

5. PREPARACIÓN DE FRACCIONES DE UN SISTEMA MATERIAL DISPERSO Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

5.1. Objetivos docentes

Aprender a seleccionar y preparar muestras de un sistema material disperso con partículas de distintos tamaños. Conocer un método para realizar una granulometría.

5.2. Objetivo del trabajo práctico

Seleccionar una muestra representativa de un suelo arcilloso y estudiar la distribución de tamaños de las partículas que forman este sistema disperso mediante tamizado.

5.3. Fundamento teórico

Sistemas materiales dispersos

Los sistemas materiales dispersos son una forma de presentación de los materiales sólidos que se encuentra abundantemente en la naturaleza, y de una gran importancia en el procesado de materiales.

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 μm), y los sistemas coloidales con tamaños entre las centenas y las decenas de nanómetros (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 (granular), la arcilla y metales para pulvimetalurgia (en polvo), colorantes y pigmentos (coloide), etc.

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.

Un estudio básico que hay que realizar en este tipo de sistemas es el estudio de 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.

Cuando un sistema tiene tamaños de partículas muy variados (desde varias decenas de centímetros hasta unos pocos nanómetros) hay que subdividir el sistema en varios tramos para hacer una buena granulometría, ya que cada técnica o procedimiento que utilizemos es adecuado para un rango determinado de tamaños.

La granulometría por tamizado

Una forma de medir el tamaño de las partículas es haciendo pasar el sistema por mallas o tamices de distintas aperturas. La apertura también se denomina luz del tamiz. Todas las partículas que atraviesen el tamiz tendrán un tamaño menor que su apertura o luz.

Utilizando una serie de tamices de aperturas con tamaños decrecientes apilados en una columna se consigue fraccionar el sistema en muestras con distintas granulometrías. Es decir, lo que queda retenido en un tamiz tiene un tamaño de partícula comprendido entre la apertura del propio tamiz y la del tamiz inmediatamente anterior. De este modo se acotan los intervalos de tamaño.

Determinar el número de partículas en cada tamiz es muy complicado cuando el tamaño es pequeño, y lo que se hace es trabajar con las masas retenidas. Pesando lo que ha retenido cada tamiz se obtiene el porcentaje en peso del sistema para cada intervalo de tamaños.

Existen tamices metálicos con mallas de aperturas cuadradas desde 125 mm hasta unas 40 micras de lado. Sin embargo, a efectos prácticos, para partículas menores de 80 μm es más adecuado realizar una granulometría por sedimentación que por tamizado. 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.

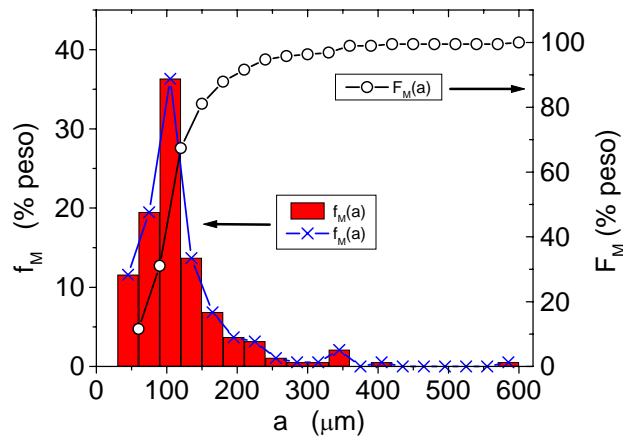
Una serie de tamices habitualmente utilizada para una granulometría es 100, 80, 63, 50, 40, 25, 20, 12.5, 10, 6.3, 5, 2, 1.25, 0.40, 0.160 y 0.080 mm de apertura. La apertura también se denomina luz del tamiz.

Representación de los datos

Los datos obtenidos experimentalmente se presentan en una tabla, y también en forma gráfica, donde se aprecia directamente el tamaño medio de partícula, la anchura de la distribución de tamaños alrededor de ese tamaño medio y la forma de la 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).

Si en vez de un histograma se hace una representación con puntos o líneas, estos puntos deben situarse en el centro del intervalo, de modo que todas las partículas que tengan tamaños comprendidos entre $(a_i + \Delta a_i)$ y $(a_i - \Delta a_i)$ quedan representadas por el tamaño a_i . En el eje de ordenadas puede aparecer el porcentaje en peso o directamente el peso retenido por cada tamiz. Si se conoce la densidad y la forma aproximada de las partículas, también se puede representar el número de partículas en lugar de las masas, y la función se denominará función distribución fraccionaria en número de partículas (f_N).



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 abscisas 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.

La función distribución fraccionaria es la derivada de la función distribución acumulativa

$$f_M(a) = \frac{dF_M(a)}{da}$$

Cuando el rango de tamaños es muy grande, es frecuente utilizar una escala logarítmica en el eje de abscisas:

$$f_M(\ln a) = \frac{dF_M(a)}{d(\ln a)} = \frac{a[dF_M(a)]}{da}$$

El análisis completo de los datos requiere la descripción de los resultados en términos de una función distribución matemática, aunque no siempre se dispone de datos suficientes para identificar los resultados con una función distribución conocida.

En las especificaciones de los materiales dispersos 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 % da 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 muestras.

5.4. Material e instrumental necesarios

Sistema material disperso
Pala pequeña
Maza de goma
Recipiente de goma
Trozo de papel resistente o plástico de al menos de 50 × 50 cm
Espátula grande
Recipiente de unos 500 ml de capacidad para pesar
Columna de tamices
Cepillo o brocha suave
Bandejitas de unos 200 ml de capacidad para pesar
Balanza de 0.01 g de sensibilidad
Guantes y mascarilla protectora para el polvo (personas especialmente sensibles)
Estufa hasta 110 °C

5.5. Protocolo para realizar la práctica

Esta práctica está basada en la norma UNE 103 100 “Preparación de muestras para ensayos de suelos” y la norma UNE 103 101 “Análisis granulométrico de suelos por tamizado”, adaptándolas al tiempo disponible en una sesión de prácticas. Por tanto, no se va a utilizar agua para ayudar a que las partículas de pequeño tamaño pasen por los tamices, ya que esto supondría largos tiempos de secado.

La muestra de suelo arcilloso ha sido correctamente recepcionada y secada a 60 °C hasta masa constante, como indica la primera norma. El alumno va a seleccionar una muestra representativa por cuarteo y a realizar la granulometría por tamizado en el rango de tamaños entre 2 y 0.063 mm.

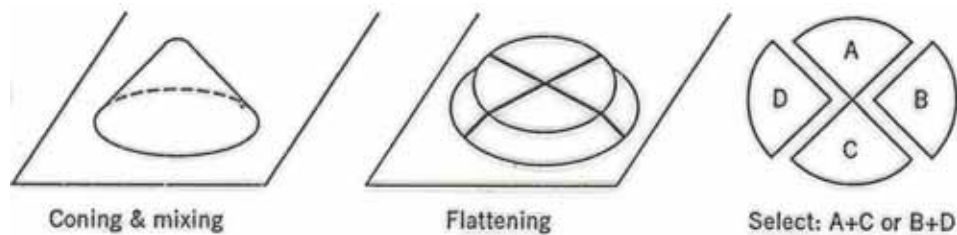
1- Preparación y selección de la muestra a ensayar

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

Viértela 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 un trozo de papel haciendo un cono. Con ayuda de una espátula aplana la parte superior del cono y divide la muestra en cuatro partes haciendo dos líneas que la atraviesen perpendicularmente. Separa un poco las cuatro partes, recoge con la espátula las dos porciones situadas en cuadrantes opuestos 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 mezclarlas y a repetir el cuarteo.



Al final se obtendrán dos fracciones representativas del sistema. Cada alumno de la 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 unos 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 bocabajo 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. Para estimar el límite superior de tamaños debes estimar el tamaño de las partículas más grandes retenidas en el tamiz de 2 mm. En el otro extremo, se tomará como límite inferior de tamaños toma 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 μm se han dispersado en el aire).

4- Limpiar todo el material utilizado en la práctica:

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. **¡No utilices agua** con los utensilios metálicos!

Desecha los trozos de papel que estén excesivamente manchados o dañados, y deja el lugar de trabajo limpio de polvo.

5.6. Claves para el informe

- Datos en una tabla de cada una de las dos granulometrías realizadas, indicando los intervalos de tamaño, el tamaño medio de cada intervalo y las masas retenidas en gramos y en porcentaje en peso.
- Representación gráfica de la función distribución de tamaños fraccionaria y acumulativa en masa. Se recomienda una representación con escala lineal.
- Sobre las gráficas acumulativas, señalar y determinar el tamaño medio (50% de masa acumulada) y la anchura de la distribución (entre el 10% y el 90% de la masa acumulada).
- Comparar los resultados obtenidos en las dos medidas, y dar 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.
- 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 que ha retenido el tamiz de 400 micras y el de 63 micras. Asume que el tamaño de todas las partículas retenidas por el tamiz es el tamaño medio correspondiente a ese tamiz.