

LABORATORIO 1

IDENTIFICACIÓN VISUAL Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

1. Identificación Visual

1.1. Introducción

La identificación y descripción visual de suelos es una práctica habitual y económica en un proyecto de ingeniería civil. Una correcta descripción del suelo que se encuentra en el lugar sobre el cual se desarrollará una obra de ingeniería civil, permite al ingeniero geotécnico determinar los ensayos a realizar para caracterizarlo, y extrapolar los resultados de estos para el fin correspondiente. En este contexto, esta guía describe un procedimiento para la identificación visual y descripción de suelos con propósitos ingenieriles, a través del desarrollo de pruebas manuales simples sobre el material.

1.2. Descripción del ensayo

El montaje experimental de los ensayos de descripción visual consiste en una serie de contenedores con muestras de suelo de distinto tipo a analizar. Se comienza identificando el tamaño de grano predominante para definir el tipo de suelo al cual corresponde la muestra. Las partículas individuales visibles a simple vista, que pueden ser gravas, o arenas, caracterizan la fracción gruesa, mientras que aquellas más pequeñas caracterizan la fracción fina. Además, si el suelo presenta una mezcla de varios tamaños de partículas en porcentajes similares, se dice que el suelo está "bien graduado", mientras que, si existe un tamaño predominante, el suelo se encuentra "mal graduado".

Luego, los pasos a seguir dependen de la clasificación de la muestra de suelo. El procedimiento para suelos que han sido descritos como **gruesos** continúa con la estimación del porcentaje de finos, la estimación del tamaño máximo de las partículas, y una descripción de la forma de los granos. Dicha forma puede ser: 1) angular, 2) sub-angular, 3) redondeada, o 4) sub-redondeada (Figura 1.1). Adicionalmente, se debe determinar la presencia de material orgánico, raíces, escombros, grado de meteorización, y alteración de las partículas.

Con la porción de material **fino**, se debe estimar la plasticidad para determinar si este es arcilla o limo. La plasticidad es la propiedad que tienen los suelos de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico. Esta se puede estimar mediante el ensayo de sacudimiento. Otro ensayo que se realiza con suelos **finos** es el ensayo de amasado, que se ejecuta una vez que culmina el de sacudimiento y permite obtener el límite plástico del suelo.

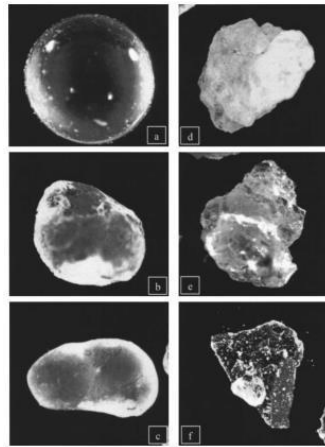


Figura 1.1. Forma de las partículas. (a) Redondeado, (b) y (c) Subredondeado, (d) y (e) Subangular, (f) Angular.

1.2.1. Ensayo de Sacudimiento

- Formar una pasta homogénea con suelo y agua en la palma de la mano. La pasta formada tiene una consistencia tal que se encuentra en el límite de un estado semi-líquido.
- Golpear lateralmente la palma de la mano varias veces con la otra mano.
- Si la muestra cambia de forma y el agua aflora a través del suelo, entonces se está en presencia de un limo de baja plasticidad, dado que el suelo no es capaz de retener el agua ante pequeñas perturbaciones. De lo contrario, se está en presencia de una arcilla, las cuales tienen una gran capacidad de retención de agua.

1.2.2. Ensayo de amasado

- Reconstruir una bolita de suelo de la pasta anteriormente preparada.
- Amasar la bolita de suelo, ya sea en la palma de la mano o sobre una superficie lisa hasta formar un bastoncito de suelo que alcance 3 [mm] de diámetro (Figura 1.2).
- Si al alcanzar dicho diámetro el bastón no se quiebra, se forma una nueva bolita y se repite el procedimiento hasta alcanzar el quiebre.
- El tiempo que toma esta serie de operaciones de amasado para alcanzar este estado define cuán plástico es el suelo. Poco tiempo indica poca plasticidad, mucho tiempo indica alta plasticidad.
- Una vez alcanzada la humedad que ha llevado al bastoncito a romperse en trocitos, se procede a unir con relativa fuerza la pasta hasta formar un grumo cohesivo. En este estado se oprime la muestra contra la uña y se observa el brillo que ella presenta en su superficie. Intenso brillo es un indicador de alta plasticidad.



Figura 1.2. Bastoncitos.

Otras propiedades relevantes son:

- 1) Humedad: hace referencia al contenido de agua que se observa en la muestra. Puede ser baja, media, o alta.
- 2) Compacidad o consistencia: consiste en caracterizar el estado del suelo. Para suelos gruesos, se dice que la compacidad es baja si el suelo está suelto, mientras que es alta si el suelo está denso. Por otro lado, para suelos finos, se tienen las distintas consistencias:
 - a. Dura: marca con dificultad la uña del pulgar.
 - b. Muy firme: marca la uña del pulgar.
 - c. Firme: marca el pulgar, pero penetra solo con gran esfuerzo.
 - d. Media: el pulgar penetra con esfuerzo moderado.
 - e. Blanda: el pulgar penetra fácilmente.
- 3) Resistencia a la rotura de una muestra seca.
- 4) Color: permite identificar suelos orgánicos y materiales de origen geológico similar dentro de una misma localidad.
- 5) Olor: puede ser un indicador de presencia de material orgánico; por ejemplo, descomposición de algún componente, como residuos de plantas.

2. Análisis Granulométrico

2.1. Introducción

El análisis granulométrico corresponde a un ensayo que se realiza para determinar la distribución de los tamaños de las partículas que componen una muestra de suelo. Así, a partir de los diámetros característicos, tales como el D_{10} , D_{30} y D_{60} , permite identificar la uniformidad y nivel de graduación de la muestra.

En el desarrollo profesional del ingeniero geotécnico, el análisis granulométrico le permite identificar de forma general las zonas en las cuales puede encontrar un determinado material para hacer uso de él, o bien complementar la identificación visual de la zona. A continuación, se presentan la descripción y procedimiento a llevar a cabo.

2.2. Descripción del ensayo

Para la realización de este ensayo, se requiere de un set de tamices de malla de alambre forjado con aberturas rectangulares de distinto tamaño - ver Figura 2.1 - que van desde los 75 [mm] hasta los 0.074 [mm], tal como se enseña en la Tabla 2.1. Se define como el número de malla la cantidad de hilos por pulgada lineal que tiene dicha malla. Así, por ejemplo, la malla #40 tiene 40 hilos en una pulgada. Además, con el fin de determinar la masa retenida en cada uno de ellos, se requiere de balanzas de distinta sensibilidad.



Figura 2.1. Tamices ASTM tipo.

Tabla 2.1. Nombre y abertura de las mallas ASTM.



Malla	Abertura [mm]	Malla	Abertura [mm]
3"	75.0	#4	4.750
2 ½"	63.0	#8	2.360
2"	50.0	#10	2.000
1 ½"	37.5	#30	0.600
1"	25.0	#40	0.425
¾"	19.0	#50	0.300
½"	12.5	#100	0.150
3/8"	9.5	#200	0.074

2.3. Procedimiento

- Se pesa la muestra de suelo, con bolones y sin ellos.
- Se pasa la muestra seca de suelo por la malla 3/8" (9.5 mm) y se separa el material que pasa esta malla con el fin de determinar posteriormente el porcentaje de finos.
- Se hace pasar el material que queda retenido en la malla 3/8" (9.5 mm) por todas aquellas mallas de tamaño de apertura mayor, y se pesan las porciones de material que queda retenido en cada una de ellas.
- Se mezcla y homogeniza el material que pasa la malla 3/8" (9.5 mm) y se selecciona una muestra representativa según lo indique el auxiliar encargado del laboratorio.
- Se hace pasar la muestra representativa por las mallas que restan y se pesa la porción de suelo que queda retenida en cada una.
- Cuando se realiza el ensayo en forma rigurosa, la muestra representativa se hace pasar por la malla #200 (0.074 mm), mientras se lava con agua corriente, con el fin de eliminar los finos que puedan quedar sobre la malla. Una vez que el agua sale transparente, tanto el suelo que queda retenido como el que pasa se secan y se pesan. Finalmente, la porción retenida se hace pasar por las mallas #4 a #200 (4.75 a 0.074 mm) y se pesa lo que queda retenido en cada una.
- La curva de distribución granulométrica se construye graficando el porcentaje de material que pasa por la malla i , P_i , como función de la apertura D_i de la malla. Los resultados obtenidos deben ser graficados en escala semi-logarítmica como lo indica la Figura 2.2. Los cálculos para determinar P_i se detallan en la sección siguiente.
- A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener los diámetros característicos D_{10} , D_{30} y D_{60} y calcular los coeficientes de uniformidad C_u y curvatura C_c , definidos en la sección siguiente.
- Finalmente, para clasificar el suelo se utilizan las tablas de la norma ASTM D2487 vistas en clase (Figura 2.3).

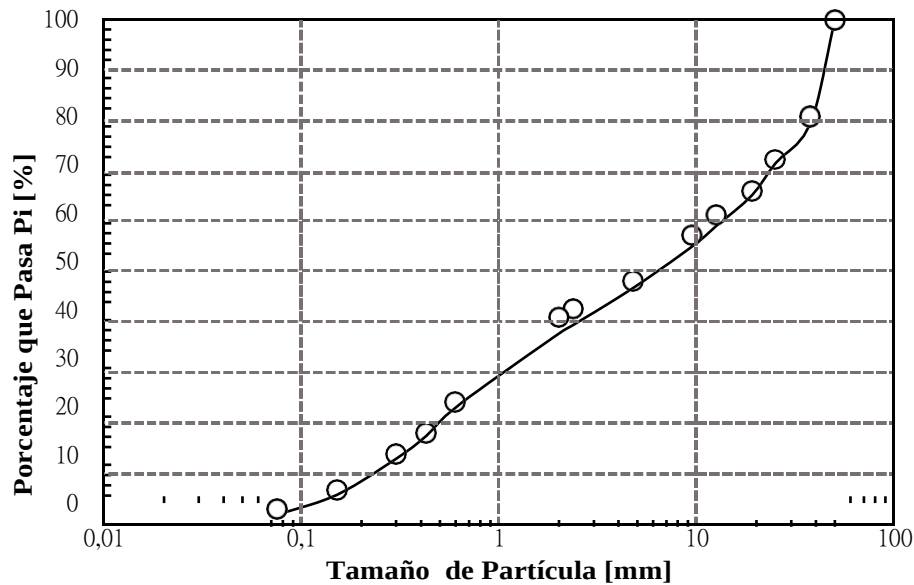


Figura 2.2. Curva Granulométrica.

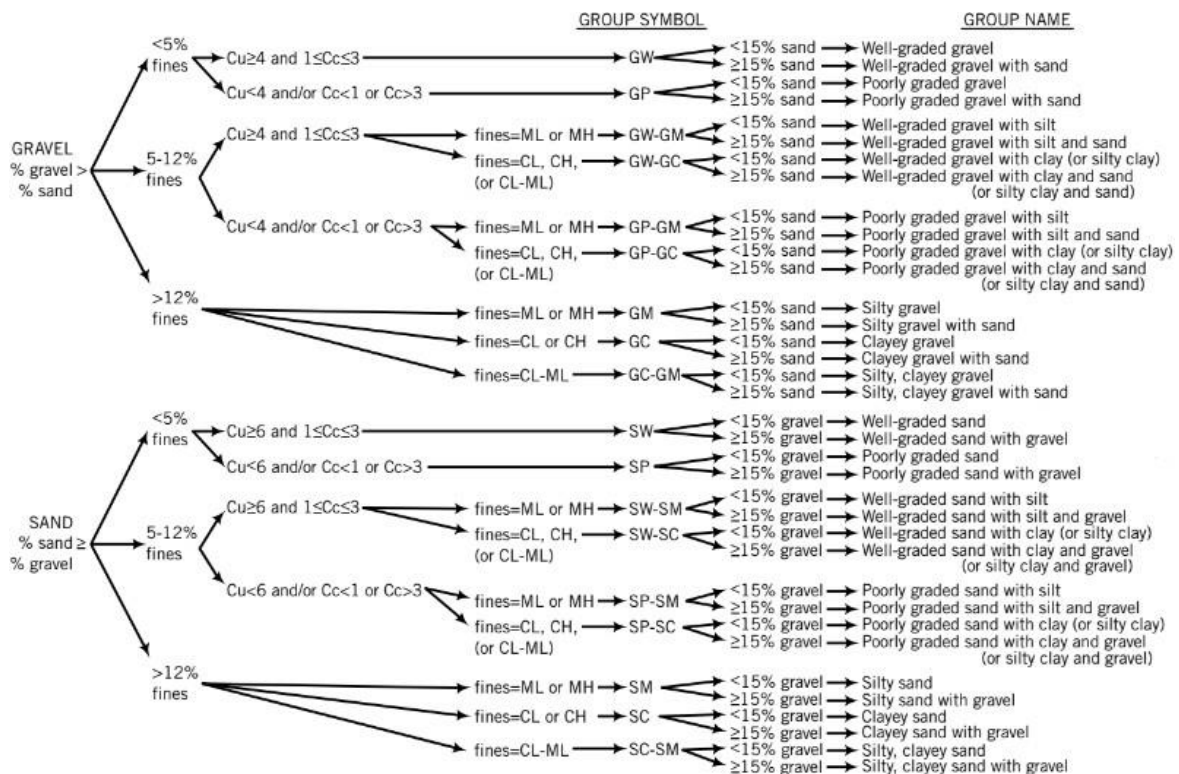


Figura 2.3. Tabla para clasificación de suelos según ASTM D2487. Budhu (2011).

2.4. Fórmulas

2.4.1. Coeficiente de uniformidad, C_u [-]

Representa la variación del tamaño de grano presentes en la muestra. Sin embargo, no entrega información sobre la existencia o inexistencia de un vacío de gradación.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

2.4.2. Coeficiente de curvatura, C_c [-]

Representa la forma de la curva entre el D_{60} y el D_{10} . Valores menores a 1.0 indican la falta de una serie de diámetros entre los mencionados anteriormente.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

2.4.3. Porcentaje de suelo retenido en el tamiz de apertura D_i , R_i [%]

$$R_i = \frac{P_{ri}}{P_t} \cdot 100$$

Donde P_{ri} es el peso retenido por la malla i [gr], y P_t es el peso total [gr], que para el caso de las mallas de aperturas mayores que la #4 corresponde al peso de la muestra, mientras que, para las más finas, es el peso de la muestra representativa que se hace pasar por ellas.

2.4.4. Porcentaje de suelo que pasa por la malla de apertura D_i , P_i [%]

$$P_i = 100 - \sum_{j=1}^i R_j$$

Donde la sumatoria corresponde a los porcentajes de suelo retenido en cada una de las mallas de apertura mayor por las que el suelo ha pasado, hasta el tamiz de apertura D_i .



3. Resultados esperados

3.1. Análisis Visual.

Para cada muestra analizada, se espera que cada alumno entregue una descripción que contenga lo siguiente:

- Tipo de suelo, graduación (bien o mal graduado), y porcentaje de finos.
- Plasticidad obtenida de los ensayos de sacudimiento y amasado.
- Color.
- Humedad.
- Compacidad o consistencia.
- Forma de las partículas.
- Porcentaje de bolones y tamaño máximo de granos.
- Otros (meteorización, alteraciones, presencia de material orgánico, etc.)

En la Tabla 3.1 se presentan ejemplos de descripciones de dos tipos distintos de suelos, uno con predominancia de partículas gruesas, y otro compuesto principalmente de partículas finas.

Tabla 3.1. Ejemplos de descripciones de suelos.

Suelo con predominancia de partículas Gruesas	Suelo con predominancia de partículas finas
Grava muy arenosa, bien graduada, color café claro, humedad baja, y muy compacta, partículas de grava sub-redondeadas. Presenta aproximadamente un 20% de bolones con un tamaño máximo de 12". Contiene pocos finos y existen algunas gravas que presentan un gran grado de meteorización, éstas representan menos del 5% de la muestra.	Arcilla limosa, algo arenosa, de mediana plasticidad, color café oscuro, muy húmeda, presenta algunas raicillas dispersas.

Se debe incluir fotografías de las muestras de suelo, además de señalar el número de la muestra correspondiente (Figura 3.1)



Figura 3.1. Ejemplo muestra de suelo analizada.

3.2. Análisis granulométrico

El informe de esta sección del laboratorio debe incluir:

- Datos experimentales correctamente tabulados y cálculos de porcentajes retenidos y que pasan. Se debe adjuntar la distribución granulométrica del suelo, como se indica en la Figura 2.2 y comentar.
- La clasificación del suelo y una comparación con los resultados que se obtendrían de una inspección y clasificación visual.

4. Problema Propuesto

- Comparar la distribución granulométrica de su muestra con la del resto, indicando las posibles causas de las diferencias observadas.
- Determinar la cantidad de arena (en peso) que se debe agregar a la muestra para que esta sea clasificada como un suelo arenoso y no grava.

5. Referencias

- [1] ROBERT D. HOLTZ Y WILLIAM D. KOVACS. "An introduction to geotechnical Engineering" . 1981, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp 49-53.
- [2] BOWLES, JOSEPH E. "Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil" . Segunda edición, 1980, McGraw Hill, pp 35-43.
- [3] ASTM STANDARD D2487, 1998. "Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)" . ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.