



U.N.N.E. - Facultad de Ingeniería

## CÁTEDRA: GEOTECNIA

Integrantes:

Prof. Titular: Ing. Arturo Borfitz

Prof. Adjunto: Ing. Dante Bosch

Auxiliares: Ing. Guillermo Arce

Ing. Hugo Casco

Ing. Daniel Nuñez

Edición y Maquetación:  
Tec. Nelson J. Rodriguez

Año: 2008

# TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 3a LÍMITE LÍQUIDO

## 1. GENERALIDADES

En este trabajo práctico se detalla el procedimiento a seguir para determinar el Límite Líquido de un suelo.

**Definición:** el límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

## 2. APARATOS

- ❖ Mortero de porcelana o de madera con pisón revestido con goma, de medidas corrientes.
- ❖ Tamiz IRAM de 420 micrones (N° 40).
- ❖ Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm. de diámetro.
- ❖ Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- ❖ Aparato para la determinación semimecánica (o mecánica) del límite líquido de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 1.
- ❖ Acanalador de bronce o de acero inoxidable de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 2.
- ❖ Pesafiltros de vidrio o de aluminio de 40 mm. de diámetro y de 30 mm. de altura, aproximadamente.
- ❖ Pobretas de vidrio
- ❖ Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- ❖ Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110 C°.
- ❖ Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos.

## 3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla N° 40.

Suelos finos: si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 grs. de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla N° 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida esta constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta

que la operación de desmenuzar con el pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: si la muestra contiene material grueso, se separa ésta por tamizado a través de la malla IRAM de 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, éstas se ponen en maceración con la menor cantidad de agua posible y se hace pasar por el tamiz Nº 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50 C°. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

#### 4. CALIBRACIÓN DEL APARATO

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido esté en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el cual gira la cápsula no esté desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la cápsula al brazo estén apretados y que la superficie de la cápsula no presente excesivo desgaste.

La base, de 50 mm. de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa de ebonita, de no menos de 10 mm. de espesor, firmemente encastrada en la madera.

La cápsula debe ser de bronce pulido, debe tener las dimensiones fijadas en el croquis de la fig. Nº 1 y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205 grs. aproximadamente.

El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable, con las dimensiones y demás características indicadas en el croquis de la fig. Nº 2.

La calibración mecánica del aparato es una práctica sencilla que no requerirá mayor conocimiento; bastará con el ajuste de la caída de la cápsula en 10 mm. con el mango del acanalador, que frecuentemente cuenta con un cubito metálico destinado a tal fin. Se pondrá el excéntrico en su parte superior y ajustar los tornillos designados T en la fig. Nº 1. Efectuar los retoques necesarios.

#### 5. PROCEDIMIENTO

- ⌘ Se toman 50 o 60 grs. del material obtenido de acuerdo al punto "preparación de la muestra" y se colocan en una cápsula especificada en "aparatos".
- ⌘ Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- ⌘ Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- ⌘ Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dos porciones, éstas comiencen a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palma de la mano; se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce del aparato, se la amasa bien y se la distribuye de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente 1 cm.

☞ Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2 mm.; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio, fig. N° 3.

☞ Se acciona la manivela a razón de 2 vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia, se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.

☞ Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si ha habido corrimiento de toda la masa, la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la cápsula. En cambio si ha habido fluencia, la espátula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.

☞ Se retira la porción de pasta, de peso más o menos 10 grs., de la parte en que se produjo la unión, y se coloca en un pesafiltro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotará el peso del pesafiltro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.

☞ Se repiten estas operaciones dos o más veces, con contenidos crecientes de agua, procurando que el número de golpes requeridos para el cierre de la muesca sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.

☞ La pasta colocada en los pesafiltros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110 C°.

## 6. CÁLCULOS

- La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

donde:

$P_1$  = peso del pesafiltro más la porción de pasta de suelo húmedo

$P_2$  = peso del pesafiltro más la porción de pasta de suelo seco

$P_3$  = peso del pesafiltro

- b) Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas escala logarítmica el número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta a la perpendicular trazada a las abscisas por el punto N° 25, se lee el valor del Límite Líquido, Ver fig. N° 4.

## 7. OBSERVACIONES

- 1- Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintos puntos está comprendido entre 20 y 30.
- 2- Como variante simplificada que ahorra mucho tiempo y suministra resultados satisfactorios, se podrá utilizar el método de un sólo punto.
- 3- Para esto se determina un punto como el indicado en el procedimiento de ensayo y se calcula la humedad en porciento, anotando el número de golpes necesarios (N) para el cierre de la muesca, procurando que éste este comprendido entre 20 y 30.
- 4- Siendo H la humedad en porciento y N el número de golpes necesarios, el valor del Límite Líquido esta dado por la fórmula:

$$LL = \frac{H}{1.419 - 0.3 \times \log N}$$

Que para mayor comodidad se transcriben los valores del denominador de la expresión anterior, para N comprendido entre 20 y 30.

| N  | 1.419-0.3*log N |
|----|-----------------|
| 20 | 1.029           |
| 21 | 1.023           |
| 22 | 1.017           |
| 23 | 1.011           |
| 24 | 1.005           |
| 25 | 1.000           |
| 26 | 0.995           |
| 27 | 0.990           |
| 28 | 0.985           |
| 29 | 0.980           |
| 30 | 0.978           |

## 8. RESULTADOS

Para facilitar la obtención de resultados, se confecciona la siguiente tabla modelo que figura a continuación.

Fecha:

Grupo n°:

### LIMITE LÍQUIDO

| Pf N° | N ° de golpes | Pf+Sh (gr) | Pf+Ss (gr) | Pf (gr) | Pagua (grs) | Ss (grs) | ω (%) |
|-------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------|-------|
|       |               |            |            |         |             |          |       |
|       |               |            |            |         |             |          |       |
|       |               |            |            |         |             |          |       |

## TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 3b

### LÍMITE PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD

#### 1. GENERALIDADES

En este trabajo práctico se detalla el procedimiento a seguir para determinar el Límite Plástico y el Índice de Plasticidad de un suelo.

**Definición:** es el contenido de humedad, expresado en porciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado semi-sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

#### 2. APARATOS

- a) Mortero de porcelana o de madera con pisón revestido con goma, de medidas corrientes.
- b) Tamiz IRAM de 420 micrones (N° 40).
- c) Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm. de diámetro.
- d) Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- e) Vidrio plano de 30 cm. x 30 cm., o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- f) Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elemento de comparación.
- g) Pesafiltros de vidrio o de aluminio de 40 mm. de diámetro y de 30 mm. de altura, aproximadamente.
- h) Probetas de vidrio
- i) Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- j) Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110 C°.
- k) Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos.

#### 3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla N° 40.

Suelos finos: si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 grs. de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla N° 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida esta constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: si la muestra contiene material grueso, se separa ésta por tamizado a través de la malla IRAM de 2 mm. (N° 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, éstas se ponen en maceración con la menor cantidad de

agua posible y se hace pasar por el tamiz N° 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50 C°. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

#### 4. PROCEDIMIENTO

- a) Se toman 15 o 20 grs. del material obtenido de acuerdo al punto "preparación de la muestra" y se colocan en una cápsula especificada en "aparatos".
- b) Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- c) Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- d) Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.
- e) Una porción de la parte así preparada se hace rodar con la palma de la mano sobre la lámina de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros.
- f) La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.
- g) La velocidad con que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 60 a 70 impulsos por minuto, entendiéndose como un impulso un movimiento completo de la mano hacia adelante y atrás.
- h) Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se unen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario. La operación también se repite si las barritas cilíndricas se fisuran y agrietan antes de llegar al diámetro 3 mm. En este caso se reúnen los trozos y se amasan nuevamente con el agregado de agua hasta lograr la completa uniformidad.
- i) El ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a fisurarse y agrietarse al alcanzar los 3 mm. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolas con los trozos de alambre.
- j) Las barritas cilíndricas colocadas en los pesafiltros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110 C°.

#### 5. CÁLCULOS

La humedad porcentual correspondiente al Límite Plástico de un suelo se calcula con la fórmula:

$$LP = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

donde:

P<sub>1</sub>= peso del pesafiltro más las barritas de suelo húmedo

P<sub>2</sub>= peso del pesafiltro más las barritas de suelo seco

P<sub>3</sub>= peso del pesafiltro

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico del mismo. Es decir:

$$I_p = LL - LP$$

#### Observaciones

- Si el suelo presenta características de plasticidad bien definidas, se amasa el suelo con un contenido de humedad que satisfaga las condiciones establecidas en el ensayo de límite plástico y se ejecuta éste. Luego se agrega más agua a la pasta restante en la cápsula y se realiza el ensayo de límite líquido.
- Si el suelo tiene poca plasticidad, se realiza primeramente el ensayo de límite líquido y de inmediato con la pasta restante se ejecuta el ensayo de límite plástico.
- Si el suelo no tiene plasticidad pero si límite líquido, se determina éste y se indica  $I_p = 0$ . Este caso se presenta cuando al intentar formar la barrita cilíndrica, ésta se rompe antes de alcanzar el diámetro de 3 mm.
- Si el suelo no tiene plasticidad ni tampoco puede determinarse el valor de límite líquido, se indica entonces sin límite líquido, NP.

## 6. RESULTADOS

Para facilitar la obtención de resultados, se confecciona la siguiente tabla modelo que figura a continuación.

Fecha:  
Grupo n°:

**LIMITE PLASTICO**

| Pf N° | Pf+Sh (gr) | Pf+Ss (gr) | Pf (gr) | Pagua (grs) | Ss (grs) | $\omega$ (%) |
|-------|------------|------------|---------|-------------|----------|--------------|
|       |            |            |         |             |          |              |
|       |            |            |         |             |          |              |
|       |            |            |         |             |          |              |



## TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 3c

### LAVADO SOBRE TAMIZ N° 200

#### 1. EQUIPO NECESARIO

- ❖ Cápsula de evaporación
- ❖ Balanza Analítica con capacidad de 200 gr y sensibilidad 1 cg.
- ❖ Tamiz N° 200
- ❖ Agitador de suelos
- ❖ Estufa 105 °C
- ❖ Mortero mano de goma
- ❖ Agente difusor (agua)

#### 2. PROCEDIMIENTO

- ❖ Tomar aproximadamente 100 gr de muestra. Hallar su humedad para calcular el peso seco de la muestra ( $W_s$ ).
- ❖ .Cubrirla con agua y dejar en reposo 24 horas ( Maceración).
- ❖ Llevar la solución al agitador y agitar aproximadamente 10 min. Agregar agua adicional si es necesario.
- ❖ Poner el tamiz en la pileta y volcar sobre él la solución. Hacer circular agua revolviendo suavemente con los dedos. El material fino que pasa no necesita ser recuperado. Continuar hasta que el agua de lavado salga limpia.
- ❖ Transferir el suelo retenido a una cápsula. Sacar el agua limpia de la cápsula y colocar ésta en la estufa.
- ❖ Pesar el residuo las 24 hs y de esa manera obtenemos el peso de la cápsula mas el suelo seco retenido.

#### 3. RESULTADOS

Para facilitar la obtención de resultados, se confecciona la siguiente tabla modelo que figura a continuación.

Fecha:  
Grupo n°:

### LAVADO SOBRE TAMIZ 200

#### HUMEDAD DE LA MUESTRA

|              |  |
|--------------|--|
| Muestra N°   |  |
| Pf N°        |  |
| Pf + Sh (gr) |  |
| Pf + Ss (gr) |  |
| Pa (gr)      |  |
| Pf (gr)      |  |
| Ss (gr)      |  |
| W %          |  |

#### PESO DE LA MUESTRA

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Muestra N°               |  |
| Cápsula N°               |  |
| Wcáp. + Sh (gr)          |  |
| Wcáp. (gr)               |  |
| Sh (gr)                  |  |
| W %                      |  |
| $Ss = Sh / (1 + W)$ (gr) |  |

#### LAVADO

|                  |  |
|------------------|--|
| Muestra N°       |  |
| Ret. S/tamíz N°  |  |
| Cáp. N°          |  |
| Wcáp + Ret. (gr) |  |
| Wcáp (gr)        |  |
| Retenido (gr)    |  |
| Retenido (%)     |  |
| Pasa (%)         |  |

$$Ret = \frac{Ret (gr)}{Ss (gr)} * 100 =$$

### ANEXOS

## **ANEXO 1**

### **LÍMITE DE CONTRACCIÓN**

#### **1. EQUIPO NECESARIO**

- 1- Dos cápsulas de vidrio de distintos tamaños.
- 2- Mercurio, un volumen igual o mayor al de la cápsula menor.
- 3- Una placa de vidrio con tres patas.
- 4- Una cápsula de acero de 25 mm. de diámetro por 7 mm. de altura aproximadamente.
- 5- Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 6- Un horno de temperatura constante, comprendida entre 105° y 110° C.
- 7- Cápsulas de porcelanas.
- 8- Espátulas.

#### **2. PROCEDIMIENTO**

El procedimiento es el siguiente:

- 1- Pesar y determinar el volumen, por inmersión en mercurio, de la cápsula de acero. Para determinar el volumen llenar la cápsula con mercurio y enrasar cuidadosamente con un vidrio; pasar luego el mercurio y dividir por su peso específico (13,56 g/cm<sup>3</sup>) se tiene así V<sub>1</sub>.
- 2- Con unos 50g. de suelo ( que pase el tamiz 40 ) preparar una pasta uniforme con un contenido de humedad cercano al límite líquido.
- 3- Llenar la cápsula de acero, previamente aceitada interiormente, con el suelo cuidando de no dejar aire entrampado en la muestra; darle con la cápsula continuados golpecitos sobre una superficie dura para que las burbujas de aire suban a la superficie.
- 4- Registrar el peso de la cápsula con el suelo dentro; restando el peso de la cápsula que tendrá W<sub>1</sub>.
- 5- Dejar secar al aire el conjunto durante un día aproximadamente, luego llevar la cápsula al horno y dejar secar hasta peso constante; en ese estado registrar el peso que nos permitirá obtener W<sub>3</sub>.
- 6- Determinar el volumen de la pastilla de suelo seco. Para ello, llenar de mercurio la cápsula de vidrio más chica y enrasar con el vidrio de tres patas; luego introducir la pastilla en el mercurio con la ayuda del mismo vidrio que sirvió para enrasarla y recoger lo que desborde en la cápsula más grande. Pesar el volumen y se podrá obtener V<sub>2</sub>.

$$LC \% = \frac{W_1 - W_3 - (V_1 - V_2) \cdot \gamma_p}{W_3} \cdot 100 = \square_i - \square_p$$

$$\square_i = \frac{W_1 - W_3}{W_3} \cdot 100$$

$$\square_p = \frac{(V_1 - V_2) \cdot \gamma_p}{W} \cdot 100$$

## **ANEXO 2**

### **GRANULOMETRIA**

#### **1. GENERALIDADES**

La granulometría del agregado es la distribución por tamaño de partículas, expresadas en porcentaje del peso total. La misma se determina a través de una serie de tamices apilados, con aberturas que se hacen progresivamente más pequeñas, y el pesaje del material retenido en cada uno de ellos.

El estudio de la distribución granulométrica de los suelos es uno de los métodos de evaluación de los agregados. Dado que la selección de los agregados para el uso en obras civiles en general (y en especial para las obras viales) depende de la disponibilidad, costo y calidad del material, es fundamental determinar la conveniencia de usar un determinado tipo de agregado evaluando su calidad a través de distintos métodos (Resistencia al desgaste, absorción, forma de las partículas, tamaño, granulometría, etc.).

La granulometría de los agregados es controlada por especificaciones, las cuales prescriben la distribución por tamaño de partículas que deberá cumplir un agregado en particular. Los agregados son descriptos, a veces, en base a su granulometría (Por ejemplo, cerrada, abierta, uniforme, gruesa, fina, etc.). Estas especificaciones han sido desarrolladas debido a la necesidad de controlar la calidad de los materiales a utilizar en la obra, lograr una óptima utilización de los materiales locales disponibles y reducir los costos.

Con el nombre de análisis mecánico, se conoce al conjunto de métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños. Dos métodos merecen especial atención: El cribado por mallas y el análisis de una suspensión del suelo con hidrómetro (Densímetro).

El primero se usa para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo hasta la malla N ° 200 (0.074 mm). La muestra se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes. Pero el método se dificulta cuando la abertura de éstos es pequeña y para el cribado de malla N ° 100 y 200 suele requerir agua para ayudar el paso de la muestra (procedimiento de lavado).

Menores tamaños de suelo, se analizan a través del método del hidrómetro, el cual se basa en la ley de Stokes, y proporciona una relación entre la velocidad de sedimentación de las partículas de suelos en un fluido y el tamaño de las mismas. El rango de aplicación de éste método va desde tamaños menores que 0.2 mm (en tamaños mayores, las turbulencias provocadas por las partículas alteran la ley de sedimentación) pero mayores que 0.2 micras (por debajo de este límite, la partícula se afecta por el movimiento Browniano y no sedimenta).

Equipo necesario:

1. Un hidrómetro graduado para medir pesos específicos relativos, calibrado a 20 ° C
2. Una balanza con 800 gr de capacidad y aproximación de 0,1 gr
3. Un batidor mecánico
4. Una probeta de 1000 cm<sup>3</sup>
5. Recipientes para evaporar
6. Un termómetro
7. Un desecador

8. Un juego de tamices de las usuales del *U.S. Bureau of Standards* (sólo se utilizarán los que se señalan con asterisco)

| Número     | Abertura de tamiz (mm) |
|------------|------------------------|
| 4"         | 101.6                  |
| 2"         | 50.8                   |
| 1"         | 25.4                   |
| 3/4"       | 19.1                   |
| 1/2"       | 12.7                   |
| 3/8"       | 9.52                   |
| 1/4"       | 6.35                   |
| 4          | 4.76                   |
| 6          | 3.36                   |
| 8          | 2.38                   |
| <b>10</b>  | <b>2 *</b>             |
| 12         | 1.68                   |
| 16         | 1.19                   |
| 20         | 0.84                   |
| 30         | 0.59                   |
| <b>40</b>  | <b>1.420 *</b>         |
| 50         | 0.297                  |
| 60         | 0.250                  |
| 70         | 0.210                  |
| <b>100</b> | <b>0.149 *</b>         |
| 140        | 0.105                  |
| <b>200</b> | <b>0.074 *</b>         |
| 270        | 0.053                  |
| 400        | 0.037                  |

## 2. PROCEDIMIENTO

- ☞ Secar la muestra en horno y pesarla.
- ☞ Los finos deberán separarse por decantación para lo cual se deberá llenar una probeta con agua destilada a temperatura ambiente, un poco por debajo de la marca de 1000 cm<sup>3</sup>, para después añadir un agente dispersor (defloculante)
- ☞ Colocar la muestra en un evaporador y agregar 150 cm<sup>3</sup> de la solución anterior
- ☞ Retirar a mano todas las partículas mayores que 1/4" (6.35 mm), lavándolas en el evaporador hasta que queden bien limpias. Estas partículas más grandes se colocarán en otro evaporador
- ☞ Lavar la muestra que haya quedado durante uno o dos minutos y pasar esta suspensión a otra probeta de 1000 cm<sup>3</sup> cuidando de no perder material
- ☞ Añadir otros 100 cm<sup>3</sup> de la primera probeta al evaporador y repetir la etapa anterior varias veces hasta tener la seguridad de que los gruesos del recipiente están bien limpios
- ☞ Secar las partículas mayores que 1/4" (6.35 mm) retiradas en la etapa 4), en horno, hasta masa constante, a 110 ° C ± 5 ° C
- ☞ Pasar el agua que haya quedado en la primera probeta a la segunda (que contiene los finos en suspensión) hasta completar los 1000 cm<sup>3</sup>, para realizar la prueba del hidrómetro
- ☞ Antes de iniciar el ensayo se debe calibrar el hidrómetro y realizar la corrección por menisco para afectar las lecturas con el coeficiente obtenido.
- ☞ Pesarse la muestra con su contenido natural de agua

- ✦ Añadir agente dispersor (defloculante) y agua destilada al suelo y mezclar hasta obtener una pasta (La cantidad de defloculante, dependerá de la cantidad de muestra y de su contenido de humedad)
- ✦ Reposar la mezcla varias horas, para que actúe el defloculante
- ✦ Colocar la muestra en un batidor mecánico y mantenerla allí por 15 minutos
- ✦ Realizar la corrección por el cambio en la densidad del agua destilada por adición del defloculante
- ✦ Colocar la suspensión de suelo en una probeta graduada de 1000 cm<sup>3</sup>, agregando agua hasta completar exactamente 1000 cm<sup>3</sup>
- ✦ Agitar la probeta vigorosamente durante 1 minuto, invirtiéndola, tapada con la mano
- ✦ Colocar la probeta sobre una mesa y echar a andar un cronómetro introduciendo el hidrómetro y sujetándolo un poco por debajo de su nivel de flotación para después dejarlo libre
- ✦ El hidrómetro permanecerá en flotación alrededor de 2 minutos. Se deberán hacer lecturas en períodos de 1/2, 1 y 2 minutos.
- ✦ Retirar suavemente el aparato, lavarlo y secarlo.
- ✦ Siguiendo el mismo procedimiento se deberá realizar lecturas a los 4, 8, 15 y 30 minutos, una, dos y cuatro horas y después una o dos veces por día. La introducción y extracción del hidrómetro deberá hacerse muy suavemente.
- ✦ Medir la temperatura media durante todo el período de prueba cuidando que no se produzca calentamiento de la suspensión ya que la misma no debe diferir en  $\pm 2^\circ \text{C}$  entre dos mediciones consecutivas, para garantizar que la determinación del diámetro equivalente de la partícula no tenga un error mayor que un 2 %
- ✦ Al concluir la prueba, determinar el peso seco del suelo contenido en la suspensión, pasando ésta a un evaporador hasta que pierda agua
- ✦ Calcular los porcentajes obtenidos refiriéndolos al total de la muestra
- ✦ Retirar del horno la fracción gruesa separada en la etapa 7), enfriarla en un desecador y pesarla
- ✦ Colocar los tamices en el vibrador mecánico o zaranda, dispuestos en orden decreciente de tamaño, incluyendo tapa y fondo receptor.
- ✦ Colocar la fracción gruesa en el tamiz de mayor abertura de la serie de tamices que cumpla con las especificaciones del material en estudio.
- ✦ Zarandear durante 20 minutos como primera tentativa. Continuando, previa pesada del material retenido en los tamices, durante 10 minutos más cada vez, hasta comprobar masa constante.
- ✦ Separar el juego de tamices del vibrador mecánico y pesar individualmente al 0,1 g, el retenido sobre cada uno de los tamices y el contenido del fondo receptor. Debe cuidarse que no queden partículas adheridas en los entramados de las mallas.
- ✦ Calcular los porcentajes retenidos parciales, referidos al peso total de la muestra.

### 3. CÁLCULO Y REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La tabla de datos a utilizar para realizar el análisis de tamizado así como la representación de la distribución granulométrica serán las mismas que se utilizan en el Trabajo de Clasificación de suelos.