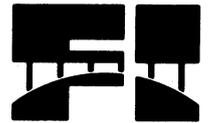




**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



V.M. Malpica Cruz  
J. Barceló Duarte  
J.P. Barradas Jiménez  
J.C. Moya Sánchez  
F. Monroy Santiago

---

**CUADERNO  
DE PRACTICAS**

**LABORATORIO DE  
SEDIMENTOLOGIA**



C U A D E R N O D E P R A C T I C A S  
L A B O R A T O R I O D E  
S E D I M E N T O L O G I A

F A C U L T A D D E I N G E N I E R I A  
U N A M

Dr. Malpica-Cruz, V.M.  
Dr. Barceló-Duarte, J.  
Ing. Barradas-Jiménez, J.P.  
M. en C. Moya-Sánchez, J.C.  
Ing. Monroy-Santiago, F.

1 9 9 3



## I N D I C E

INTRODUCCION.....	1
PLANTEAMIENTOS A SEGUIR EN EL LABORATORIO.....	2
ANALISIS DE PARTICULAS SEDIMENTARIAS.....	3
SEPARACION DE MINERALES PESADOS.....	7
FORMA, ESFERICIDAD, REDONDEZ Y PIBOTABILIDAD DE PARTICULAS SEDIMENTARIAS.....	11
ANALISIS GRANULOMETRICO.....	17
ANALISIS POR TAMICES.....	21
ANALISIS POR TUBO DE EMERY DE SEDIMENTACION.....	24
ANALISIS POR EL METODO DE PIPETA.....	27
ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS.....	32
PRECIPITACION DE CARBONATOS Y REPRODUCCION DEL EXPERIMENTO DE USIGLIO.....	35
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	



## INTRODUCCION

Como un impulso más al área de Sedimentología, estas prácticas de Laboratorio tienen como objetivo general el de inquietar a los alumnos en el campo de la investigación, además de los objetivos particulares obligatorios que conlleva la materia de Sedimentología, dentro del plan de estudios de la carrera de Ingeniero Geólogo y Geofísico.

Comprende ocho prácticas, en total, abarcando temas tan importantes como: análisis granulométrico, separación de minerales pesados, partículas sedimentarias, así como precipitación de carbonatos y estructuras sedimentarias.

En el anexo de este cuaderno se incluye una forma para llevar a cabo el pipeteo en seis muestras a la vez, registro de tiempo y la correspondencia del diámetro de la partícula para cada pipeteo, también las fórmulas de los parámetros estadísticos y algunos ejercicios de aplicación sobre medios sedimentarios en general.

La investigación en el área de Sedimentología es muy poco difundida, sin embargo tiene una aplicación directa en varios aspectos de la economía de nuestro país, como son: el Petróleo, Yacimientos minerales, Estabilidad de costas, y en general, del comportamiento de los diferentes ambientes sedimentarios, que abundan en México, y sus relaciones con la Tectónica global.

Se agradece de antemano las críticas a esta primera edición de este Cuaderno de Prácticas de Laboratorio de Sedimentología, el cual se actualizará y complementará con el transcurso del tiempo, por parte de los alumnos, profesores y en general por toda aquella persona relacionada con el área de la Sedimentología.

## PLANTEAMIENTOS A SEGUIR EN EL LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA

El Laboratorio de Sedimentología deberá ser un medio por el cual los alumnos conozcan los procesos mecánicos para el análisis de los diversos ambientes sedimentarios. Además del conocimiento de estos procesos, obligatorios para la materia de Sedimentología, se debe dar importancia para que los alumnos se inicien en el campo de la investigación.

Del mismo modo, es necesario motivar al alumno y encaminarlo hacia el conocimiento de modelos y objetivos claros, que le permitan reconstruir fenómenos que se llevan a cabo en la superficie terrestre y más concretamente en el campo de los ambientes sedimentarios.

En conclusión, el Laboratorio de Sedimentología deberá ser un apoyo clave para que el alumno se maneje en el conocimiento de algunas disciplinas básicas como el uso y manejo de:

- Investigación documental
- Técnicas granulométricas
- Investigación audiovisual
- Experimentación granulométrica
- Elaboración de una colección tipo (sedimentos, estructuras sedimentarias, partículas sedimentarias, etc.)
- Zonas experimentales de campo

## PRÁCTICA 1

### ANÁLISIS DE PARTICULAS SEDIMENTARIAS

**Objetivo:** El alumno aprenderá a diferenciar los diversos tipos de partículas sedimentarias por medio de la observación e identificación de las mismas mediante las siguientes técnicas.

---Observación megascópica: realizará descripciones de muestra de mano, remarcando las principales características de los sedimentos como son: tamaño de grano, color, composición, forma, etc., para definir a qué tipo de partícula corresponde.

---Observación microscópica: con ayuda del microscopio, el alumno describirá a partir de láminas delgadas o de material no consolidado, las características de las diferentes variedades de sedimentos: color, composición mineralógica, forma de los granos, fósiles, etc.

---Descripción por medio de dibujos: a partir de muestras de mano y de láminas delgadas observadas en el microscopio, el alumno describirá todas las características de los sedimentos, tratando de diferenciar las partículas clásticas de las no clásticas.

En general, las partículas sedimentarias pueden ser divididas en:

#### I.- Partículas clásticas o terrígenas.

##### A.-Orgánicas

- 1.-Fragmentos sólidos

##### B.-Inorgánicas

- 1.- Fragmentos de roca
- 2.- Cuarzo
- 3.- Feldespatos
- 4.- Minerales Pesados
- 5.- Minerales Arcillosos

#### II.- Partículas no clásticas

##### A.-Orgánicas de:

- 1.- Carbonato de calcio
- 2.- Sílice
- 3.- Otros

##### B.-Orgánicas-inorgánicas

- 1.- Pelas fecales
- 2.- Peloides
- 3.- Ooides

- a) Oolitas
- b) Pisolitas
- c) Granos envueltos

C.- Inorgánicas

- 1.- Intraclastos
- 2.- Agregados

D.- Químicos (minerales sedimentarios)

1.- Partículas clásticas o terrígenas: son todas aquellas partículas o sedimentos que han sido originados por la desintegración de rocas o depósitos preexistentes, principalmente por erosión, aunque también pueden ser originados por el intemperismo o por deslizamiento.

IA.- Partículas clásticas orgánicas: corresponden a partículas o materiales de origen orgánico como son restos de conchas, plantas, etc. A estas partículas se le conocen también como fragmentos sólidos trabajados o bien como fósiles retrabajados.

IB.- Partículas clásticas inorgánicas: se les conoce con este nombre a las partículas de origen inorgánico que se han formado por la desintegración de otros materiales también de origen inorgánico.

Las partículas clásticas inorgánicas se dividen en:

- 1.- Fragmentos de roca
- 2.- Cuarzo
- 3.- Feldespato
- 4.- Minerales pesados
- 5.- Minerales arcillosos

II.- Partículas no clásticas: son todas aquellas partículas que no han sido formadas por la desintegración de otros materiales, sino que se han originado por fenómenos químicos o bioquímicos.

Las partículas no clásticas pueden ser divididas en:

IIA.- Partículas no clásticas orgánicas: se refieren a las partículas originadas por seres vivos que no llegan a formar clastos, generalmente se presentan como unidades orgánicas y que al morir pasan a formar parte del sedimento.

A su vez estas partículas se subdividen en: partículas no clásticas orgánicas de:

1.- Carbonato de calcio

2.- Sílice

3.- Otros

IIB.- Partículas no clásticas orgánicas-inorgánicas: se refiere a aquellas partículas no clásticas que forman cuerpos sólidos constituidos por carbonato de calcio inorgánico, pero que han sido formadas en un principio por contribución orgánica.

Este tipo de partículas se subdivide en:

1.- Pelas fecales

2.- Peloides

3.- Ooides

a) Oolitas

b) Pisolitas

c) Granos envueltos

IIC.- Partículas no clásticas inorgánicas: están formadas por el agrupamiento de dos o más partículas de origen orgánico o inorgánico, que han sufrido transporte dentro de la misma cuenca de depósito.

Estas partículas se subdividen en:

1.- Intraclastos

2.- Agregados

IID.- Partículas no clásticas químicas (minerales sedimentarios): están formadas por la precipitación química directa, y por reacciones bioquímicas. Entre este tipo de partículas quedan incluidos los minerales evaporíticos, ejemplo: yeso, anhidrita, calcita, halita, etc.

Desarrollo:

El profesor proporcionará al alumno un determinado número de muestras de rocas y sedimentos clásticos y no clásticos. El alumno deberá identificar y clasificar a qué tipo de partículas corresponde la muestra analizada. Las muestras consistirán en láminas delgadas, sedimentos no consolidados y muestras de mano.

Al final de la práctica el alumno deberá haber identificado, dibujado y descrito las muestras que le asignaron, entregando un informe de una práctica de acuerdo a la hoja de ejercicios que viene adjunta en este cuaderno de trabajo.

Práctica No. 1

ANALISIS DE PARTICULAS SEDIMENTARIAS

No. de Muestra: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

Características generales:

Tipo de partículas: \_\_\_\_\_

Descripción de las partículas:

Dibujo:

## PRACTICA No. 2

### SEPARACION DE MINERALES PESADOS

Objetivo: el alumno separará los diferentes tipos de partículas clásticas por medio de fluidos de densidades conocidas, identificando las diferencias entre los minerales pesados y no pesados, del mismo modo establecerá las diferencias entre ellos.

Para esto el alumno habrá investigado con anterioridad cuáles son los minerales más comunes, formadores de rocas, con sus respectivas densidades así como sus características físicas de cada uno.

Los minerales que presentan una densidad superior a 2.9 son conocidos como minerales pesados. Estos incluyen tanto minerales opacos como minerales transparentes.

El grupo de los minerales opacos incluyen óxidos, sulfuros y otros que son abundantes en la naturaleza.

Los minerales transparentes corresponden generalmente a silicatos formadores de rocas.

El estudio de los minerales pesados requiere de varias técnicas de separación, limpieza y arreglo para poder ser observados: por movimiento con agua en una batea o palangana (como se lleva a cabo en ríos o yacimientos de placer), por flotación en líquidos de distinta densidad, por separación con filtros, por movimiento centrífugo, etc.

El análisis que se desarrollará en el ejercicio consiste en separar por flotación los diversos minerales pesados que presentan distintas densidades, mezclándolos con sustancias de densidad conocida.

Desarrollo: los diferentes minerales pesados serán separados utilizando bromoformo, cuya densidad es de 2.85.

Los minerales pesados no se encuentran en todos los sedimentos. Lógicamente, existirá una mayor proporción de estos minerales en los sedimentos clásticos que en los no clásticos.

Dependiendo de los objetivos del estudio, el método se puede llevar a cabo incluyendo toda variedad de tamaños de partículas, para lo cual se debe separar éstas antes de comenzar el proceso.

De cualquier forma es recomendable utilizar únicamente de 10 a 15 gr de muestra (para evitar obstrucciones) y no es aconsejable incluir partículas mayores a arenas gruesas. La cantidad de muestra se obtiene por medio de cuarteos sucesivos.

Si se intuye que existen minerales de hierro, éstos deben de ser separados primeramente con un imán.

El resto de los minerales pesados se separa con el bromoformo debido a sus altas densidades.

Primeramente el experimento se debe llevar a cabo en un lugar abierto y bien ventilado, ya que el bromoformo es altamente volátil y produce gases tóxicos, que al inhalarse pueden llegar a producir náuseas, vómito e inclusive provocar el desmayo, por lo que se recomienda tener muchas precauciones y tener siempre tapados los recipientes que contengan bromoformo.

1.- Coloque 250 ml. de bromoformo en un embudo de separación cerciorándose de que la llave de paso se encuentre bien cerrada. Al vaciar el bromoformo tape inmediatamente el embudo y el frasco que lo contenga.

2.- Pese de 10 a 15 gr de sedimento y vacíe la muestra rápidamente en el embudo de separación que contiene el bromoformo; tape el embudo para que no se volatilice la solución

Comenzará a observar que los minerales que conforman la muestra de sedimentos, se comienzan a estabilizar en la solución de la siguiente manera: los minerales pesados con densidad mayor a 2.85 se depositarán en el fondo del embudo, los minerales con una densidad aproximada a 2.85 quedarán en suspensión y finalmente los minerales que tengan una densidad menor a 2.85 quedarán flotando en la solución.

3.- Una vez que la solución esté reposada, prepare un embudo y coloque un filtro microporo, introduciéndolos en un soporte o en un vaso de precipitados.

Es recomendable utilizar tres embudos distintos con sus respectivos filtros para recoger los tres distintos tipos de partículas de diferente densidad. Pese cada papel filtro antes de iniciar la actividad y anote su valor.

4.- Coloque el embudo con el filtro con su respectivo vaso de precipitados debajo del embudo de separación. Abra la llave de paso de éste y deje pasar lentamente la solución con los minerales más pesados, que irán quedando retenidos en el filtro. Tape el recipiente que contenga el bromoformo y prosiga a abrir nuevamente la llave de paso del embudo de separación para que salga únicamente la solución que contiene las partículas en suspensión, colectando éstas en otro embudo, filtro y vaso de precipitados distintos del anterior. Vuelva a tapar el recipiente que contenga el bromoformo.

5.- Nuevamente abra la llave del embudo de separación y deje salir lo que queda de la solución y del mismo modo cubra el recipiente que contenga el bromoformo.

6.- Junte los tres frascos donde se retuvo el bromoformo haciendo pasar las tres soluciones por otro filtro microporo, obteniendo nuevamente una solución limpia, producto de la mezcla de las tres soluciones utilizadas.

NOTA: Recuerde que esto debe llevarse a cabo en un lugar abierto y bien ventilado y de la manera más rápida posible.

7.- Los tres primeros filtros son secados al horno a temperaturas de 50 a 80° C y al final se obtiene la diferencia de su peso antes y después de que fueran retenidas las partículas.

8.- Posteriormente se obtiene el porcentaje de minerales pesados, con densidades iguales, mayores o menores a 2.85 del bromoformo.

Cada porción de minerales se deben de observar al microscopio estereoscópico, para realizar la descripción de sus características e identificación de los mismos.

Finalmente, debe de llenarse la hoja adjunta de este cuaderno de trabajo, vaciando los datos que se le piden.

PRACTICA No. 2.

SEPARACION DE MINERALES PESADOS

No. de Muestra: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

Tamaño de la muestra ( $\phi$ ): \_\_\_\_\_

Número de cuarteos: \_\_\_\_\_

Peso de la fracción para análisis: \_\_\_\_\_

Peso del papel filtro: 1.- \_\_\_\_\_ 2.- \_\_\_\_\_ 3.- \_\_\_\_\_

Peso del papel filtro con muestra: 1.- \_\_\_\_\_ 2.- \_\_\_\_\_

3.- \_\_\_\_\_

Descripción de la muestra:

% de minerales con densidad mayor a 2.85 \_\_\_\_\_

% de minerales con densidad igual a 2.85 \_\_\_\_\_

% de minerales con densidad menor a 2.85 \_\_\_\_\_

Identificación de minerales pesados:

Observaciones:

PRACTICA No. 3

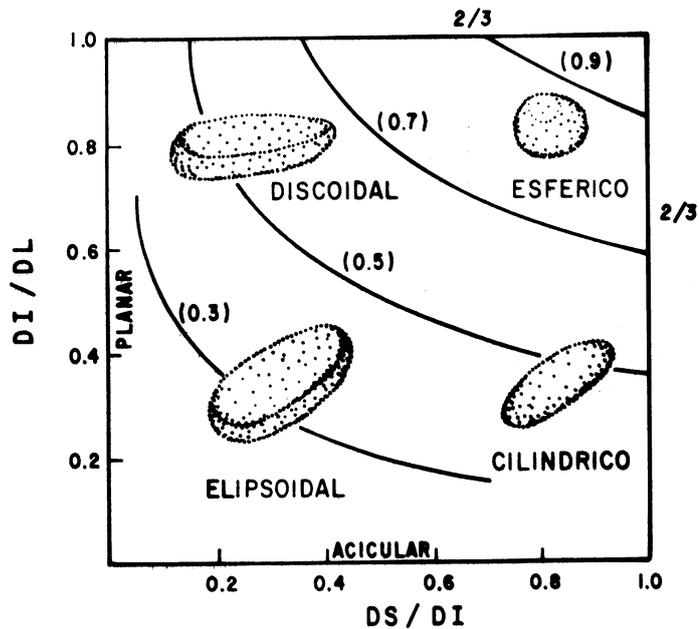
FORMA, ESFERICIDAD, REDONDEZ Y PIVOTABILIDAD DE  
PARTICULAS SEDIMENTARIAS

Objetivo: El alumno analizará y medirá los diferentes parámetros de las partículas sedimentarias.

Esto se llevará a cabo en muestras tanto megascópicas como microscópicas con ayuda del microscopio.

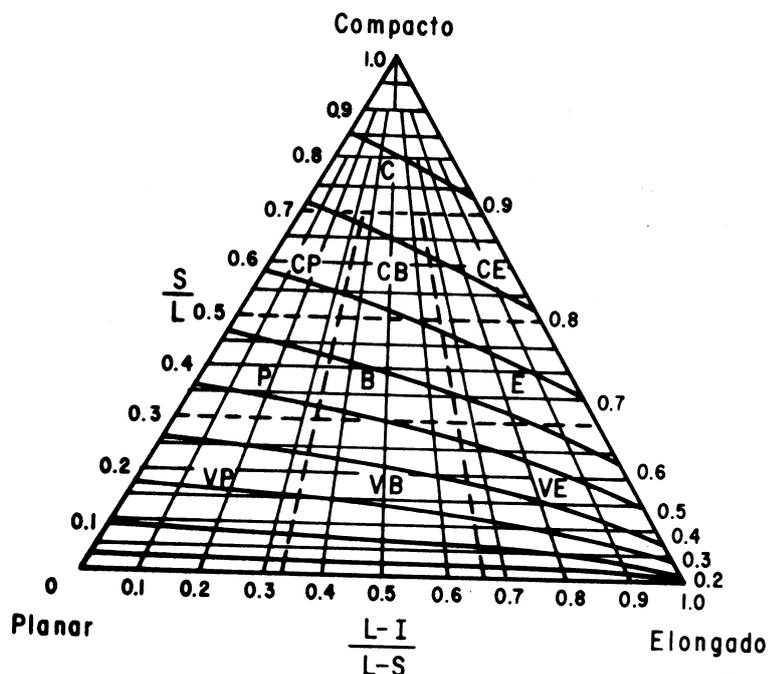
Forma: La forma de una partícula se define como la relación existente entre las tres dimensiones de la misma. Existe un gran número de clasificaciones para definir la forma de una partícula: pero las más aceptadas son la de Zingg (1935) y la de Sneed y Folk (1958). Ambas se basan en las tres dimensiones de una partícula:

- Diámetro mayor (dL o L)
- Diámetro intermedio (dI o I)
- Diámetro menor (dS o S)



Forma de partículas. Zingg (1935)

- C = Compacto
- CP = Compacto planar
- CB = Compacto hojoso
- CE = Compacto elongado
- E = Elongado
- VE = Muy elongado
- B = Forma de hoja
- VB = Muy en forma de hoja
- P = Planar
- VP = Muy planar



Sneed y Folk (1958)

La esfericidad ( $\Psi$ ) es el grado en que la partícula se aproxima a una esfera perfecta. Para sedimentos no consolidados, la esfericidad se puede obtener matemáticamente con base en su volumen (Wadell, 1932), o por medio de sus dimensiones (Sneed y Folk, 1958). Para material consolidado es necesario utilizar láminas delgadas, por lo que sólo se tienen dos dimensiones: en este caso se tienen dos métodos para calcular la esfericidad, éstos son el método de Riley (1953) y el de Folk (1974). En forma cuantitativa se puede estimar la esfericidad de las partículas, utilizando tablas visuales de comparación (Powers, 1955 y Krumbein y Sloss, 1955).

**Fórmulas:**

Wadell (1932)

$$\Psi = \sqrt[3]{V_p/V_{cs}}$$

$V_p$  = Volumen de la partícula

$V_{cs}$  = Volumen de la esfera circunscrita a la partícula

Sneed y Folk (1958)

$$\Psi = \sqrt[3]{S/LI}$$

L = Diámetro mayor

I = Diámetro intermedio

S = Diámetro menor

Riley (1953)

$$\psi = \sqrt{d_i/D_c}$$

$d_i$  = Diámetro del círculo inscrito

$D_c$  = Diámetro del círculo circunscrito

Folk (1974)

$$\psi = \sqrt{S/L}$$

$L$  = Eje mayor

$S$  = Eje menor

La redondez ( $e$ ) de una partícula está dada por el grado de curvatura de cada uno de los bordes o esquinas de la partícula. Cuantitativamente se puede obtener como el promedio de los radios de curvatura de cada borde o esquina, con respecto al mayor círculo inscrito a la misma.

Fórmula:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n r}{R_i}$$

$r$  = radio de curvatura de cada arista de la partícula.

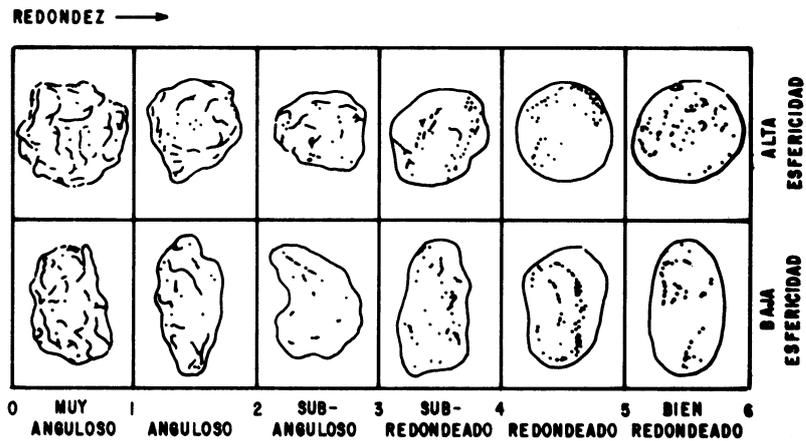
$n$  = número de aristas de la partícula.

$R_i$  = Radio del mayor círculo inscrito de la partícula.

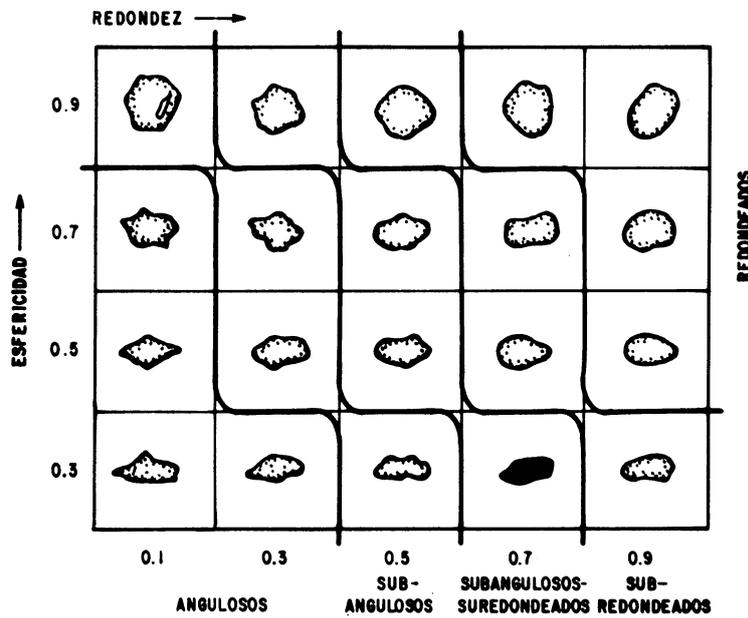
De esta forma tenemos seis categorías:

- menor a 0.166 ----- Muy anguloso
- 0.167 a 0.333 ----- Anguloso
- 0.334 a 0.500 ----- Subanguloso
- 0.501 a 0.666 ----- Subredondeado
- 0.667 a 0.833 ----- Redondeado
- 0.834 a 1.000 ----- Bien redondeado

Por supuesto, esta forma matemática de obtener la redondez es sumamente complicada; por lo que de manera más práctica se puede utilizar las tablas visuales de comparación de Powers (1953) o de Krumbein y Sloss (1955).



Tablas visuales de comparación de redondez y esfericidad. Powers (1953).



Tablas visuales de comparación, redondez y esfericidad. (Krumbein y Sloss (1955)).

La pivotabilidad es una medida de la facilidad de un grano a moverse y generalmente se determina por la velocidad con que el grano se desplaza sobre una superficie cilíndrica, en rotación con diferentes ángulos de inclinación.

En la actualidad el método más empleado para determinar la pivotabilidad es el de Kuenen (1964).

AUMENTO EN PIVOTABILIDAD ↓	REDONDEZ		ESFERICIDAD		POSICION		<u>REDONDEZ</u> <u>ESFERICIDAD</u>	
								
								
								

Factores que influyen en la pivotabilidad.  
Adaptado de Kuenen (1964).

Es casi imposible determinar las propiedades anteriormente descritas en partículas cuyos tamaños sean menores a 0.0625 mm. (4  $\phi$ ), por lo que este tipo de análisis únicamente se lleva a cabo en partículas mayores a este tamaño.

Pasos a seguir para analizar una muestra de sedimento:

- 1.- De una fracción del sedimento a analizar, por medio de cuarteos sucesivos, tome 5 gr aproximadamente.
- 2.- Coloque la muestra en una retícula milimétrica (de las que se utilizan en micropaleontología).
- 3.- Utilizando los métodos anteriormente descritos, obtenga la forma, esfericidad, redondez y pivotabilidad de 10 partículas.
- 4.- Obtenga los porcentajes respectivos.

NOTA: Para obtener mejores resultados, utilice el microscopio estereoscópico para partículas de 4  $\phi$  a 0  $\phi$ . Para partículas mayores utilice una lupa o lente de mano.

PRACTICA No. 3

FORMA, ESFERICIDAD, REDONDEZ Y PIVOTABILIDAD DE PARTICULAS SEDIMENTARIAS.

No. de Muestra: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

Peso original de la muestra: \_\_\_\_\_

No. de cuarteos: \_\_\_\_\_

Peso de la fracción a estudiar: \_\_\_\_\_

Forma.

Según: Zingg \_\_\_\_\_

Sneed y Folk \_\_\_\_\_

Esfericidad.

Según: Wadell \_\_\_\_\_

Sneed y Folk \_\_\_\_\_

Riley \_\_\_\_\_

Folk \_\_\_\_\_

Redondez.

Según: Powers \_\_\_\_\_

Krumbein y Sloss \_\_\_\_\_

Pivotabilidad.

Según: Kuenen \_\_\_\_\_

Observaciones:

Dibujos:

## ANALISIS GRANULOMETRICO

**Objetivo General:** El alumno realizará por medio de diferentes técnicas la separación de los sedimentos de acuerdo a su tamaño, para poder establecer de manera óptica las escalas granulométricas a las que correspondan, y por medio de sus representaciones gráficas y parámetros estadísticos, interpretar tentativamente los procesos y la energía de éstos que dieron origen al depósito.

El análisis granulométrico consistirá en el desarrollo de tres distintas técnicas sedimentológico-granulométricas:

Análisis por tamices

Análisis por tubo de sedimentación

Análisis por pipeta

La guía que a continuación se expone ha sido resumida del trabajo presentado por Folk (1974), en el cual se describen las técnicas granulométricas correspondientes.

El análisis granulométrico tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas tal como se depositaron.

El primer paso que se requiere para el análisis granulométrico es el de disgregar la muestra para separar los granos sin romperlos, además de eliminar las sustancias precipitadas químicamente. Primeramente se intenta disgregar la muestra con los dedos, si no se tiene éxito, debe hacerse con mayor fuerza pudiéndose utilizar un golpe con el puño o un mortero. No se debe analizar ninguna muestra si ésta no se encuentra completamente seca.

De acuerdo al tipo de material que se analizará, para disgregar la muestra se recomienda lo siguiente:

### A.- Disgregación de arenas y areniscas.

1.- Sedimentos no consolidados: Una vez que esté seca la muestra se disgrega con los dedos, con un mortero o con un rodillo cuidando de que no queden agregados, si es necesario se puede utilizar un tamiz de malla apenas superior al tamaño predominante para cerciorarse de que ya no existen agregados.

2.- Sedimentos poco consolidados: Se golpea la muestra con el brazo del mortero, cuidando de no molerla, lo más recomendable es utilizar un movimiento vertical. Cuide también de no perder muestra

en la maniobra y examine la muestra con el microscopio estereoscópico o con una lupa para verificar que no existen agregados.

- 3.- Rocas cementadas con carbonatos: Disgregue la muestra con un mortero. En un vaso de precipitados se debe colocar la muestra y se agrega ácido clorhídrico (HCL) al 10%, hay que cuidar que el ácido esté activo mediante la efervescencia. Si la muestra contiene dolomita, se puede calentar ésta es una tina de baño maría para acelerar la reacción. Al finalizar la reacción se lava la muestra, y si llegan a quedar partículas en suspensión, se pasa la solución por un papel filtro, que de antemano ha sido pesado, y posteriormente se seca en el horno para después ser pesado.
- 4.- Rocas con cemento ferruginoso: Se disgrega la muestra y se agrega ácido clorhídrico al 50%, caliente, y se sigue calentando sobre una parrilla o en baño maría hasta que la muestra se vuelva de color blanco.
- 5.- Rocas cementadas con sílice: Si el material cementante es ópalo, calcedonia o cuarzo microcristalino puede intentarse un tratamiento con hidróxido de potasio (KOH) concentrado en caliente.
- 6.- Arenas cementadas con poca arcilla: Se coloca la muestra en un vaso de precipitados con agua destilada, se intenta disgregar esta muestra con los dedos o con un plástico, removiendo constantemente la muestra hasta que la arcilla quede en suspensión y los granos queden separados.

NOTA: Si al efectuarse el análisis granulométrico se encuentra en cualquier fracción tamizada un porcentaje excesivo de agregados (mayor al 25%) la muestra debe volverse a disgregar y tamizar.

Si las técnicas anteriores mencionadas fallan, debido a que presenten un cementante muy especial, debe consultarse a Krumbein y Pettijohn (1939).

En caso de que las muestras contengan un alto porcentaje de materia orgánica (M.O.) deberá consultarse con el profesor si será considerada o no como parte del sedimento, ya que en algunos sedimentos como los lagunares, lacustres o palustres, la M.O. juega un papel importante.

#### B.- Dispersión de limos y arcillas.

El análisis granulométrico de los materiales finos y muy finos aún tiene varios problemas por resolver, lo que se busca es medir el tamaño de las partículas individuales, y es muy difícil obtener tales medidas en las arcillas.

Se conoce que el análisis granulométrico de partículas menores a 6 ó 7  $\phi$  (0.016 a 0.008 mm) no mide el tamaño real de las partículas, ya que la velocidad de sedimentación se ve afectada por la forma laminar de las arcillas, el grado de dispersión, las cargas eléctricas, etc.

Para un análisis más completo en el que pueden llevarse a cabo correcciones a los factores mencionados, se utilizan dispersantes que permitan ayudar a separar las arcillas.

1.- Dispersantes: La mayoría de las arcillas tienen una retícula cargada negativamente, para alcanzar la neutralidad eléctrica, ésta tiene que absorber, de la solución que la rodea, iones cargados positivamente (generalmente H, pero a veces Ca, Na o cualquier otro). Cuando existen iones negativos en la solución donde se encuentran las arcillas y son rodeados por éstas, estos mismos se repulsan. Así por medio de la dispersión, se trata de obtener este estado que no permite que las partículas se agregan lográndose así analizar individualmente.

Si la solución que rodea las arcillas con carga negativa está compuesta por una carga positiva, ambos iones se atraen y floculan formando cadenas y grandes masas; el análisis granulométrico se hace así imposible.

Por lo antes mencionado, es que al efectuarse los análisis se debe utilizar agua destilada y nunca agua de la llave, ya que esta última contiene siempre pequeñas cantidades de iones que causan floculación.

Por otro lado, para asegurar un análisis correcto, el mejor sistema es añadir pequeñas cantidades de sustancias químicas dispersantes (llamadas peptizadores) que impiden la floculación, ya que estas sustancias repulsan más fuertemente las cargas de las arcillas.

La cantidad de peptizador o dispersante usada debe de ser medida exactamente, aunque en soluciones de 1 litro pueden utilizarse 10 gr, cuando se lleve a cabo el análisis por pipeteo.

En el laboratorio se utiliza comúnmente zigmaclin como peptizador.

2.- Procedimiento para llevar a cabo la dispersión: Esta técnica se emplea si la muestra no está consolidada o si es un sedimento semiconsolidado.

Se coloca la muestra en un vaso de precipitado, se añade una pequeña cantidad de agua con la concentración requerida de zigmaclin (0.5 gr) y se disgrega con las manos utilizando un guante de hule. Hay que tener cuidado de no perder muestra. Se recomienda trabajar con 15 gr de muestra o menos para que no se tenga problemas de desperdicios de muestra, floculación, etc

Si la muestra está compuesta únicamente por arcillas y limos se procede al método de pipeta; si contiene arenas se tendrá que tamizar en húmedo para separar la fracción gruesa, esta última se correrá por el tubo de sedimentación.

Es necesario hacer notar que en muchas ocasiones no es suficiente uno solo de estos métodos; sino más bien la combinación de dos o tres métodos para llevar a cabo un estudio a detalle.

Una vez realizados los diferentes tipos de análisis granulométricos, según el tipo de sedimento que se trate, se obtienen los porcentajes tanto individuales como acumulativos, obteniendo a su vez: histograma, curva de frecuencias, curva granulométrica acumulativa y curva acumulativa de probabilidades y los diferentes parámetros estadísticos; moda o modas, el promedio gráfico ( $M\phi$ ), desviación estándar gráfica o coeficiente de clasificación ( $\sigma_1$ ), grado de asimetría gráfica inclusive o coeficiente de asimetría ( $Sk_I$ ) y la curtosis ( $K_G$ ); y con ello poder interpretar el medio ambiente de depósito con estudios de génesis y transporte de sedimentos, fuentes de aporte, condiciones de formación de los sedimentos, el cual se asocia con la fuerza de la corriente que movió el material hasta el lugar de depósito, velocidad de la corriente o de la turbulencia del medio de transporte, variaciones de energía, régimen de flujo, etc.

## PRACTICA No. 4.

### ANALISIS POR TAMICES

Una vez que la muestra ya está disgregada y seca, y que además ya no hay agregados presentes, se prosigue de la siguiente manera: se cuartean de 50 a 100 gr de muestra, la cual podrá ser mayor si se utilizan muchos tamices. Si sólo se van a utilizar hasta 6 tamices, se toman cerca de 50 gr pesándola después de cuartearla, con aproximación de 0.01 gr.

Se escogen los tamices que van a utilizarse. Si se van a realizar trabajos detallados deben utilizarse intervalos de tamices cada  $1/4 \phi$ . Para el objetivo de estas prácticas se pueden tomar rangos cada  $1 \phi$ .

Antes de comenzar el análisis, se debe verificar que todos los tamices estén limpios. Para limpiarlos se utilizan unas brochas de acuerdo al tamaño de la abertura de la malla; no se deben tocar las mallas con las manos.

Se colocan los tamices por orden de malla, de manera que la que tenga una abertura mayor quede hasta arriba y la de menor abertura hasta el fondo, antes del plato que retendrá la porción más fina. Si se va a tamizar a mano, esto se debe de realizar con un movimiento rotatorio, combinado con una sacudida y con duración de por lo menos 15 minutos. Si se utiliza el "rot-tap", el procedimiento es el siguiente:

Si la serie de tamices es muy grande y no cabe en el aparato, habrá que dividirla en dos o más partes, comenzando siempre con las mallas de abertura mayor. Una vez colocados los tamices en el rot-tap, se aseguran apretando fuertemente la tuerca y se deja trabajar la máquina durante 10 minutos.

A una hoja grande de papel (tamaño oficio) se le hace un pliegue a la mitad. Posteriormente a otra hoja de papel (tamaño carta) se le hará también un pliegue por la mitad. Coloque los papeles sobre una mesa de trabajo, colocando encima de la hoja de papel grande la hoja de papel más pequeña. Una vez que se haya terminado de tamizar, vacíe cuidadosamente la arena del tamiz de malla más grande y colóquelo "boca abajo" sobre el papel; golpee suavemente con la mano sobre los bordes del tamiz, tratando de no tocar la malla. Puede pasar una brocha, perfectamente seca, suavemente, sobre las mallas.

Vierta la arena del tamiz sobre un plato de plástico o cartón previamente pesado con una aproximación de 0.01 gr. Procure que ningún tipo de material quede adherido al tamiz. Así, sucesivamente debe llevarse a cabo el vaciado de cada uno de los tamices e irlos pesando.

En la hoja de trabajo correspondiente (pág. 23) se debe anotar el peso individual en gramos equivalente al tamaño  $\phi$  de la malla que se

haya requerido, tratando de establecer siempre aproximaciones de 0.01 gr. Recuerde que se tiene que establecer siempre la diferencia entre el peso del plato y el peso de la muestra junto con el plato, para así tener un valor preciso de la cantidad de muestra retenida.

Cada fracción tamizada se examina en el microscopio estereoscópico con el fin de estimar el porcentaje de agregados, esto se lleva a cabo ex tendiendo los granos de la muestra sobre una retícula del tipo que se uti liza en micropaleontología. Se cuentan 100 partículas, comenzando con los tamaños más grandes y continuando con los más pequeños. Si la muestra de tamaño  $\phi$  correspondiente contiene más del 25% de agregados, debe de volverse a disgregar y tamizar la muestra completa.

Posteriormente se anotan los porcentajes de agregados de cada fracción y se restan del peso de la misma, guardando cada tamaño de  $\phi$  en bolsas de papel o en frascos de vidrio.

Finalmente, ya pesada cada fracción de  $\phi$  correspondiente y establecida la diferencia del peso de la muestra con el peso del plato y anotados los valores en la tabla de datos correspondientes, se prosigue a obtener las gráficas y parámetros estadísticos, para su interpretación.

#### TAMIZADO EN HUMEDO

El tamizado por vía húmeda se lleva a cabo cuando la muestra contiene una porción considerable de limos, arcillas y arenas, para lo cual se requiere separar la porción arenosa de los lodos.

Primeramente debe de separarse la muestra que se va a tamizar. Conociendo el peso de la fracción a tamizar, se vacía ésta sobre un vaso de precipitados. Se recomienda trabajar con 50 gr.

Una vez colocada la muestra en el vaso de precipitados, se le agrega un poco de agua destilada y se disgrega cuidadosamente con las manos. Una vez disgregada la muestra se vacía sobre el tamiz 230 U.S. Standar (4 $\phi$ ), el cual constituye el límite entre arenas y lodos.

Se procede a tamizar, agregando agua destilada con una pizeta, removiendo con los dedos la muestra para que pasen todos los lodos. Se debe de cuidar de agregar la menor cantidad posible de agua destilada. El tami zado termina cuando sobre la malla queda la fracción arenosa, la cual es palpable con los dedos. La fracción que pase el tamiz es la fracción de limos y arcillas y se analizan por el método de pipeta. La parte que queda retenida en el tamiz se analiza por medio del tubo de sedimentación.

NOTA: Después de separar los limos y arcillas de las arenas, éstos nunca deben de secarse al horno. El peso de la fracción de lodos se conoce por la diferencia del peso entre la arena y el peso total de la muestra.

LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA

ANALISIS GRANULOMETRICO

Muestra No.

Fecha de colecta:

Localidad:

Peso total de la muestra:

Peso analizado en tamices:

Tamiz No. Standard	Malla en mm.	Malla en Phi	Peso individual en gramos	Peso acumulativo	% Individual	% Acumulativo
	64	-6				
	32	-5				
	16	-4				
	8	-3				
5	4	-2				
10	2	-1				
14	1.41	-0.5				
18	1	0				
25	0.71	0.5				
35	0.5	1				
45	0.35	1.5				
60	0.25	2				
80	0.177	2.5				
120	0.125	3				
170	0.088	3.5				
230	0.0625	4				
Inferior al tamiz 230						

TOTAL

TIPOS DE PARTICULAS PRINCIPALES:

OBSERVACIONES:

## PRACTICA No. 5

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR EL TUBO DE EMERY DE SEDIMENTACION

El tubo de sedimentación es un tubo de vidrio de 1.5 m de largo y 6 cm de diámetro, el cual termina en un tubo graduado de capacidad de 10 ml. A este tubo, lleno de agua a una temperatura conocida, se le hacen pasar partículas del tamaño de arenas muy finas a gruesas, para el cual fue diseñado, y por medio de sus tiempos de sedimentación (utilizando un cronómetro) se establece la relación entre el tamaño de las partículas, la temperatura y la densidad del fluido.

El método está basado en los principios de la Ley de Stokes, la cual establece que la "velocidad de sedimentación de una partícula es directamente proporcional a la diferencia entre las densidades de dicha partícula y la del fluido, al cuadrado del radio de la partícula e inversamente proporcional a la viscosidad del fluido.

Así, el método por el tubo de sedimentación permite establecer el tiempo de sedimentación de las partículas que se encuentran en el rango de 0.0  $\phi$  a 4  $\phi$  y con apoyo de las tablas que relacionan el tiempo y diámetro de dichas partículas en función de temperaturas del fluido conocer el diámetro exacto de las partículas.

El procedimiento de análisis por el tubo de sedimentación es el siguiente:

Separación de las partículas, por tamizado, de tal manera que las muestras a analizar queden comprendidas entre el rango de arenas gruesas (0.0  $\phi$ ) y arenas muy finas (4.0  $\phi$ ).

Cuartear la muestra, por lo menos dos veces, para homogeneizarla

Limpia el tubo de sedimentación (con agua) de tal forma que no queden partículas adheridas en sus paredes interiores que pudieran contaminar la muestra a analizar.

Cierre la llave de paso que se encuentra en la parte inferior del tubo. Llénelo de agua y tome la temperatura de éste, que deberá estar entre 18 y 26° C, si sobrepasa estos límites, caliente o enfríe según sea el caso, para que pueda relacionar sus datos con los preestablecidos en las tablas.

Tape el tubo, en su parte superior, con un tapón de corcho, que deberá estar completamente sumergido. Prepare el cronómetro que se hará funcionar en el momento que se ha levantado el tapón de corcho, que dejará caer las partículas.

Tome 10 gr. de muestra y vacíela al tubo. Esta muestra deberá quedar sobre el tapón de corcho.

Quite el tapón con una mano y con la otra haga funcionar el cronómetro en ese mismo momento, las partículas deberán estar libres en el agua al mismo tiempo.

Nunca se debe dejar caer la muestra directamente de un recipiente al tubo, ya que en este caso habría una selección cayendo las partículas más gruesas primeramente y después las más finas, quedando en ocasiones partículas retenidas en el recipiente que se utiliza para vaciarlas.

Las partículas irán cayendo y depositándose en la parte graduada del tubo. Una segunda persona deberá leer y anotar las alturas acumuladas del sedimento, según los tiempos marcados en las tablas y que les son proporcionados por la persona que tiene el cronómetro.

A partir de los datos obtenidos de la lectura directa de alturas acumuladas, se obtienen los porcentajes individuales y finalmente, los porcentajes acumulativos que se anotarán en la columna correspondiente de la tabla, (Pág. 26 de este cuaderno de trabajo).

Con estos datos se obtienen las gráficas correspondientes, histograma, curva de frecuencia, curva acumulativa aritmética y curva de probabilidades, y los parámetros granulométricos correspondientes.

Muestra No. Fecha:

Registro Bodega:

Localidad:

Colector: Fecha: Recibida por: Fecha:

Fardímetros Estadísticos

Ø 84 =

(Ø 84 - Ø 16) (1/2) - 00 =

Ø 16 =

(Ø 84 + Ø 16) (1/2) - MØ =

MdØ =

(MØ - MdØ) - SØ =

SØ = 05

SKØ =

DIAMETRO EN:

m m.

ANÁLISIS CON TUBO DE SEDIMENTACIÓN

DIAMETRO EN: m m.	TIEMPO Y TEMPERATURA SEDIMENTACION (Min. y Seg.)					Unidades de Altura y Acum.	% Unidades de Altura	Peso l m.m.	% Total Acumulativo
	26°	24°	22°	20°	18°				
0.0	13	13	13	13	13				
0.5	0.71	15	15	15	15				
1.0	0.50	18	18	18	19				
1.50	0.35	24	24	25	26				
1.75	0.30	29	29	30	31				
2.00	0.25	36	37	38	39				
2.125	0.23	40	41	42	43				
2.250	0.21	44	46	47	48				
2.375	0.19	51	53	54	56				
2.500	0.177	55	57	58	1.01	1.03			
2.625	0.16	1.02	1.05	1.06	1.12	1.14			
2.750	0.149	1.12	1.14	1.16	1.19	1.22			
2.875	0.140	1.20	1.23	1.25	1.27	1.32			
3.00	0.125	1.32	1.35	1.38	1.43	1.48			
3.25	0.105	1.58	2.01	2.04	2.10	2.17			
3.50	0.088	2.30	2.34	2.38	2.45	2.54			
3.75	0.0740	3.12	3.15	3.20	3.25	3.41			
4.00	0.0625	4.02	4.07	4.13	4.23	4.38			

## PRACTICA No. 6

### ANALISIS DE LIMOS Y ARCILLAS POR EL METODO DE PIPETA

Este procedimiento se lleva a cabo con partículas de diámetros menores a 4  $\phi$  (0.625 mm), el cual está basado en la velocidad de sedimentación de las partículas, calculada con base en la Ley de Stokes.

La cantidad de muestra más recomendable para trabajar son 15 gr pero puede ser menor (5 ó 10 gr). Si se utiliza demasiada muestra las partículas pueden interferir entre sí al depositarse, y por lo mismo, llegar a flocular. Por otro lado, si se utiliza poca muestra, el error experimental se hace más grande con respecto al tamaño de la muestra original.

Para este análisis se requerirá de:

Una probeta de 1000 ml, una pipeta aforada a 20 ml, un agitador, varias cápsulas de porcelana de 50 ml de capacidad (mínimo 6 cápsulas por cada muestra), una pizeta, un termómetro, un cronómetro, dispersante y agua destilada (aproximadamente un litro y medio por cada muestra).

Al tamizar la muestra por la malla de 4  $\phi$ , el material que haya logrado pasar ésta, se colecta en una vasija de porcelana o cristal. Durante todo el proceso sólo se debe de utilizar agua destilada; si no, es seguro que la muestra floculará debido a las sales que contiene el agua potable.

Del recipiente de porcelana o cristal, la muestra deberá ser vertida en una probeta de capacidad de 1000 ml, que se encuentre vacía, limpiándola con agua destilada; hasta aquí, tendremos ocupados aproximadamente de 300 a 400 ml de la probeta, la cual se debe aforar, con agua destilada, hasta 800 ml.

Para garantizar un buen análisis se emplea 0.5 gr. de algún dispersante, por ejemplo zigmaclin (detergente antifloculante), disuelto en 100 ml de agua destilada, agregándose a la probeta. Por consiguiente tenemos la probeta aforada a 900 ml.

Se agita fuertemente y se deja reposar durante una hora (el agitador consiste en una rondana de hule macizo, cuyo diámetro es igual al diámetro interior de la probeta, que pende de una varilla, conectada en el centro de la rondana y que sobresale 15 cm de la probeta).

Si después de las 24 hr existen indicios de floculación (que los limos y arcillas se precipiten rápidamente) es necesario agregar 0.5 gr más de dispersante, agitándose durante 15 min., dejando reposar la muestra durante 24 hrs., si persiste la floculación se repite dos veces más la operación y si la floculación insiste, la muestra se desecha.

Si la muestra no flocula deberá aforarse, la probeta, a los 1000 ml exactamente, con agua destilada. Se agita durante 5 min. y al momento de sacar el agitador comienza a correr el tiempo, midiéndolo con un cronómetro, y se inicia el análisis. A partir de ese momento no deberá moverse por ningún motivo la solución con la muestra. Con la tabla de tiempo ya establecida se podrán ir anotando los datos requeridos.

Antes de proceder al análisis se deberá conocer la temperatura del agua que está contenida en la probeta, ya que este valor tiene una relación directa con la densidad de la misma.

Cuando no se tiene la instalación de la bomba de vacío, el procedimiento para realizar el pipeteo, aunque éste no sea muy preciso, es el siguiente:

15 seg. antes del tiempo requerido, se toma el tubo de hule conectado a la pipeta con la mano izquierda y se coloca él mismo en la boca. Con la mano derecha se coloca la punta del vidrio de la pipeta a la profundidad requerida y se sostiene esta pipeta firmemente apoyando la mano sobre el borde de la probeta. Con la mano izquierda se sostiene el tubo de hule casi en la unión de éste con la pipeta, utilizando los dedos a manera de llave de paso, con esto se puede controlar el volumen de solución requerido al ser succionada dicha solución.

El mismo efecto succionador que se realiza con la boca se puede obtener con las instalaciones de la bomba de vacío, por lo que se puede utilizar cualquiera de los dos métodos.

En la Pág. 30, de este cuaderno, se muestra la tabla de las alturas, al cual se debe pipetear las muestras de lodos, así como la temperatura a la cual debe estar el fluido y los diámetros correspondientes a cada pipeteada.

Procedimiento: al succionar rápidamente la solución, ésta deberá quedar arriba de la marca volumétrica de la pipeta (marca de los 20 ml), se bloquea el tubo de hule con la mano izquierda y se deja escurrir lentamente la solución, dejando de hacer presión con los dedos que funcionan con llave de paso sobre el tubo de hule, hasta que ésta llegue a la marca volumétrica de los 20 ml exactamente.

Si ya se tiene experiencia, la succión, hasta la marca requerida, puede hacerse de manera directa. Se considera como tolerante una aproximación de 3 mm con respecto a la variación del nivel sobre la marca.

Se saca la pipeta de la probeta y se vacía la solución sobre una cápsula de porcelana, previamente pesada y numerada, se enjuaga la pipeta con 20 ml de agua destilada, volviéndose a vaciar dicha cantidad de agua en la misma cápsula.

Las cápsulas con las muestras se meten al horno para secarlas, lo más recomendable es dejar las cápsulas en el horno 24 hrs. a 60° C.

Una vez secas las cápsulas con las muestras, se sacan del horno y se dejan enfriar y reposar por lo menos una hora a temperatura ambiente, pero lejos de algún lugar húmedo, así llegarán a un estado de equilibrio con la humedad del medio ambiente.

El siguiente paso es pesar cada cápsula en una balanza electrónica con una precisión de 0.01 gr.

Los datos deben anotarse como lo muestra la tabla de la Pág. 31 de este cuaderno. El paso de la muestra se obtiene por la diferencia de peso de la cápsula vacía y seca, con el peso de la misma cápsula con muestra seca y a temperatura ambiente.

Según Folk (1974), el cálculo por el método de pipeteo está basado en el siguiente principio: si se distribuye el sedimento fino en toda la columna de los 1000 ml. de la probeta, agitando la suspensión y se obtiene cada vez 20 ml., la cantidad de sedimento contenido en este volumen será igual a 1/50 de la cantidad total del mismo en suspensión hasta la profundidad dada en el momento en que se lleva a cabo la pipeteada; por ejemplo: en un determinado tiempo a una determinada profundidad de penetración de la pipeta, se obtienen limos medios; esó quiere decir, que a menor profundidad la solución contendrá sedimentos más finos y a mayor profundidad sedimentos más gruesos que limos medios.

El primer pipeteo se realiza a los 20 seg. después de terminar la agitación de la solución y a una profundidad en la que estarán presentes partículas de todos los tamaños. Se multiplica por 50 el peso de esta fracción, después de haber restado el peso del dispersante utilizado, y se obtiene el peso total del sedimento contenido en la solución de la probeta.

TABLA DE LAS ALTURAS AL CUAL SE DEBE PIPETEAR LAS MUESTRAS DE  
 LODOS PARA SUS ANALISIS GRANULOMETRICOS

TIEMPO	20 seg.	2.30 min.	10 min.	20 min.	1 hora	4 horas
DIAMETRO ( $\phi$ )	4	5	6	7	8	9
TEMPERATURA ( $^{\circ}$ C )	PROFUNDIDADES EN CENTIMETROS					
18.0	12.5	13.0	13.3	6.7	5.0	5.0
18.5	12.6	13.2	13.4	6.7	5.1	5.1
19.0	12.7	13.3	13.5	6.8	5.1	5.1
19.5	21.9	13.5	13.7	6.9	5.2	5.2
20.0	13.0	13.7	13.9	7.0	5.2	5.2
20.5	13.2	13.8	14.1	7.1	5.3	5.3
21.0	13.4	14.0	14.2	7.1	5.4	5.4
21.5	13.6	14.1	14.4	7.3	5.4	5.4
22.0	13.8	14.3	14.6	7.3	5.5	5.5
22.5	13.9	14.5	14.8	7.4	5.6	5.6
23.0	14.1	14.7	15.0	7.5	5.6	5.6
23.5	14.2	14.9	15.1	7.6	5.7	5.7
24.0	14.3	15.0	15.2	7.7	5.8	5.8
24.5	14.4	15.2	15.4	7.8	5.8	5.8

ANALISIS CON PIPETA.

PESO F. GRUESA		PESO PEPTIZADOR					CALCULOS	
Didmetro en: g	m.m.	Cápsula No.	Peso Cáp+Muest.	Peso Cápsula	Peso Muestra	Menos Peptizador	% Cum.	
								$a = \frac{FG \times 20}{1000} = \frac{x \cdot 2}{100} = a+b =$
4.00	0.0825	b						$b = ( ) \left( \frac{a \times 100}{a+b} \right) = \frac{x \cdot 100}{x} =$
5.00	0.032	b <sub>1</sub>						$b_1 = 100 - \left( \frac{b_1 \times 100}{a+b} \right) = 100 - ( \quad \times 100 ) =$
6.00	0.016	b <sub>2</sub>						$b_2 = 100 - \left( \frac{b_2 \times 100}{a+b} \right) = 100 - ( \quad \times 100 ) =$
7.00	0.008	b <sub>3</sub>						$b_3 = 100 - \left( \frac{b_3 \times 100}{a+b} \right) = 100 - ( \quad \times 100 ) =$
8.00	0.004	b <sub>4</sub>						$b_4 = 100 - \left( \frac{b_4 \times 100}{a+b} \right) = 100 - ( \quad \times 100 ) =$
9.00	0.002	b <sub>5</sub>						$b_5 = 100 - \left( \frac{b_5 \times 100}{a+b} \right) = 100 - ( \quad \times 100 ) =$

ARENA = % ARCILLA = %  
L.I.M.O = %

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Objetivo: el alumno identificará diferentes tipos de estructuras sedimentarias primarias; interpretando a partir de éstas, la génesis del depósito, además, de realizar descripciones detalladas de las muestras, señalando las principales características de las estructuras sedimentarias, y finalmente, definirá a qué tipo de estructura corresponde y su posible origen.

Una estructura sedimentaria se podría definir como una "cierta disposición geométrica de los elementos que constituyen un sedimento". Así como la Ley del Uniformitarismo se aplica para saber qué estrato es más antiguo en una secuencia, las estructuras sedimentarias que se forman actualmente han sido base para la interpretación de las que se formaron en el pasado geológico.

Aún no existe una clasificación lo suficientemente precisa que ayude a definir las estructuras sedimentarias, sin embargo, se pueden englobar en los siguientes grupos:

I.- Estructuras de carácter interno.

- a).- Lámina
- b).- Estrato
- c).- Ondulitas (rizaduras simétricas)
- d).- Ripples (rizaduras asimétricas)
- e).- Ondulaciones de arena
- f).- Dunas o megarizaduras
- g).- Antidunas
- h).- Estratificación gradada
- i).- Estratificación cruzada
- j).- Imbricación
- k).- Estratificación flaser
- l).- Estratificación lenticular

II.-Estructuras sobre la superficie de estratificación.

A. Marcas de origen físico

- a).- Grietas de desecación
- b).- Huellas de gotas de lluvia
- c).- Huellas de cristales
- d).- Canales

B. Marcas de corriente

- a).- Por excavación
- b).- Por objetos interpuestos
- c).- Por movimientos de partículas

C. Superficies endurecidas

### III.- Estructuras de deformación

- a).- Estructuras de carga
- b).- Estructuras almohadilladas
- c).- Laminación convoluta
- d).- Estructuras de deslizamiento
- e).- Intrusiones o inyecciones
- f).- Cantos de arcilla armados

### IV.- Estructuras orgánicas

#### A. Constructores de roca

- a).- Estructuras arrecifales
- b).- Estromatolitos
- c).- Malla de algas

#### B. Pistas y galerías

#### C. Perforaciones

### V.- Estructuras evaporíticas

- a).- Nódulos evaporíticos
- b).- Enrejado de gallina
- c).- Estructuras enterolíticas
- d).- Amalgamaciones

PRACTICA No. 7

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS PRIMARIAS

Muestra NO. \_\_\_\_\_

Tipo de estructura \_\_\_\_\_

Nombre de la estructura \_\_\_\_\_

Descripción:

Posible origen:

Importancia:

Dibujo:

PRECIPITACION DE CARBONATOS Y REPRODUCCION DEL  
EXPERIMENTO DE USIGLIO

Objetivo: el alumno, por medio de la evaporación inducida, reproducirá el experimento de Usiglio, en el que se observará la secuencia de precipitación de minerales evaporíticos como resultado del aumento de soluto por pérdida de volumen del solvente. Al mismo tiempo, inducirá la precipitación y disolución del carbonato de calcio al cambiar las condiciones de acidez y alcalinidad.

El experimento clásico fue desarrollado por vez primera con agua de mar del Mediterráneo. Usiglio colectó dos muestras de agua de mar de 5 lt cada una, a 3 y 5 km de la línea de costa respectivamente. Una muestra fue colectada de la superficie del mar y la otra a 1 m de profundidad.

Las muestras fueron colectadas en vasijas de porcelana y evaporadas en un horno, controlado a temperaturas constantes de 40° C. El trabajo analítico fue desarrollado después que las muestras fueron enfriadas a 21° C.

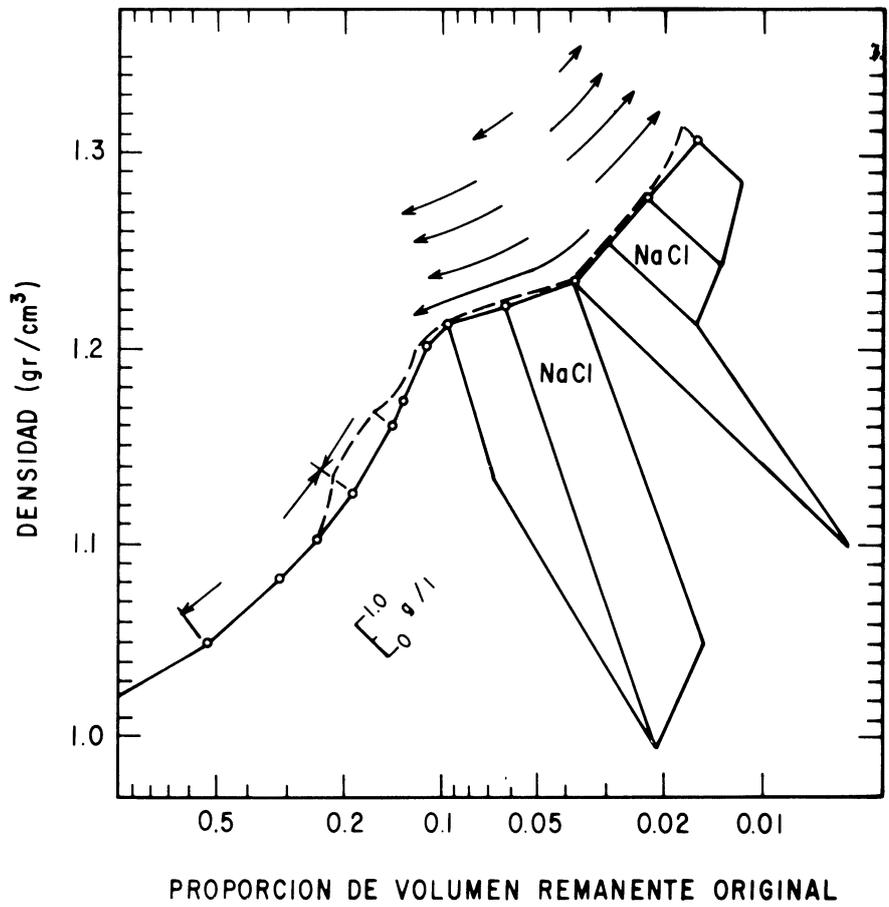
Las mediciones sobre las muestras incluyeron: la proporción original de las muestras de agua colectadas, el tipo y la cantidad de sólidos precipitados y la densidad de agua que no fue evaporada.

El resultado más importante al que llegó Usiglio consiste en la relación entre los minerales que fueron precipitados y la densidad del agua cuando comienzan a precipitar.

Procedimiento: en un vaso de precipitados o en una cápsula de porcelana coloque de 20 a 50 ml de agua de mar (o alguna sustancia preparada especialmente, que equivalga en contenidos químicos al agua de mar). Coloque la muestra en una tina de baño maría o en el horno, y eleve la temperatura a 40° C constantes, controlándola con un termómetro. Mantenga esa temperatura hasta que la solución contenida en el recipiente comience a evaporarse. Después de un tiempo comenzará a observar cómo precipitan los minerales.

Reproduzca nuevamente el experimento, pero ahora con una temperatura constante de 100° C. Anote sus observaciones, así como el orden de precipitación de los minerales.

De acuerdo al diagrama siguiente, coloque los nombres de los minerales que van precipitando y marque en qué momento comienzan a precipitar.



A N E X O S

Procedencia: \_\_\_\_\_

Mta. Mta. Mta. Mta. Mta. Mta.  
 No. No. No. No. No. No.

h m s	.cápsula	.cápsula	.cápsula	.cápsula	.cápsula	.cápsula
	∅					
20	62- 4					
2 30	32- 5					
10	16- 6					
13-15		agitar				
15 20		62- 4				
17 30		32- 5				
20	8- 7					
25		16- 6				
26-28			agitar			
28 20			62- 4			
30 30			32- 5			
35		8- 7				
38			16- 6			
39-41				agitar		
41 20				62- 4		
43 30				32- 5		
48			8- 7			
51				16- 6		
52-54					agitar	
54 20					62- 4	
56 30					32- 5	
1	4- 8					
1 01				8- 7		
1 04					16- 6	
105-07						agitar
1 07 20						62- 4
1 09 30						32- 5
1 14					8- 7	
1 15		4- 8				
1 17						16- 6
1 27						8- 7
1 28			4- 8			
1 41				4- 8		
1 54					4- 8	
2 07						4- 8
4	2- 9					
4 15		2- 9				
4 28			2- 9			
4 41				2- 9		
-1 54					2- 9	
5 07						2- 9

Forma para llevar a cabo el pipeteo en seis muestras a la vez

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS

Moda (Mo) \_\_\_\_\_ punto medio de la barra más grande del histograma o punto de inflexión de la curva acumulativa aritmética o punto de mayor frecuencia en la curva de frecuencias.

PARAMETRO	AUTOR		
	Trask	Inman	Folk y Ward
Mediana	$Md = P_{50}$	$Md\phi = \phi_{50}$	$Md\phi = \phi_{50}$
Media gráfica	$M = \frac{P_{25} + P_{75}}{2}$	$M\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84}}{2}$	$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$
Desviación estandar	$So = \frac{P_{75} - P_{25}}{2}$	$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$	$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{90} - \phi_5}{6.6}$
Asimetría	$Sk = \frac{P_{25} - P_{75}}{Md^2}$	$\alpha\phi = \frac{M\phi - Md\phi}{\sigma\phi}$	$Sk = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{90} - \phi_5)}$
		$\alpha_2\phi = \frac{\frac{1}{2}(\phi_5 + \phi_{95}) - Md}{\sigma\phi}$	
Kurtosis	$K = \frac{P_{75} - P_{25}}{2(P_{90} - P_{10})}$	$\beta\phi = \frac{\frac{1}{2}(\phi_{95} - \phi_5) - 0\phi}{\sigma\phi}$	$Kg = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

Métodos de los Momentos

$$\text{Mediana } (\bar{x}) = \frac{\sum f m \phi}{100}$$

$$\text{Desviación estandar } (\sigma) = \sqrt{\frac{\sum f (m\phi - \bar{x})^2}{100}}$$

$$\text{Asimetría } (\alpha_3) = \frac{1}{100} \sigma^{-3} \sum f (m\phi - \bar{x})^3$$

$$\text{Kurtosis } (\alpha_4) = \frac{1}{100} \sigma^{-4} \sum f (m\phi - \bar{x})^4$$

f = frecuencia en por ciento  
 mφ = punto medio de la clase en unidades phi (φ)

### MEDIANA GRAFICA (Md $\phi$ )

Este valor determina el grano medio de una muestra y se expresa en unidades  $\phi$  o en mm, permitiendo individualizar las facies siguientes:

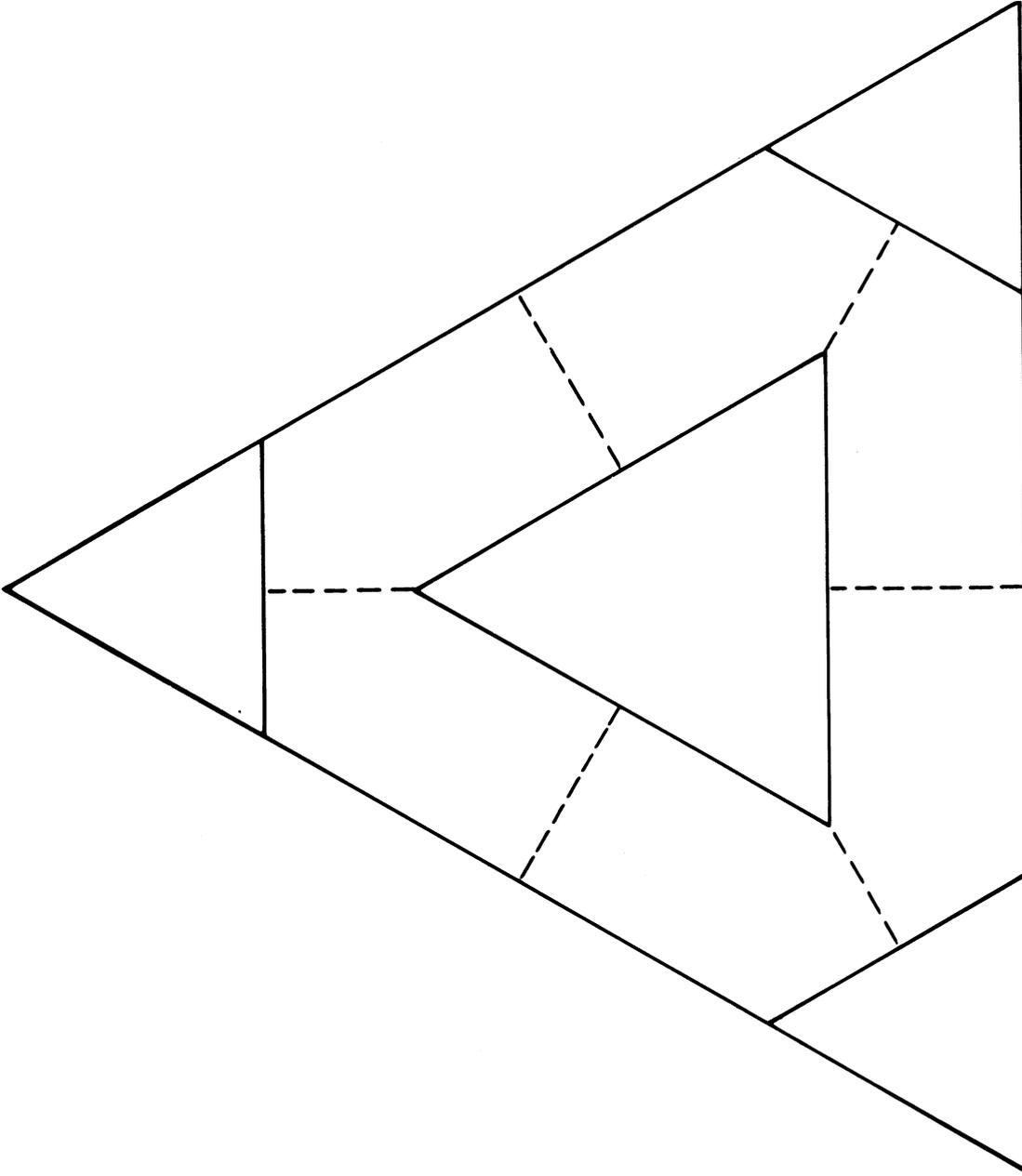
Gránulos y gravas	Md $\phi$ - < 1 $\phi$	$\phi$	< 2.0 mm
Arena muy gruesa	Md $\phi$ - - 1 $\phi$ y 0 $\phi$	$\phi$	- 2.0 y 1.0 mm
Arena gruesa	Md $\phi$ - 0 $\phi$ y 1 $\phi$	$\phi$	- 1.0 y 0.5 mm
Arena media	Md $\phi$ - 1 $\phi$ y 2 $\phi$	$\phi$	- 0.5 y 0.25mm
Arena fina	Md $\phi$ - 2 $\phi$ y 3 $\phi$	$\phi$	- 0.25 y 0.125 mm
Arena muy fina	Md $\phi$ - 3 $\phi$ y 4 $\phi$	$\phi$	- 0.125 y 0.0625 mm
Limo grueso	Md $\phi$ - 4 $\phi$ y 5 $\phi$	$\phi$	- 0.625 y 0.0313 mm
Limo medio	Md $\phi$ - 5 $\phi$ y 6 $\phi$	$\phi$	- 0.0313 y 0.0156 mm
Limo fino	Md $\phi$ - 6 $\phi$ y 7 $\phi$	$\phi$	- 0.0156 y 0.0078 mm
Limo muy fino	Md $\phi$ - 7 $\phi$ y 8 $\phi$	$\phi$	- 0.0078 y 0.0039 mm
Arcillas	Md $\phi$ > 8 $\phi$	$\phi$	> 0.0039 mm

### DESVIACION ESTANDARD O GRADO DE CLASIFICACION ( $\sigma\phi$ )

Caracteriza el grado de clasificación de la muestra estudiada y es una medida de dispersión de la muestra en unidades  $\phi$ .

Muy bien clasificado:	$\sigma\phi$ < 0.35
Bien clasificado:	$\sigma\phi$ de 0.35 a 0.50 $\phi$
Moderadamente bien clasificado:	$\sigma\phi$ de 0.50 a 0.71 $\phi$
Moderadamente clasificado:	$\sigma\phi$ de 0.71 a 1.00 $\phi$
Mal clasificado:	$\sigma\phi$ de 1.00 a 2.00 $\phi$
Muy mal clasificado:	$\sigma\phi$ de 2.00 a 4.00 $\phi$
Extremadamente mal clasificado:	$\sigma\phi$ > 4.00 $\phi$

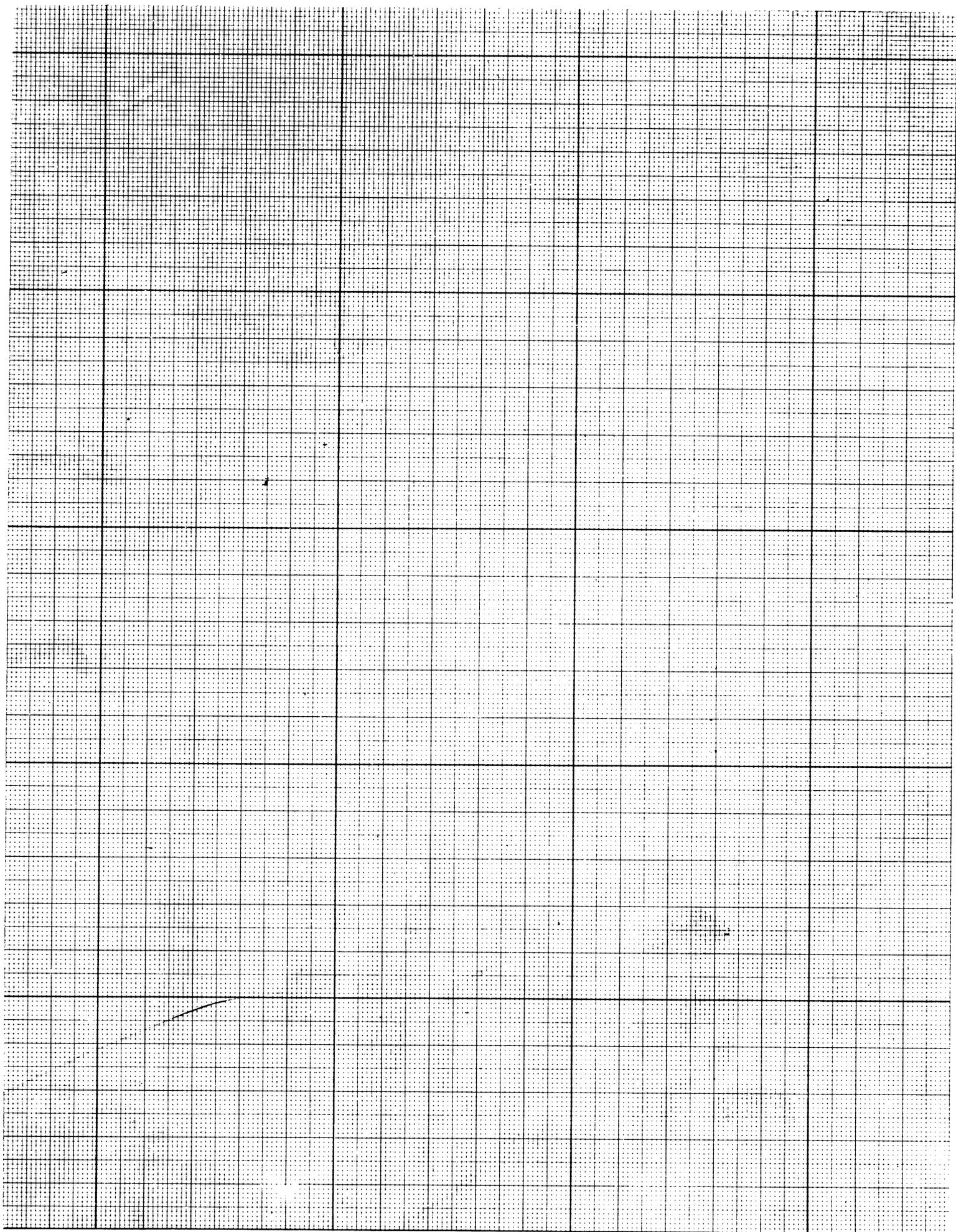
100 %  
ARCILLA

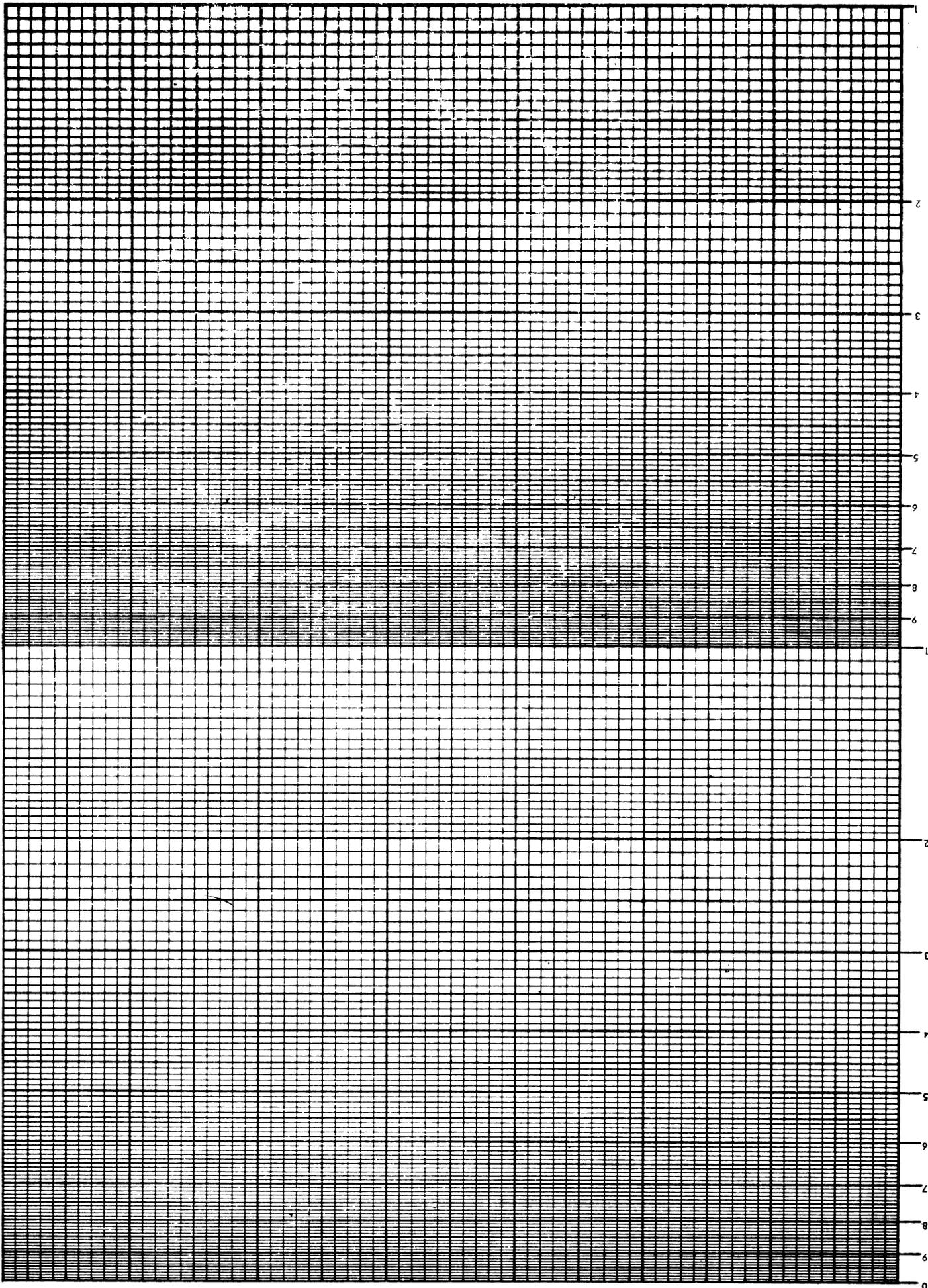


LIMO  
100 %

ARENA  
100 %

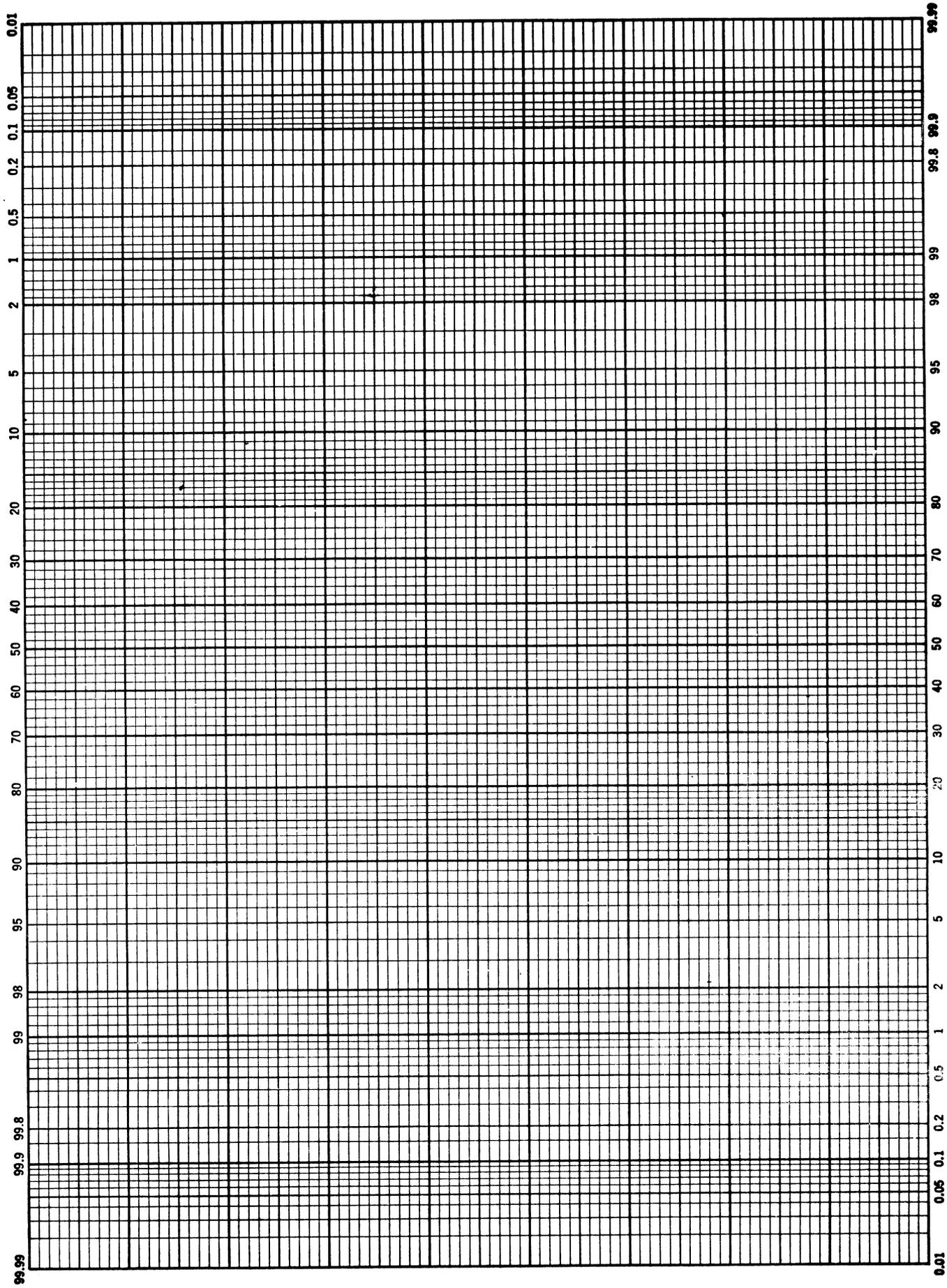
TRIANGULO DE SHEPARD PARA LA CLASIFICACION DE SEDIMENTOS DE ACUERDO  
A SU PORCENTAJE DE ARENA LIMO Y ARCILLA





SEMI LOGARITMICO 2 CICLOS x 70 DIVISIONES

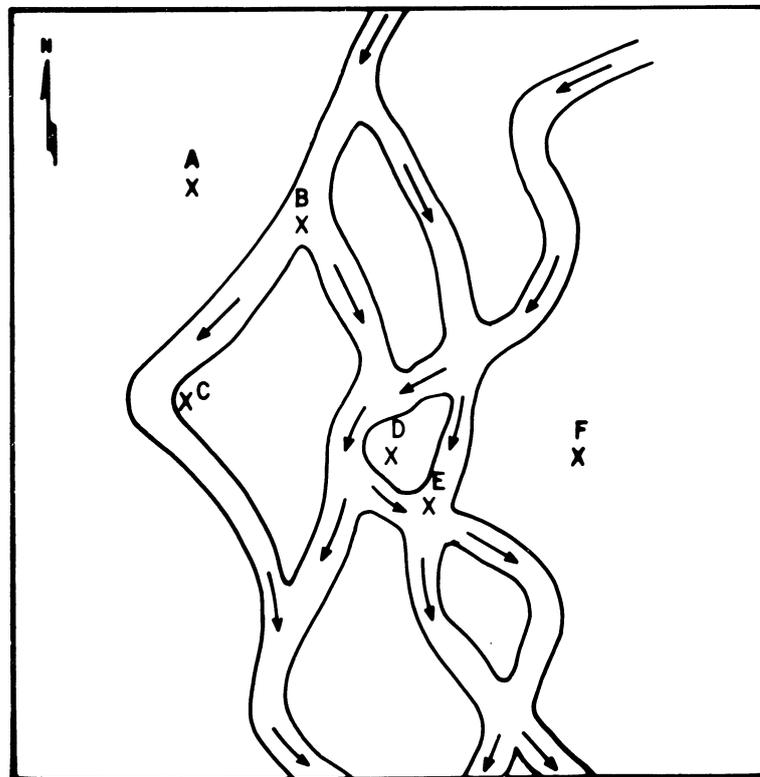
**K+E** PROBABILITY  
X 90 DIVISIONS  
MADE IN U.S.A. •  
KEUFFEL & ESSER CO.



## EJERCICO I

A continuación se presenta el diagrama de un sistema fluvial de canales entrelazados. Explique lo más detalladamente posible, en cada punto marcado en el diagrama:

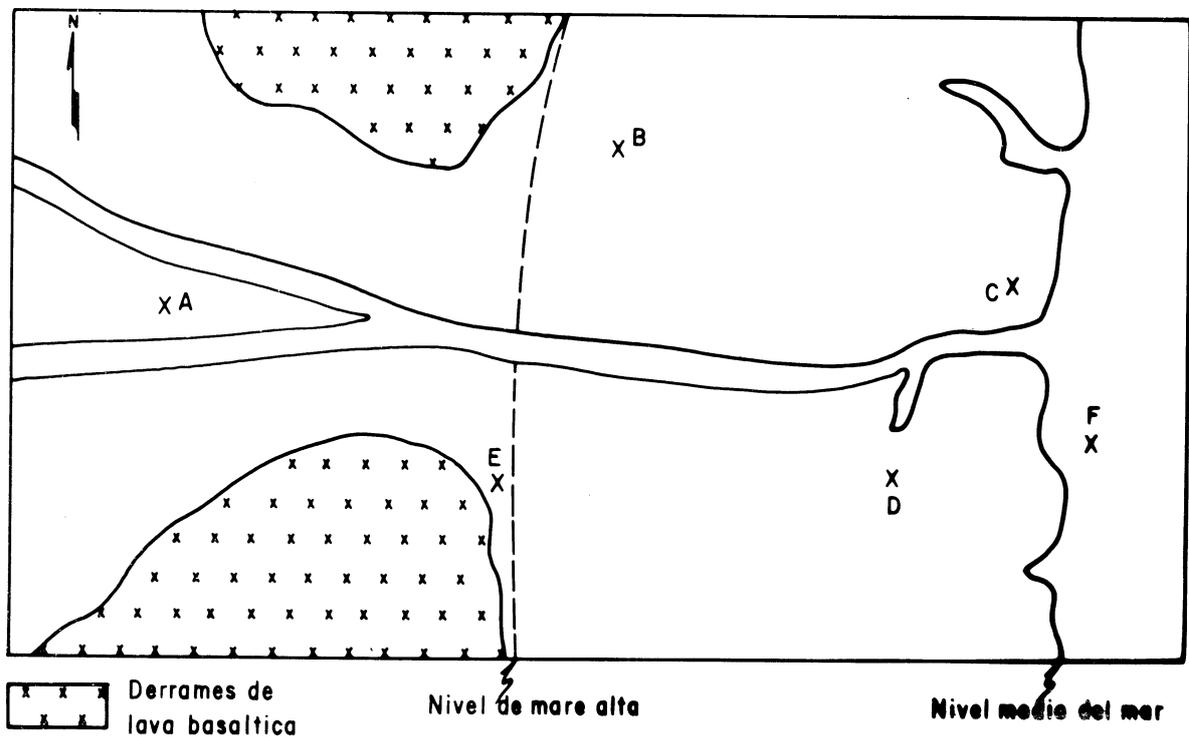
- a).- Tipo de sedimento factible de encontrar en cada punto.
- b).- Principales estructuras sedimentarias.
- c).- Facies a las que corresponde cada punto.
- d).- Potencial como roca generadora o almacenadora de cada uno de los puntos.



## EJERCICIO II

El esquema que se muestra a continuación representa un Sabka Marino. En cada uno de los puntos localizados en este diagrama explique lo más detalladamente posible:

- Tipo de sedimento factible a ser encontrado en ese punto.
- Principales tipos de estructuras sedimentarias primarias.
- Tipo de facies a la que pertenece cada punto.
- Probables facies generadoras y receptoras de hidrocarburos.



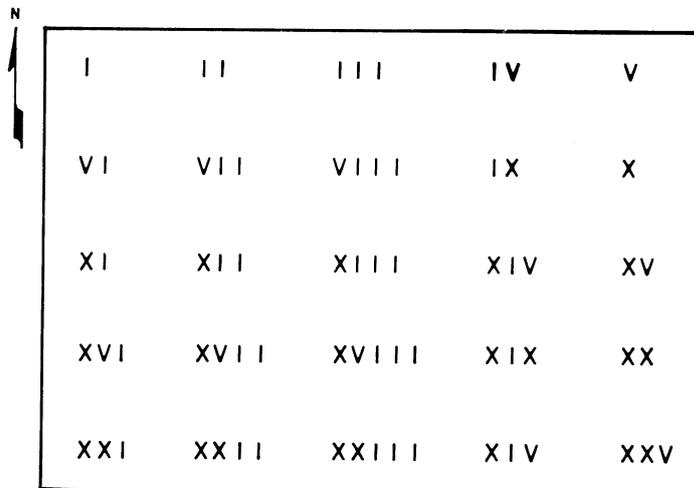
Derrames de lava basáltica.

### EJERCICIO III

En el mapa adjunto se muestra la localización de 25 secciones medidas en el campo de la Formación "A". La secuencia generalizada de cada una de estas secciones se muestra a continuación, junto con sus características principales. De acuerdo con estas secciones y su localización, obtenga:

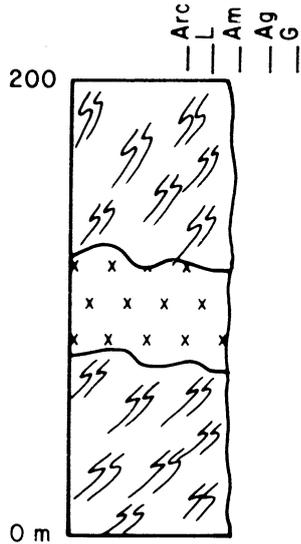
- a).- La interpretación ambiental de cada una de las columnas con sus diferentes facies.
- b).- La interpretación paleosedimentaria de la Formación "A".
- c).- El potencial económico de la Formación "A". Zonas generadoras y zonas almacenadoras.
- d).- ¿Qué sería factible de encontrar en el punto "Z" según su interpretación?
- e).- Obtenga el mapa de isopacas de la secuencia sedimentaria tomando como referencia la cima de esta secuencia.

NOTA: Considere que la secuencia ígneo-metamórfica es el basamento a partir del cual se depositó la unidad que tiene que analizar.



I	II	III	IV	V
VI	VII	VIII	IX	X
XI	XII	XIII	XIV	XV
XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
XXI	XXII	XXIII	XIV	XXV

I, II, III, IV, V, VI, XI, XV, XVI,

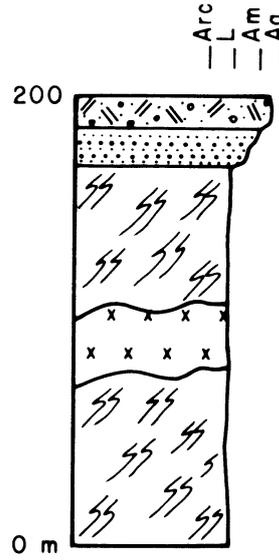


XX, XXI, XXII,  
XXIII, XXIV, XXV

Secuencia igneo-  
metamórfica for-  
mada por esquis-  
tos verdes y gra-  
nodioritas.

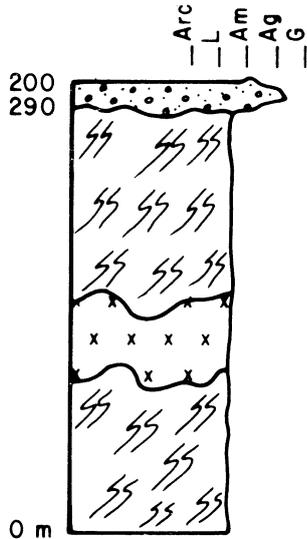
VII, IX, XVII, X

arenas conglomerá-  
ticas con estratifi-  
cruzada planar de  
bajo ángulo y roe-  
dores.



Arenas medias y  
finas, interestra-  
tificadas, finamen-  
te laminadas, fós-  
siles dulceacuíco-  
las.

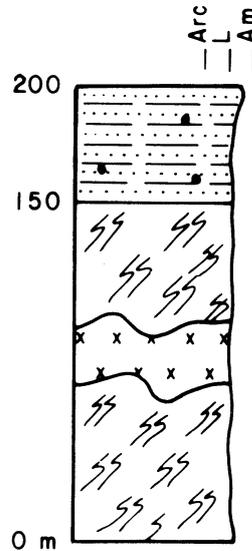
Secuencia igneo-  
metamórfica for-  
mada por esquistos  
verdes y granodio-  
ritas.



X

Conglomerados  
arenosos con es-  
tructuras de can-  
al y estratifi-  
cación gradada.

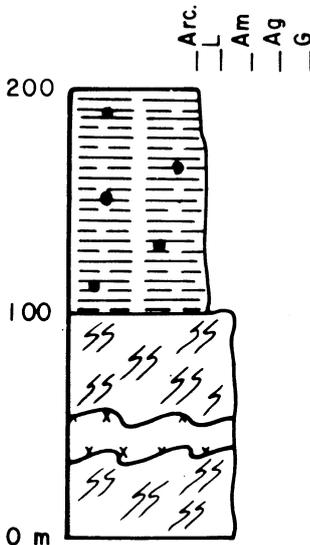
Secuencia igneo-  
metamórfica for-  
mada por esquistos  
verdes y  
granodioritas.



VII, XII, XIV, XVIII

Arenas muy finas  
a limos, con la-  
minaciones para-  
lelas con materia  
orgánica y burbu-  
jas de gas.

Secuencia igneo-  
metamórfica for-  
mada por esquistos  
verdes y granodio-  
ritas.



XIII

Limos y arcillas interestratificados  
y finamente laminados, con gran cantidad  
de burbujas de gas y materia orgánica.

Secuencia igneo-metamórfica formada  
por esquistos verdes y granodioritas.

## EJERCICIO IV

A continuación se presenta una serie de descripciones litológicas, las cuales corresponden a cada uno de los puntos localizados en el mapa adjunto. A partir de estas descripciones obtenga:

- a).- El sistema de depósito representado, así como las facies de cada uno de los puntos.
- b).- Dibuje, esquemáticamente la paleogeografía del depósito en cuestión y haga una sección oeste-este, mostrando la paleobatimetría aproximada.
- c).- ¿Qué puntos son los que tienen potencial como rocas generadoras y cuáles como rocas almacenadoras?

### Descripciones:

D,O,Z.- Mudstones a wackestones con intraclastos, escasas oolitas, fragmentos de corales, pelotas, fecales ("pellets"), escasas galerías así como pistas y abundantes moluscos completos y fragmentados.

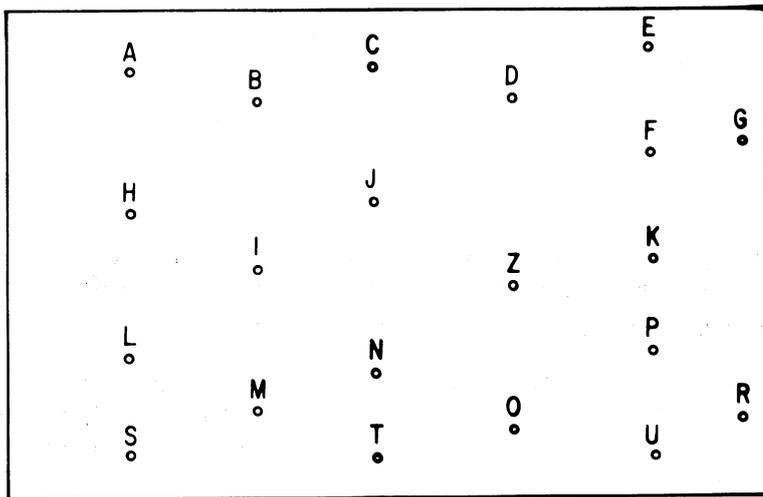
A,H,L,S.- Mudstones a wackestones con laminaciones de algas, estructuras estromatolíticas tipo LLH, y fragmentos de moluscos interestratificados con limos eólicos. Tanto en los carbonatos como en las limolitas se presentan cristales de yeso.

G,R.- Mudstones a wackestones de foraminíferos planctónicos con erráticos fragmentos y bloques de corales y/o calizas coralinas; estructuras de deslizamiento y laminaciones finas paralelas.

E,F,K,P,U.- Boundstones de corales, algas rojas y foraminíferos incrustantes, estratificación masiva a gruesa.

B,I,M.- Mudstones de foraminíferos bentónicos altamente bioturbados con erráticos wackestones de foraminíferos bentónicos bioturbados. Toda la secuencia en coloraciones gris oscuro a negro y con gran cantidad de algas verdes y verde-azul.

C,J,N,T.- Packstones a grainstones oolíticos, en tamaño de arena media, con estratificación cruzada festoneada y tabular, y abundantes foraminíferos bentónicos.



## BIBLIOGRAFIA

- Corrales, I., J. Rosell, L. M. Sánchez, J. A. Vera, y L. Vilas, 1977. ESTRATIGRAFIA. Edit. Rueda, 718 p.
- Emery, K. O., 1938, RAPID METHOD OF MECHANICAL ANALYSIS OF SAND, Jour. Sediment. Petrol. v. 8, No. 3, p. 105-111.
- Ewing, W. E., 1954, INSTRUMENTAL METHODS OF CHEMICAL ANALYSIS, Ed. McGraw-Hill Book Company. Inc. New York Toronto London. Marine Geology, Elsevier Publishing Company. 434 p.
- Folk, R. L., 1965, PETROLOGY AND SEDIMENTARY ROCKS, Hampill's Book. Co. Austin, Texas. 151 p.
- - - - - 1969, PETROLOGIA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, Instituto de Geología, Univ. Nal. Autón. México, 405 p.
- Friedman, G. M., J. E. Sanders, 1978, PRINCIPLES OF SEDIMENTOLOGY, John Wiley & Sons.
- Krumbein, W. C., 1932, THE MECHANICAL ANALYSIS OF FINE-GRAINED SEDIMENTS, Jour. Sedim. Petrol., v. 2, n. 3, p. 140-149.
- - - - - and L. L. Sloss, 1969, ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA, Ed. UTHEA, 778 p.
- Kuenen, P. H., 1968, SETTLING CONVECTION AND GRAIN-SIZE ANALYSIS, Jour. Sed. Petrol., v. 38, p. 817-831, Geology Institute. Groningen, Netherlands.
- Perkin-Elmer, 1971, ANALYTICAL-METHODS FOR ATOMIC ABSORTION SPECTROPHOTOMETRY, Manual.
- Pettijoh, F. J., 1975, SEDIMENTARY ROCKS, Harper & Row, Publishers, 668 p.
- - - - - and Potter, P. E., 1964, ATLAS AND GLOSSARY OF PRIMARY SEDIMENTARY STRUCTURES, Springern Verlag, New York, 370 p.
- Santiago, Charleston A., 1973, SEDIMENTOLOGIA (Notas Preliminares) ESIA. I.P.N., 118 p.
- Shepard, F. P., 1954, NOMENCLATURE BASED ON SAND-SILT-CLAY RATION, Jour. Sedim. Petrol., 24, p. 151-158.



Esta obra se terminó de imprimir  
en marzo de 1994  
en el taller de imprenta del  
Departamento de Publicaciones de la  
Secretaría de Servicios Académicos  
**Facultad de Ingeniería**  
Ciudad Universitaria, México, D.F.,  
C.P. 04510

El tiraje consta de 500 ejemplares  
más sobrantes de reposición.



