

## 1.2. ANALISIS GRANULOMETRICO.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o USCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. (74 micrones) se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicado en la tabla 1.5. Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Nch) (mm.)	Abertura real (mm.)	Tipo de suelo
3 "	80	76,12	} GRAVA
2 "	50	50,80	
1 1/2 "	40	38,10	
1 "	25	25,40	
3/4 "	20	19,05	
3/8 "	10	9,52	
N° 4	5	4,76	} ARENA GRUESA
N° 10	2	2,00	} ARENA MEDIA
N° 20	0,90	0,84	
N° 40	0,50	0,42	
N° 60	0,30	0,25	} ARENA FINA
N° 140	0,10	0,105	
N° 200	0,08	0,074	

Figura 1.5. Tabla de numeración y abertura de tamices.  
Fuente: Espinace R., 1979.

### 1.2.1. Método para análisis mecánico.

- Equipo necesario.
  - Un juego de tamices normalizados según la tabla anterior.
  - Dos balanzas: con capacidades superiores a 20 kgs. y 2000 grs. y precisiones de 1 gr. y 0,1 gr. Respectivamente.
  - Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} C$ .
  - Un vibrador mecánico.
  - Herramientas y accesorios. Bandeja metálica, poruña, recipientes plásticos y escobilla.
- Procedimiento. Se homogeniza cuidadosamente el total de la muestra en estado natural (desmenuzándola con un mazo), tratando de evitar romper sus partículas individuales, especialmente si se trata de un material blando, piedra arenosa u otro similar.

Se reduce por cuarteo una cantidad de muestra levemente superior a la mínima recomendada según el tamaño máximo de partículas del árido, indicado en la tabla de la figura 1.6.

Tamaño máximo de partículas (mm.)	Cantidad mínima a ensayar (kgs.)
5	0,50
25	10,0
50	20,0
80	32,0

Figura 1.6. Tabla de cantidad mínima a ensayar según tamaño de partículas.  
Fuente: Geotecnia LNV., 1993.

Se seca el material ya sea al aire a temperatura ambiente, o bien dentro de un horno a una temperatura inferior a 60° C, hasta conseguir pesadas consecutivas constantes en la muestra cada 30 minutos. Cuando esté seca, se obtiene la cantidad mínima recomendada (Mt) a ensayar según la tabla anterior.

Inmediatamente obtenido el tamaño de muestra a ensayar, se separa a través del tamiz 3/8" ASTM (10 mm.). La fracción retenida en este tamiz, se pesa y se lava con el fin de eliminar todo el material fino menor a 0,074 mm. Para esto, se remoja el suelo en un recipiente con agua hasta que las partículas más finas se suelten, enseguida se lava el suelo colocando como filtro la malla N° 200 ASTM (0,08 mm.), hasta observar que el agua utilizada salga limpia. El material retenido en la malla se deposita en una bandeja y se coloca a horno durante 24 horas. Cumplido el tiempo de secado y una vez enfriada la muestra, se pesa (Mf) y por diferencia con respecto a **Mt** se obtiene el material fino por lavado.

A continuación, se deposita el material en la criba superior del juego de tamices, los que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente hasta la criba 3/8". El juego deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la inferior.

Se hace vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos (figura 1.7.), tiempo después del cual se retira del vibrador y se registra el peso del material retenido en cada tamiz.

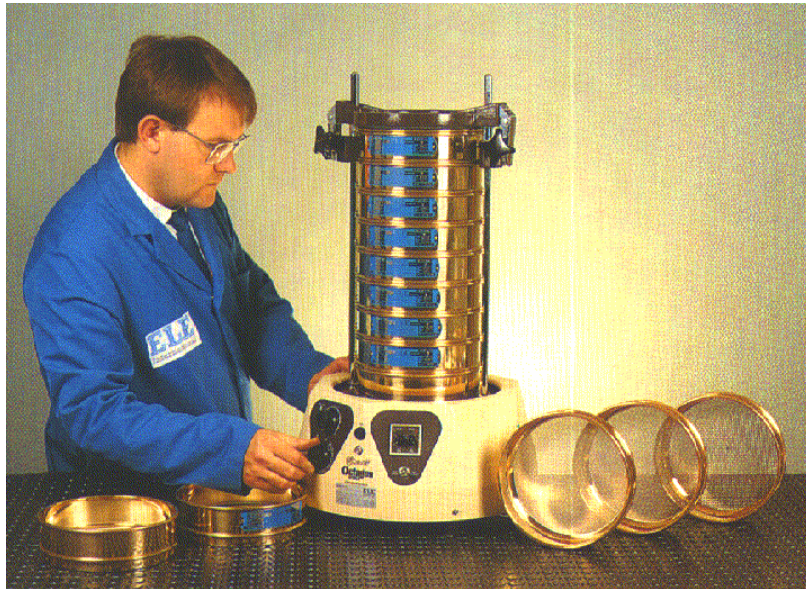


Figura  
tamices.  
Fuente: ELE  
Ltda., 1993.

1.7. Juego de  
Internacional

Para la fracción de muestra que pasó el tamiz 3/8", el procedimiento es similar, salvo que una vez lavada y seca, se ensaya una muestra representativa de 500 grs. utilizando los tamices comprendidos entre la malla N° 4 y la N° 200 ASTM.

- Cálculos y gráficos.
- De acuerdo a los valores de los pesos retenidos en cada tamiz, registrar los siguientes datos en la hoja de cálculos:

- porcentaje retenido en cribas (%RC):

$$\%RC = PRC / Mt * 100 \quad ( \% )$$

donde:

$$\begin{aligned} PRC &= \text{peso retenido en cada criba (grs.)} \\ Mt &= \text{peso total de la muestra seca (grs.)} \end{aligned}$$

- porcentaje retenido en mallas (%RM):

$$\%RM = PRM * K / 500 \quad ( \% )$$

donde:

$$\begin{aligned} PRM &= \text{peso retenido en cada malla (grs.)} \\ K &= \text{porcentaje de muestra que pasó el tamiz 3/8"} \end{aligned}$$

(%)

$$500 = \text{peso de la muestra representativa (grs.)}$$

- porcentajes retenidos acumulados, suma acumulativa de los porcentajes retenidos en cribas y mallas.

- porcentajes que pasa, los que consisten en restar a 100% el porcentaje retenido acumulado en cribas y mallas.
- Calcular el porcentaje de pérdida (%P) para cada fracción de material, mediante la siguiente expresión:

$$\%P = (M_1 - M_2) / M_1 * 100 \quad (\%)$$

donde:

$M_1$  = peso del material (grava o arena) a ensayar (grs.)  
 $M_2$  = sumatoria de pesos retenidos (grs.)

- Graficar la curva granulométrica, donde la ordenada será el porcentaje que pasa en peso en cada tamiz en escala natural y la abscisa el tamaño (diámetro equivalente) de las partículas en escala logarítmica. De esta curva se obtiene el porcentaje de gravas, arenas, finos y diámetros mayores a 3" del suelo.
- Calcular el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ), el cual es una medida de uniformidad (graduación) del suelo y el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ), el cual es un dato complementario para definir la uniformidad de la curva, mediante las siguientes expresiones:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{60} * D_{10})$$

donde:

$D_{10}$  = tamaño donde pasa el 10% del material  
 $D_{30}$  = tamaño donde pasa el 30% del material  
 $D_{60}$  = tamaño donde pasa el 60% del material

- Observaciones.

- Si una vez extraída la muestra de ensayo (Mf), existen partículas mayores a 80 mm. (3”), se deberá extraer esta fracción, pesar y expresarla en porcentaje del total de la muestra. Luego al efectuar el análisis granulométrico, se considerará como el 100% al suelo restante que pasó completamente la criba 3” ASTM.
- El proceso de lavado de la muestra debe ser realizado cuidadosamente de modo de no dañar el tamiz o producir pérdidas de suelo al ser lanzado este fuera del tamiz.
- En suelos limpios de finos, las fracciones separadas en el tamiz 3/8” ASTM, se someten directamente al tamizado. Esto se denomina granulometría vía seca.
- Para la fracción de material retenido en el tamiz 3/8” ASTM, el tiempo de vibrado estará en función de la forma de las partículas. Mientras más angulares sean éstas, mayor será el tiempo de vibrado.
- Durante el proceso de tamizado, si la cantidad de material retenido en determinados tamices es tal que el juego no puede ser bien ajustado, se agita este en forma manual con movimientos horizontales y verticales combinados, hasta lograr un buen ajuste para colocarlo en la máquina vibradora.
- Alternativamente, el tamizado podrá realizarse en forma manual, depositando la muestra en cada uno de los tamices, ordenados en forma decreciente y tomando luego el tamiz en forma inclinada. Se golpea por los costados con la palma de la mano 150 veces por minuto, girando cada 25 golpes.
- Un material se podrá señalar como bien graduado, si el coeficiente de uniformidad es mayor a 4 si se trata de una grava y mayor a 6 para una arena. Además, el coeficiente de curvatura deberá estar comprendido entre 1 y 3.
- Si la suma de los pesos retenidos parciales difiere en más de un 3% para las arenas y más de 0,5% para las gravas, con respecto al peso inicial de la muestra de suelo empleada en cada fracción, el ensayo es insatisfactorio y deberá repetirse.

**1.2.2. Método para análisis hidrométrico.** Este método se utiliza para obtener un valor estimado de la distribución granulométrica de suelos cuyas partículas se encuentran comprendidas entre los 0,074 mm. (malla N° 200 ASTM) y hasta alrededor de 0,001 mm. El análisis, utiliza la relación entre la velocidad de caída de una esfera en un fluido, el diámetro de la esfera, el peso específico de la esfera como del fluido y la viscosidad de este. La velocidad se expresa por medio de la siguiente expresión (Ley de Stokes):

$$V = ( 2 \gamma_s - \gamma_u ) * ( D / 2 )^2 / ( 9 * \eta ) \quad ( \text{cm/seg} )$$

donde:

$\gamma_s$  = peso específico de la esfera (grs/cc)

$\gamma_u$  = peso específico del fluido (grs/cc)

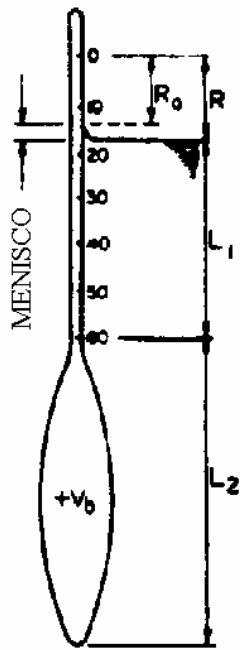
$\eta$  = viscosidad absoluta del fluido (grs/cm\*seg)

D = diámetro de la esfera (cm.)

El procedimiento consiste en mezclar una cantidad de suelo (50 grs.) con agua destilada más 125 ml. de un agente dispersante (también denominado agente defloculante), el que neutraliza las cargas eléctricas sobre las partículas más pequeñas del suelo que a menudo tienen carga negativa y se atraen entre sí con fuerza suficiente para permanecer unidos, creando así unidades mayores que funcionan como partículas. Así se obtiene una solución de 1000 cc.

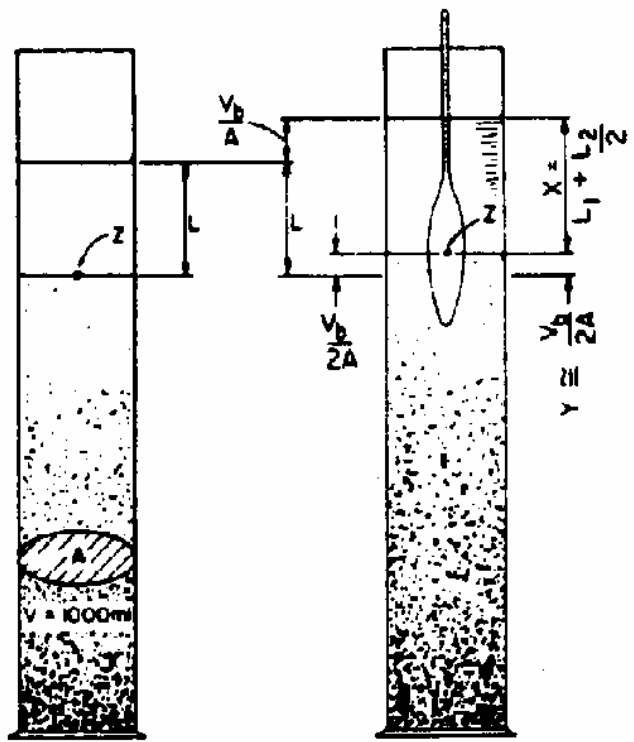
A continuación se agita la solución dentro de una mezcladora y se vacía a otra probeta de 1000 cc. de capacidad que se encuentre apoyada sobre una base firme. Accionar el cronómetro, introducir el hidrómetro y el termómetro (figura 1.8.).

Con las lecturas del hidrómetro con sus respectivas temperaturas, calcular el peso de los sólidos en suspensión para poder estimar el diámetro de las partículas. Se utiliza para ello un nomograma desarrollado por Casagrande, que está basado en la Ley de Stokes.



$R_0$  = lectura efectiva del hidrómetro en la parte superior del menisco

(a) Hidrómetro



(b) Suspensión suelo - agua después del tiempo transcurrido,  $t$

(c) Suspensión suelo - agua cuando el hidrómetro es insertado

Figura 1.8. Secuencia ensayo hidrométrico.  
Fuente: Bowles J., 1982.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO  
 ESCUELA DE INGENIERIA EN CONSTRUCCION  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Proyecto :  
 Ubicación :  
 Descripción del suelo :  
 Tamizado : Mecánico - Manual  
 Vía : Seca - Húmeda  
 Fecha de muestreo :  
 Fecha de ensayo :

Peso total de la muestra seca =                      grs.

	Material retenido tamiz 3/8 "		Material que pasa tamiz 3/8 "	
	Peso ( grs )	%	Peso ( grs )	%
Material seco				( K )
Muestra representativa			500	
Material lavado y seco				
Material fino lavado				

Criba ( " )	Abertura ( mm )	Peso retenido	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% que Pasa
B.R.	--				0
% Pérdida =					

Mallas ( N° )	Abertura ( mm )	Peso retenido	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% que Pasa
B.R.	--				0
% Pérdida =					

