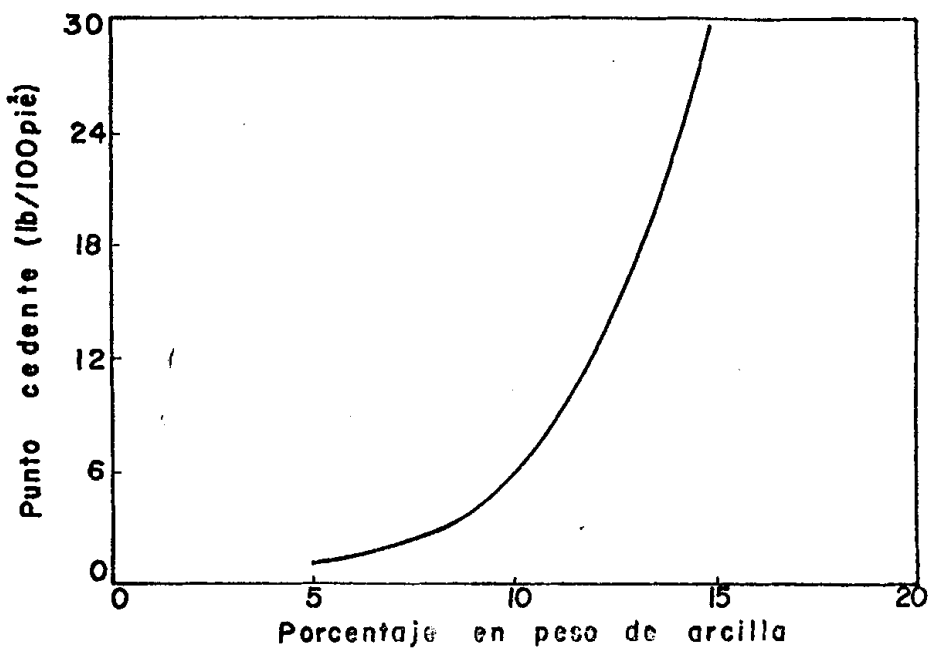
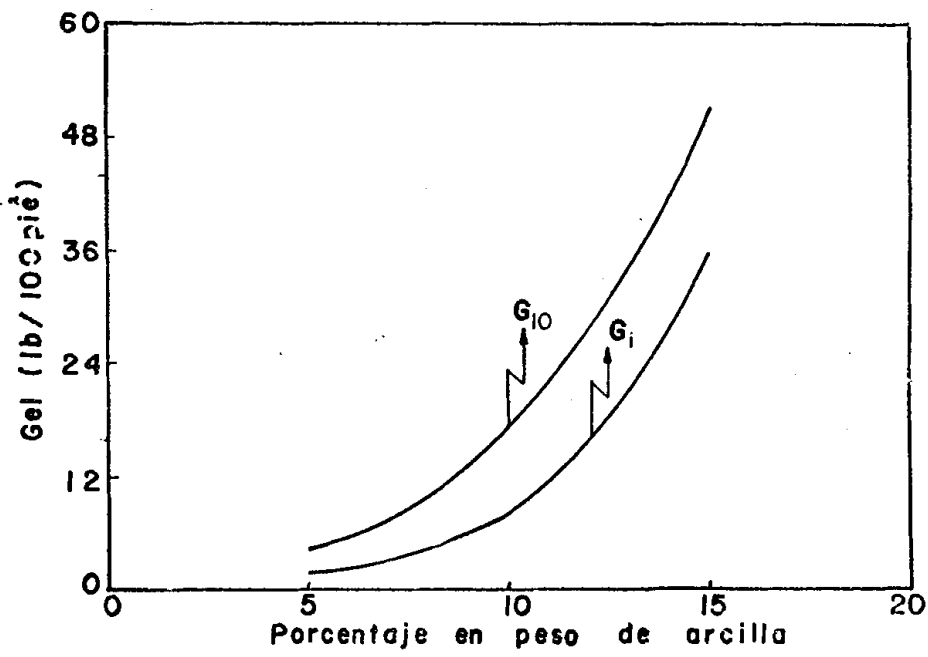


Figura N° 90





## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V4+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 91

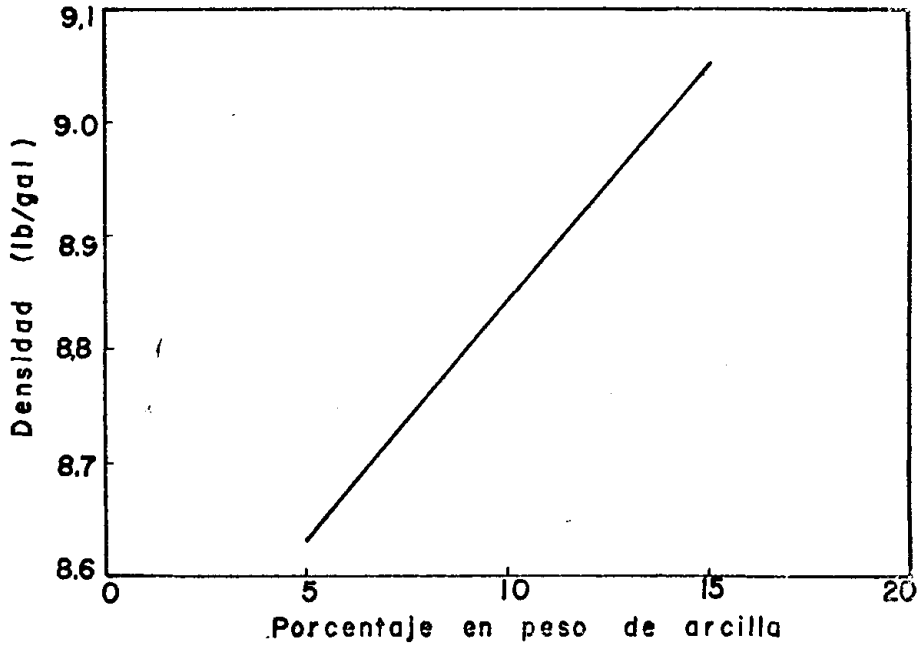
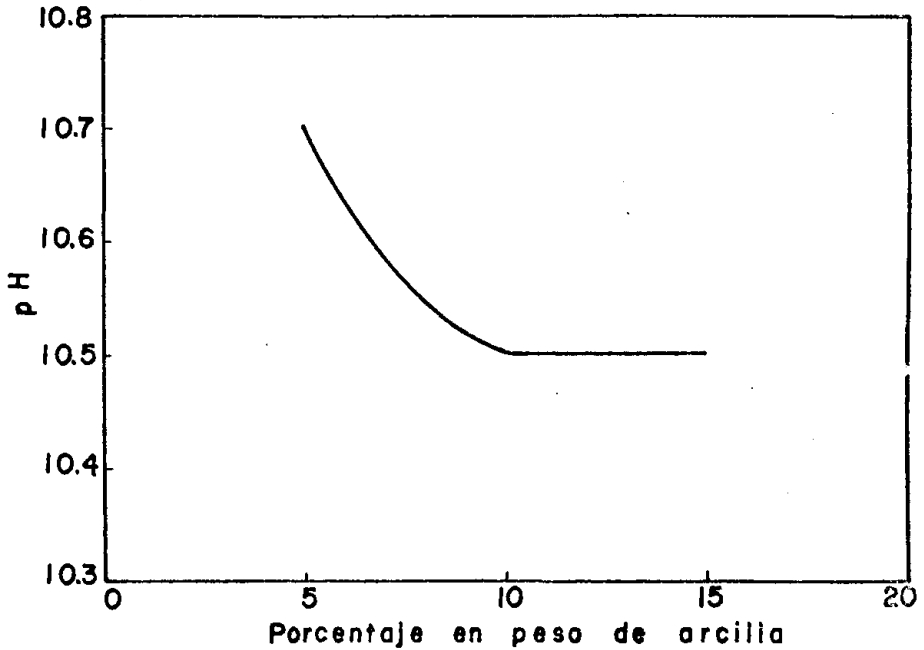


Figura N° 92



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V5+AGUA +1% SODA ASH

Figure N° 93

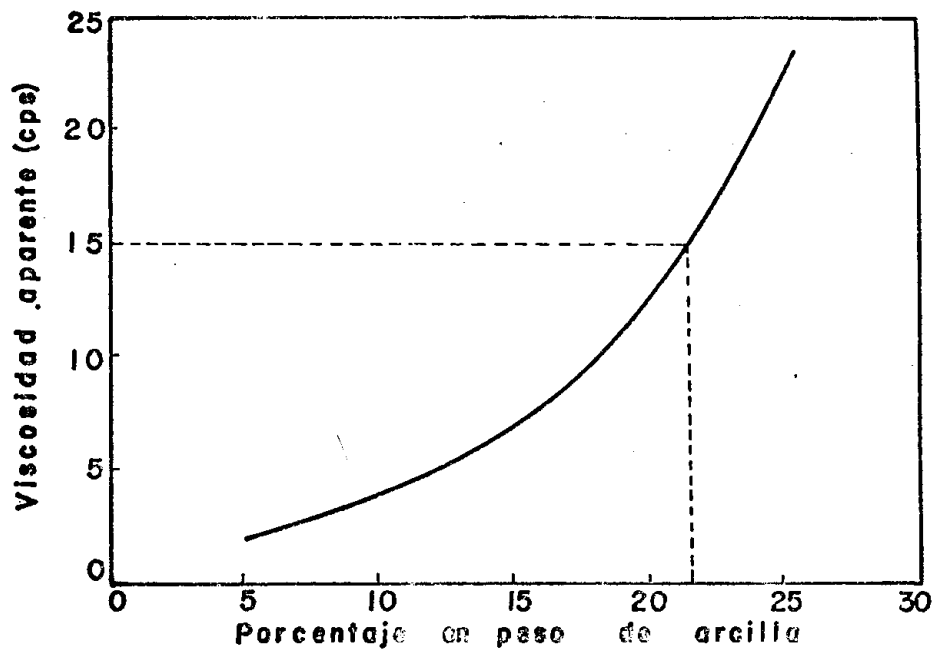
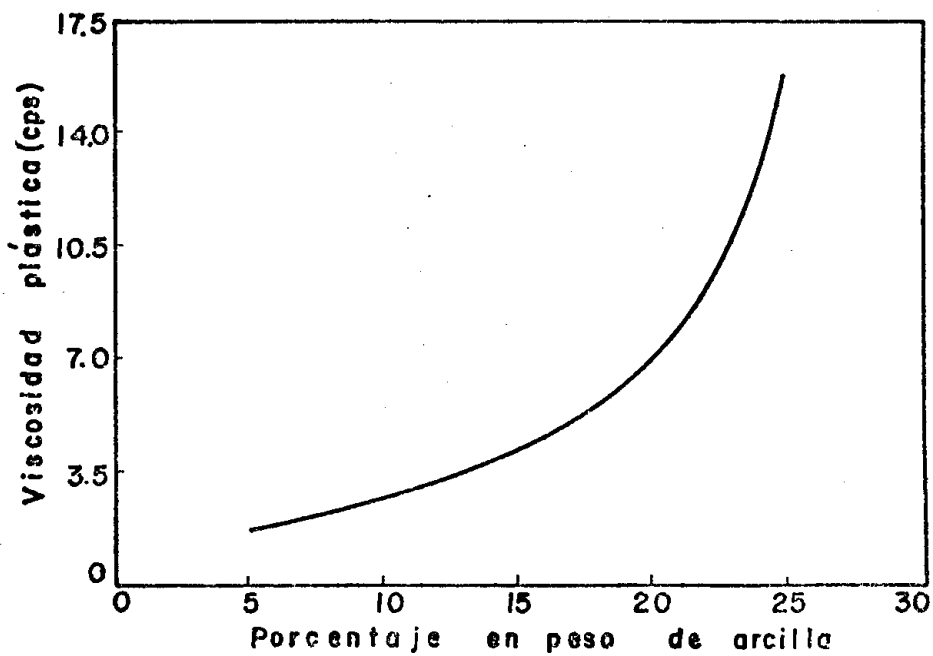


Figure N° 94



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V5 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 95

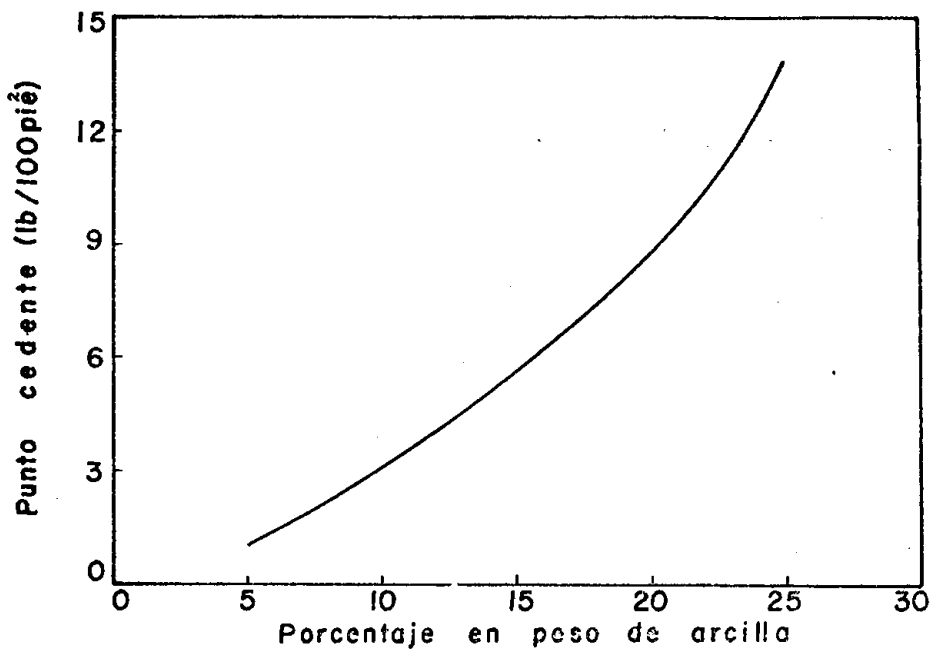
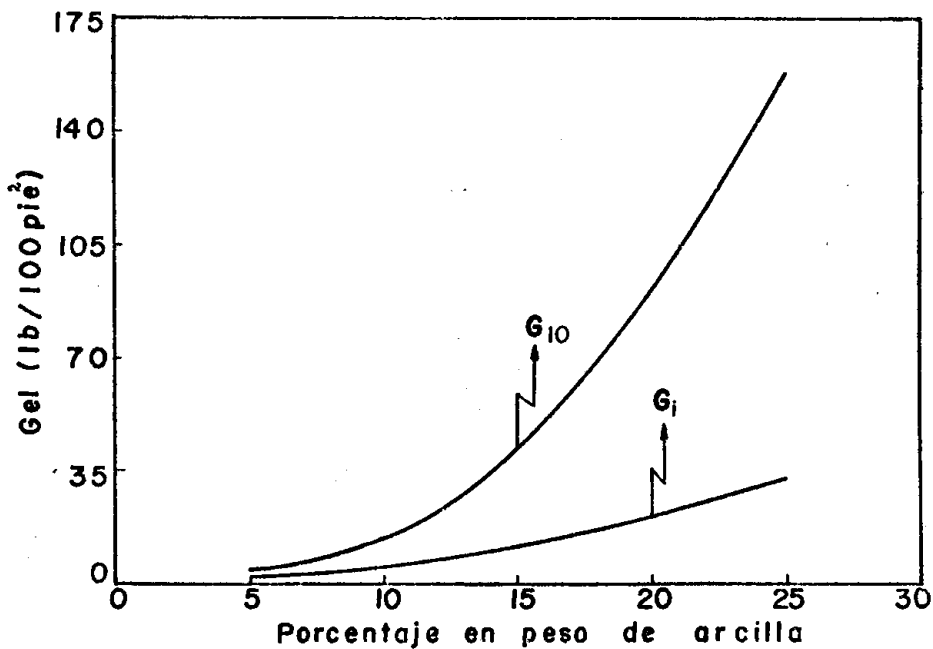


Figura N° 96



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V5+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 97

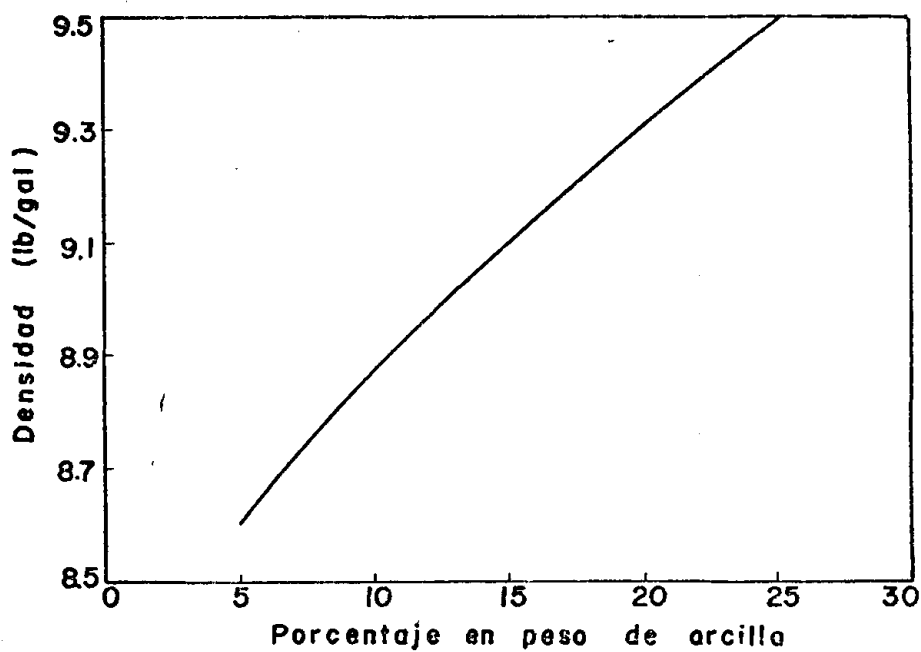
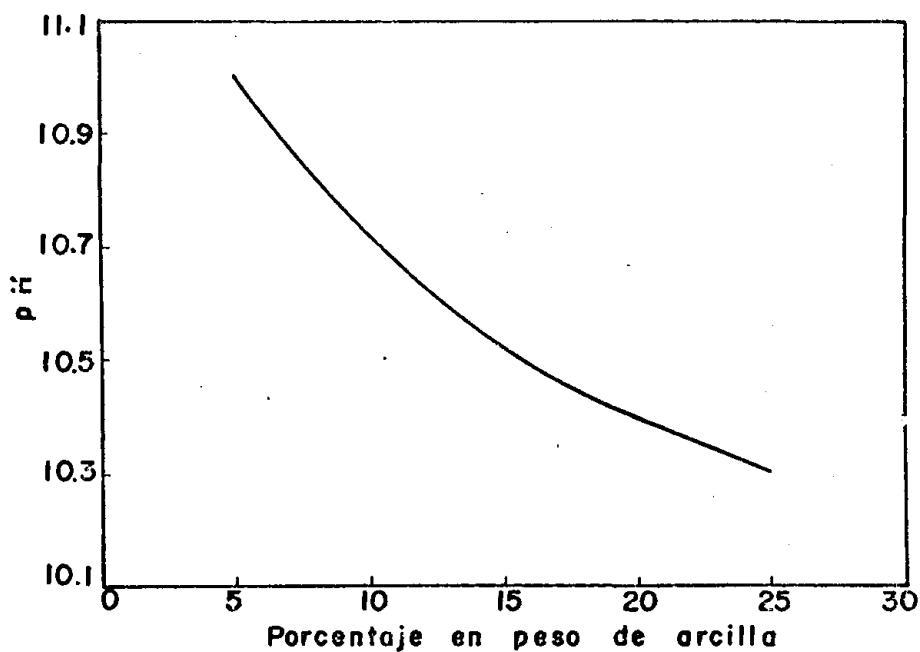


Figura N° 98



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V6+AGUA+1%SODA ASH

Figura N° 99

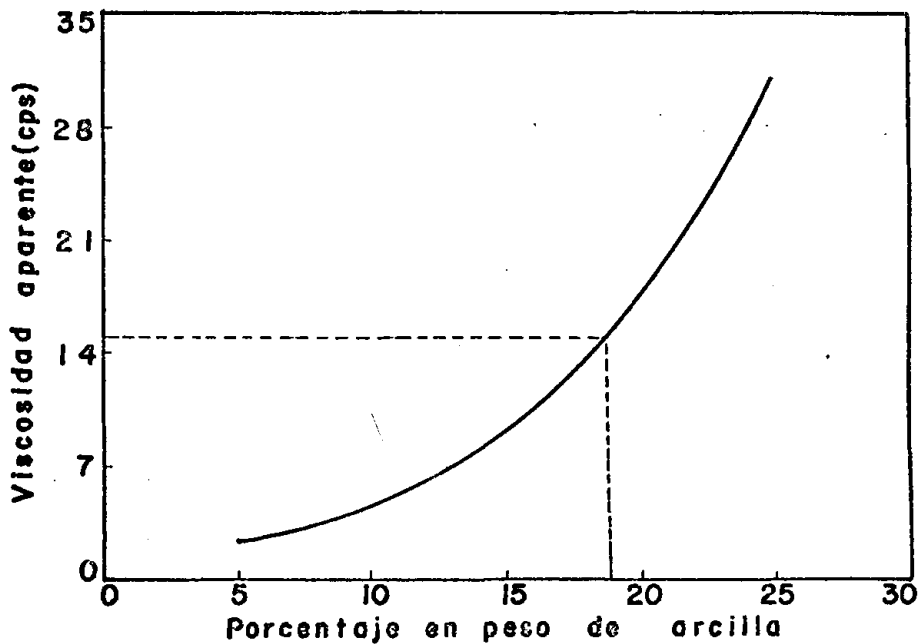
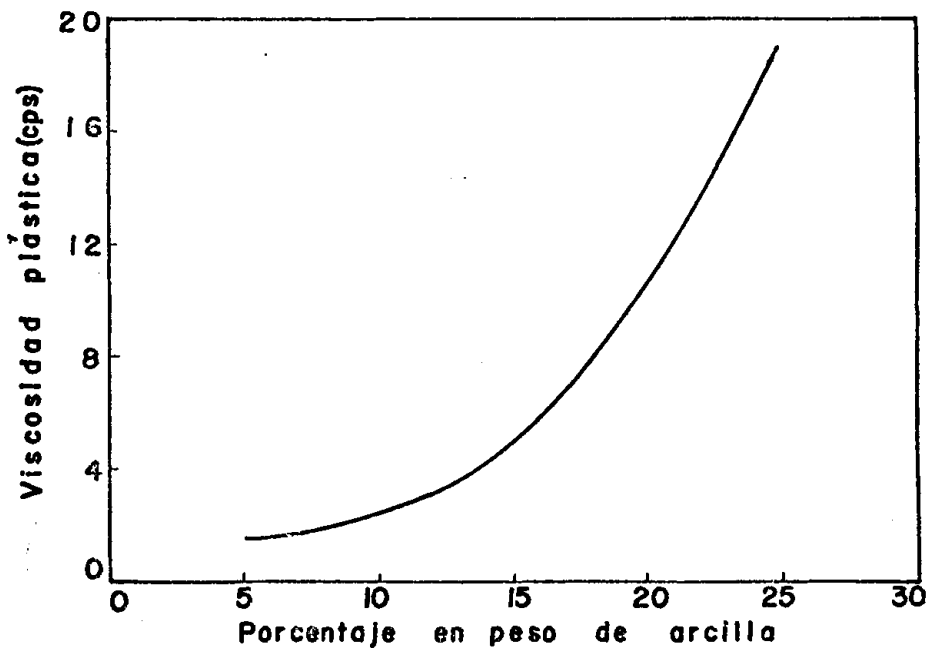


Figura N° 100



# FLUIDO PREPARADO ARCILLA V6+AGUA +1% SODA ASH

Figura N° 101

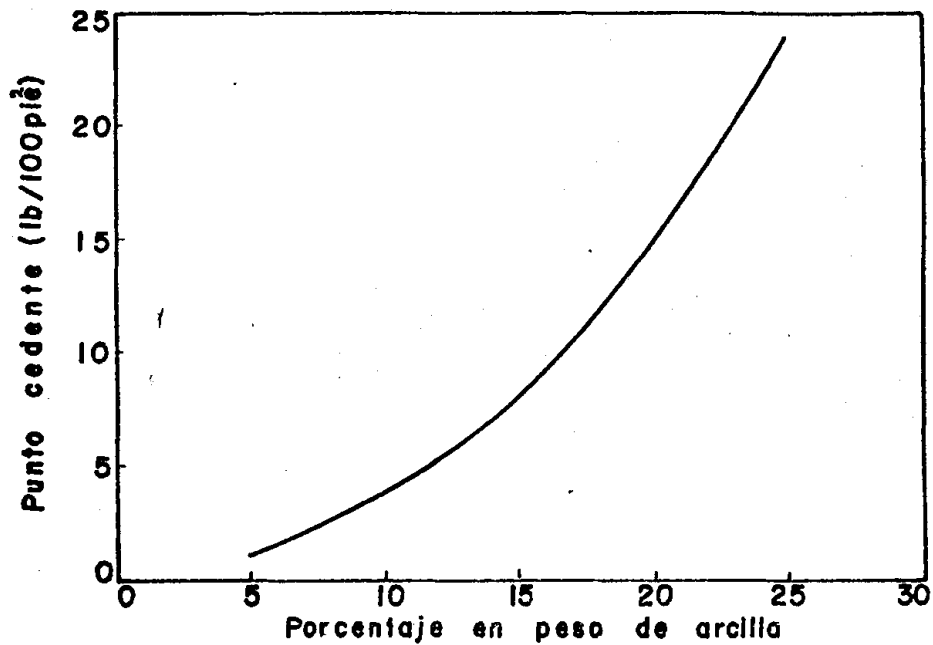
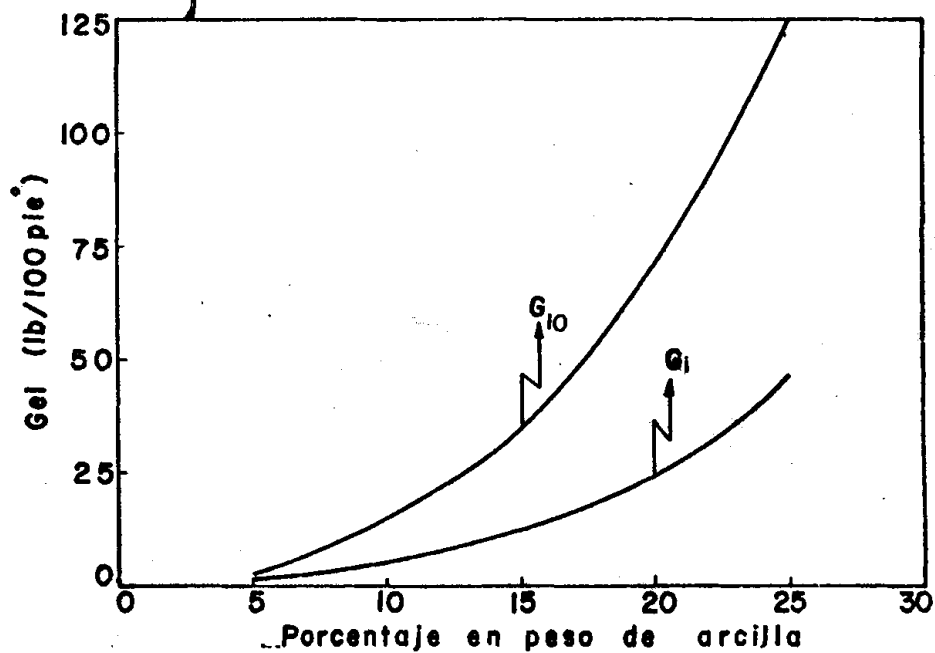


Figura N° 102



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V6 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 103

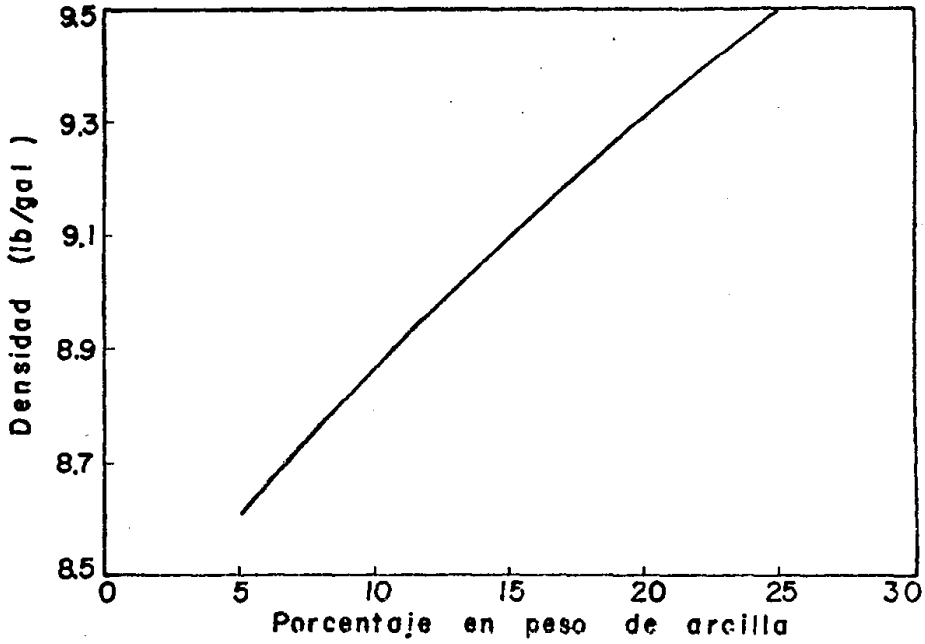
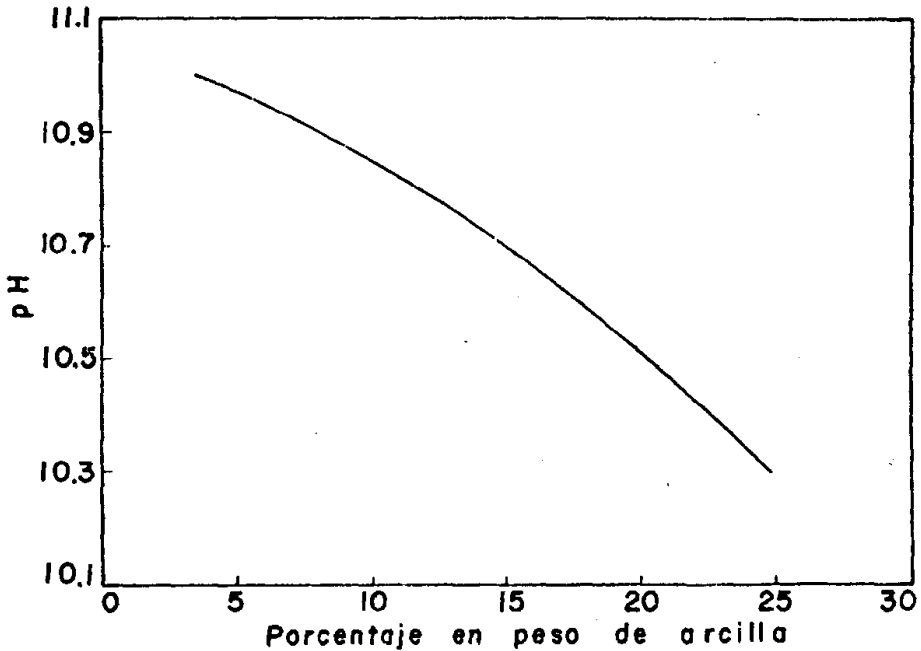


Figura N° 104



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V7+AGUA+1%SODA ASH

Figura N° 105

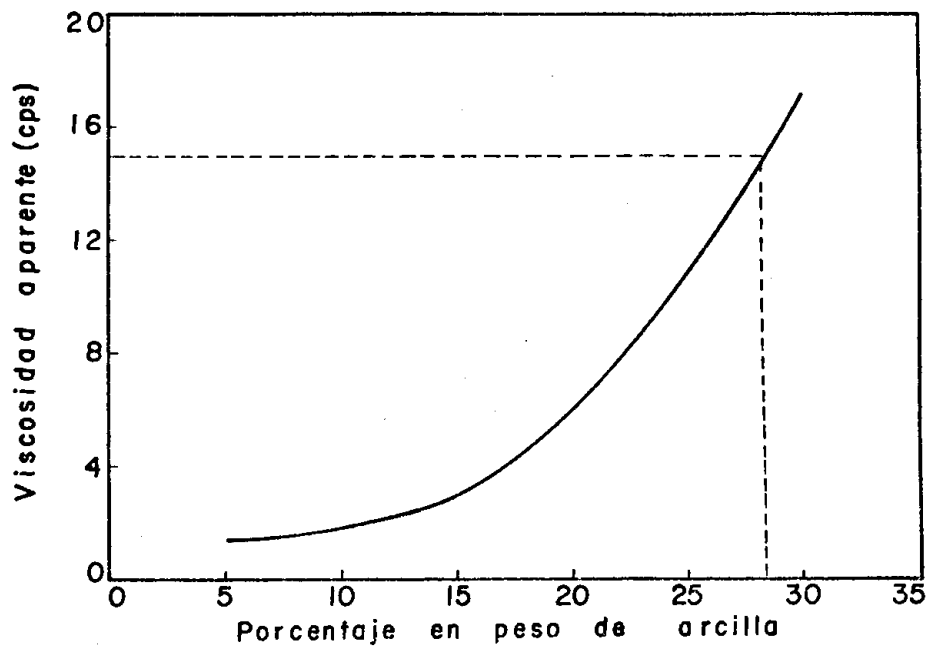
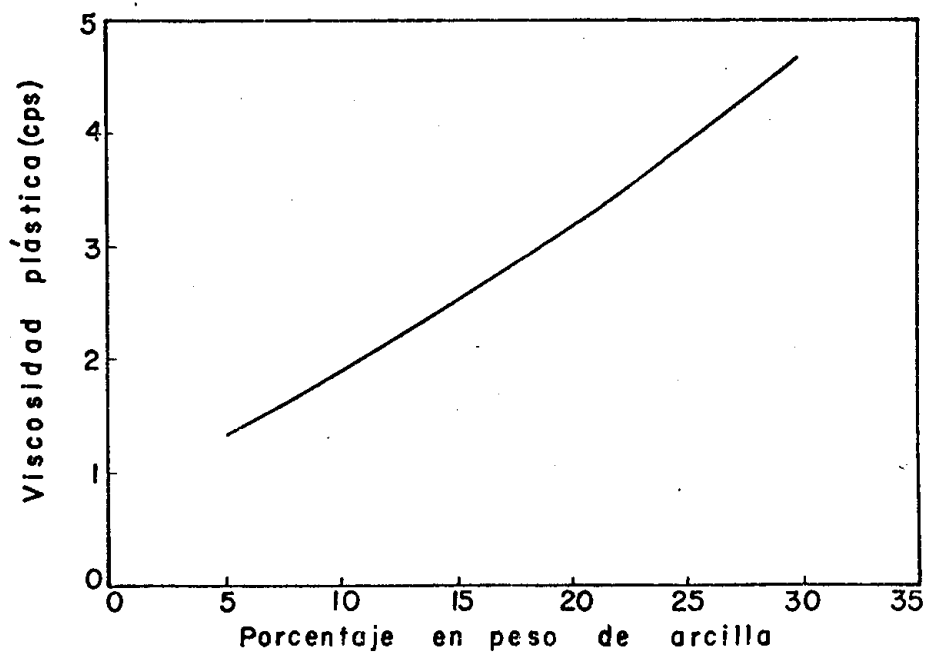


Figura N° 106





FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V7+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 107

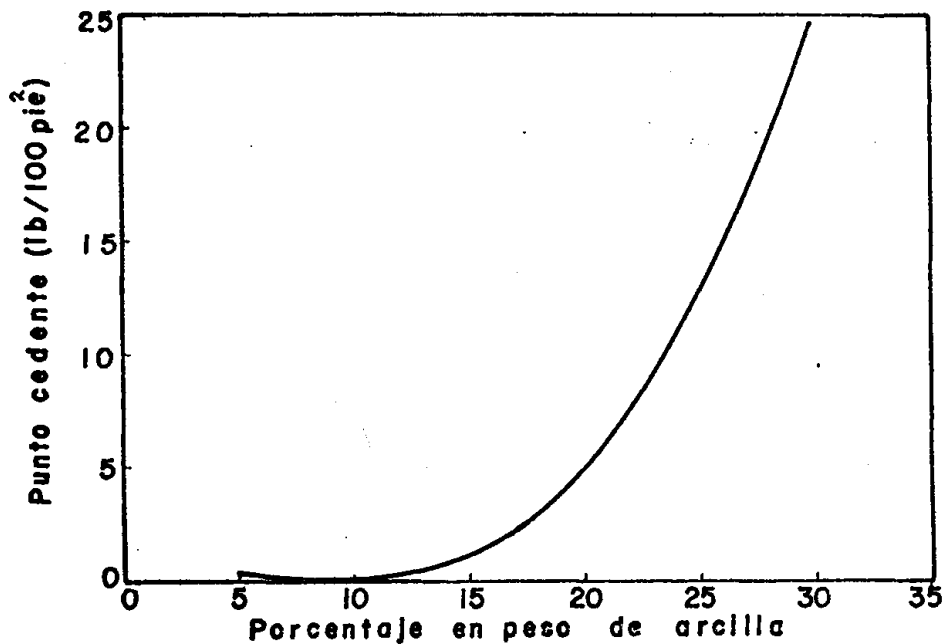
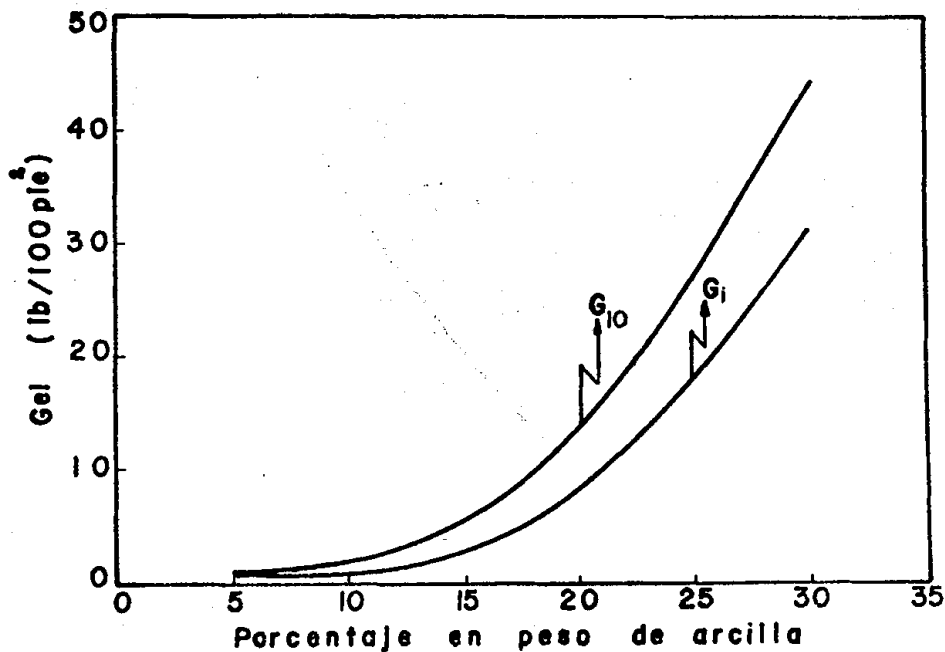


Figura N° 108



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V7+AGUA+1% SODA AS

Figura N° 109

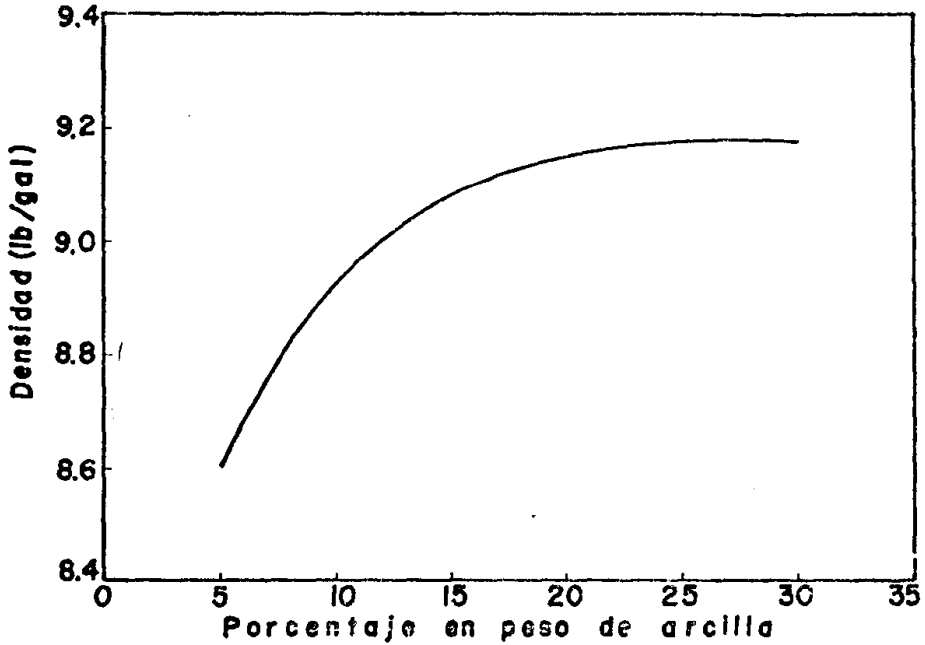
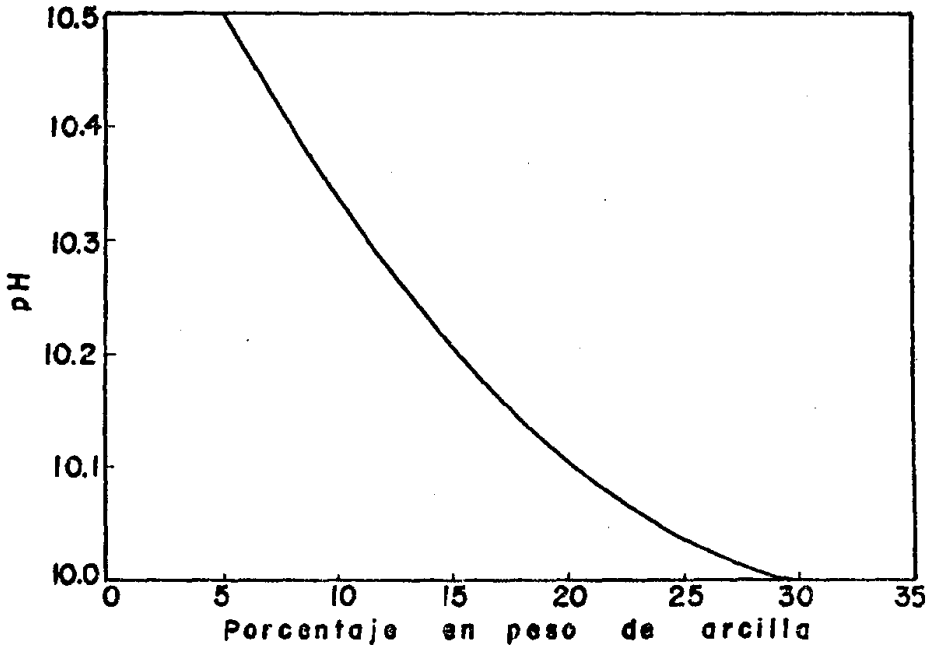


Figura N° 110



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V8+AGUA+1%SODA ASH

Figura N° III

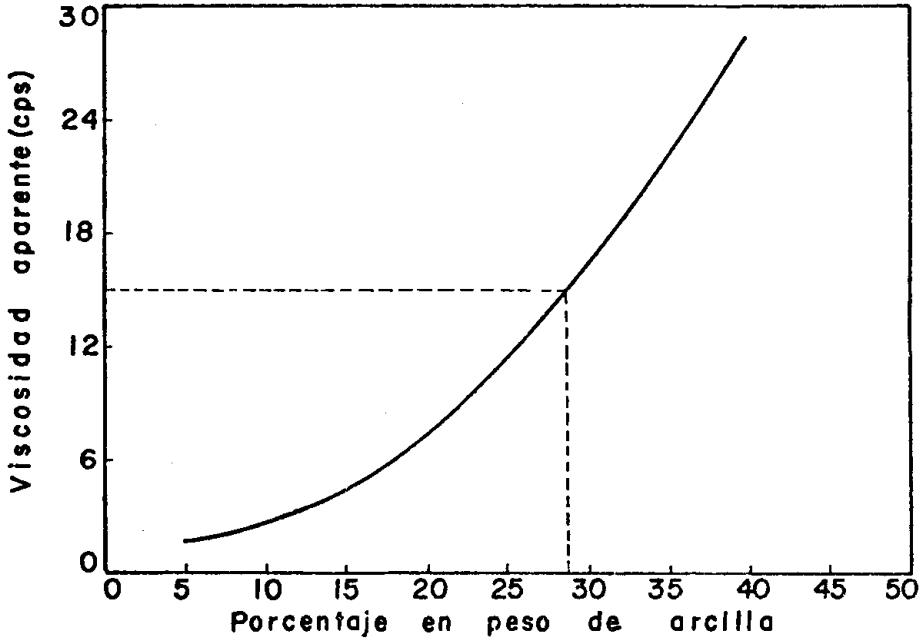
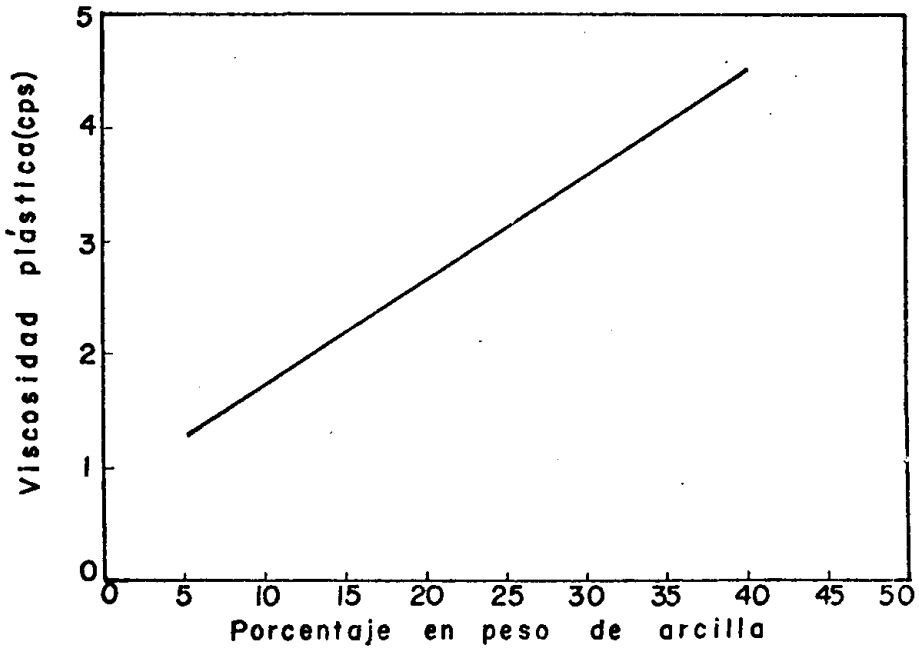


Figura N° 112



FLUIDO PREPARADO ARCILLA V8 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 113

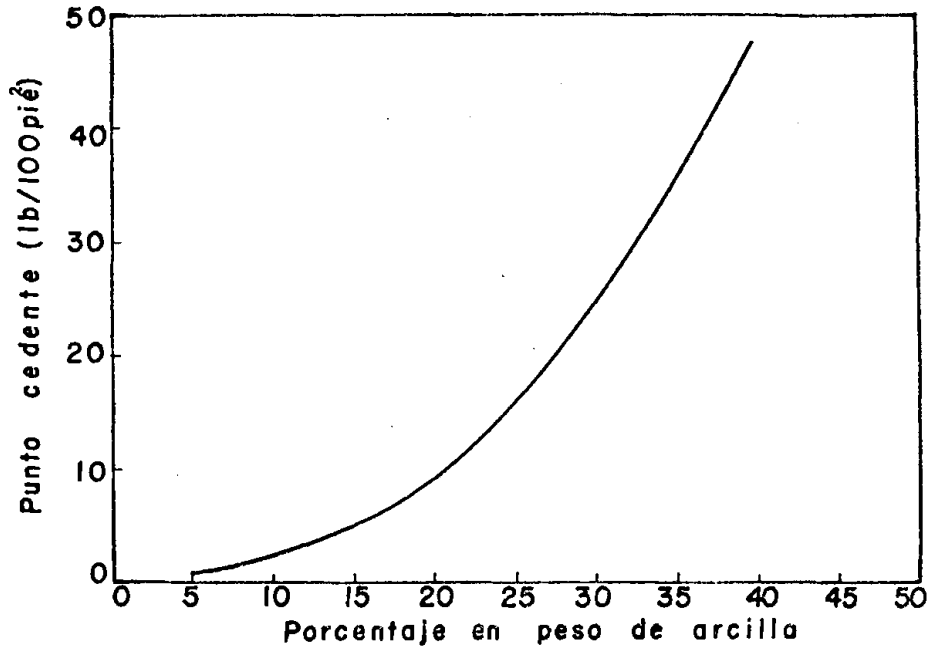
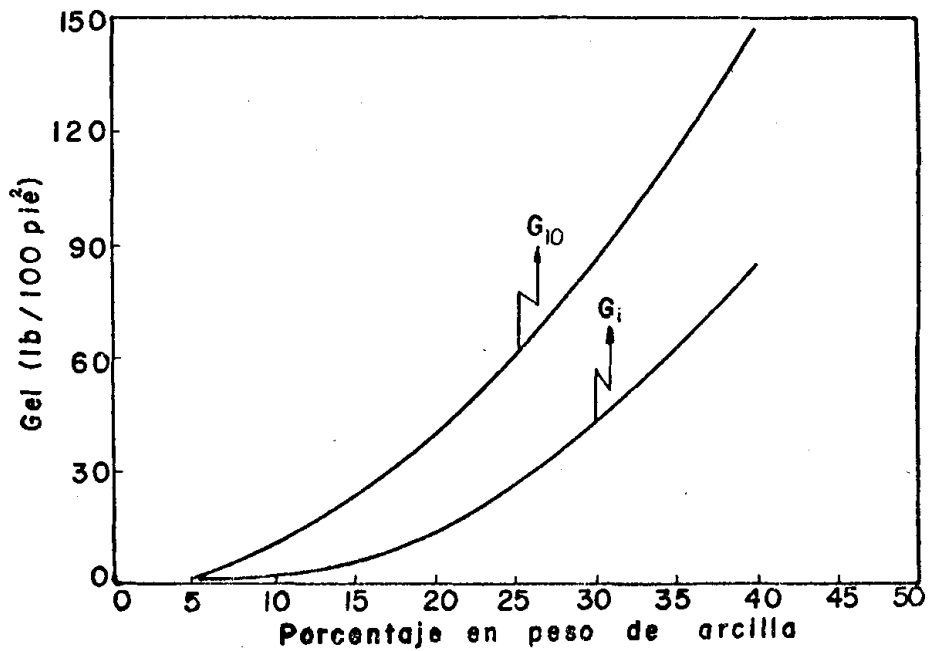


Figura N° 114



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V8+AGUA+1%SODA ASH

Figura N° 115

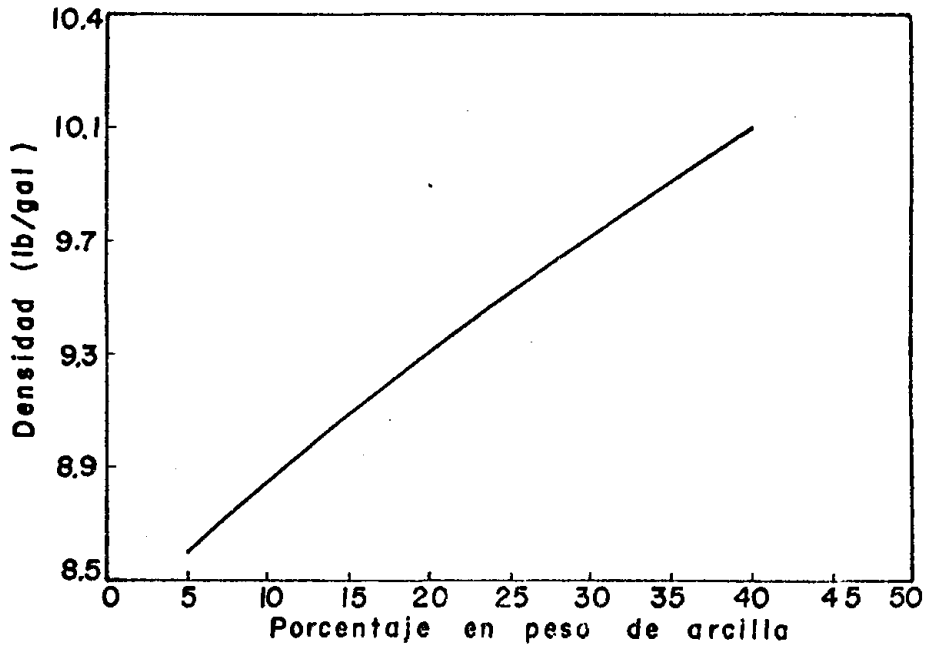
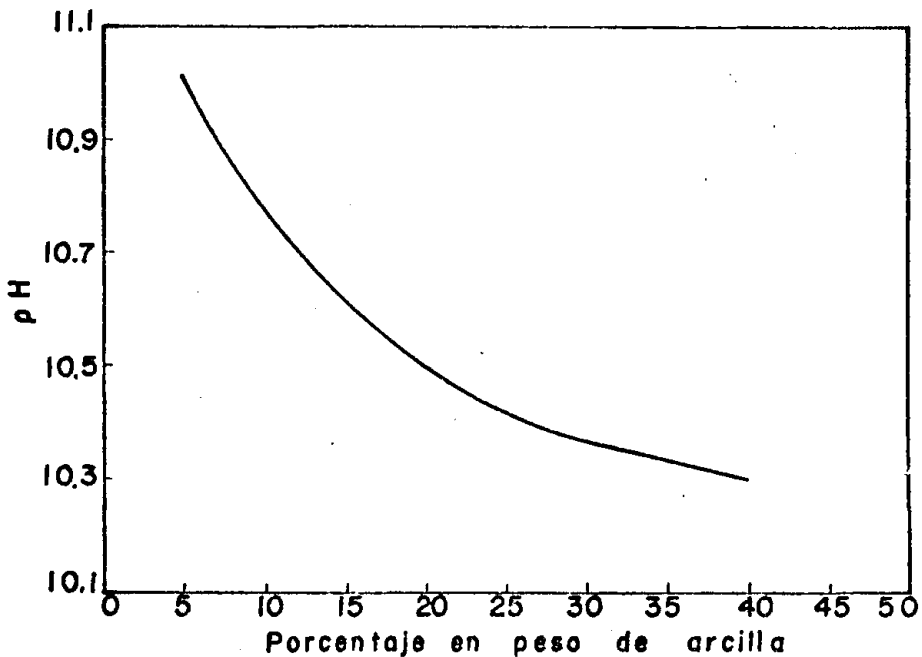


Figura N° 116



## FLUIDO PREPARADO ARCILLA V9+AGUA+1% SODA ASH

Figura N° 117

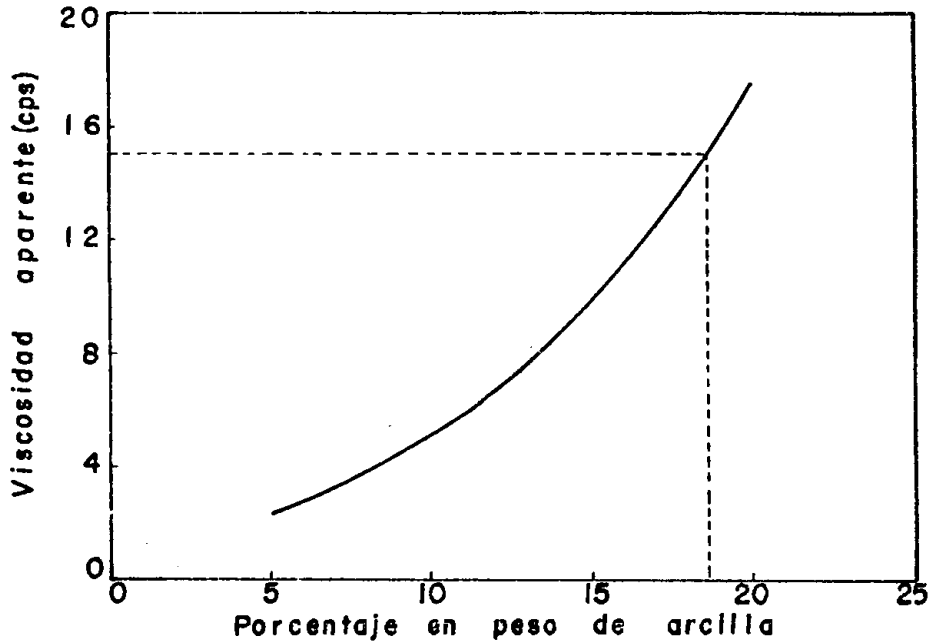
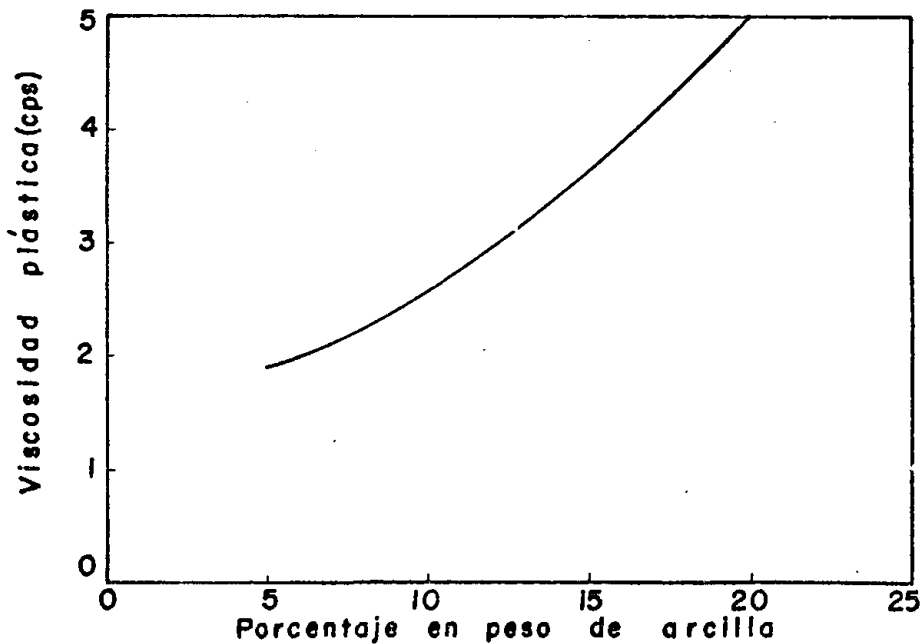


Figura N° 118



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA V9+AGUA+1% SODA AS

Figura N° 119

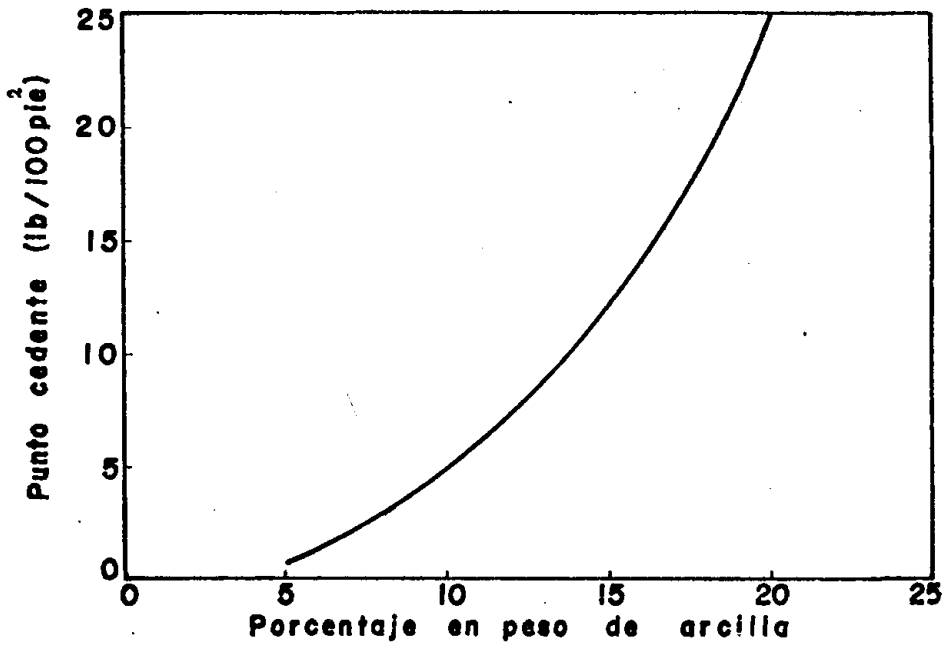
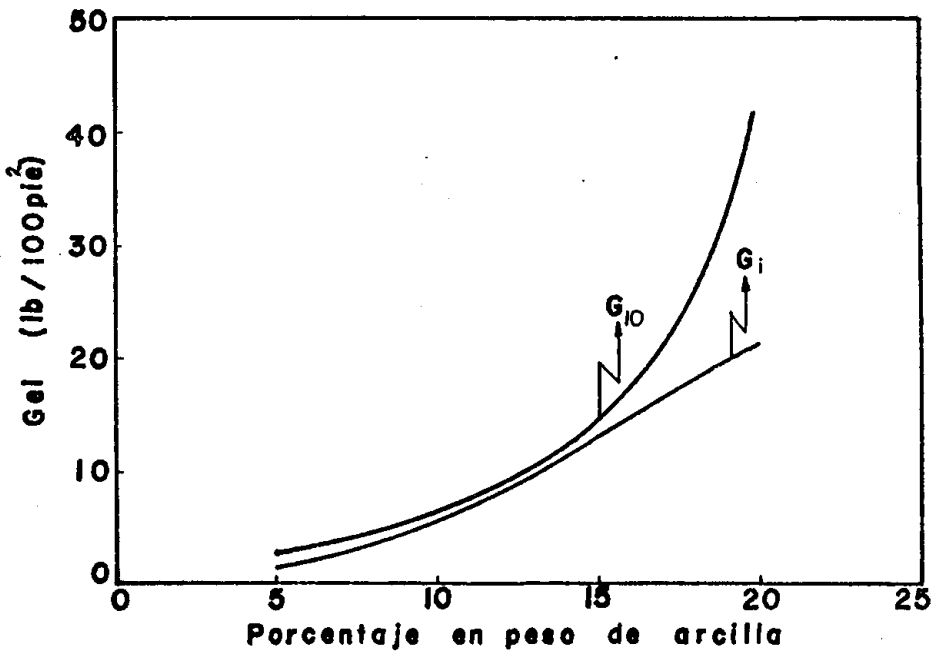


Figura N° 120



FLUIDO PREPARADO: ARCILLA V9 + AGUA + 1% SODA ASH

Figura N° 121

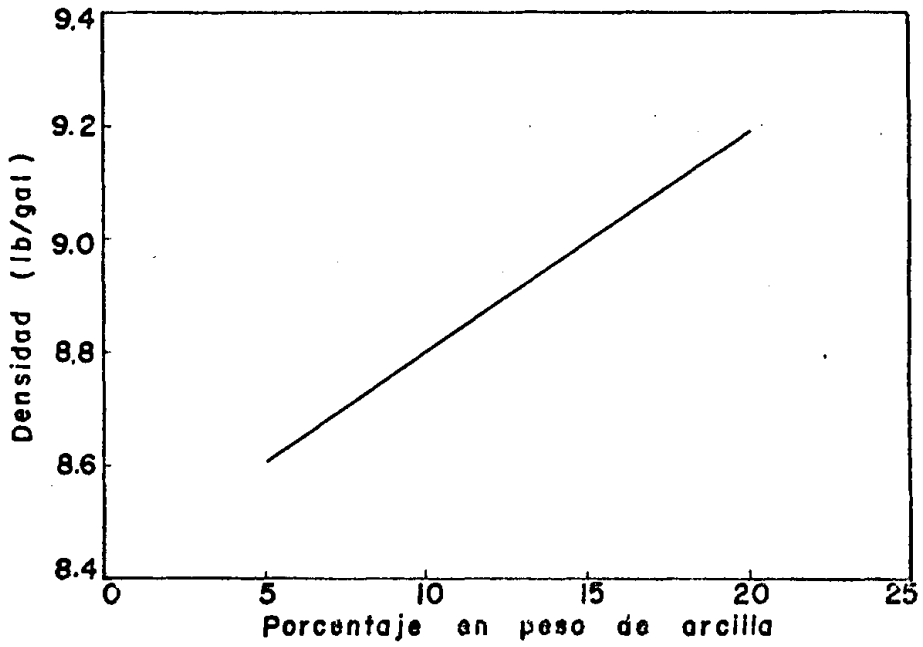
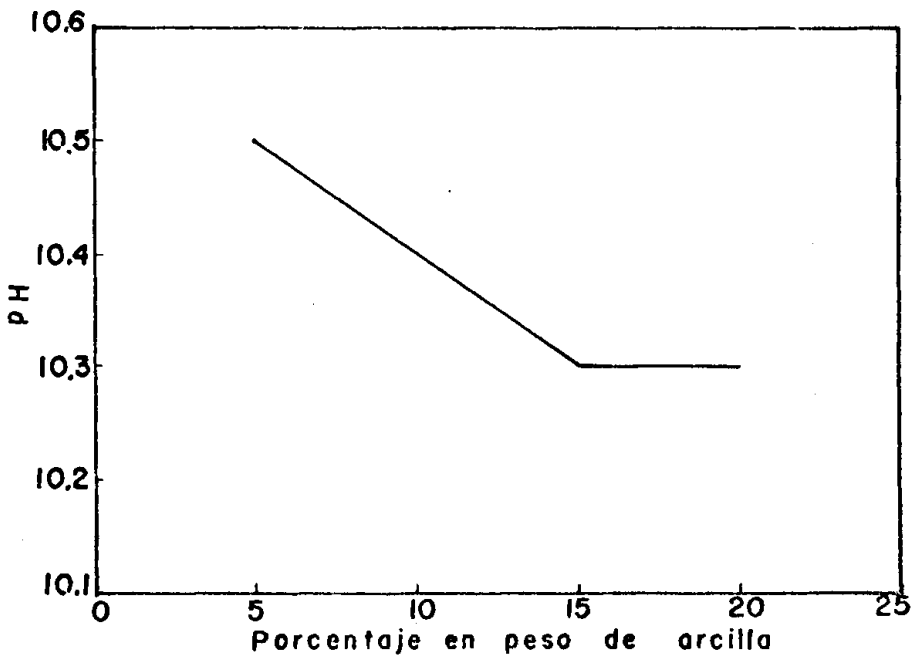


Figura N° 122





# FLUIDO PREPARADO ARCILLA MILGEL + AGUA

Figura N° 123

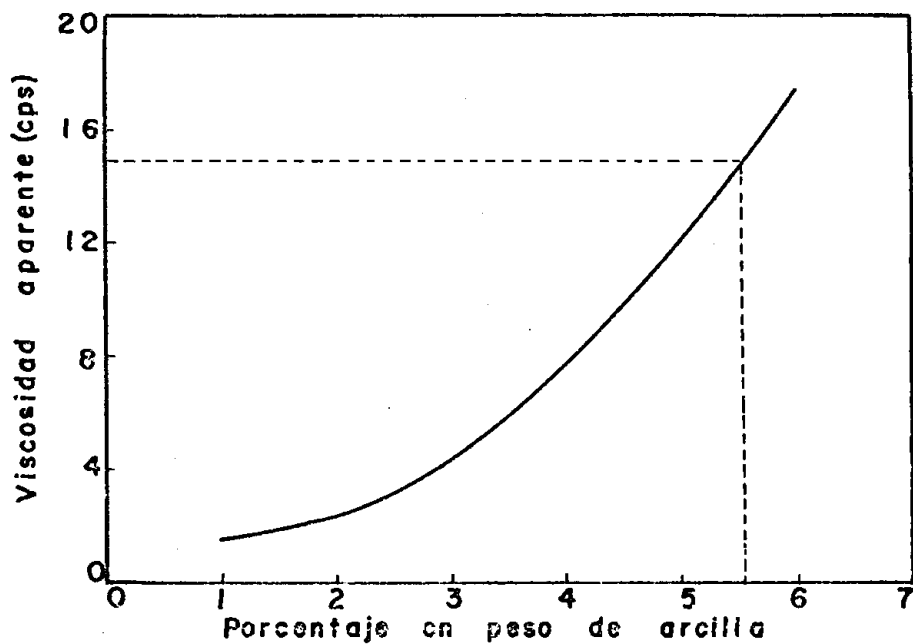
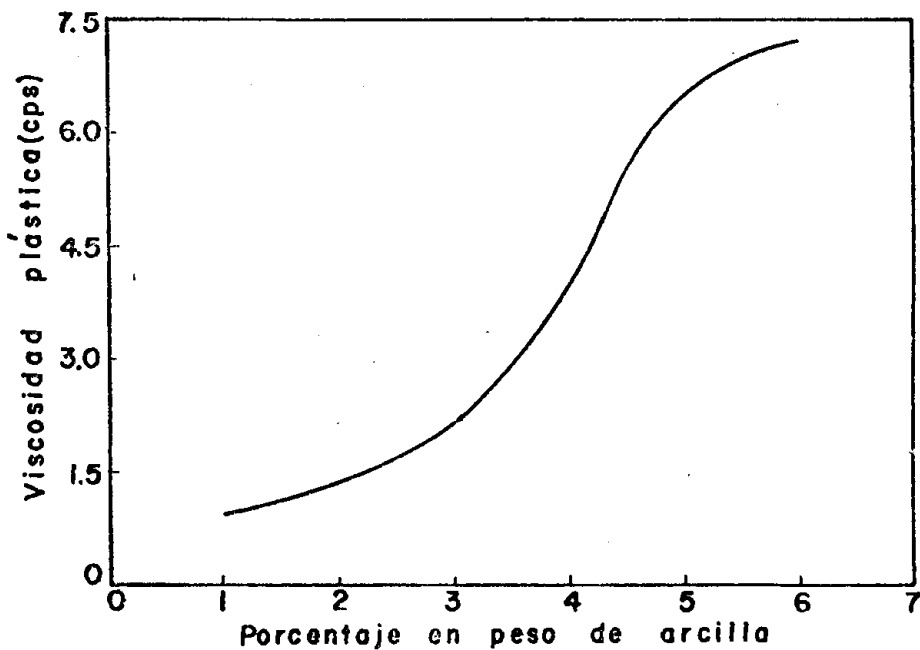


Figura N° 124



FLUIDO PREPARADO ARCILLA MILGEL + AGUA

Figura N° 125

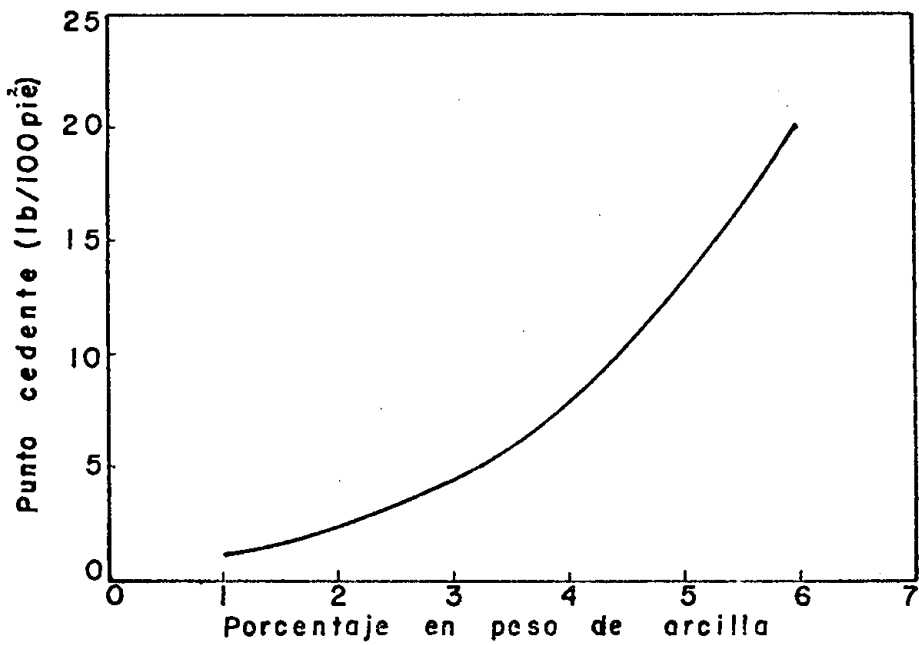
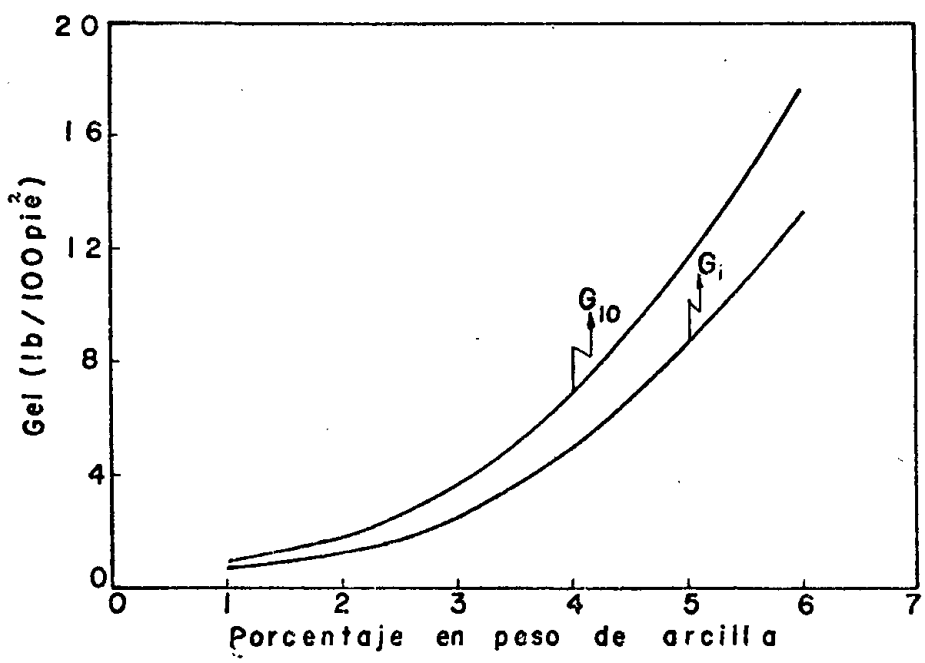


Figura N° 126



FLUIDO PREPARADO : ARCILLA MILGEL + AGUA

Figura N°127

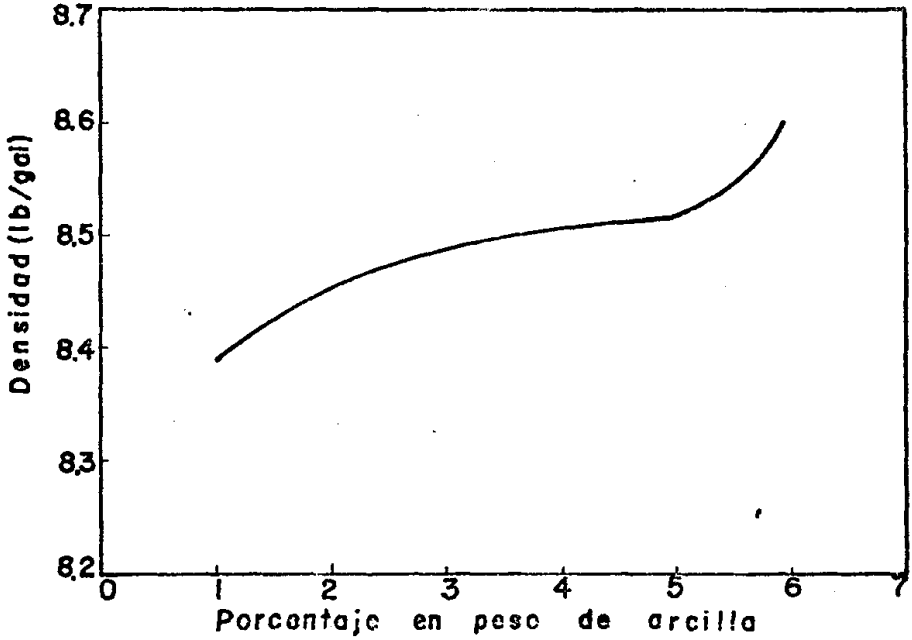
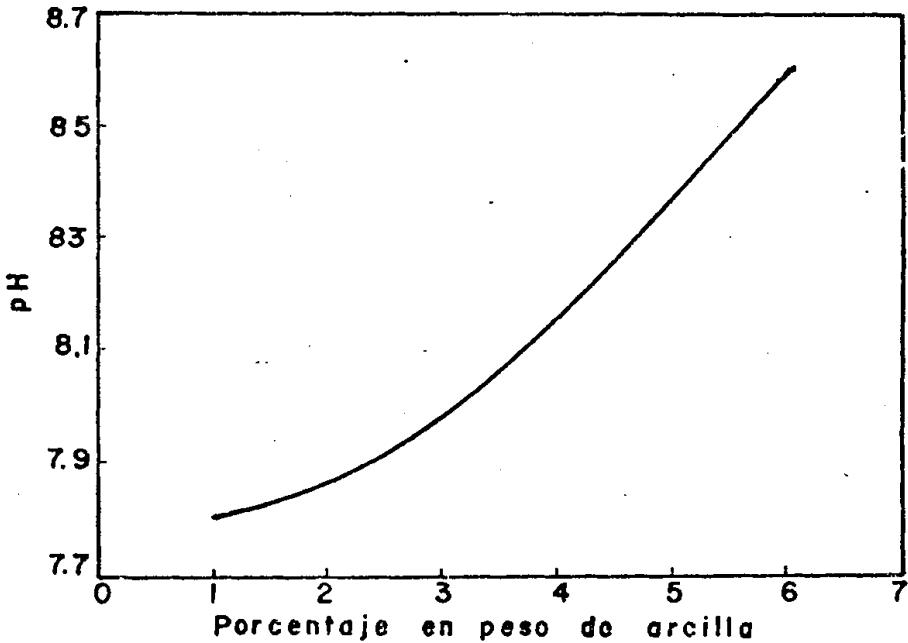
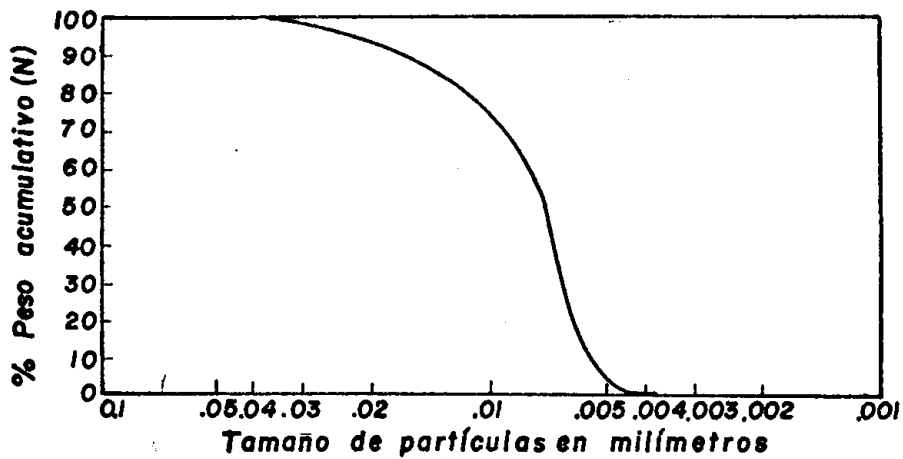


Figura N°128

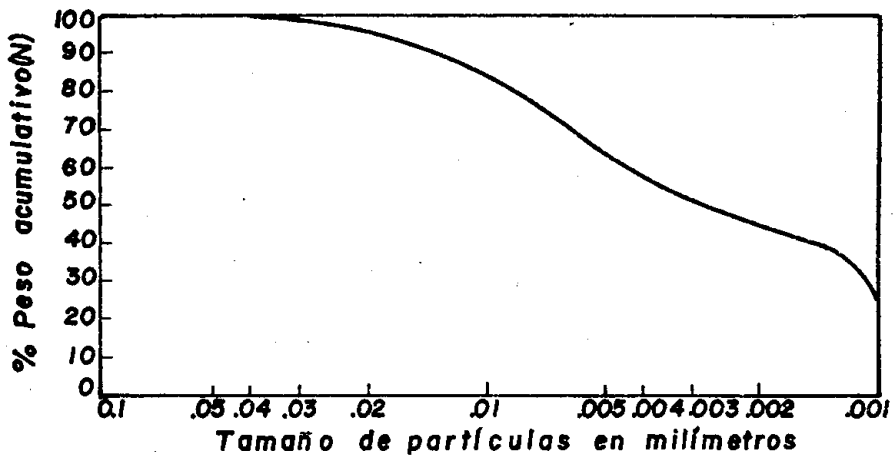


## CURVAS DE DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

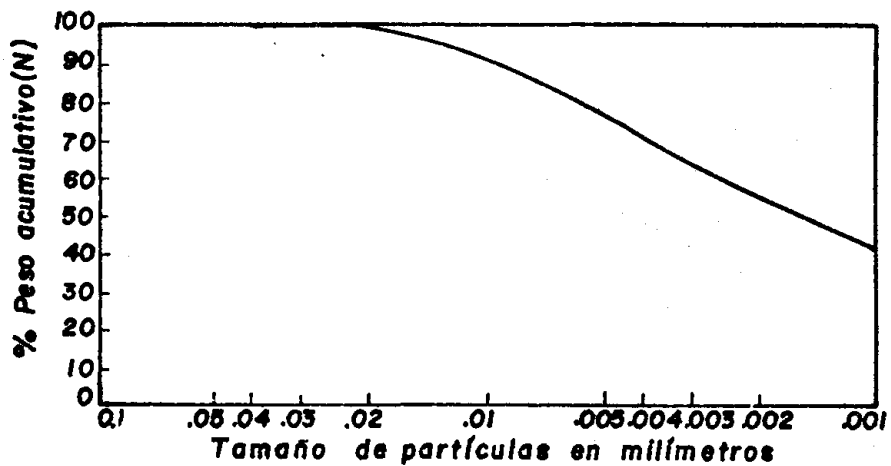
Muestra V1



Muestra V 2

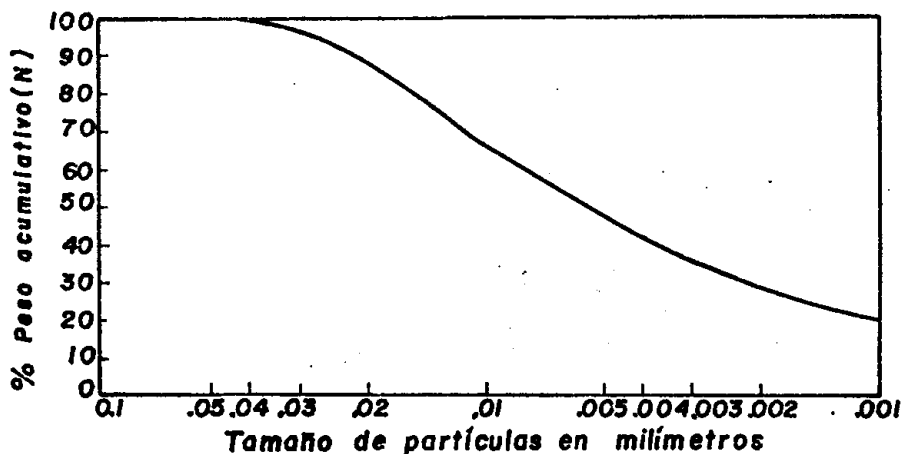


Muestra V 3

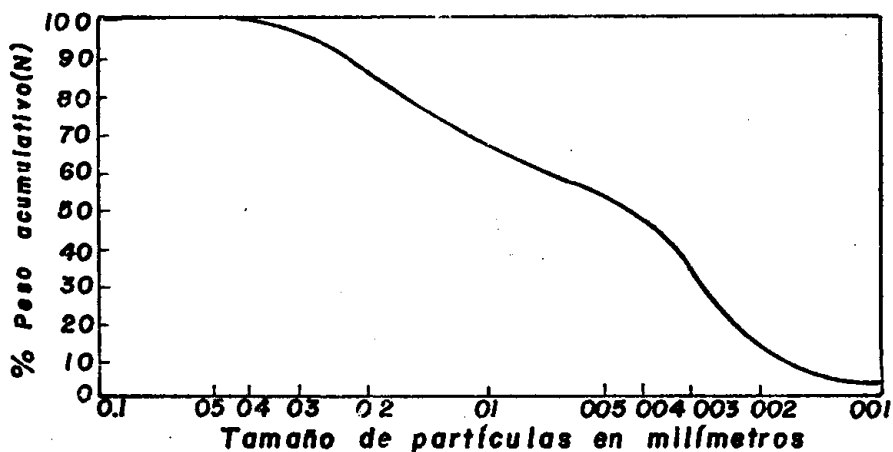


# CURVAS DE DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

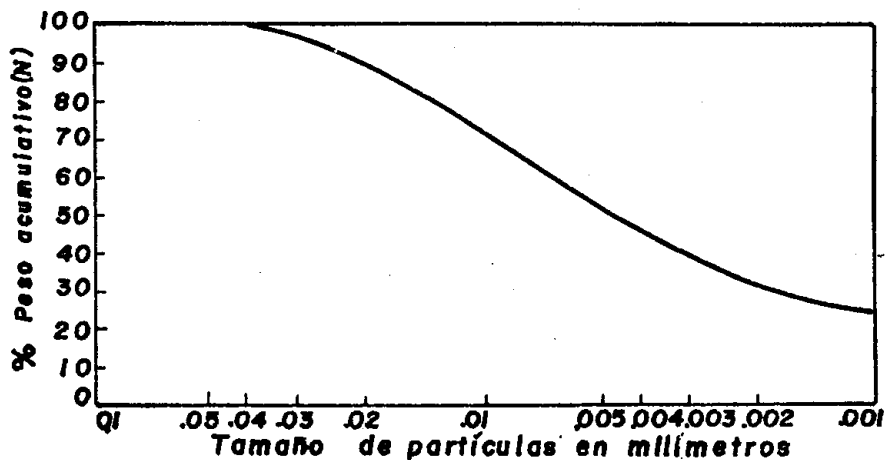
## Muestra V4



## Muestra V5

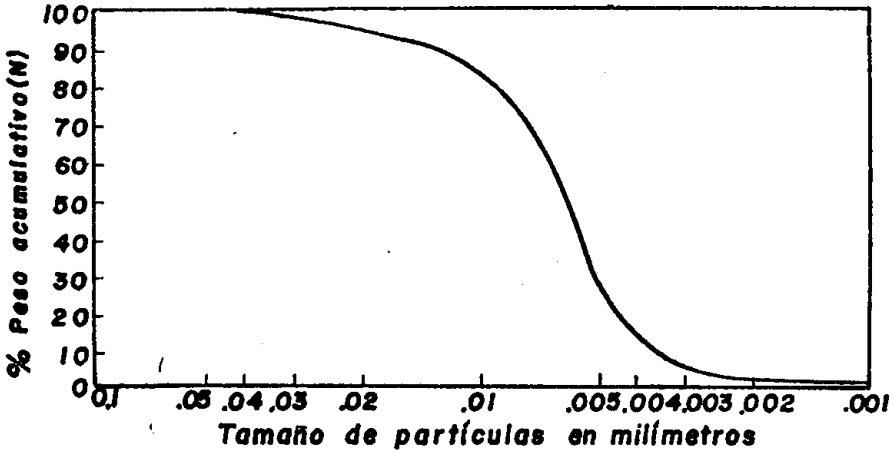


## Muestra V6

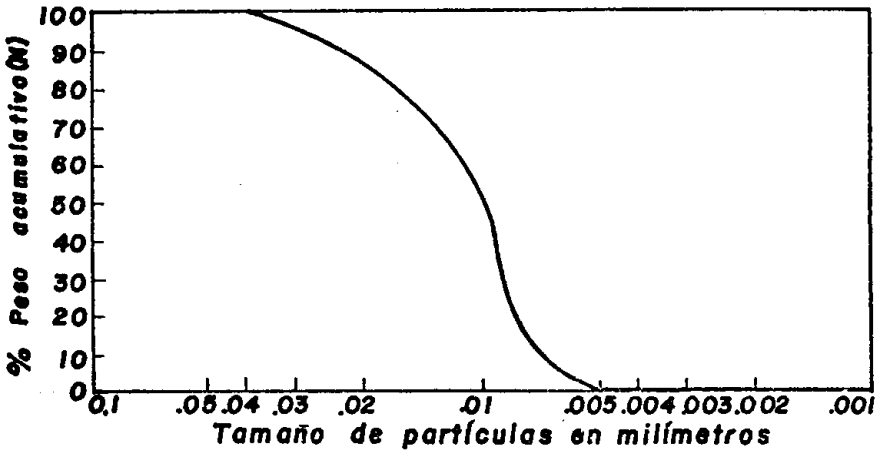


# CURVAS DE DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

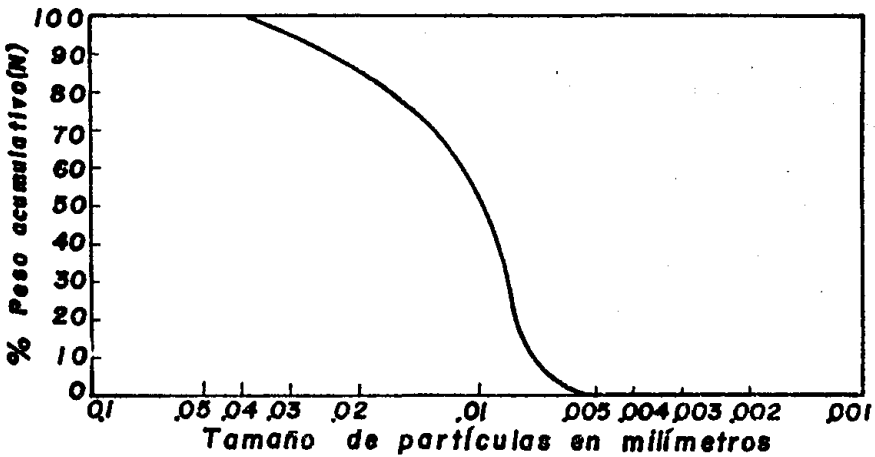
Muestra V7



Muestra V8



Muestra V9



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De las arcillas analizadas, sin activar, ninguna cumple con las propiedades especificadas para la bentonita para su uso en fluidos de perforación.
2. Todas las arcillas debido a sus pobres capacidades de hidratación y malos rendimientos, se clasifican como arcillas de bajo grado, y son más bien de carácter cálcico antes que sódico.
3. La activación debe realizárselo con Soda Ash (carbonato de sodio) y no con bicarbonato de sodio, y además en una concentración no mayor del 1% en peso, ya que con porcentajes mayores no sólo que se obtienen resultados inferiores sino que es antieconómico.
4. De las arcillas estudiadas, al ser activadas, las que mejor responden a esta activación son las bentonitas V3 y V4 cuyas propiedades así obtenidas son bastante aceptables.
5. La arcilla V3, activada, con una potencia del estrato - de 2 a 2.5 metros presenta un rendimiento de 42 Bbls/ton. y podría aplicarse para perforar huecos superficiales -

(Compañías de fabricación de pilotes) siempre y cuando un estudio de carácter geológico-económico lo considere conveniente.

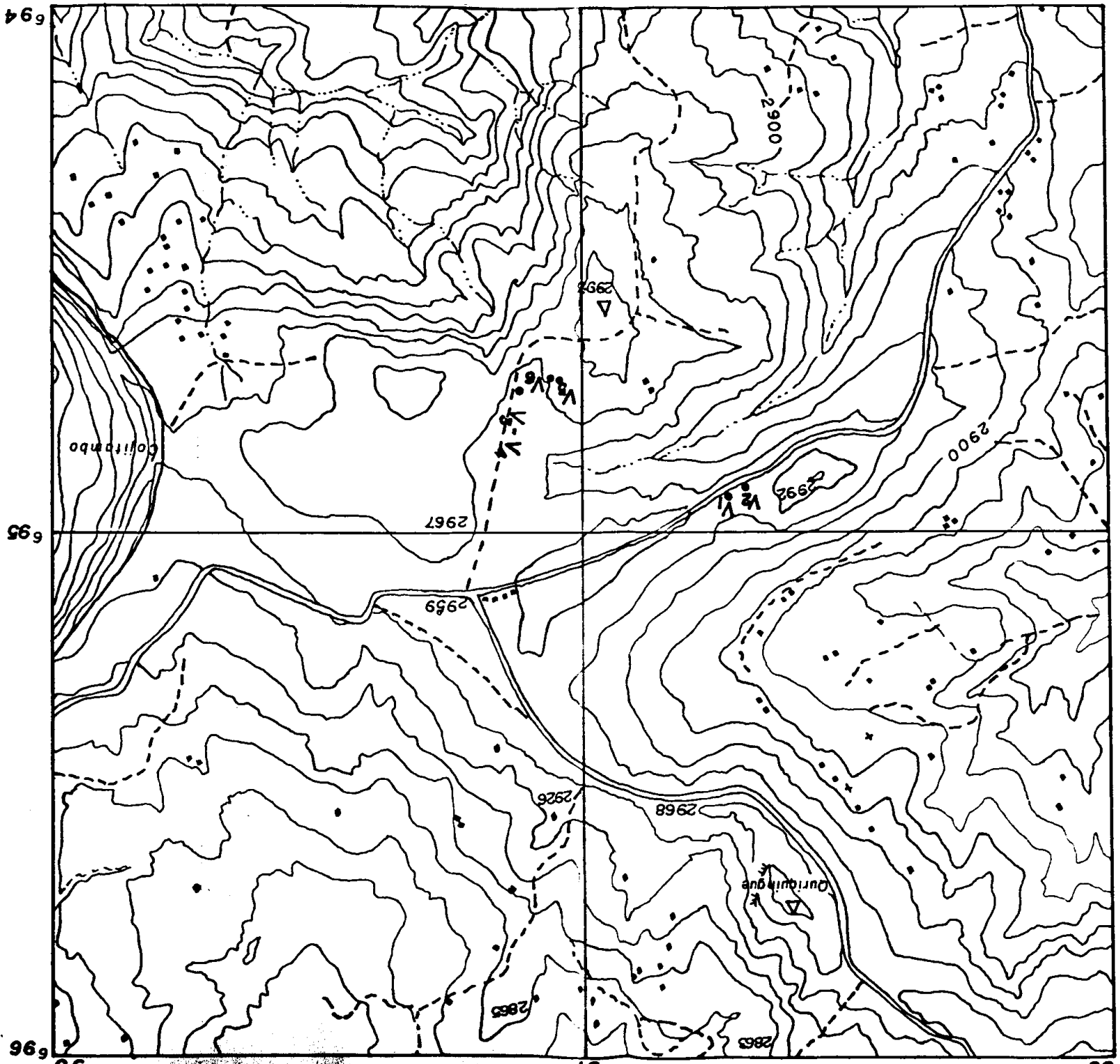
6. El efecto de la Soda Ash es precipitar y reemplazar el ión calcio de las bentonitas cálcicas por el ión sodio y mejorar sus propiedades de suspensión y rendimiento.
7. La bentonita Milgel es una arcilla de óptima calidad para su uso en fluidos de perforación.
8. Se recomienda muestrear en las zonas cercanas, la presencía de las arcillas V3 y V4 donde presenten condiciones apropiadas de explotación si es que se encontrare justificable hacerlo.
9. Seguir investigando con otras arcillas de la región, su aplicación o nó en fluidos de perforación.
10. Realizar estudios similares a éste con arcillas de la zona de la Península de Sta. Elena.
11. Muestrear arcillas de otras zonas del país donde se conoce la existencia de depósitos bentoníticos, Manabí por ejemplo, y realizar las pruebas pertinentes a fin de determinar su utilidad en relación con lodos de perforación.
12. Aprovechando que el Laboratorio de Fluidos de Perforación

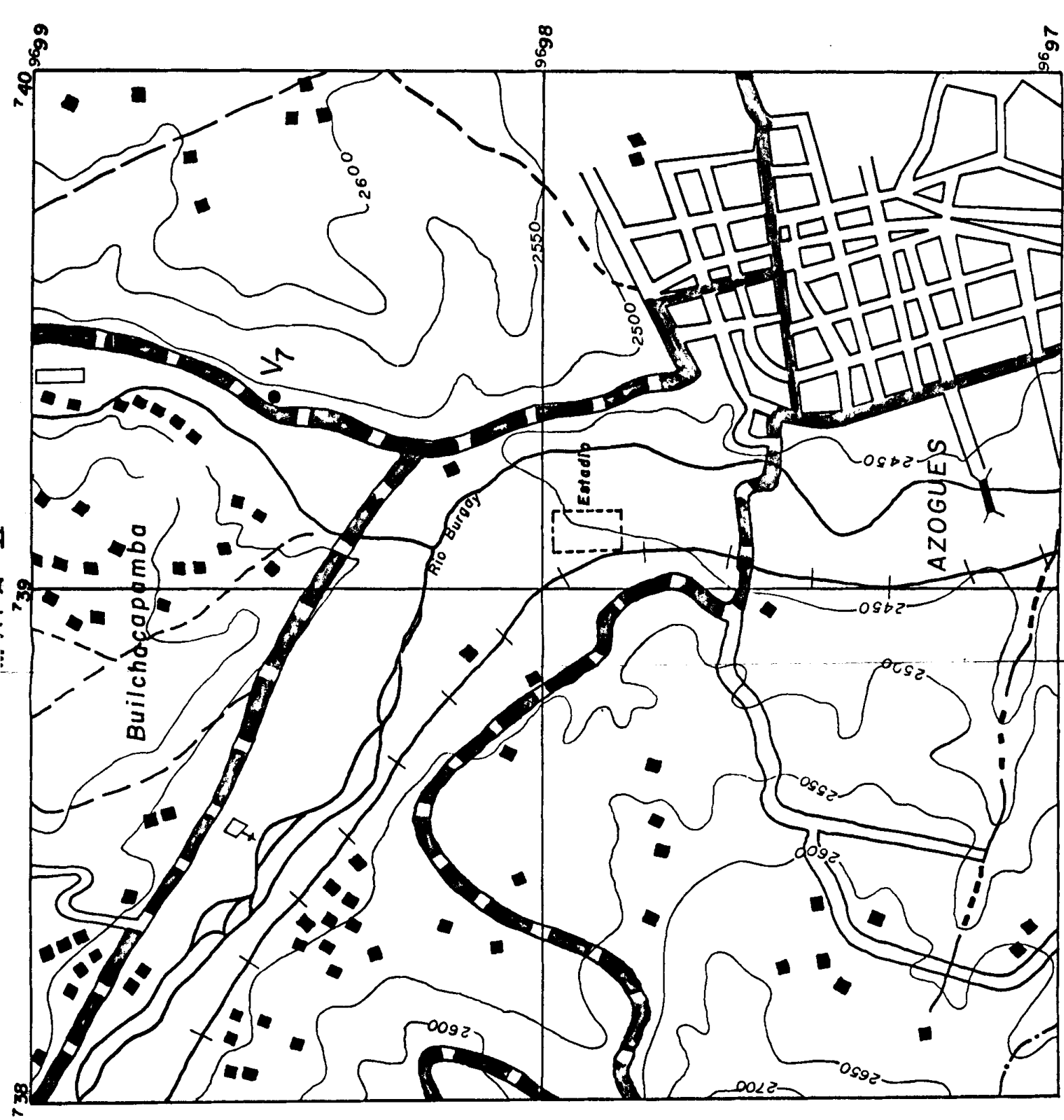


de la FSPOL es bastante completo, tratar de impulsar a mayor escala proyectos de investigación, con el debido apoyo económico ya sea de empresas nacionales o extranjeras con el objetivo permanente de encontrar materiales bentoníticos y aditivos nacionales aptos para usarlos en lodos de perforación.

APENDICE I

MAPAS





MAPA III

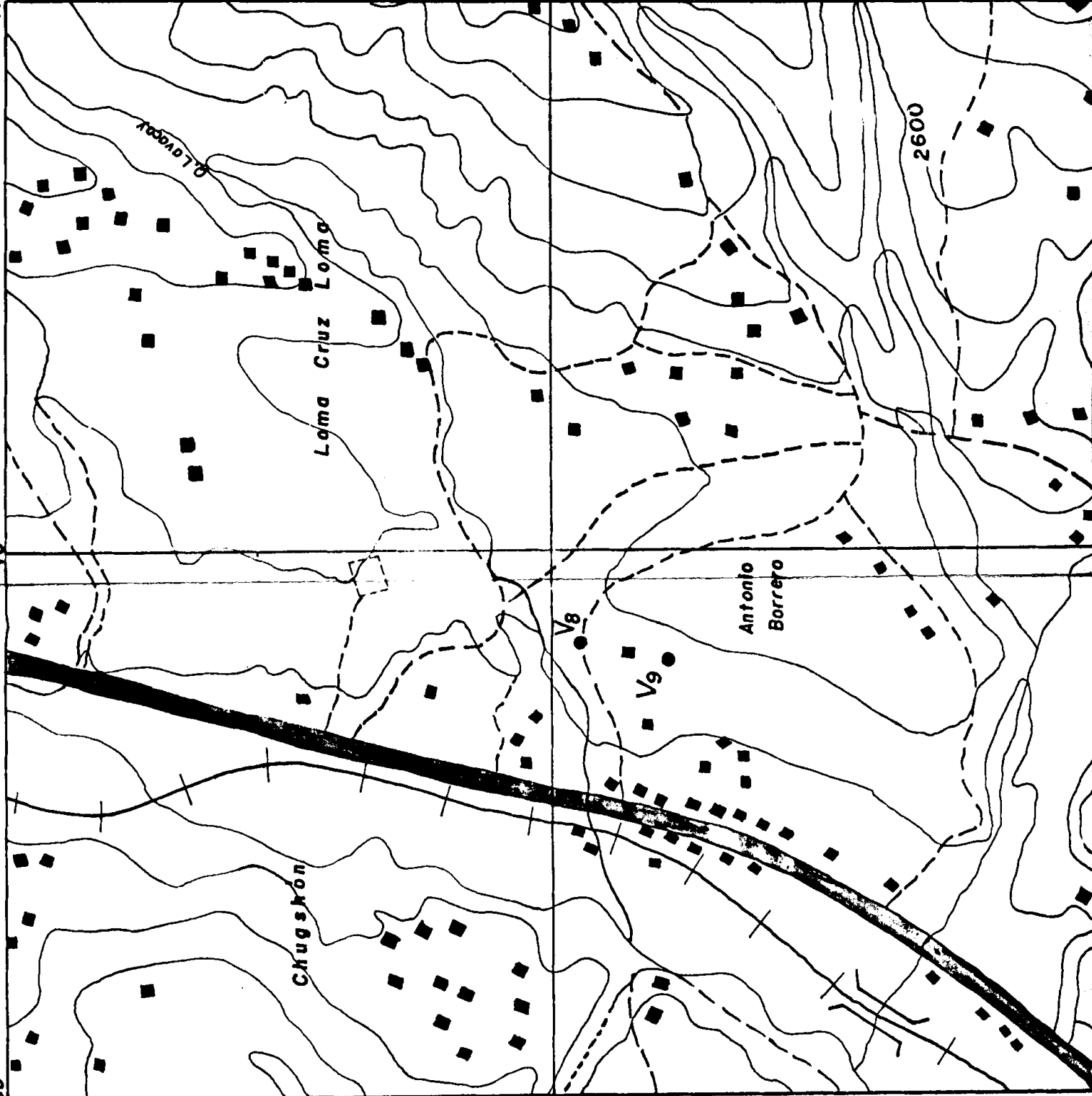
741 9695

740

739

9694

9693



## INDICE DE ABREVIATURAS

Bbls	Barriles
Bbls/Ton	Barriles/tonelada
cc	Centímetro cúbico
cps.	Centipoises
°C	Grados centígrados
d	Lectura del hidrómetro
°F	Grados farenheith
Gi	Gel inicial
G10	Gel a los 10 minutos o Gel final
gr	gramos
gr/cc	gramos sobre centímetro cúbico
lb/gal	libras sobre galón
lb/bbl	libras sobre barril
lb/100 pie <sup>2</sup>	libras sobre 100 pie cuadrado
L600, L300	Lecturas a 600 y 300 revoluciones por minuto del viscosímetro Fann.
mm	Milímetros
N	Porcentaje en peso acumulativo
ppm	Partes por millón
Pm	Alcalinidad del lodo
Pf	Alcalinidad del filtrado
Va	Viscosidad aparente
Vp	Viscosidad plástica

$Y_p$ 

Punto cedente

 $\rho$ 

Densidad

 $\phi$ 

Diámetro de partículas

## BIBLIOGRAFIA

1. BAROID DIVISION NL INDUSTRIES, Inc. Apparatus and Procedures for the Field testing of Drilling Muds. Houston, Texas. 1975.
2. GARRISON, A.D. Surface Chemistry of Clays and Shales AIME Trans. 1939 pág. 191-204.
3. KAVELER, H.H. Improved Drilling Muds Containing CMC. Selected Reading on Drilling Mud. Magrobar. Houston, Texas. Mayo 1957.
4. LEWIS, W.K., SQUIRES L. and THOMPSON. Colloidal Properties of Clay Suspensions AIME Trans. 1935, pag. 38-52.
5. MAGCOBAR. Drilling Fluid Engineering Manual. Houston. Texas. Revised January, 1977 (R. L.S.)
6. MOORE, Preston L. Drilling Practices Manual. The Petroleum Publishing Co. Tulsa, 1974.
7. NUÑEZ DEL ARCO, E. Estudio Geológico Minero de las arcillas en la región Azuay-Cañar. Tesis de grado.
8. PATTERSON, Sam H. and MURRAY, Haydn H. Clays. Industrial Minerals and Rocks. Editor Stanley J. Lefond. AIME. 1975. pág. 519.



9. RIOS LUGO, Pedro. Lodos de Perforación, Características y Aditivos. Tesis de grado. Universidad Nacional del Zulia, 1957.
10. ROGERS, W.F. Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids, 3ª Edition. Gulf Publishing Co, Houston, Texas. 1963.
11. SANCHEZ, E. Estudio experimental de las propiedades y determinación de la utilidad de diferentes arcillas del Ecuador para emplearlas en la preparación de fluidos de perforación. Tesis de grado. ESPOL, Octubre 1976.
12. TIPPETTS - ABBETT - Mc CARTHY - STRATTON. Ingenieros y Arquitectos de Nueva York. Manual de laboratorio. Suelos Pavimentos y Materiales. Segunda Impresión. Abril 1964.