

## **PRÁCTICA OS-TAM-CyTA**

### **Tamizado**

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN TEÓRICA</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Operación de tamizado</b>	<b>1</b>
<b>2.2 Análisis por tamizado de productos granulares y pulverulentos</b>	<b>3</b>
<b>3. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL</b>	<b>6</b>
<b>4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	<b>6</b>

## 1. OBJETIVO

---

El objetivo general de la presente práctica es analizar una mezcla heterogénea de sal constituida por granos de diferentes tamaños de partícula, mediante la operación de tamizado, utilizando una serie normalizada de tamices.

Los objetivos particulares son los siguientes:

- Clasificar la mezcla heterogénea de sal, según las categorías en las que se distribuye comercialmente.
- Caracterizar la mezcla heterogénea de sal y las fracciones obtenidas, según determinados parámetros: superficie específica, número de partículas, tamaño medio de las partículas.

## 2. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

---

### 2.1 Operación de tamizado

---

La operación de *tamizado* consiste en la separación de una mezcla de sólidos en dos o más fracciones que se diferencian en el tamaño mínimo y máximo de los sólidos que las componen. Para llevarla a cabo se utilizan *tamices*, los cuales son mallas o superficies sólidas perforadas con orificios de dimensiones homogéneas y bien definidas, de modo que muestran selectividad para retener sobre su superficie a las partículas que tengan un diámetro equivalente superior a un determinado tamaño. A este valor o tamaño mínimo de cada una de las aberturas del tamiz se le conoce como *luz* de malla.

En un tamiz, siempre que se separe una mezcla de sólidos de diferentes tamaños, se generan dos fracciones: una fracción de gruesos o *rechazo* que es la que no puede atravesar los orificios de la malla y queda retenida, y una fracción de finos o *cernido*, que es la que se recoge por la parte inferior en una bandeja sin perforar. Si se utiliza un número de tamices  $n$  se generarán, por tanto,  $n+1$  fracciones de sólido cuyo tamaño mínimo será superior a la luz del tamiz sobre el que quedó retenido (Figura 1).

Para ayudar a la separación, debido a que se genera una capa de sólido por encima de las mallas, es preciso dotar a la unidad de un sistema de agitación mecánica. Dependiendo de cómo se suministre dicha agitación los tamices que se usan a nivel industrial pueden ser de dos tipos: tamices rotatorios, que generan la agitación a través del giro de un eje concéntrico a los mismos, y tamices de fondo plano, que consiguen la agitación mediante el movimiento circular de una conexión excéntrica (Figura 2). La elección de un tipo de tamiz u otro atiende a las propiedades mecánicas del sólido a separar, utilizándose los tamices de fondo plano cuando los sólidos tienen elevada dureza (sal, azúcar, cereales, almendras,...). Además, se pueden utilizar disposiciones en serie o paralelo dependiendo del tipo de alimentación, cantidad y de la distribución de tamaños inicial.

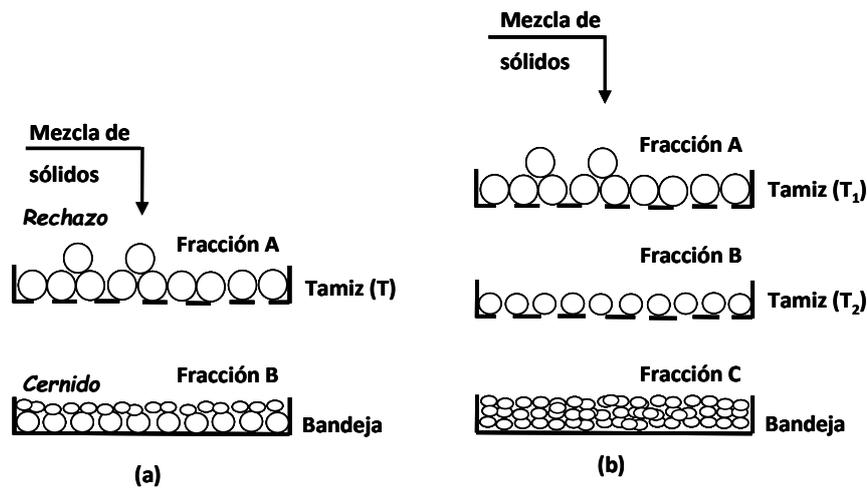


Figura 1. (a) Fracciones rechazo y cernido en la separación de un tamiz. (b)  $N=2$  tamices ( $T_1$  y  $T_2$ ) generan  $N+1$  fracciones de sólido.

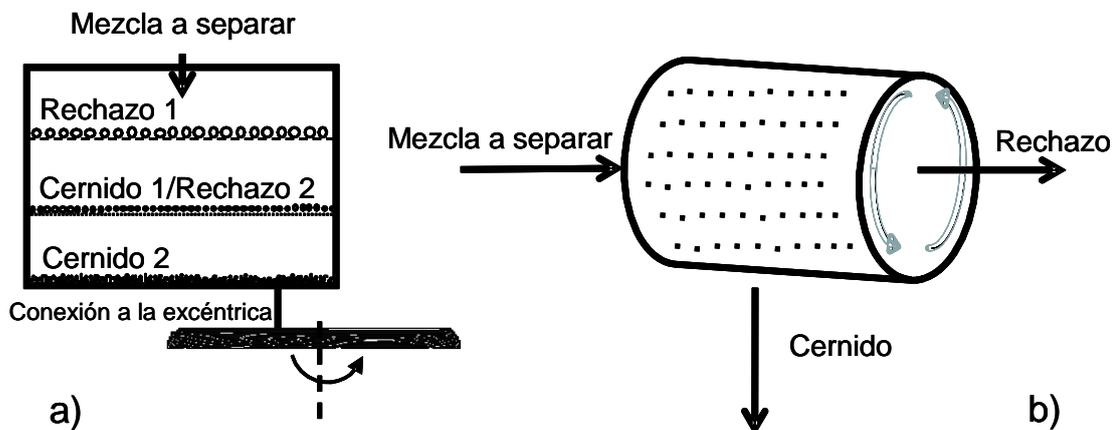


Figura 2. Tipo de tamices, según el tipo de agitación: (a) tamices de fondo plano y (b) rotatorios.

La operación de tamizado, además de utilizarse para la limpieza de alimentos o de materias primas, los cuales pueden contener contaminantes o residuos que son fácilmente separables por tamaños (como por ejemplo, hojas, ramas o piedras de la oliva o de la uva), es muy utilizada en la industria alimentaria para la clasificación de alimentos por tamaños. De este modo puede clasificarse de una manera sencilla frutas y verduras en tamaños o "calibres", o sólidos pulverulentos o granulares como el azúcar o la sal en los diferentes tamaños en los que se suministran comercialmente.

Además de para las aplicaciones anteriormente comentadas, el tamizado también se emplea para el análisis de mezclas sólidas de tamaños heterogéneos de alimentos o

materias primas alimentarias con el fin de obtener información sobre su distribución de tamaños, superficie específica, número de partículas, etc. Esta aplicación, que se denomina análisis por tamizado de productos granulares y pulverulentos, es la que se desarrollará en la presente práctica, llevándose a cabo un análisis por tamizado de una mezcla heterogénea de sal.

La sal constituye la única roca presente en la corteza terrestre que es comestible, y puede obtenerse a partir del triturado de cristales de NaCl del mineral *halita* (sal de roca), o del precipitado cristalino resultante de la evaporación de una salmuera (sal marina). Puede servir para diferentes propósitos que van desde la alimentación humana, ya que se trata de un potenciador del sabor, o animal; la conservación de alimentos en forma de salazones o embutidos, el uso urbano en carreteras o aceras para evitar la formación de placas de hielo, o en aplicaciones industriales como la obtención de sosa, PVC o como fuente de cloro en la producción de lejía. Para una aplicación en alimentación, la sal debe presentarse dentro de un rango de tamaños que se recoge en la Tabla 1.

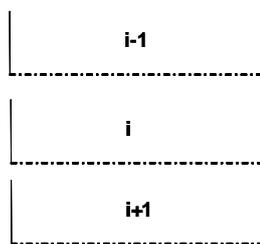
**Tabla 1. Tipos de sal clasificada por granulometría para uso alimentario.**

Denominación	Tamaño	Usos
Extrafina	0,2-0,4 mm	Industria alimentaria
Mesa	0,2-0,6 mm	Sal fina de mesa
Cocina	0,2-1 mm	Sal gruesa cocina
Salazón	1-5 mm	Salazones de pescado

## **2.2 Análisis por tamizado de productos granulares y pulverulentos**

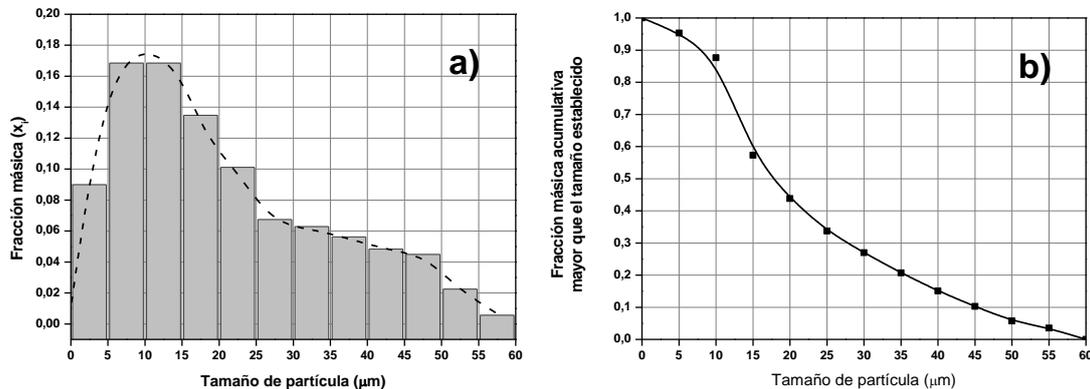
La operación de tamizado resulta útil a la hora de la obtención de la distribución de tamaños de partícula utilizando para ello una serie de tamices normalizados. Para obtenerla basta con pesar la cantidad de sólido retenida en cada uno de los tamices, y que estará constituida por tanto por tamaños de partícula que irán de un máximo igual a la luz del tamiz anterior, y mínimo ligeramente superior a la luz del tamiz sobre el que queda retenido. A la fracción de sólido que queda retenida sobre el tamiz "i", expresada en tanto por 1 másico de la cantidad de sólido total a analizar se la conoce como xi. A dicha fracción se le asigna un tamaño de partícula igual a la media aritmética de las aberturas del tamiz superior y aquel sobre el que está depositado.

Una vez determinadas las fracciones másicas de cada uno de los tamaños medios en los que la muestra ha sido dividida, la distribución de tamaños de partícula puede expresarse en *forma diferencial* (Figura 4a), es decir, representando cada fracción másica frente al diámetro de grano medio, o de *forma acumulativa* (Figura 4b), de modo que cada fracción a representar sea la suma de dicha fracción más todas las fracciones anteriores como se muestra a continuación:



$$\sum x_i = \sum x_{i-1} + x_i \quad [\text{Ec. 1}]$$

La fracción diferencial o acumulativa calculada de esta manera se representa en función de la luz de malla del tamiz sobre el que queda retenida, y que se corresponde con el tamaño mínimo de la fracción.



**Figura 3. Tipos de distribución de tamaños de partícula: (a) diferencial y (b) acumulativa.**

Para una determinada fracción sólida “i” clasificada por tamizado, de diámetro medio  $\overline{D}_{p,i}$  y masa  $m_i$  de la cual se conocen tanto la densidad del sólido  $\rho_p$  como la *esfericidad de las partículas*  $\phi_s$  que lo forman, se puede calcular la *superficie total* de las partículas que constituyen dicha fracción por medio de la ecuación [Ec. 2].

$$A_i = \frac{6 \cdot m_i}{\phi_s \cdot \rho_p \cdot \overline{D}_{p,i}} \quad [m^2] \quad [\text{Ec. 2}]$$

A partir del valor del área total de las partículas que forman la fracción i se puede calcular el *área específica* de las partículas de dicha fracción dividiendo dicha superficie entre la masa de partículas de esa fracción  $m_i$ . La ecuación [Ec. 2] también puede utilizarse para el cálculo de la superficie de toda la mezcla de sólido utilizando la masa total de sólido a separar y el  $\overline{D}_{p,i}$  medio de la muestra problema.

El *área específica media*  $A_w$  de la muestra analizada se calcula, por tanto, como media ponderada de las superficies específicas de las diferentes fracciones, haciendo  $m = 1$  g, ya que las fracciones másicas se representan en tanto por uno. Del mismo modo puede calcularse el área específica de una única fracción simplemente definiendo  $m = 1$  g como la masa de la fracción en cuestión, y haciendo que  $x_i = 1$ . Si la masa de la fracción no es igual a la unidad, sino a la masa total de la fracción en cuestión, el área calculada es el área total de las partículas que la componen.

$$A_w = \frac{6}{\phi_s \cdot \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{D_{p,i}} \left[ \frac{m^2}{g} \right] \quad [\text{Ec. 3}]$$

Pudiendo ser  $\overline{D_{p,i}}$  el diámetro medio de la fracción  $i$ , es decir, la media aritmética de la luz de malla del tamiz  $i$  y el tamiz  $i-1$ . En el caso del sistema de tamices de que se compone la práctica, el diámetro medio de la fracción de sólido retenida sobre el tamiz de mayor luz de malla será calculado entre su luz de malla y 10 mm, que es el tamaño máximo que deben tener los granos de sal que se distribuyen comercialmente para alimentación.

Del análisis por tamizado también se puede determinar el tamaño medio de las partículas que componen la mezcla sólida a separar, expresado de diversas formas. El más utilizado es el *diámetro medio volumen-superficie* ( $\overline{D_s}$ ), que se calcula mediante la ecuación [Ec. 4].

$$\overline{D_s} = \frac{6}{\phi_s A_w \rho_p} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i / \overline{D_{p,i}})} \quad [\text{Ec. 4}]$$

El diámetro medio también puede calcularse como una media ponderada por las fracciones másicas, constituyendo el *diámetro medio de masa*  $\overline{D_w}$ .

$$\overline{D_w} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \overline{D_{p,i}} \quad [\text{Ec. 5}]$$

O también se puede ponderar el diámetro medio de cada fracción con el número de partículas que forma cada una de ellas, lo que se conoce como *diámetro medio aritmético*  $\overline{D_N}$ .

$$\overline{D_N} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i \cdot \overline{D_{p,i}})}{N_T} \quad [\text{Ec. 6}]$$

El denominador de la ecuación [Ec. 6],  $N_T$ , representa el número total de partículas en la mezcla siendo, por analogía,  $N_i$  el *número de partículas de la fracción  $i$* . Para calcular el número de partículas presente en una determinada fracción  $i$  se utiliza la ecuación [Ec. 7].

$$N_i = \frac{1}{a \cdot \rho_p \cdot D_{p,i}^3} \left( \frac{\text{Partículas de la fracción } i}{\text{g de la fracción } i} \right) \quad [\text{Ec. 7}]$$

Siendo  $a$  un parámetro de proporcionalidad entre el volumen de partículas y el diámetro medio al cubo (*factor de forma volumétrico*). A partir de este valor se puede calcular el número de partículas medio de las diferentes fracciones con la ecuación [Ec. 8].

$$N_w = \sum_{i=1}^n N_i \cdot x_i \quad [\text{Ec. 8}]$$

### 3. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

---

La instalación experimental consta de 4 tamices de luz 5 mm, 1 mm, 0,6 mm, y 0,2 mm. Además se dispone de una bandeja no perforada para la recolección del cernido del tamiz de menor luz, y de una balanza para realizar la pesada de cada una de las fracciones recogidas. La mezcla de sal se encuentra en el interior de una bolsa con cierre hermético, y se dispone además de un vaso de precipitados para la pesada inicial de la muestra a separar.

### 4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

---

Se realizará un experimento de tamizado siguiendo el siguiente procedimiento experimental:

1. En primer lugar, los tamices deber ser limpiados a fin de que no queden sólidos retenidos en los orificios.
2. Se pesan los diferentes tamices antes de realizar el proceso de tamizado, además de la bandeja no perforada en la balanza, anotándose la masa de cada uno de ellos.
3. Los 4 tamices y la bandeja se colocan en serie, de modo que los tamices de menor luz queden en la zona inferior, encima de la bandeja.
4. En un vaso de precipitados se pesan **900 g** de la mezcla de sal.
5. La mezcla de sólidos es añadida sobre la bandeja superior.
6. El sistema es agitado manualmente durante 5 min a contar tras la adición. La agitación debe ser vigorosa y continua, sujetando bien el sistema, y teniendo cuidado de que el sólido no caiga por la parte superior del tamiz superior.
7. Finalmente, se separan los tamices y se pesan, anotándose el peso de cada una de las fracciones y calculando la masa retenida en cada uno de ellos por diferencia de la masa de los tamices vacíos.