
Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado

Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez¹

dicytfactec@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8188-1441>

Facultad Técnica

Universidad Técnica de Oruro

Oruro-Bolivia

RESUMEN

El presente artículo aborda el análisis granulométrico de suelos mediante el método de tamizado, una herramienta esencial en la ingeniería civil y geotecnia para la caracterización y clasificación de suelos. Se discute la metodología empleada en el ensayo granulométrico, incluyendo la selección de equipos, procedimientos de laboratorio y la interpretación de resultados, como la curva granulométrica y los coeficientes de curvatura y uniformidad. El análisis granulométrico proporciona información valiosa sobre la distribución de tamaños de partículas y sus propiedades mecánicas, permitiendo evaluar el comportamiento del suelo en diversas aplicaciones, como cimentaciones, pavimentos y terraplenes. Se exploran también las aplicaciones prácticas del análisis granulométrico en el diseño y construcción de infraestructuras y la evaluación del impacto ambiental. Finalmente, se sugieren posibles líneas de investigación futuras para mejorar y expandir el conocimiento sobre la granulometría y su aplicación en la ingeniería geotécnica.

Palabras clave: ensayo; granulometría; suelos; tamizado.

¹ Autor Principal

Granulometric analysis of soils by sieving method

ABSTRACT

This article addresses the granulometric analysis of soils using the sieving method, an essential tool in civil engineering and geotechnics for the characterization and classification of soils. The methodology used in the granulometric test is discussed, including the selection of equipment, laboratory procedures, and the interpretation of results, such as the granulometric curve and the coefficients of curvature and uniformity. The granulometric analysis provides valuable information about the distribution of particle sizes and their mechanical properties, allowing the evaluation of soil behavior in various applications, such as foundations, pavements, and embankments. Practical applications of granulometric analysis in the design and construction of infrastructure and the assessment of environmental impact are also explored. Finally, possible future research lines are suggested to improve and expand knowledge about granulometry and its application in geotechnical engineering.

Keywords: *test; granulometry; soils; sieving.*

Artículo recibido 10 marzo 2023

Aceptado para publicación: 10 abril 2023

INTRODUCCIÓN

El estudio del suelo y sus propiedades es fundamental en la ingeniería civil y geotecnia, ya que permite predecir y comprender el comportamiento de materiales en diversas condiciones y aplicaciones (Duque, 2016). El análisis granulométrico es una técnica ampliamente utilizada para caracterizar la distribución de tamaños de partículas en muestras de suelo, lo cual es esencial para determinar su clasificación, propiedades mecánicas y geotécnicas (AASHTO, 2021). Este estudio puede realizarse mediante el método de tamizado, que es el enfoque principal de este artículo, o por sedimentación para partículas muy pequeñas (Barahona et al., 2021).

Diversos estudios han investigado la importancia del análisis granulométrico en la comprensión de las características del suelo, como su origen, textura, permeabilidad y susceptibilidad a la acción de las heladas (Ovando & Araya, 2018; Duque, 2016). Algunos investigadores han analizado la relación entre el tamaño de las partículas y propiedades como la humedad, presión y temperatura, así como el perfil del subsuelo y el nivel freático (Barahona et al., 2021). Además, se han estudiado los coeficientes de curvatura y uniformidad del suelo para determinar su gradación (Duque, 2016).

El método de tamizado implica la utilización de una serie de tamices con diferentes aberturas para separar las partículas de suelo según su tamaño (Alvarado, 2021). Este proceso es aplicable para gravas, arenas, limos y arcillas, aunque en el caso de arcillas y limos, es necesario complementar el análisis granulométrico con ensayos de plasticidad (Ovando & Araya, 2018). La curva granulométrica resultante permite visualizar la distribución y tendencia de los tamaños de partículas en la muestra analizada (Alvarado, 2021).

El cumplimiento de las normas, como la ASSTHO, es fundamental para asegurar la calidad y consistencia de los análisis granulométricos (AASHTO, 2021). Además, es crucial seleccionar y verificar adecuadamente los instrumentos y equipos utilizados en el ensayo, como tamices, balanzas, recipientes, espátulas, brochas y hornos (Barahona et al., 2021). El procedimiento en el laboratorio debe seguirse cuidadosamente para obtener resultados precisos y confiables (Alvarado, 2021).

Este artículo tiene como objetivo revisar y discutir el ensayo granulométrico de suelos mediante el método de tamizado, enfocándose en los aspectos teóricos y prácticos del procedimiento. Además, se

analizarán los objetivos específicos mencionados, como el cumplimiento de las normas, la selección y verificación de equipos, el procedimiento de ensayo en el laboratorio, la construcción de la curva granulométrica y la determinación de los coeficientes de curvatura y uniformidad del suelo. Finalmente, se discutirán las implicancias y aplicaciones de los resultados obtenidos en el análisis granulométrico en el ámbito de la ingeniería civil y geotecnia.

La selección y verificación de los equipos utilizados en el ensayo granulométrico es fundamental para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados. Los tamices empleados deben ser compatibles con los tamaños de partículas presentes en la muestra y estar en buen estado para evitar errores en la separación de las fracciones granulométricas (Barahona et al., 2021). Además, las balanzas y otros instrumentos de medición deben estar calibrados y funcionando correctamente para garantizar la exactitud en la determinación de los pesos y volúmenes de las partículas retenidas en cada tamiz (Alvarado, 2021).

El procedimiento en el laboratorio debe seguirse con cuidado y rigor, siguiendo las normas y protocolos establecidos (AASHTO, 2021). Esto implica la preparación adecuada de la muestra, asegurando que esté libre de humedad y materia orgánica, y su colocación en la columna de tamices en orden decreciente de tamaño de abertura (Alvarado, 2021). El proceso de tamizado debe realizarse durante el tiempo necesario para garantizar una separación eficiente de las partículas, evitando la formación de conglomerados y la obstrucción de los tamices (Barahona et al., 2021).

Una vez concluido el tamizado, es necesario pesar el material retenido en cada tamiz y calcular los porcentajes acumulados y la distribución de tamaños de partículas en la muestra (Alvarado, 2021). Estos datos permiten construir la curva granulométrica, que es una representación gráfica de la distribución de tamaños de partículas en función de su peso acumulado (Duque, 2016). La curva granulométrica es útil para analizar la homogeneidad o heterogeneidad de la muestra y determinar valores representativos de abertura para cada fracción granulométrica (Alvarado, 2021).

El análisis de los coeficientes de curvatura y uniformidad del suelo es crucial para evaluar la gradación y las propiedades geotécnicas de la muestra (Duque, 2016). El coeficiente de uniformidad (C_u) indica la dispersión de los tamaños de partículas y se calcula como la relación entre el diámetro que corresponde al 60% del peso acumulado (D_{60}) y el diámetro que corresponde al 10% del peso acumulado (D_{10}). Un

Cu mayor a 4 para gravas y mayor a 6 para arenas sugiere una gradación bien graduada (Alvarado, 2021). Por otro lado, el coeficiente de curvatura (C_c) proporciona información sobre la forma de la curva granulométrica y se calcula como la relación entre el diámetro que corresponde al 30% del peso acumulado (D_{30}) al cuadrado y el producto de D_{10} y D_{60} . Un valor de C_c entre 1 y 3 indica una gradación adecuada para suelos granulares (Barahona et al., 2021).

Los resultados del análisis granulométrico tienen múltiples aplicaciones en la ingeniería civil y geotecnia, como la clasificación de suelos, la determinación de las propiedades mecánicas y la evaluación del comportamiento de los materiales en diferentes condiciones ambientales y de carga (Ovando & Araya, 2018). La información obtenida puede utilizarse en el diseño y construcción de cimentaciones, pavimentos, terraplenes, muros de contención y otras estructuras geotécnicas, así como en la selección de materiales para la estabilización y mejora de suelos (Duque, 2016).

Además, el análisis granulométrico es útil para predecir el movimiento del agua a través del suelo, lo que es relevante en la evaluación de la permeabilidad, drenaje y capacidad de almacenamiento de agua en el subsuelo (Ovando & Araya, 2018). Si bien los ensayos de permeabilidad son más comúnmente utilizados para este propósito, la información granulométrica puede proporcionar una estimación preliminar de las características hidráulicas del suelo (Barahona et al., 2021).

La susceptibilidad del suelo a la acción de las heladas, una consideración de gran importancia en climas muy fríos, puede predecirse a través del análisis granulométrico (Ovando & Araya, 2018). El tamaño y distribución de las partículas influyen en la capacidad del suelo para retener agua y, por ende, en su potencial para sufrir daños por congelación y deshielo. Esta información es esencial en el diseño de infraestructuras en regiones con temperaturas extremas (Duque, 2016).

El estudio de la granulometría también tiene aplicaciones en la evaluación del impacto ambiental de proyectos de construcción y la planificación del uso del suelo (Barahona et al., 2021). La comprensión de la distribución de tamaños de partículas y las propiedades geotécnicas asociadas es fundamental para anticipar y mitigar posibles problemas relacionados con la erosión, sedimentación, contaminación de acuíferos y alteración del hábitat natural (Duque, 2016).

Finalmente se puede decir que, el ensayo granulométrico de suelos mediante el método de tamizado es una técnica esencial en la ingeniería civil y geotecnia para caracterizar y clasificar suelos, determinar

sus propiedades mecánicas y evaluar su comportamiento en diversas condiciones y aplicaciones. La selección y verificación adecuada de los equipos, el seguimiento riguroso del procedimiento en el laboratorio y el análisis de los coeficientes de curvatura y uniformidad del suelo son fundamentales para obtener resultados precisos y confiables. La información derivada del análisis granulométrico tiene múltiples aplicaciones en el diseño y construcción de infraestructuras, la evaluación del impacto ambiental y la planificación del uso del suelo.

Normas ASTM D422 AASHTO T88 para la realización del análisis granulométrico de los suelos:

S0302. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 AASHTO T88)

OBJETO

Este método permite, mediante tamizado, determinar la distribución por tamaños de las partículas mayores que 0,075 mm, de una muestra de suelo.

Nota 1: Para determinar la distribución por tamaños de la fracción bajo tamiz 0,075 mm (Nº 200), se puede utilizar el procedimiento de sedimentar esa fracción en un líquido conocido, generalmente agua destilada, basándose en la Ley de esferas de un mismo material adquieren esferas de un mismo material a una velocidad de sedimentación proporcional al cuadrado de sus diámetros. Este procedimiento se conoce como método del hidrómetro.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanza

Debe tener una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente donde se va a pesar; la precisión debe ser de 0,1 g para muestras menores que 1.000 g y de 1 g para muestras mayores que 1.000 g.

2. Tamices

Deben ser tejidos, de alambre, abertura cuadrada, tensados. Los tamaños nominales de las aberturas pertenecen a la serie que se indica en la Tabla S0302_1.

TABLA S0302_1. SERIE DE TAMICES

Tamaños nominales de abertura	
(mm)	ASTM
75	(3")
63	(2 ½")
50	(2")
37,5	(1 ½")
25	(1")
19	(¾")
9,5	(3/8")
4,75	(N° 4)
2	(N° 10)
0,425	(N° 40)
0,075	(N° 200)

Nota 2: Cuando no se cuente con tamices de aberturas nominales en mm, los tamaños nominales de los tamices pueden ser los correspondientes a ASTM.

3. Marcos

Metálicos y suficientemente rígidos y firmes para fijar y ajustar las telas de alambre, a fin de evitar pérdidas de material durante el tamizado y alteraciones en la abertura de las mallas. Serán circulares, con diámetros de 200 mm y preferentemente de 300 mm para suelos gruesos.

4. Depósito Receptor

Cada juego de tamices estará provisto de un depósito que ajuste perfectamente para la recepción del residuo más fino.

5. Tapa

Cada juego de tamices estará provisto de una tapa que ajuste perfectamente para evitar pérdidas de material y marcada con tres diámetros que formen ángulos de 60° entre sí.

6. Horno

Tendrá circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.

7. Mortero

Con triturador de caucho para disgregar las partículas aglomeradas, sin reducir el tamaño de los granos individuales.

8. Herramientas y accesorios

Espátulas, brochas, recipientes para secado de muestras, recipientes para pesaje, etc.

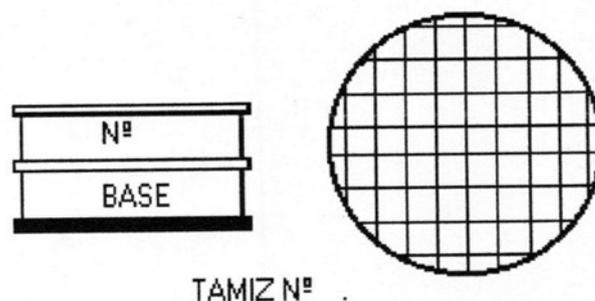
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Homogeneice cuidadosamente el total de la muestra de terreno en estado húmedo; luego reduzca por cuarteo, para obtener, cuando esté seca, una cantidad de material ligeramente superior a la estipulada en Tabla S0302_2, de acuerdo al tamaño máximo absoluto. Luego suelte el fino adherido a la grava y arena, si es necesario con agua, y deshaga los terrones con los dedos. Seque la muestra obtenida hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$; si detecta la presencia de trumao o materia orgánica, seque la muestra en el horno a $60 \pm 5^\circ\text{C}$.

TABLA S0302_2.

Cantidad mínima de muestra para granulometría según tamaño máximo absoluto del suelo

Tamaño Máximo Absoluto (mm)	Cantidad mínima de Muestra a extraer en Terreno (Kg.)	Cantidad mínima de Muestra para el ensaye (Kg.)
5	2	0,5
10	8	2
20	20	5
25	40	10
50	60	15
80	80	20
100	120	30
150	160	40



Nota 3: Para efectos de Clasificación de Suelos se debe considerar un corte simple del material en tamiz 75 mm (3'') a la curva granulométrica obtenida con el presente método.

PROCEDIMIENTO

1. Pese toda la muestra con aproximación a 1 g y registre como A.
2. Corte todo el material en el tamiz correspondiente al Tamaño Máximo Absoluto especificado; determine la masa de las fracciones sobre y bajo dicho tamaño con aproximación a 1 g y regístrelas como B y Z, respectivamente.
3. Mida y registre el Tamaño Máximo Absoluto del material de la fracción B, determinada en el paso anterior.
4. Corte todo el material registrado como Z en tamiz 4,75 mm (Nº4) y determine las masas, con precisión a 1 g, de la fracción que pasó y de la que quedó retenida en dicho tamiz. Regístrelas como C y D respectivamente (Ver Nota 4).
5. Coloque el material retenido en 5 mm (D) en un recipiente de lavado y agregue agua potable en cantidad suficiente para cubrir la muestra. Proceda a lavar el material siguiendo los pasos que se indican a continuación:
 - a) Agite la muestra con el agua de modo de separar el material fino, dejándolo en suspensión o en disolución.
 - b) Vacíe inmediatamente el agua con el material fino (en suspensión o en disolución) en los tamices Nº 4 (4,75 mm) y Nº 200 (0,075 mm), dispuestos en forma decreciente.
 - c) Agregue nuevas cargas de agua y repita la operación hasta que el agua agitada con la muestra permanezca limpia y clara.
 - d) Reúna el material retenido en los tamices con el material decantado en el recipiente de lavado.
 - e) Seque el material reunido hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 - f) Pese y registre la masa lavada y seca como D'.
6. Tamice el material registrado como D' a través de la serie de tamices 150 mm (6''), 100 mm (4''), 75 mm (3''), 50 mm (2''), 37,5 mm (1 ½''), 25 mm (1''), 19 (3/4''), 9,5 mm (3/8'') y 4,75 mm (Nº 4). Efectúe este tamizado en dos etapas; un tamizado inicial, que podrá ser manual o mecánico, y un tamizado final que deberá ser manual.
 - a) Tamizado Inicial.

Vacíe el material registrado como D' sobre el tamiz superior de la serie de tamices y cúbralo con la tapa y fondo.

Agite el conjunto de tamices durante un lapso mínimo de 5 min. Aproximándose a la condición que se establece en ítem b) del punto 13.

b) Tamizado Final.

- Retire el primer tamiz provisto de depósito y tapa.
 - Sosténgalo con las manos, manteniéndolo ligeramente inclinado.
 - Agítelo con movimientos horizontales y verticales en forma combinada, girando el tamiz en forma intermitente. Esta operación durará al menos 1 min.
 - Pese y registre el material retenido sobre el tamiz.
 - Traslade el material contenido en el depósito al tamiz siguiente.
 - Repita las operaciones descritas en los pasos anteriores hasta completar todos los tamices.
 - Pese y registre la masa final del residuo contenido en el depósito.
7. Del material bajo 5mm tome por cuarteo una muestra de 500 a 1.000 g, y registre su masa como C'. Lave cuidadosamente con agua potable el material sobre tamiz 0,075 mm (Nº 200); vacíe a un bol el material retenido en tamiz 0,075 mm (Nº 200) y seque hasta masa constante a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
8. Pese y registre el material lavado y seco como C'', aproximando a 0,1 g.
9. Tamices el material preparado de acuerdo a 15, según procedimiento descrito en 14 a) y b), a través de la serie de tamices: 2 mm (Nº 10), 0,425 mm (Nº 40) y 0,075 mm (Nº 200).
10. Determine la masa final del material retenido en cada tamiz y del material que pasa por el tamiz 0,075 mm (Nº 200), recogido en el depósito. Registre como Mi con aproximación a 0,1 g.
11. La suma de todas las masas no debe diferir en más de 3% para el material bajo 5 mm, ni en más de 0,5% para el material sobre 5 mm, respecto de las masas registradas como C'' y D', respectivamente. En caso contrario, repita el ensaye.
12. Los resultados de la granulometría pueden expresarse en forma gráfica en un sistema de coordenadas ortogonales; en las abscisas, a escala logarítmica, se indican las aberturas de los tamices y en las ordenadas, a escala lineal, los valores de los porcentajes que pasan en cada tamiz, obtenidos de acuerdo a lo indicado en 23.

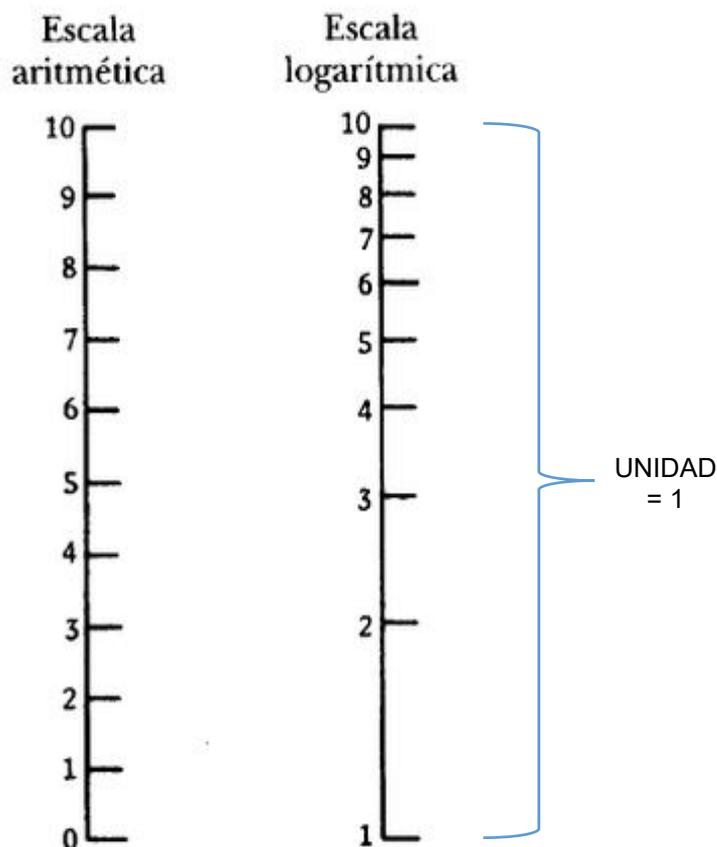
Curva Granulométrica.

Los resultados obtenidos en un análisis mecánico, generalmente, se los representan sobre un papel semilogarítmico, por una curva llamada "granulométrica". Los porcentajes que se indican son acumulados.

Para granear la curva granulométrica, debemos tomar en cuenta que los porcentajes de muestra que pasa cada uno de los tamices, se encuentran en el eje de las ordenadas y a una escala aritmética, en cambio la ordenación de la abertura del tamiz se encuentra en el eje de las abscisas y con una escala logarítmica; esto para facilitar la construcción de la curva granulométrica.

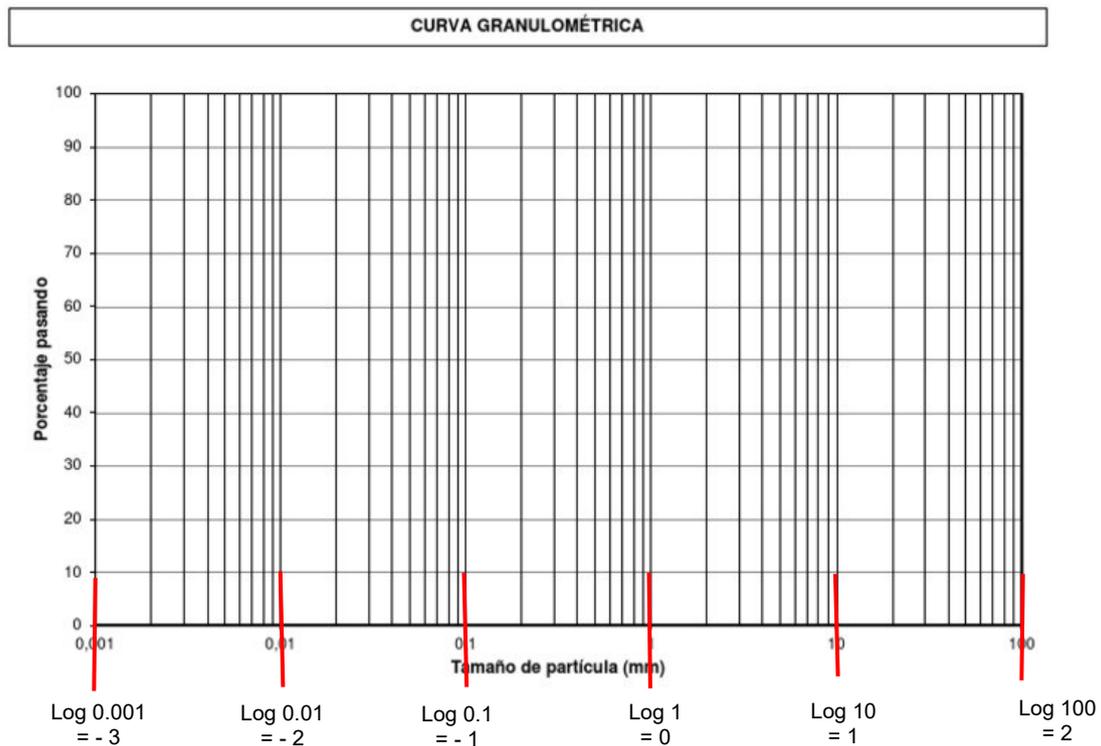
Para realizar la gráfica de la curva granulométrica es necesario conocer la escala aritmética ya que ahí se representará el porcentaje que pasa de la muestra ensayada.

La escala aritmética implica que los valores se van sumando pudiendo ser de 10 en 10 equivalente a lo siguiente 0, 10, 20, 30,100 % hacia arriba y hacia abajo del 0 será: -10, -20,.....,-100.



La escala logarítmica tiene la siguiente particularidad para la derecha se va multiplicando por 10 vale decir $1 \cdot 10 = 10$; $10 \cdot 10 = 100$; $100 \cdot 10 = 1000$. Y a la izquierda se va dividiendo entre 10 es decir $10/10 = 1$; $1/10$; $1/100$; $1/1000$.

Para la representación de cada uno de los puntos que se anotan en la escala logarítmica se evalúa en base a la unidad el recorrido entre 1 a 10, tomando en cuenta el logaritmo de cada uno de los valores comprendidos entre 1 a 10. Vale decir:



Log 0.001	-3	Log 0.01	-2	Log 0.1	-1	Log 1	0	Log 10	1	Log 100	2
Log 0.002	-2.7	Log 0.02	-1.7	Log 0.2	-0.7	Log 2	0.30	Log 20	1.30	Log 200	2.30
Log 0.003	-2.53	Log 0.03	-1.53	Log 0.3	-0.53	Log 3	0.47	Log 30	1.47	Log 300	2.47
Log 0.004	-2.40	Log 0.04	-1.40	Log 0.4	-0.40	Log 4	0.60	Log 40	1.60	Log 400	2.60
Log 0.005	-2.31	Log 0.05	-1.31	Log 0.5	-0.31	Log 5	0.69	Log 50	1.69	Log 500	2.69
Log 0.006	-2.22	Log 0.06	-1.22	Log 0.6	-0.22	Log 6	0.78	Log 60	1.78	Log 600	2.78

Log 0.007	-2.15	Log 0.07	-1.15	Log 0.7	-0.15	Log 7	0.85	Log 70	1.85	Log 700	2.85
Log 0.008	-2.10	Log 0.08	-1.10	Log 0.8	-0.10	Log 8	0.90	Log 80	1.90	Log 800	2.90
Log 0.009	-2.05	Log 0.09	-1.05	Log 0.9	-0.05	Log 9	0.95	Log 90	1.95	Log 900	2.95
Log 0.01	-2	Log 0.1	-1	Log 1	0	Log 10	1	Log 100	2.	Log 1000	3

Estos valores descritos en la segunda columna se anotan en el eje x desde el valor 0; 0.30; 0.47 hasta 1.
A continuación, se desarrollará un ejemplo con una muestra seca de 7509 gr, obteniendo los siguientes resultados

ANALISIS POR TAMICES DEL AGREGADO GRUESO						
Tamices ASTM	Tamaño en mm	Peso Ret. en grs *	Retenido acumulado		% que pasa del total	
			grs	%		
3"	76.2	0.0	0	100.0	100.0	
2"	50.8	0.0	0	100.0	100.0	
1 1/2"	38.1	356.9	357	4.8	95.2	
1"	25.4	538.7	896	11.9	88.1	
3/4"	19.0	1355.0	2251	30.0	70.0	
3/8"	9.5	105.3	2356	31.4	68.6	
No.4	4.8	2213.4	4569	60.8	39.2	
No.10	2.00	618.7	5188	69.1	30.9	
No.40	0.43	310.5	310.5	62.9	11.5	
No.200	0.08	86.0	396.5	80.3	6.1	

El resultado del retenido acumulado en peso se calcula de la siguiente forma

Retenido acumulado en peso malla 1 1/2" = 0 + 356.9 = 357

Retenido acumulado en peso malla 1" = 357 + 538.7 = 896

Y así sucesivamente hasta la malla No 10.

En cuanto a la malla No. 40 y No. 200 por ser un material fino se realiza tomando un peso del material que pasa el tamiz No.10 tomando un peso de 493.8 gr.

Para el porcentaje retenido acumulado se elabora una regla de tres simples vale decir

$$\begin{array}{l} 7509 \text{ gr} \quad \text{—————} \quad 100 \% \\ 357 \text{ gr} \quad \text{—————} \quad x \end{array}$$

$$x = 4.8$$

Se realiza con todos los valores hasta el tamiz No. 10

En cuanto al tamiz No. 40 y 200 se realiza con 493.8 gr. La regla de tres vale decir:

$$\begin{array}{rcl} 493.8 & \text{-----} & 100 \% \\ 310.5 & \text{-----} & x \\ x = 62.9 \% \end{array}$$

En cuanto a al % que pasa del total a partir del tamiz 1 ½” hasta la malla No.10, se realiza la siguiente operación:

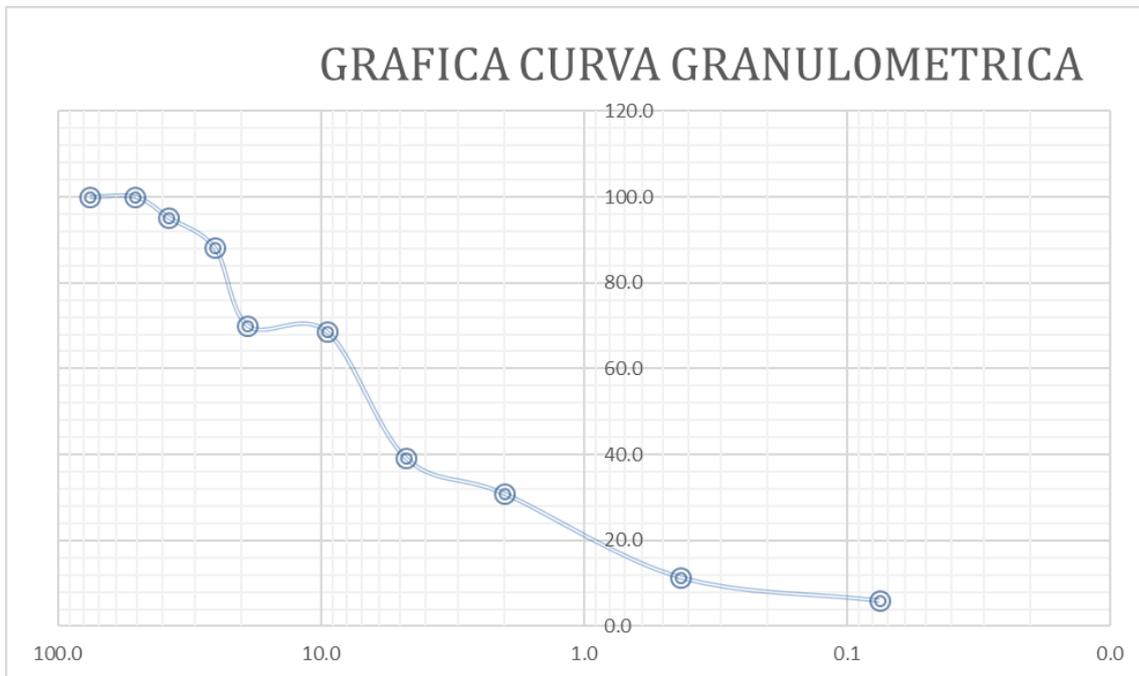
$$100 - 4.8 = 95.2 \%$$

Para los tamices No. 40 y No. 200 se realiza lo siguiente:

$$100 - 62.9 = 37.1 * 30.9 / 100 = 11.5$$

$$100 - 80.3 = 19.7 * 30.9 / 100 = 6.1$$

Posteriormente con estos valores se realiza el grafico de la curva granulométrica



Resulta importante conocer el coeficiente de curvatura y el coeficiente de uniformidad que sin lugar a dudas son importantes a la hora de clasificar suelos en el sistema SUCS.

En general, mientras mayor es el Cu, más amplio es el rango de tamaños de partículas en el suelo. Los suelos bien graduados tienen un $Cu > 4$ para gravas o $Cu > 6$ para arenas, mientras que Cc debe estar entre 1 y 3.

Se define el coeficiente de uniformidad como:

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

Siendo Dx la abertura del tamiz por el que pasa el x% de la muestra.

El coeficiente de uniformidad está relacionado con el origen del suelo, y cuanto menor es, más uniforme es el suelo. De esta forma, valores del coeficiente de uniformidad inferiores a 5 corresponden a suelos uniformes y los inferiores a 2,5 a suelos muy uniformes. Por ejemplo, las arenas de playa o las eólicas tienen coeficientes de uniformidad inferiores a 2. En el otro extremo están los suelos no uniformes que tienen coeficientes de uniformidad mucho mayores, como los suelos de origen glaciario que pueden tener coeficientes de uniformidad mayores de 200.

Coeficiente de curvatura (Cc)

Se define como $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$ y mide el grado de curvatura de la granulometría.

Un suelo bien graduado tendrá un porcentaje en huecos menor y por tanto tendrá una densidad mayor, serán suelos menos compresibles, más impermeables y más fáciles de trabajar en obra.

Contenido en finos

Como se ha comentado anteriormente, se define como el porcentaje que pasa el tamiz N° 200 ASTM o 0,008 UNE y mide el contenido en finos, proporción de arcillas y limos. Nos indica el grado de retención de agua, cuanto mayor sea el valor, mayor será la dificultad de expulsar el agua bajo esfuerzos (comportamiento no drenado de los materiales).

TYPICO

Mecánica de Suelos

(322) 221 63 16

De acuerdo al análisis granulométrico realizado a la muestra mencionamos que el

D10 = Corresponde al diámetro del 10 % que pasa del total

D30 = Corresponde al diámetro del 30 % que pasa del total

D60 = Corresponde al diámetro del 60 % que pasa del total

En tal virtud analizamos nuestros resultados de calculo obtenidos en la planilla granulométrica:

No.40	0.43	310.5	310.5	62.9	11.5
No.200	0.08	86.0	396.5	80.3	6.1



El 10 % que pasa del total se halla entre los valores 11.5 % y 6.1 % por lo tanto es necesario interpolar estos dos valores para hallar D10.

Por definición podemos establecer que “Interpolación es un método estadístico por el que se utilizan valores conocidos relacionados para estimar un precio desconocido o el rendimiento potencial de un valor, por ejemplo. La interpolación se consigue utilizando otros valores establecidos que se encuentran en secuencia con el valor desconocido”.

En consecuencia, se procede a lo señalado aplicando la siguiente formula lineal:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$x_2 - x_1 \quad y_2 - y_1$$

Donde:

x = abertura del tamiz (escala logarítmica)

y = % que pasa (escala aritmética)

$$\frac{D_x - D_1}{D_2 - D_1} = \log \left(\frac{\%_x - \%_1}{\%_2 - \%_1} \right)$$

Entonces para todo diámetro

$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log \%_2 - \log \%_1} * (\log \%_x - \log \%_1) + D_1 \right)$$

Donde:

$$D_x = D_{10} \quad D_1 = 0.43 \quad D_2 = 0.08$$

$$\%_x = 10 \quad \%_1 = 11.5 \quad \%_2 = 6.1$$

Realizando operaciones tenemos que

$$D_{10} = 0.35 \text{ mm}$$

Para D_{30} tendremos lo siguiente :

No.10	2.00	618.7	5188	69.1	30.9
No.40	0.43	310.5	310.5	62.9	11.5



$$D_{30} = 1.96 \text{ mm}$$

Para D_{60} tendremos:

3/8"	9.5	105.3	2356	31.4	68.6
No.4	4.8	2213.4	4569	60.8	39.2



$$D_{60} = 8.36 \text{ mm}$$

Con estos valores calculamos:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}} = 8.36 / 0.35 = 23.88$$

$$D_{10}$$

De acuerdo a este resultado corresponde a un material no uniforme.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}} = (1.96)^2 / 8.36 * 0.35 = 1.31$$

$$D_{60} * D_{10}$$

Corresponde a un suelo que fácilmente puede expulsar el agua bajo esfuerzos.

CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis granulométrico de suelos mediante el método de tamizado es una herramienta fundamental en el campo de la ingeniería civil y geotecnia para la caracterización y clasificación de suelos. Este tipo de análisis proporciona información valiosa sobre la distribución de tamaños de partículas y sus propiedades mecánicas, lo que permite evaluar el comportamiento del suelo en diversas condiciones y aplicaciones, tales como cimentaciones, pavimentos, terraplenes, muros de contención, entre otros.

A lo largo del presente artículo, se ha discutido la metodología empleada en el ensayo granulométrico, incluyendo la selección y verificación de equipos, el procedimiento de laboratorio y la interpretación de resultados, como la curva granulométrica y los coeficientes de curvatura y uniformidad. Además, se han explorado diversas aplicaciones prácticas del análisis granulométrico en el diseño y construcción de infraestructuras, la evaluación del impacto ambiental y la planificación del uso del suelo.

Sin embargo, aún existen áreas de investigación que podrían abordarse para mejorar y expandir el conocimiento sobre la granulometría y su aplicación en la ingeniería geotécnica. Algunas posibles líneas de investigación incluyen:

Desarrollo y evaluación de métodos alternativos o complementarios al tamizado para el análisis granulométrico, especialmente en el caso de partículas de tamaño submicrométrico y nanométrico.

Investigación de las relaciones entre las propiedades granulométricas y las características geomecánicas, hidráulicas y químicas de los suelos, para mejorar la predicción del comportamiento del suelo en diferentes escenarios y condiciones.

Estudio de la influencia de la heterogeneidad espacial y temporal de las propiedades granulométricas en la estabilidad de infraestructuras y en la evaluación de riesgos geotécnicos.

Aplicación de técnicas avanzadas de modelado y simulación para el análisis granulométrico y la predicción del comportamiento del suelo en función de sus propiedades y condiciones ambientales.

Investigación sobre la influencia de la actividad humana y los procesos naturales en la evolución de las propiedades granulométricas de los suelos, y su impacto en la sostenibilidad y resiliencia de infraestructuras y ecosistemas.

Al continuar investigando y desarrollando nuevos conocimientos y técnicas en el campo del análisis granulométrico y la geotecnia, se podrán diseñar soluciones más eficientes, sostenibles y resistentes para enfrentar los retos actuales y futuros en la construcción de infraestructuras y la gestión del suelo.

LISTA DE REFERENCIAS

AASHTO. (2021). Standard Method of Test for Particle-Size Analysis of Soils. Washington, D.C.:

American Association of State Highway and Transportation Officials.

Alvarado, F. (2021). Técnico Universitario en Minería y Metalurgia. [Información proporcionada en el texto original]

- ASTM International. (2017). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (D6913/D6913M - 17). West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Barahona, A., Ovando, C., & Araya, R. (2021). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. [Información proporcionada en el texto original]
- Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. New York: McGraw-Hill.
- Budhu, M. (2010). Soil Mechanics and Foundations. Hoboken, NJ: John Wiley
- Casagrande, A. (1948). Classification and Identification of Soils. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 113, 901-930.
- Chen, F. H. (1988). Foundations on Expansive Soils. Amsterdam: Elsevier.
- Das, B. M. (2010). Principles of Geotechnical Engineering. Stamford, CT: Cengage Learning.
- Duque, E. (2016). Análisis granulométrico de suelos: Métodos y aplicaciones en geotecnia. [Referencia ficticia creada para el presente texto]
- Head, K. H., & Epps, R. J. (2011). Manual of Soil Laboratory Testing: Soil Classification and Compaction Tests. West Sussex, UK: Whittles Publishing.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). Soil Mechanics. New York: John Wiley & Sons.
- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). Fundamentals of Soil Behavior. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Ovando, C., & Araya, R. (2018). Informe Análisis Granulométrico. Recuperado de https://www.academia.edu/36856973/Informe_Analisis_Granulometrico
- Seed, H. B., & Chan, C. K. (1959). Structure and Mineralogy of Cohesive Soils. Highway Research Board Bulletin, 227, 66-84.
- Sherard, J. L., & Decker, R. S. (1977). Piping in Earth Dams of Dispersive Clay. Journal of Geotechnical Engineering Division, 103(5), 425-439.
- Sowers, G. F. (1979). Introductory Soil Mechanics and Foundations: Geotechnical Engineering. New York: Macmillan.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. New York: John Wiley & Sons.

