



# Universidad Autónoma del Estado de México

## Facultad de Ciencias Agrícolas

### Ingeniero Agrónomo Industrial

#### UA: Manejo y Conservación de Granos

*Unidad III. Características morfológicas y físicas de los granos básicos, industriales, oleaginosas y secundarios*

#### **Diaporama:**

#### **Tema 3.1. Características físicas de granos básicos**

**Autor: Dr. Néstor Ponce García**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Méx. Septiembre 2019**





Lord Kelvin una vez afirmó:

*“Cuando puedes medir de lo que estás hablando y puedes expresarlo en números, sabes algo al respecto; cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo en números, el conocimiento es escaso e insatisfactorio y has avanzado poco a la etapa de la ciencia”.*

# GRAIN ANALYSIS



### **3.1. Características Físicas de Granos Básicos**

- Forma, Dimensiones y Esfericidad
- Peso, Volumen y Densidad
- Rugosidad y Porosidad
- Dureza
- Conductividad térmica



## Objetivo específico

### *“Características Físicas de Granos Básicos”*

- ▶ Estimar y relacionar las propiedades físicas más importantes de los granos asociadas en el diseño y selección de equipos de cosecha, transporte, aireación, secado y almacenamiento.



## 3.1. Características físicas de granos básicos

### Introducción

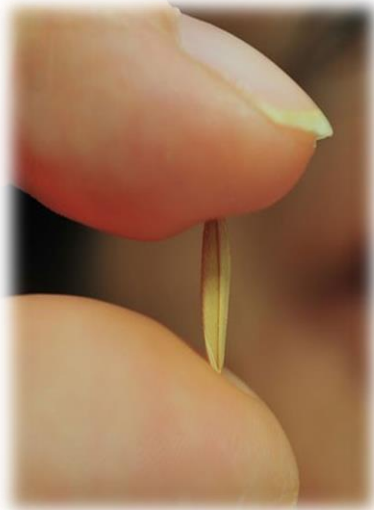
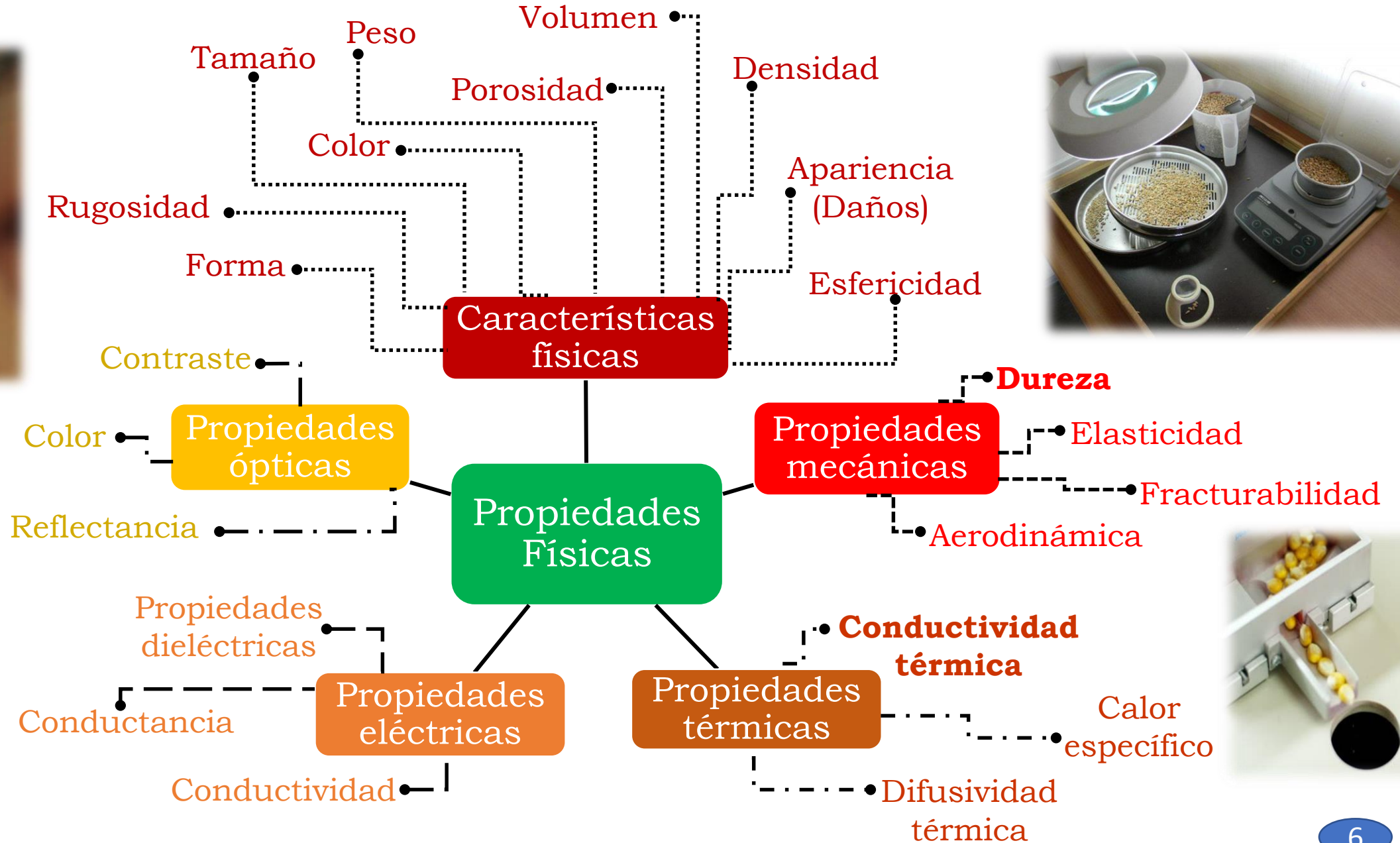
Los granos son materiales biológicos con características únicas afectadas principalmente por factores genéticos y ambientales

La evaluación de estas propiedades ofrece un primer control de la calidad en la selección de los granos como materia prima

Determinar sus propiedades físicas permite conocer y estimar sus propiedades estructurales básicas.



### 3.1. Características físicas de granos básicos





La evaluación general de la calidad de materiales biológicos (como los granos) debe considerar algunos aspectos generales:

Formas irregulares y composición heterogénea (en su estado natural)

Características y propiedades con distribución de frecuencia no normal



Otros factores que influyen: cambios (reacciones) químicas, contenido de humedad, proceso de respiración y actividad enzimática.

Fluctuaciones de calidad ocasionadas por la variedad o tipo de grano, condiciones de desarrollo y grado de madurez

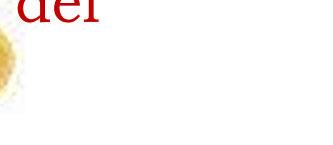
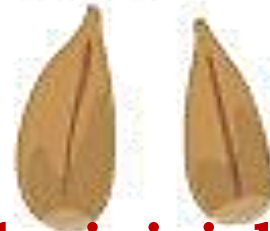


El conocimiento de las propiedades físicas de los granos contribuye entre otros aspectos a :

**Cuantificar** características y/o propiedades



Predecir o reconocer algún otro tipo de **comportamiento** del material



Utilizar datos e información en áreas como el **diseño e ingeniería de procesos**

Determinar la **calidad inicial** del producto



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Forma, Dimensiones y Esfericidad



Las propiedades físicas de los granos se evalúan en su estado natural (no procesados)



La forma (dimensiones) y tamaño del grano pueden variar ampliamente entre especies y aún entre variedades.



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Forma, Dimensiones y Esfericidad



En ocasiones las irregularidades en la forma de los granos es tan amplia, que pueden requerirse parámetros adicionales para definir su tamaño.



La forma de los granos tiende a ser elíptica, esférica, cónica o redondeada, pudiendo ser regular o irregular .

### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Forma, Dimensiones y Esfericidad



**Redondeado:** Próximo o semejante a esférico

**Oblongo:** Diámetro vertical superior al horizontal



**Cónico:** Afilado hacia el ápice

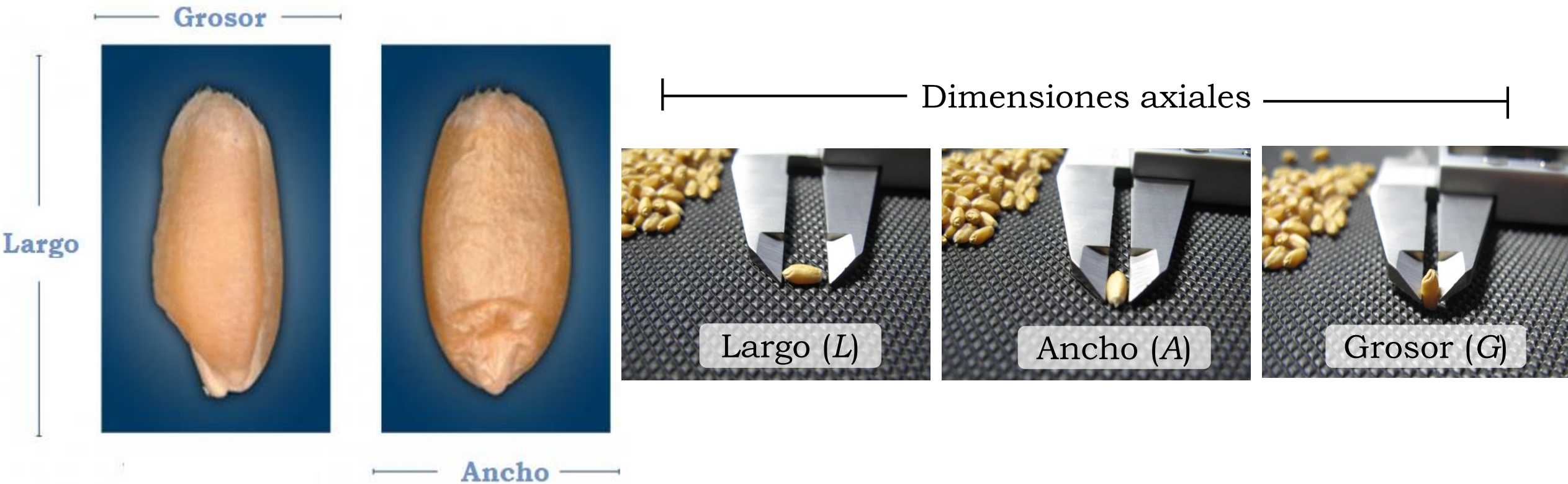
**Esférico:** Diámetro vertical y horizontal próximos





### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Forma, Dimensiones y Esfericidad



La dimensión axial de **mayor tamaño** es la que rige qué equipo de selección (criba, zaranda) debe utilizarse; adicionalmente, las dimensiones pueden utilizarse para estimar el volumen

### 3.1. Características físicas de granos básicos



#### Forma, Dimensiones y Esfericidad

La **esfericidad** ( $\phi$ ) expresa la forma característica de una esfera. Los diámetros más largo (mayor) y más corto (menor) de un grano oblongo, redondeado o elíptico se adecúan para estimar su proximidad a la forma esférica.

$$\phi = \left[ \frac{(LAG)^{1/3}}{L} \right] \times 100$$

$L$  = Largo  
 $A$  = Ancho  
 $G$  = Grosor

Cuanto el valor obtenido sea **más cercano a 100, mayor será la esfericidad** y viceversa.

$$\phi_s = \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{(\bar{D}N)^2}$$

$D_i$  = Cualquier dimensión medida  
 $D$  = Promedio de las dimensiones realizadas o diámetro equivalente  
 $N$  = Número de mediciones

Cuanto el valor obtenido se **acerque más a cero, mayor la esfericidad** y viceversa.





### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad

Una masa de granos es una mezcla de granos y espacios de aire; la *relación grano-espacio de aire*, depende del tamaño y la forma del grano, porque éstas intervienen en la disposición del mismo en el contenedor.

El **peso de un volumen** determinado de granos, incluye precisamente el peso del grano, así como el espacio intergranario entre ellos.



-  Granos
-  Espacios aéreos  
(espacio intergranario)

### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad



- La relación peso/volumen (densidad) de los granos se conoce como *densidad aparente*.
- En la mayoría de los países, este valor se expresa en kilogramos por hectolitro (**kg/hL**).

Peso hectolítrico (phL)



■ *phL = “Peso de una masa de granos que ocupa el volumen de 100 litros”*

- En general, un phL bajo se relaciona con granos dañados, inmaduros o con pérdida excesiva de materia seca.

### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad



Equipo e instrumentos de laboratorio para determinar peso hectolítrico de granos



Boerner u  
Homogeneizador de grano



Recipiente hectolítrico, regleta  
y balanza de peso hectolítrico



Balanza granataria

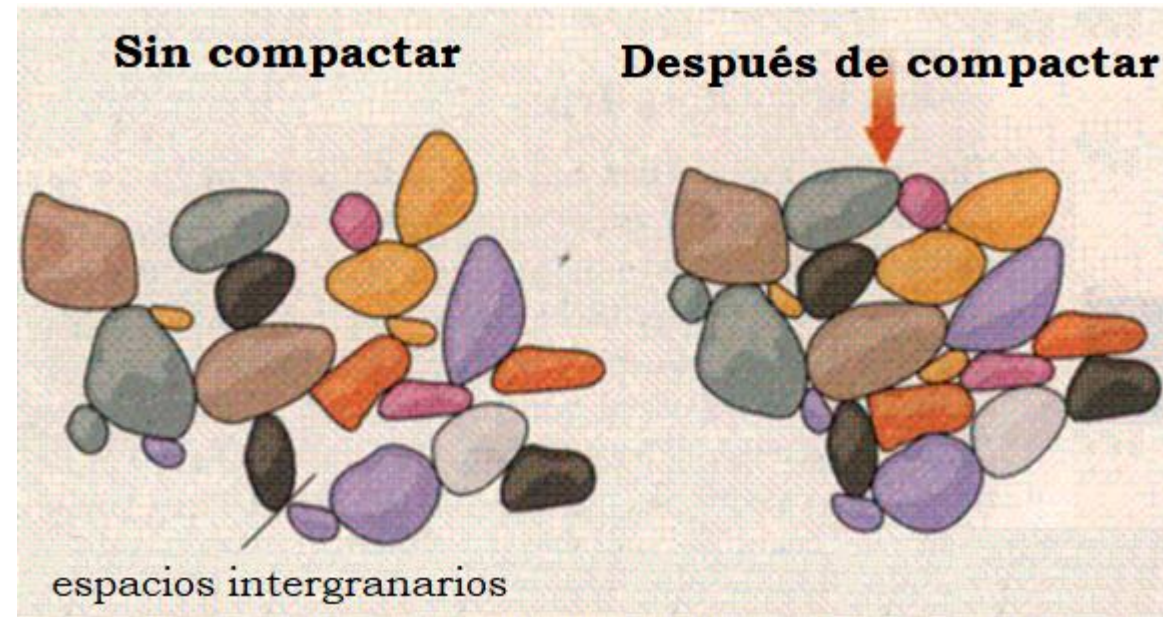


### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad

- La **densidad aparente** o “**bulk density**” ( $\rho_b$ ) es el peso de una masa o grupo de granos en un volumen determinado (considera los espacios intergranarios).

$$\rho_b = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen ocupado por la muestra}}$$



- Como ya se mencionó, se puede expresar en kg/hL (peso hectolítrico), o bien, en **kg/m<sup>3</sup>**.



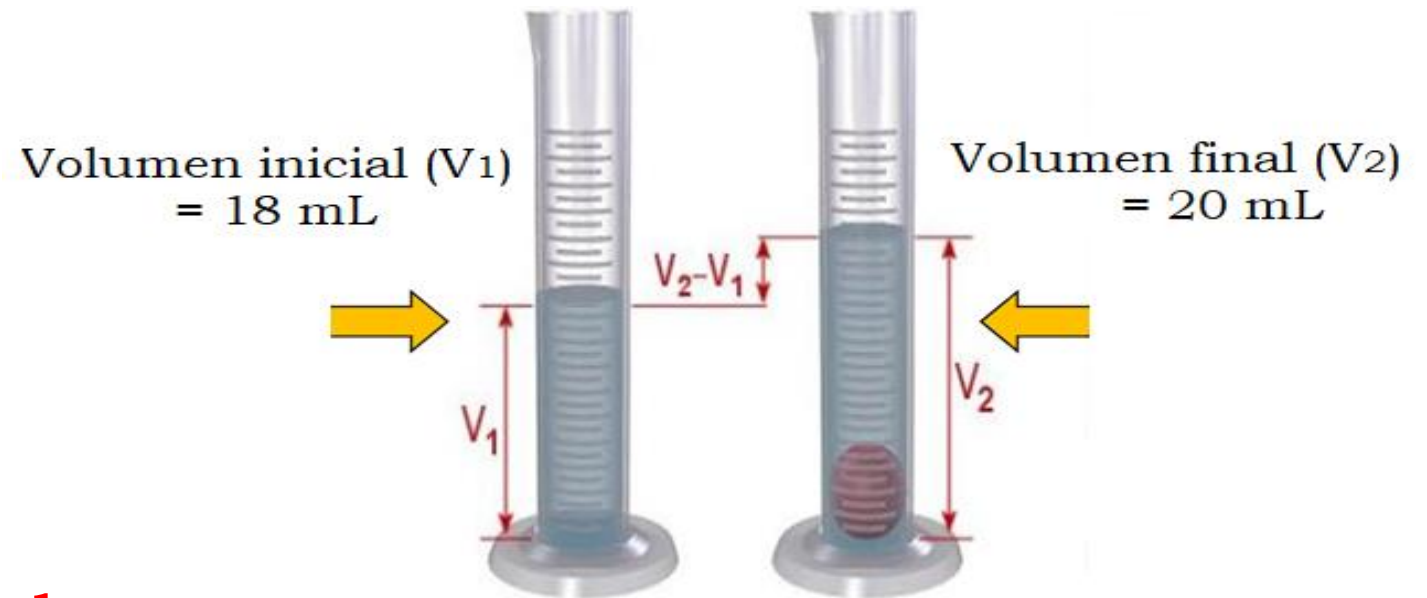
### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad

- La **densidad verdadera o absoluta** ( $\rho_t$ ) es el peso por unidad de volumen de un grano; no considera espacio intergranario, puesto que se realiza en granos individuales.

$$\rho_t = \frac{\text{Peso del grano}}{\text{Volumen del grano}}$$

- Muy importante homologar las unidades** de cada parámetro evaluado.



Volumen del cuerpo irregular =  $V_2 - V_1$

$$V = 20 \text{ mL} - 18 \text{ mL} = 2 \text{ mL} = 2 \text{ cm}^3$$

## 3.1. Características físicas de granos básicos

### Peso, volumen y densidad

- ❑ Cuando sólo se desea reportar el peso de cualquier grano (no su densidad) se utiliza el parámetro **Peso de 1,000 granos (PMG)**.
- ❑ Aleatoriamente se cuentan manual o automáticamente **1,000 granos**, éstos se **pesan analíticamente** y el resultado se **reporta en gramos**.
- ❑ El PMG se **relaciona con el tamaño y la densidad** del material. Cuanto **más grandes y densos** (menor espacio aéreo en el interior del grano) sean los granos, **mayor** será el PMG.



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Peso, volumen y densidad



#### Valores promedio de peso y densidad aparente de los principales cereales

Cereal	Peso de 1,000 granos (g)	phL (kg/hL)
Cebada	37	60
Maíz	285	72
Avena	32	44
Arroz	27	58
Sorgo	28	73
Trigo (pan)	37	77

### 3.1. Características físicas de granos básicos

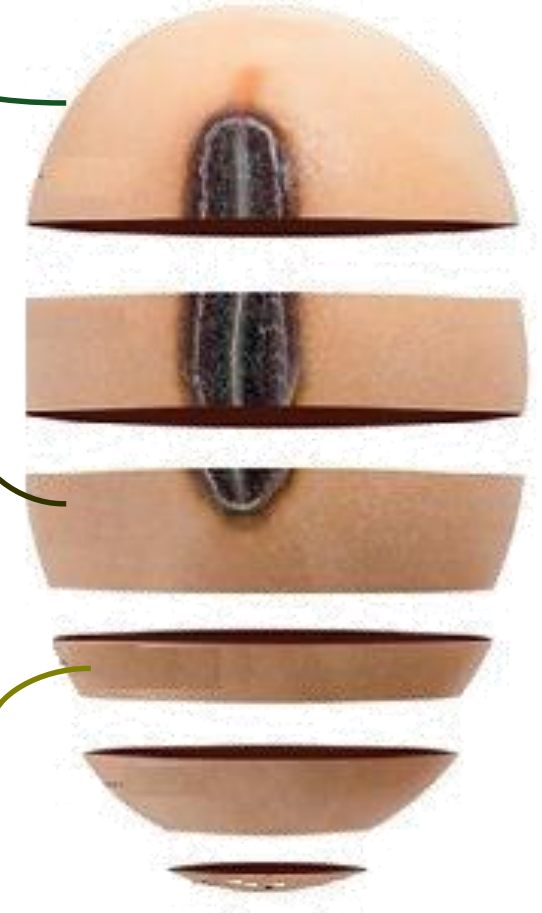


#### Porosidad ( $\epsilon$ )

Es el **porcentaje de aire** entre las partículas internas del grano en relación al volumen ocupado por las mismas.

La porosidad **permite a los gases** -como el aire- y líquidos **fluir** a través de la masa de partículas (conocida como matriz).

Las matrices con **baja porosidad** (bajo porcentaje de espacios de aire) son **más resistentes al flujo** de aire.



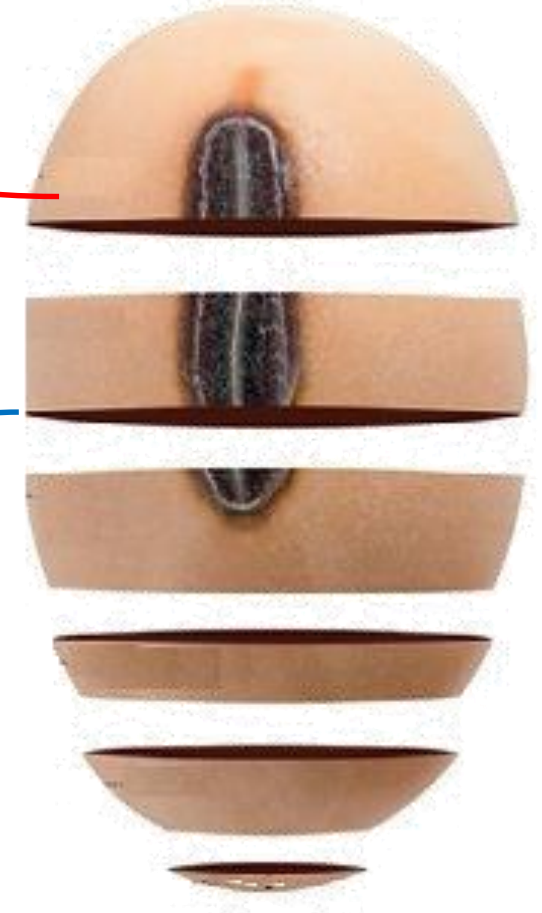
### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Porosidad ( $\epsilon$ )

Una **baja porosidad** en los granos **dificulta** operaciones como el **secado** y el **aireado**.

Por el contrario, una **alta porosidad** permite que el aire fluya fácilmente a través de la matriz, **reduciendo tiempos** de secado o aireación.

$$\epsilon = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_b} \times 100$$

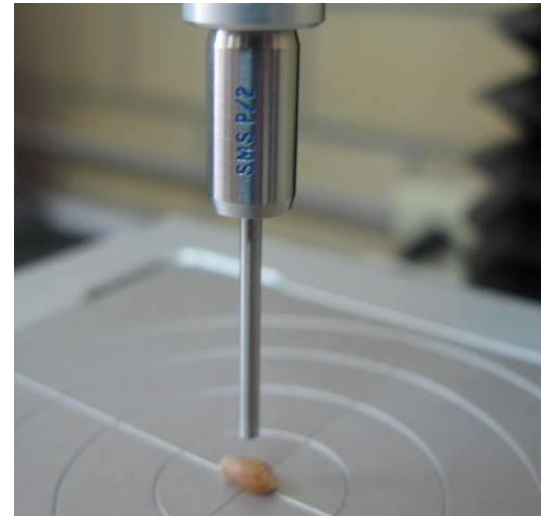




### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Dureza (textura)

- La *textura o dureza*, es la resistencia del grano a quebrarse o su resistencia a la reducción de tamaño.
- El análisis de esta propiedad es complejo, debido a la dificultad de medir dicha propiedad por **diferencias en la forma y tamaño** (geometría del grano), además de que suelen ser poco reproducibles.
- La dureza del grano se asocia principalmente con el **grado de adhesión** entre los gránulos de almidón y la matriz proteica.

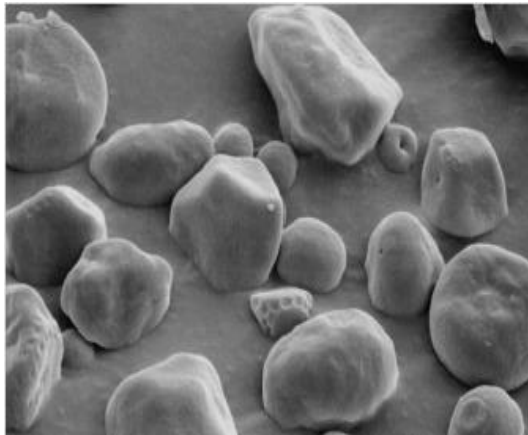


### 3.1. Características físicas de granos básicos

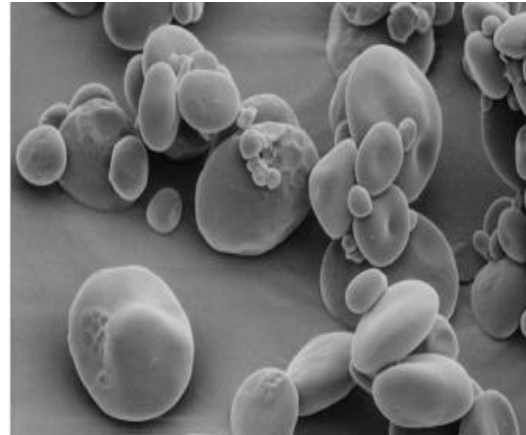
#### Dureza (textura)



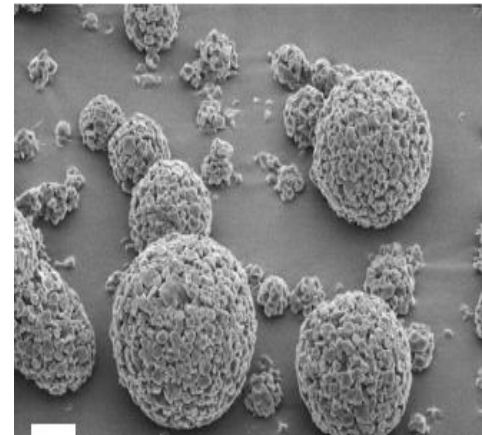
Esta propiedad se relaciona con una **tendencia a la fractura** a lo largo de la **interfase almidón/proteína**.



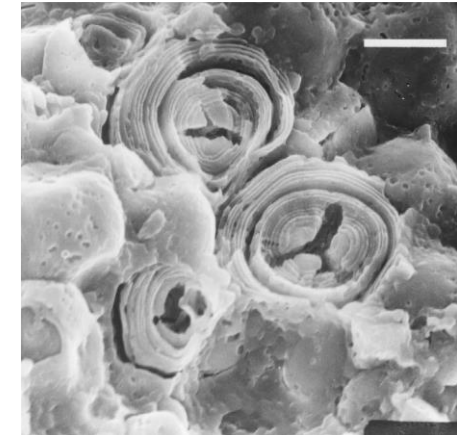
Maíz



Trigo



Arroz



Sorgo



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Color

- El color de un cereal está determinado por **pigmentos naturales** que se encuentran en el pericarpio.
- La coloración es **dependiente de la genética** del material y varía ampliamente entre especies y variedades.
- Puede medirse utilizando un **colorímetro**, o bien, mediante **patrones de color**.
- Es una propiedad que llega a determinar el **uso final del grano**.





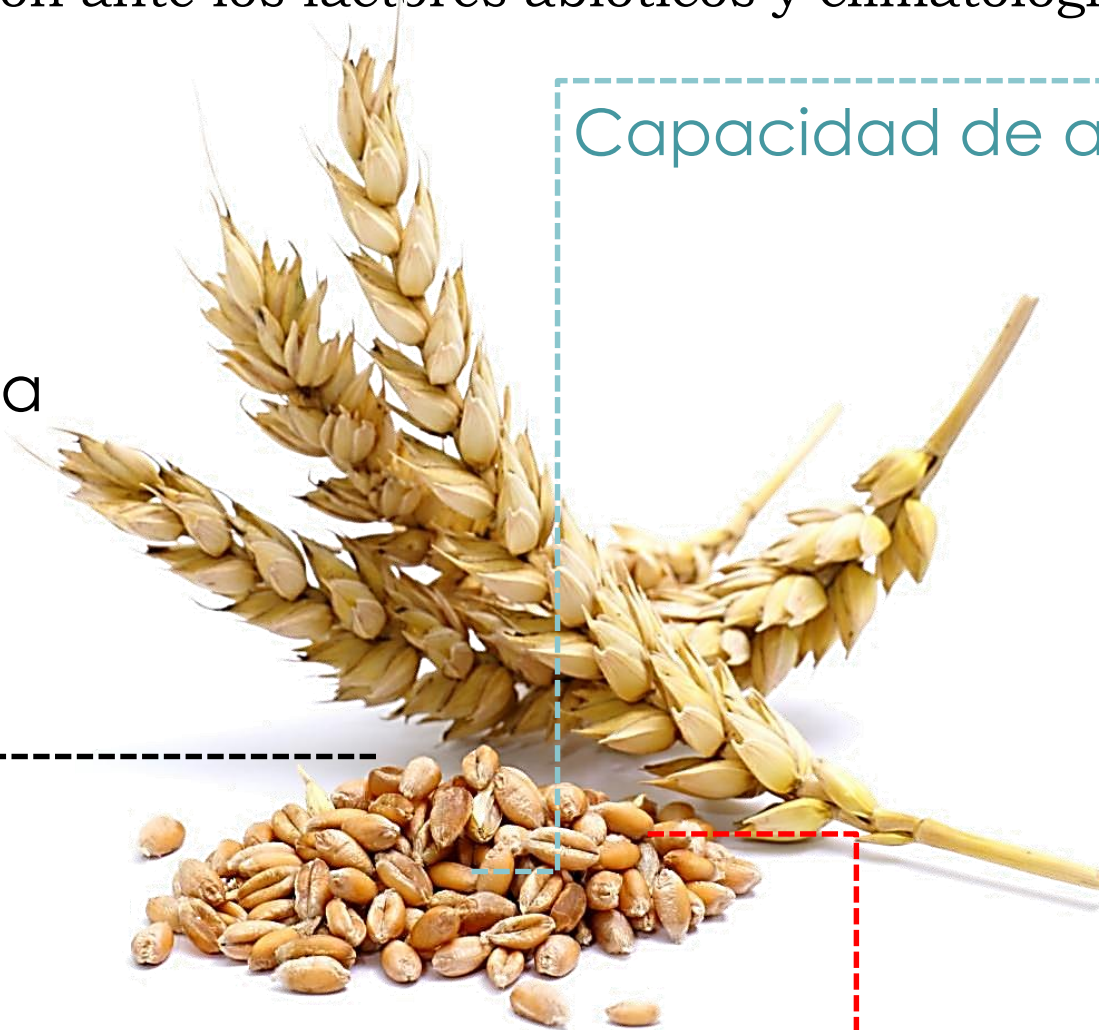
### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)

Entre otras, tres propiedades de los granos determinan en buena parte su comportamiento o reacción ante los factores abióticos y climatológicos; éstas son:

Conductividad térmica

Capacidad de absorción de agua



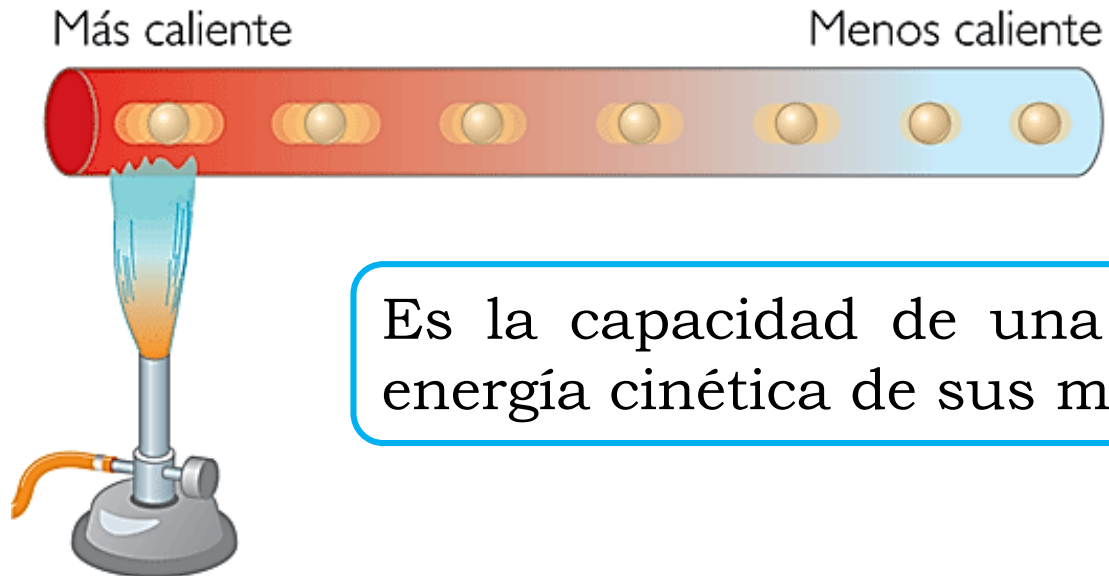
Porosidad

### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)



Propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.



Es la capacidad de una sustancia o material de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes.



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)

Cada **grano** o semilla tiene una determinada **K** (oscila entre 0.05 - 0.1 W/m•°K)

Aire = 0.026 W/m•°K

Agua = 0.608 W/m•°K

Cobre = 384 W/m•°K

Diamante = 1000 W/m•°K



La **K** refleja la **velocidad** a la cual el calor pasa de las zonas calientes hacia las más frías en una masa de granos.

La **forma, el tamaño y la textura del grano** (entre otras características físicas) determinan la **K**.

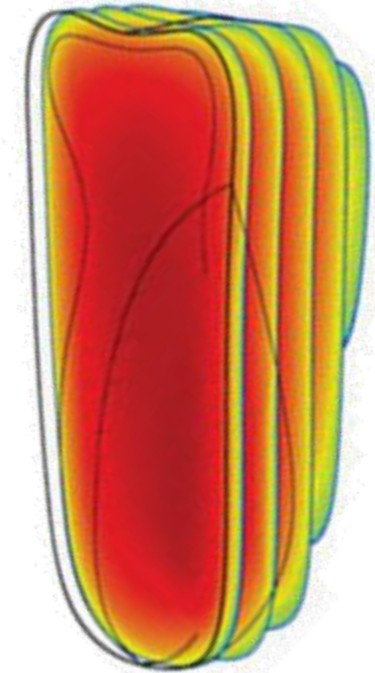
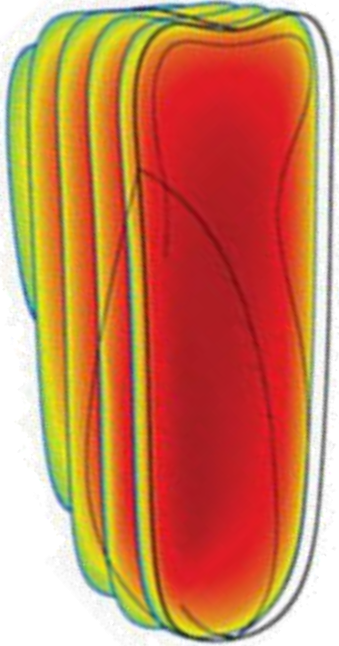
A mayor contenido de humedad y temperatura, la **K** tiende a incrementarse



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)

La **temperatura** de los granos cambia durante el almacenamiento (por la variación diaria en las condiciones climáticas), siendo uno de los factores más importantes que **controlan la tasa de deterioro durante el almacenamiento.**

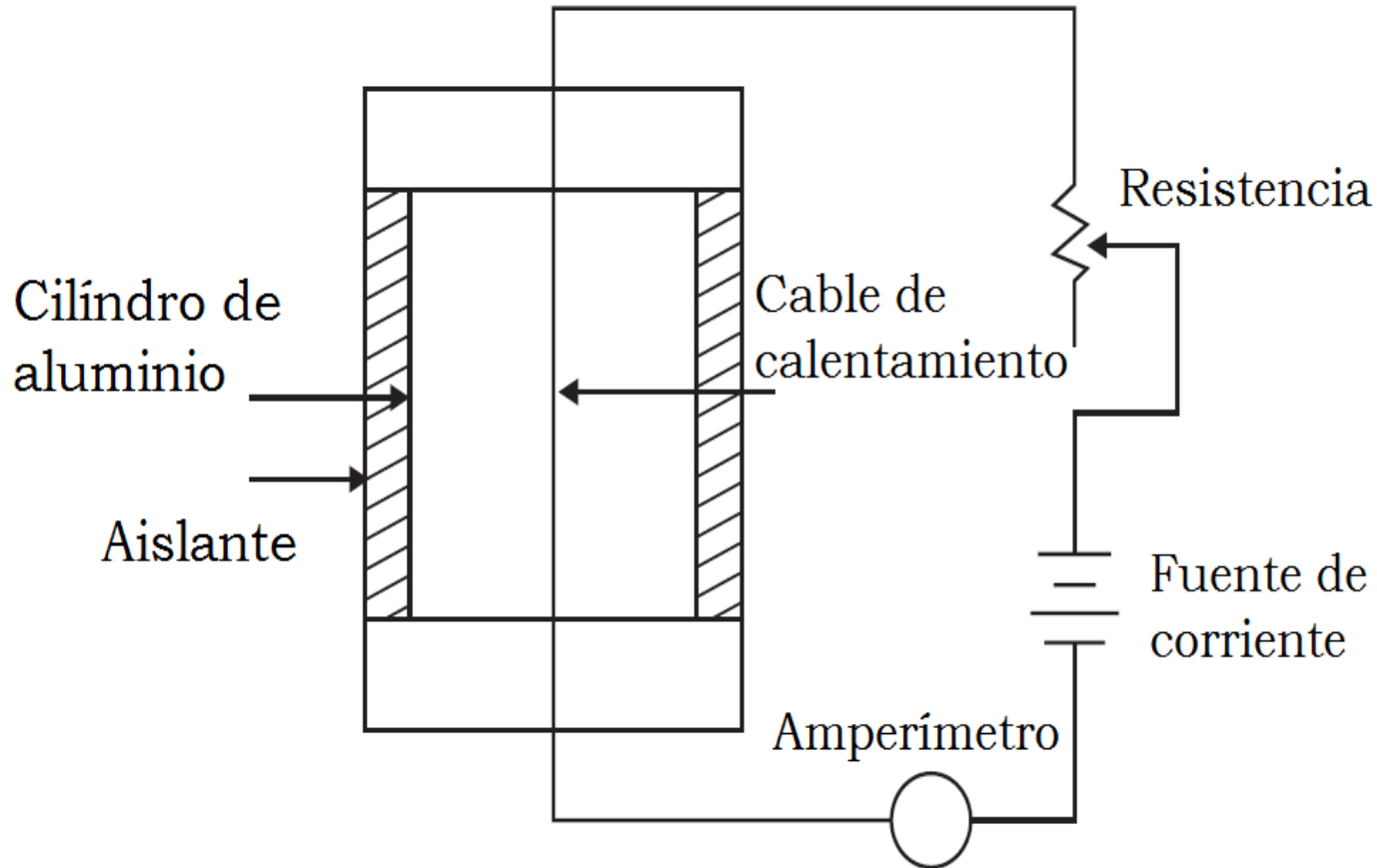


En el diseño racional de un sistema de almacenamiento (secado, enfriamiento y aireación) es importante “predecir” los cambios de temperatura durante el almacenamiento. La  **$K$**  contribuye a “**predecir**” la velocidad a la cual la temperatura del grano cambia.



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)



$$K = \frac{I^2 R}{4\pi(T_2 - T_1)} \ln\left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right)$$

**K** = Conductividad térmica,  $W^*/m^{\circ}C$   
**I** = Flujo de corriente a través del cable, **Amperes**  
**R** = Resistencia al calentamiento del cable, **ohm/m**  
**T** = Temperatura,  $^{\circ}C$   
**θ** = Tiempo, **s** o **min**

(\* ) Conversión **ohm por Watt**:  
 $(I)^2 \times (R)$



### 3.1. Características físicas de granos básicos

#### Conductividad Térmica (CT)

##### Ejemplo:

Determinar la conductividad térmica (**K**) en bulk de granos de arroz con un contenido de humedad de **13.5%**, cuya diferencia de temperatura registrada en papel semi-logarítmico entre **60 y 130s** fue **1.8°C**. La resistencia (**R**) y flujo de corriente (**I**) a través del cable de calentamiento fueron **2.458 Ω/m** y **1.3 A**, respectivamente.

$$K = \frac{I^2 R}{4\pi(T_2 - T_1)} \ln\left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right) \quad \Rightarrow \quad \text{Sustituyendo:} \quad K = \frac{(1.3\text{A})^2 (2.458\frac{\Omega}{\text{m}})}{4\pi(1.8^\circ\text{C})} \ln\left(\frac{130}{60}\right)$$

$$K = 0.14 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$



## Referencias bibliográficas

- ▶ Bala, B.K. (2017). *Drying and Storage of Cereal Grains*. 2ª.Ed. Wiley Blackwell. UK. 340 p.
- ▶ Ponce-García, N., Ramírez-Wong, B., Escalante-Aburto, A., Torres-Chávez, P. y Serna-Saldívar, S.O. (2017). *Grading Factors of Wheat Kernels Based on Their Physical Properties*. En: R. Wanyera (Ed.). *Wheat Improvement, Management and Utilization*. InTech. Croatia. (pp. 275-296).
- ▶ Wilhem, L.R., Suter, A.D., y Brusewitz, G.H. (2005). *Physical Properties of Food Materials*. Food & Process Engineering Technology. ASAE. (pp. 23-49).
- ▶ Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K. y Faubion, J. (Eds.). (2016). *Encyclopedia of Food Grains*. 2ª. Ed. Elsevier & Academic Press. UK. 1956 p.