

## Práctica 1

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DE UN MATERIAL EN POLVO

### 1. Objetivos docentes

Aprender a seleccionar y preparar muestras de un sistema material en polvo. Conocer un método para realizar una granulometría.

### 2. Objetivo del trabajo práctico

Seleccionar una muestra representativa de un suelo arcilloso según la norma UNE 103 100 “Preparación de muestras para ensayos de suelos” y estudiar la distribución de tamaños de las partículas de este sistema aplicando la norma UNE 103 101 “Análisis granulométrico de suelos por tamizado”.

### 3. Fundamento teórico

#### Sistemas materiales dispersos

Un sistema material se denomina disperso cuando se encuentra finamente dividido, es decir, está formado por un conjunto de pequeñas partículas sólidas, de diferentes tamaños y formas e incluso de diferente naturaleza, que se comportan como un todo de forma diferente a como lo hacen individualmente.

Entre los sistemas materiales dispersos se encuentran los sistemas granulares con tamaños de partícula entre 2 y 0.044 mm aproximadamente, los sistemas en polvo entre unas 44 y 0,24  $\mu\text{m}$ , y los sistemas coloidales con tamaños entre las centenas y las decenas de nanómetros ( $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  m).

La mayoría de las materias primas que se utilizan en la industria vienen en forma de sistemas materiales dispersos. Son ejemplos la arena y la granza (granulares), la arcilla y los metales para pulvimetalurgia (en polvo) y los colorantes y pigmentos (coloides).

El estudio de los sistemas materiales dispersos es una tarea compleja que se dificulta a medida que decrece el tamaño de partícula y aumenta el rango de tamaños diferentes que contiene el sistema. Además de estudiar las partículas individuales, el sistema tiene propiedades y características propias del conjunto de partículas, como es la distribución de tamaños de partícula, es decir, la cantidad de partículas de cada tamaño diferente que contiene el sistema. Esto es lo que se conoce como granulometría.

#### La granulometría por tamizado

Una forma de medir tamaños de partícula es haciéndolas pasar por mallas o tamices de distintas aperturas (ver imagen). La apertura también se denomina luz del tamiz. Todas las partículas que atraviesen el tamiz tendrán un tamaño menor que su luz.



Juego de tamices para granulometría

Utilizando una serie de tamices de aperturas decrecientes apilados se consigue fraccionar el sistema en muestras de distintos tamaños de grano. Lo que queda retenido en un tamiz tiene un tamaño de partícula comprendido entre la apertura de dicho tamiz y la del tamiz inmediatamente anterior. De este modo se acotan los intervalos de tamaño de grano.

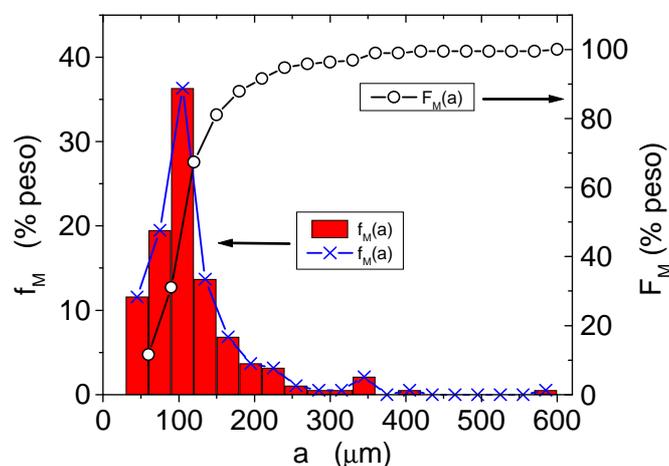
Determinar el número de partículas en cada tamiz es muy complicado cuando el tamaño es pequeño, por lo que se utiliza la masa retenida. Pesando lo que ha retenido cada tamiz se obtiene el porcentaje en peso de material para cada intervalo de tamaños.

Existen tamices metálicos con mallas de aperturas cuadradas desde 125 mm hasta unas 40 micras de lado. La norma UNE 7 050-2 describe las características y los nombres de los tamices que deben emplearse en las granulometrías en Europa, según la normativa en vigor. Una serie de tamices habitualmente utilizada es 100, 80, 63, 50, 40, 25, 20, 12.5, 10, 6.3, 5, 2, 1.25, 0.40, 0.160 y 0.080 mm de apertura.

### Representación de los datos

Los datos obtenidos experimentalmente se presentan en una tabla, y también en forma gráfica, donde se aprecia el tamaño medio del sistema de partículas, la anchura de la distribución de tamaños y la forma de dicha distribución. De este modo, la comparación entre granulometrías de varios sistemas dispersos es inmediata.

La representación más utilizada es en forma de histograma, representando los intervalos de tamaño en el eje de abscisas (eje x) y el porcentaje de masa retenido por cada tamiz en el eje de ordenadas (eje y). Esta es la representación de la función distribución fraccionaria en masas ( $f_M$ ).



La función fraccionaria también se puede representar con puntos o mediante una línea, ya que todas las partículas del intervalo (con tamaños comprendidos entre  $a_{i-1}$  y  $a_{i+1}$ ) quedan representadas por el tamaño medio del intervalo  $a_i$ . En el eje de ordenadas puede aparecer el porcentaje en peso (como en la anterior figura) o directamente el peso retenido por cada tamiz.

A partir de los datos fraccionarios se calcula la función distribución acumulativa en masas ( $F_M$ ) sumando de forma acumulativa el porcentaje de masa de los intervalos sucesivos. La suma se puede hacer de tamaños pequeños a grandes o de tamaños grandes a pequeños. Para representar esta función se toman como valores del eje de abcisas el extremo del intervalo de tamaños hacia donde se está acumulando, es decir, el extremo de mayor tamaño si se acumula de pequeñas a grandes o el extremo de menor tamaño si se acumula de grandes a pequeñas.

En las especificaciones de las materias primas granulares, en polvo y coloides se suele indicar el tamaño de partícula correspondiente al 90, 50 y 10 % de la función distribución acumulativa. El 50 % corresponde aproximadamente al tamaño medio del sistema. Los valores de tamaño entre el 10 y el 90 % dan idea del rango de tamaños que tiene la muestra. Estos dos parámetros, tamaño medio y anchura de la distribución, se utilizan para identificar la distribución de tamaños de un sistema disperso y permiten comparar la granulometría de distintas materias primas.

#### 4. Material e instrumental necesarios

Sistema material en polvo

Pala pequeña

Maza de goma

Recipiente de goma

Lámina de plástico de unos  $50 \times 50 \text{ cm}^2$

Espátula grande

Recipiente para pesar de unos 500 ml de capacidad

Columna de tamices

Cepillo o brocha suave

Bandejitas para pesar de unos 200 ml de capacidad

Balanza de 0.01 g de sensibilidad

Guantes y mascarilla protectora para el polvo (personas especialmente sensibles)

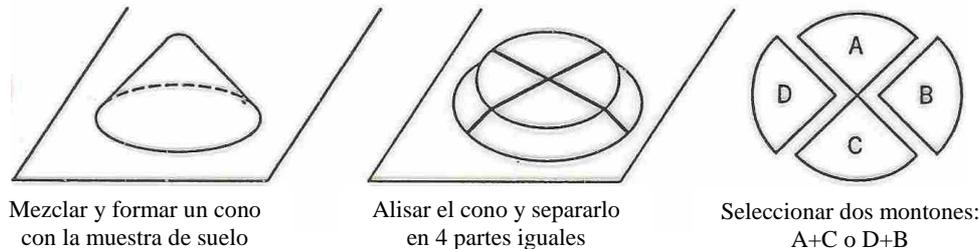
#### 5. Protocolo para realizar la práctica

##### 1. Preparación y selección de la muestra a ensayar

El suelo seco se encuentra en un recipiente grande. Remueve un poco con una paleta y extrae una fracción representativa de aproximadamente 500 g (una palada).

Viértelo en el recipiente de goma y con ayuda del mazo elimina todos los terrones y aglomerados que se vean, mezclando bien a la vez que se van disgregando los trozos de gran tamaño.

Realiza luego el cuarteo de laboratorio de la muestra. Para ello, viértela sobre el trozo de plástico haciendo un cono. Aplana la parte superior del cono como se muestra en la siguiente figura con ayuda de la espátula y divide la muestra en cuatro partes separándolas bien entre sí. Recoge con la espátula las dos porciones situadas en cuadrantes opuestos (A + C, D + B) para obtener dos fracciones de la muestra inicial. Mezcla bien cada una de las dos fracciones, y si se aprecia que ambas muestras difieren mucho en el tamaño de partícula, vuelve a mezclarlo todo y a repetir el cuarteo.



Al final se obtendrán dos fracciones representativas del sistema. Si hay varias parejas de prácticas en el mismo puesto, cada pareja hará el análisis granulométrico con una de estas dos fracciones, comparándose finalmente los resultados de ambas granulometrías.

Mezcla bien cada una de las fracciones, y extrae una muestra de aproximadamente 180 g de suelo para realizar el tamizado. Anota la masa de la muestra a ensayar determinada en la balanza de sensibilidad 0.01 g.

## 2. Tamizado

Se dispone de los siguientes números de tamices de la norma UNE 7 050-2: 2, 1, 0,400, 0,200, 0,125, 0,080 y 0,063 mm. Localiza el número de los tamices grabados en el marco, y apílalos en una columna por orden creciente de apertura (el de mayor apertura arriba y el de menor apertura abajo). Debajo de todos coloca el tamiz ciego, y sitúa toda la columna sobre un papel satinado.

Vierte la muestra de 180 g en la parte superior de la columna y agítala manualmente con movimientos circulares o de vaivén.

Cuando la mayoría de la muestra haya pasado por el primer tamiz, sepáralo de la columna y observa si el tamizado ha sido completamente efectivo. Si todavía quedan partículas más pequeñas que la apertura del tamiz, ayúdalas a pasar dándole golpecillos a este tamiz individualmente de forma que las partículas que pasen caigan en el siguiente tamiz.

Prepara una serie de 8 bandejitas de plástico, identifícalas con los números de los tamices y péscalas en la balanza de sensibilidad 0.01 g anotando la masa en tu cuaderno.

Cuando el primer tamiz esté listo, vierte lo retenido en la bandejita correspondiente a ese tamiz. Si han quedado partículas atrapadas en la malla metálica se coloca el tamiz boca abajo sobre un papel limpio y con ayuda de la brocha se extraen las partículas. Cuando el tamiz quede limpio, se vierte lo que queda sobre el papel en la bandejita de ese tamiz.

Repite los pasos anteriores para cada uno de los tamices de la columna. Conforme vaya disminuyendo el número del tamiz, deberás ser más cuidadoso en el tamizado y limpieza para no perder mucha muestra en polvo.

### 3. Datos para la granulometría

La masa retenida por cada tamiz y la que ha pasado por el tamiz de menor luz se determina en la balanza de sensibilidad 0,01 g por diferencia de pesadas.

Los intervalos de tamaños se determinan con las aperturas de los tamices. No olvides medir la piedra de mayor tamaño retenida en el primer tamiz (emplea para ello la regla que tienes en el puesto de prácticas). Ese valor será el límite superior de la distribución de tamaños de tu muestra. En el otro extremo, se tomará como límite inferior de tamaños un valor de 10 micras si utilizas escala logarítmica, o 0.01 mm si la escala es lineal (se asume que las partículas menores de 10  $\mu\text{m}$  se han dispersado en el aire).

### 4. Limpieza del puesto de trabajo

Con ayuda de la brocha y papel secante, elimina todo el polvo que sea posible de todos los utensilios utilizados en la práctica, incluido el plástico utilizado para el cuarteo, y déjalo todo recogido en el lugar de trabajo.

## 6. Ejercicios y Cuestiones

- i. Tabula los datos medidos para las granulometrías realizadas, indicando los intervalos de tamaño, el tamaño medio de cada intervalo y las masas retenidas en gramos y en porcentaje en peso con su correspondiente estimación de errores.
- ii. Representa gráficamente la función distribución de tamaños fraccionaria y acumulativa en masa. (Se recomienda una representación con escala lineal).
- iii. Sobre las gráficas acumulativas, señala y determina el tamaño medio (50% de masa acumulada) y la anchura de la distribución (entre el 10% y el 90% de la masa acumulada).
- iv. Compara los resultados obtenidos con los de otros compañeros (si procede), y da un valor promedio para el tamaño medio de partícula. Para la anchura se tomará el menor y el mayor de los tamaños de los intervalos determinados en cada ensayo.
- v. Sabiendo que la densidad aparente del sólido es  $2,6 \text{ g/cm}^3$  y asumiendo una geometría esférica para las partículas, calcula el número de partículas (y su error) que ha retenido el tamiz de 0,400 mm y el de 0,063 mm. Asume que el tamaño de todas las partículas retenidas por el tamiz es el tamaño medio correspondiente a ese tamiz. Compara y valora los resultados obtenidos.

