

SECUENCIA DIDÁCTICA – I.P.E.T. N°132 - CICLO LECTIVO 2022

Apellido y Nombre:	DEBLAJOVICH FERNANDO GABRIEL
Email:	Fer_deblajovich@hotmail.com
Nombre Escuela:	I.P.E.T. N°132
CUE	EE0310558
Localidad:	Alta Gracia
Fecha:	Septiembre
Grado:	5º Año "B" - Contraturno - Turno Mañana
Espacio curricular:	<i>"OPERACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS I"</i>

IPEF 132 PARAVACHASCA

OPERACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS I

OBJETIVOS:

- Introducción al análisis de operaciones de reducción de tamaño
- Entender el funcionamiento de trituradoras, molinos, quebrantadoras
- Analizar las características de los equipos
- Buscar procesos que involucren esta operación unitaria
- Resolver la ejercitación presentada al final del trabajo.
- Lectura y comprensión de texto

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

- 1- Tu correcta participación en los grupos de consulta.
- 2- Comunicación con el docente para evacuar dudas.
- 3- Prolijidad en la entrega del trabajo.
- 4- Pasar las actividades a la carpeta.
- 5- Entregar el TP en el plazo solicitado.

Profesor : Deblajovich Fernando G.

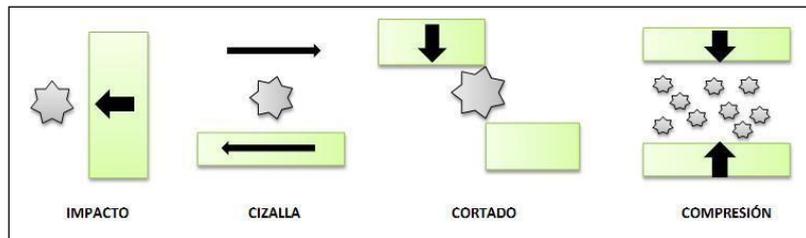
Reducción de tamaño

Razones para reducción de tamaño de los sólidos

- Facilitar la extracción de un constituyente deseado que se encuentre dentro de la estructura del sólido, como la obtención de harina a partir de granos.
- Obtener partículas de tamaño determinado, siendo una necesidad específica del producto.
- Aumentar la relación superficie- volumen incrementando: la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de soluto deseado, etc.
- Si el tamaño de partículas de los productos a mezclarse es homogéneo y de tamaño más pequeño que el original, la mezcla se realiza más fácil y rápido.

Mecanismos de reducción

- **Compresión:** reducción tosca de sólidos duros. No genera muchos finos
- **Impacto:** da productos gruesos, medios o finos
- **Frotamiento o cizalladura:** da productos muy finos a partir de materiales blandos y no abrasivos
- **Cortado:** da un tamaño de partícula bastante preciso con baja cantidad de finos



Trituración

Es el primer paso para la reducción de tamaño ya que reduce piezas grandes a tamaños manejables. Es el proceso por el cual se desmenuza una materia sólida sin reducirla completamente a polvo. Este proceso se divide en dos partes: trituración primaria y secundaria, siendo la diferencia entre ambas el tamaño en el que se reducen las partículas. Generalmente abarca el desmenuzamiento de materiales muy gruesos hasta tamaños del orden de los 3mm.

Molienda

Es la acción de quebrantar un cuerpo, reduciéndolo a partes muy pequeñas, o hasta hacerlo polvo. Esta se divide en pulverización (material duro) y desintegración (material blando)

Corte

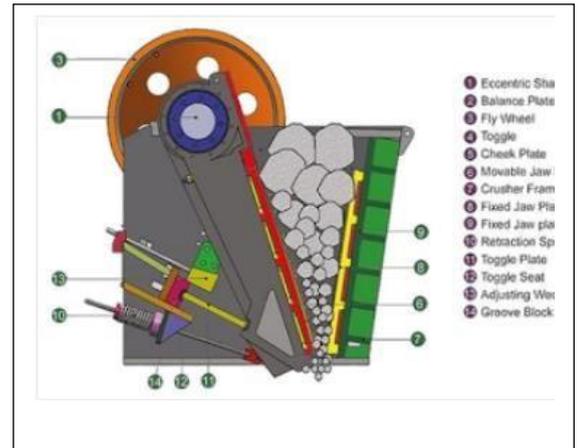
Es la reducción de tamaño por cortes sucesivos utilizado principalmente para materiales fibrosos



Trituradoras o quebradoras

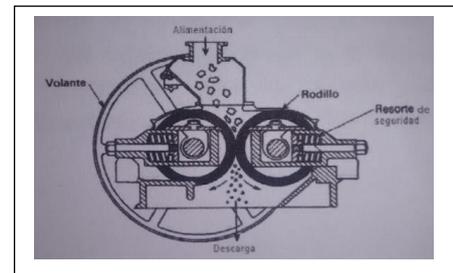
1. Quebradora de quijadas o triturador de mandíbulas

Este dispositivo, está compuesto en dos placas que forman un conducto en forma de V. En el tipo común (back), una de las placas pivotea en la parte superior y oscila en el fondo, comprimiendo, triturando los pedazos y rocas solidas hasta que se hacen lo suficientemente pequeñas como para caer a través de la abertura en el fondo de V. Estas quebradoras masivas son capaces de aceptar material de hasta 2m de diámetro. Como la quebradora de quijadas es de compresión, está limitada a materiales relativamente no pegajosos, pero puede romper aun los más fuertes y abrasivos solidos que se fracturan bajo compresión.



2. Trituradora de rodillos lisos

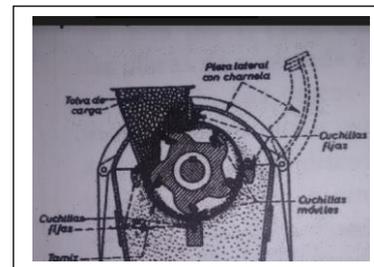
La trituración se produce entre dos rodillos los cuales giran en sentido contrario. Las partículas de alimentación son introducidas por la parte superior de la trituradora, las cuales quedan atrapadas entre los rodillos, las mismas se rompen por compresión y caen por la parte inferior. La velocidad de los rodillos es asincrónica con el fin de crear un efecto de limpieza en la cámara de trituración. La distancia entre rodillos es ajustable con el fin de compensar el desgaste producido.



Cortadoras

1. Cortadora de cuchillas giratorias

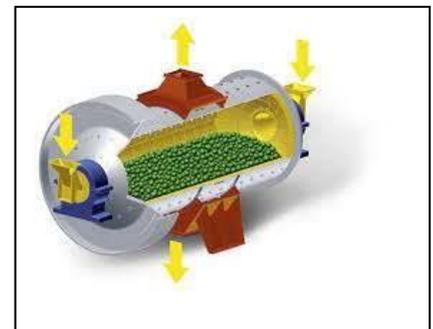
El medio más económico para reducir el tamaño de materiales suaves y fibrosos como el cuero, papel, ropa y madera es el corte. El dispositivo más común para esto es la cortadora de cuchillas giratorias. Esta cortadora consta de un rotor horizontal que gira en el interior de una cámara cilíndrica, sobre el rotor van acopladas de entre 2 a 12 cuchillas con extremos de acero que pasan muy próximas sobre 1 a 7 cuchillas estacionarias. Las partículas de alimentación entran en la cámara por la parte superior, son cortadas varios centenares de veces y salen a través de un tamiz situado en el fondo. A veces las cuchillas móviles son paralelas a las cuchillas fijas, otras veces dependiendo de las propiedades de la alimentación, ambas cuchillas se encuentran formando un ángulo.



Molinos

1. Molinos de bolas

Estos dispositivos consisten comúnmente en cilindros giratorios horizontales que contienen medios de trituración, como bolas de metal, barras o piedras. La fuerza centrífuga hace que estos medios giren cerca de la parte superior del molino y caigan después a la base, triturando los sólidos contra la pared del sistema o contra las bolas. Se utilizan revestimientos metálicos para aumentar la duración del equipo y el rendimiento de la molienda. Estos molinos pueden operarse en estado húmedo o seco. También se pueden utilizar barras en lugar de bolas, pero se obtiene una molienda más gruesa. En un molino de bolas o tubos pueden colocarse partes perforadas que proporcionan zonas donde las bolas se separan de acuerdo a su tamaño y permiten una mayor relación de reducción.



Velocidad crítica: es la velocidad a la que debe girar el molino para que las bolas suban y caigan, y no que rueden por toda la superficie

Trituración y Molienda

A medida que el tamaño de las partículas disminuye, el área superficial de las partículas aumenta. Así que una medida de tamaño o superficie antes y después de la reducción del tamaño indicaría el grado de **Energía** gastada en el proceso de trituración. Por lo tanto, si E fue la energía utilizada para una reducción de tamaño deseado, esto resultará en un cambio en el área de superficie:

Ecuación General

$$\frac{d}{dx} E = -K \cdot x^{-n}$$

Donde **K** es una constante y una función de la resistencia a la trituración de la roca, **P** es la Potencia **hp**, **CV** o **kW** y **F** la alimentación en toneladas por unida de tiempo.

Ecuación de Rittinger (n = 2)

$$E = \frac{P}{F} = K_R \cdot \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

$$K_R = K_R^0 \cdot f_c$$

f_c = Tensión de compresión

$$K_R = \frac{\text{hp}}{\text{tonne}} \cdot \text{cm}$$

El valor de **n = 2** para Rittinger es aplicable a tamaños de partículas pequeñas o molienda fina. **D < 0.05 mm**

Ecuación de Kick (n = 1)

$$E = \frac{P}{F} = K_k \cdot \ln \left(\frac{x_1}{x_2} \right)$$

$$K_k = K_k^0 \cdot f_c$$

f_c = Tensión de compresión

$$K_k = \frac{\text{hp}}{\text{tonne}} \cdot \text{hr}$$

El valor de **n = 1** para Kick es aplicable a tamaños de partículas gruesa. **D > 50 mm**



Balances de masa en equipos de reducción de tamaño

En los ejercicios siempre tendremos como datos las medidas de los diámetros de los sólidos, ya sea el que ingresa al equipo, como el diámetro del producto que queremos obtener u obtuvimos. Para resolverlos haremos uso de sistemas de ecuaciones, ya que siempre tendremos dos incógnitas, por lo general, que encontrar.

Como estamos iniciando en el cálculo solo haremos uso de las ecuaciones de Kick y Rittinger. A continuación veremos un ejemplo de resolución del problema.

En primer lugar sabemos que

$$E = \frac{P}{F}$$

Ley de Rittinger (Es para solidos de diámetro menor a 0.05 mm)

$$P_1 = K_R \cdot \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \cdot F \quad P_2 = K_R \cdot \left(\frac{1}{d_3} - \frac{1}{d_1} \right) \cdot F$$

Ley de Kick (Es para solidos de diámetro mayor a 50 mm)

$$P_1 = K_K \cdot \ln \left(\frac{d_1}{d_2} \right) \cdot F \quad P_2 = K_K \cdot \ln \left(\frac{d_1}{d_3} \right) \cdot F$$

Referencias

E= energía $\left[\frac{\text{CV} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} \right]$ ó $\left[\frac{\text{hp} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} \right]$

P= potencia [CV] ó [hp]

F= alimentación $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \right]$

K.R= constante de Rittinger
 $\left[\frac{\text{hp} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} * \text{mm} \right]$ ó $\left[\frac{\text{CV} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} * \text{mm} \right]$

K.K= constante de Kick
 $\left[\frac{\text{hp} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} \right]$ $\left[\frac{\text{CV} \cdot \text{hr}}{\text{ton}} \right]$

d= diámetro [mm]

BALANCE DE MASA

TRITURACIÓN

UN DESINTEGRADOR TRITURA CIERTA CANTIDAD DE MATERIAL DESDE 0,05 mm HASTA 0,03 mm CONSUMIENDO PARA DICHA TAREA 20 CV. QUE POTENCIA SE NECESITARÁ APLICAR A UNA MÁQUINA SEMEJANTE PARA CONSEGUIR QUEBRANTAR HASTA 0,01 mm DE LA MISMA CANTIDAD DE MATERIAL? LA CANTIDAD ES 1 TONELADA/HORA

DATOS

$d_1 = 0,05 \text{ mm}$
 $d_2 = 0,03 \text{ mm}$
 $d_3 = 0,01 \text{ mm}$
 $P_1 = 20 \text{ CV}$
 $F = \frac{1 \text{ TON}}{\text{HR}}$

$P_2 = ?$

SISTEMA DE ECUACIONES

$$\textcircled{1} P_1 = F \cdot K_R \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$
$$\textcircled{2} P_2 = F \cdot K_R \left(\frac{1}{d_3} - \frac{1}{d_1} \right)$$

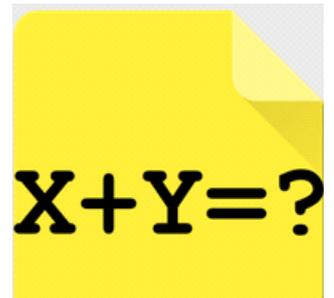
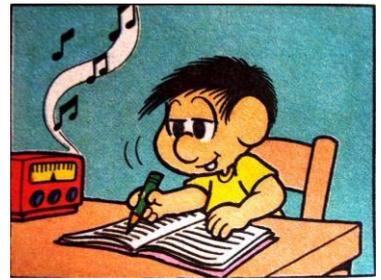
RESOLUCIÓN

REEMPLAZANDO LOS DATOS EN $\textcircled{1}$

$$P_1 = F \cdot K_R \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$
$$20 \text{ CV} = 1 \frac{\text{TON}}{\text{HR}} \cdot K_R \cdot \left(\frac{1}{0,03} - \frac{1}{0,05} \right)$$
$$\frac{20 \text{ CV}}{1 \frac{\text{TON}}{\text{HR}} \left(\frac{1}{0,03} - \frac{1}{0,05} \right)} = K_R$$
$$1,5 \frac{\text{CV}}{\frac{\text{TON}}{\text{HR}}} \cdot \text{mm} = K_R$$

REEMPLAZO K_R EN $\textcircled{2}$

$$P_2 = F \cdot K_R \left(\frac{1}{d_3} - \frac{1}{d_1} \right)$$
$$P_2 = 1 \frac{\text{TON}}{\text{HR}} \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{1}{0,01} - \frac{1}{0,05} \right)$$
$$P_2 = 120 \text{ CV}$$



Para realizar el balance de masa necesitaremos **analizar el problema, identificar los datos, y plasmarlos en el papel** como se ve en el ejemplo. Luego haremos un **planteo de ecuaciones** que será nuestro sistema de ecuaciones, el cual utilizaremos para darle valor a nuestra incógnita. **Nuestro sistema de ecuaciones será de Rittinger en este caso** ya que las partículas son de tamaño menor a 0.05mm.

En primer lugar **reemplazamos todos los datos en la ecuación 1**, como tenemos una incógnita solamente, podremos resolver la ecuación. **El resultado será el valor de la constante de Rittinger, K_R** . **Este valor lo usaremos para reemplazar en la ecuación 2** y sacar el valor de nuestra incógnita que es la potencia 2, potencia necesaria para reducir el tamaño de 0.05 a 0.01 mm



Ejercitación

- 1) Nombrar **2 razones** para reducir el tamaño de los sólidos.
- 2) Dar un **ejemplo cotidiano** de 2 de los mecanismos de reducción.
- 3) Explicar brevemente con tus palabras que entendiste por **trituration, molienda y corte**.
- 4) Explica cuáles son las diferencias operacionales entre **Quebradura de quijadas, Trituradora de rodillos lisos, Cortadora de cuchillas giratorias y Molino de bolas**.
- 5) Resolver el siguiente problema de **balance de masa**.



Un desintegrador tritura 1 tonelada/hr de material desde 0.02mm hasta 0.005mm consumiendo para dicha tarea 50CV ¿Que potencia se necesitará aplicar a una máquina semejante para conseguir quebrantar hasta 0.001mm de la misma cantidad de material?

Ayuda: basarse en el ejemplo de balance de masa

- 6) **Investigar y plasmar** en la hoja el diagrama de bloques de un proceso en el que se usen uno o más de estos equipos.

