

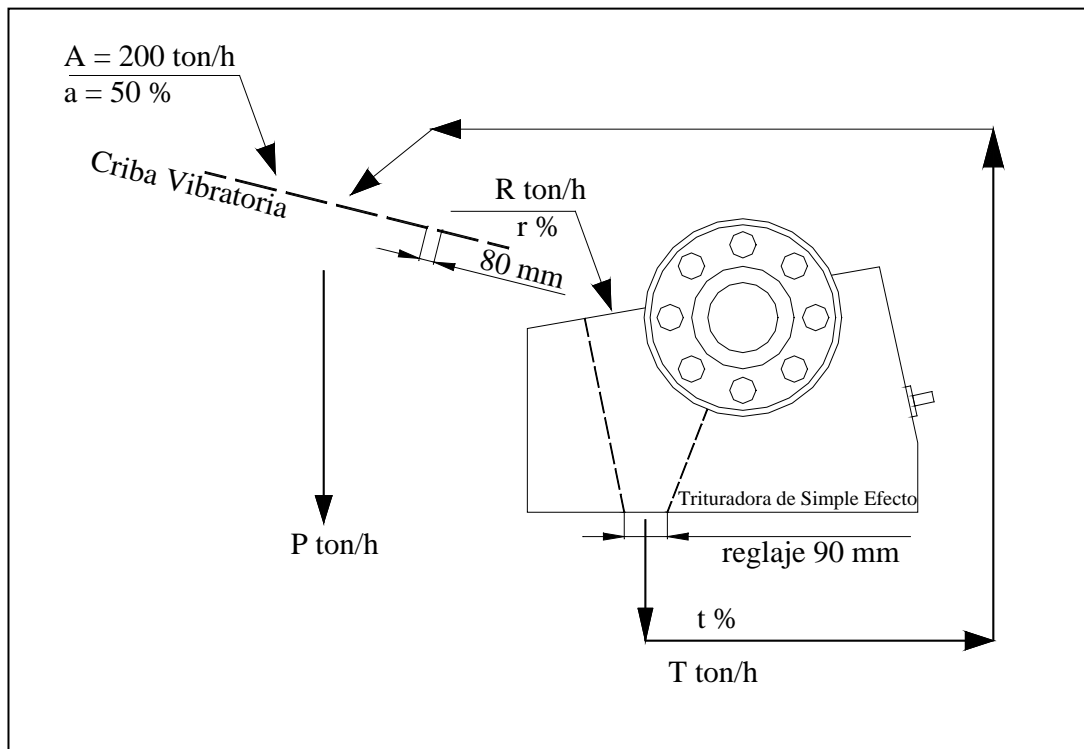
EJERCICIO SOBRE BALANCES DE MATERIAL Y DIMENSIONADO DE UNA  
CRIBA

## EJERCICIO

En una planta de tratamiento de áridos de caliza, se dispone de una etapa de trituración primaria en circuito cerrado. El machaqueo se efectúa a través de una trituradora de mandíbulas de simple efecto que recibe una alimentación de 200 ton/h con un  $D_{\max}$  igual a 400 mm. El reglaje de dicho equipo es de 90 mm.

Para no sobredimensionar la trituradora se ha optado de un circuito con cribado previo por medio de una criba de vibración circular que eliminará los fragmentos de tamaño inferior al de abertura de criba (80 mm). El porcentaje de material inferior a 80 mm que va en la alimentación es del 50 % (a %).

El porcentaje de paso por la malla de abertura igual al reglaje que da dicha trituradora bajo esas condiciones es del 80 % y el rendimiento de la criba (E) es del 85 %.



Se pide:

- Calcular el  $d_{\max}$  del producto de la trituradora.
- % de paso por la malla cuadrada de 80 mm y de 40 mm (semitamaño).
- Balance de material en los diferentes puntos de la etapa y la Carga Circulante.

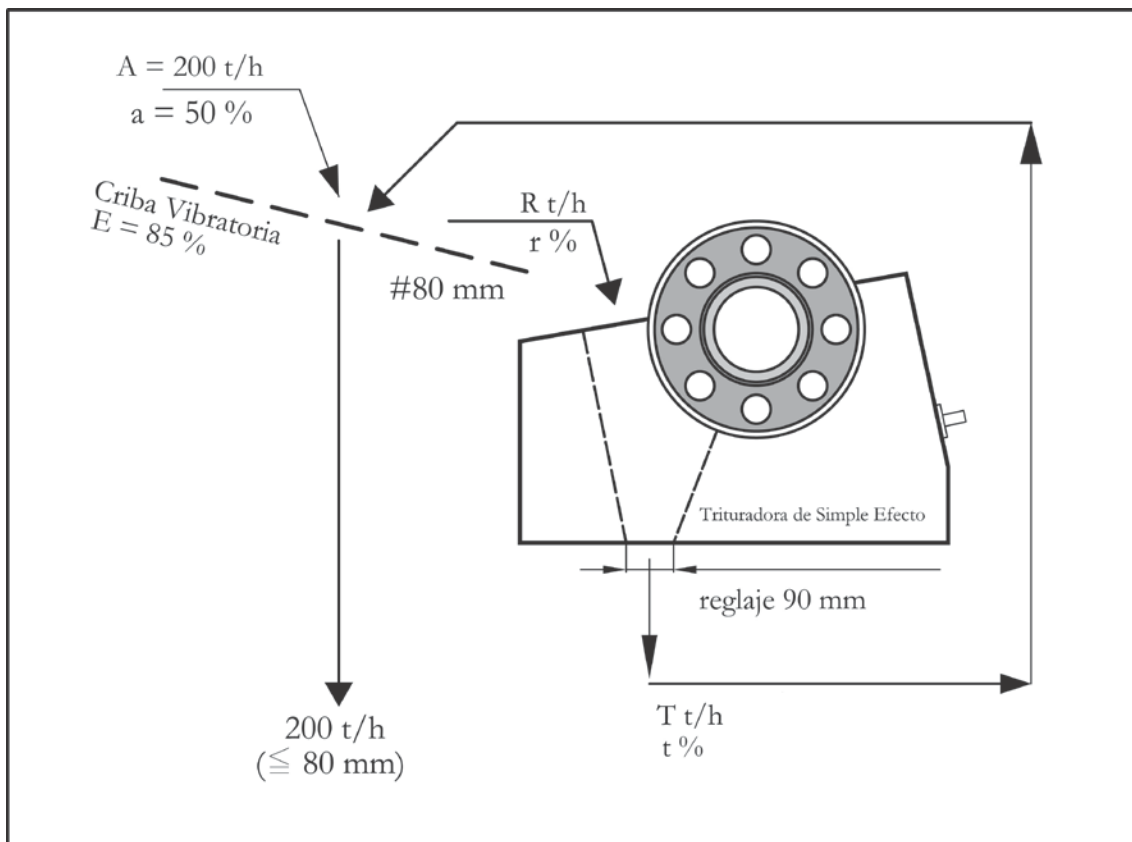
Calcular la Superficie de Cribado ( $\text{m}^2$ ) necesaria para una criba que trabaja bajo las condiciones del problema anterior.

Datos:

- Porcentaje de semitamaño en la alimentación (A) 10%
- Material cúbico (triturado) de densidad aparente:  $2.0 \text{ ton/m}^3$ .
- Criba de vibración circular con  $15^\circ$  de inclinación.
- Cribado en seco ( $H < 3\%$  de humedad).
- Área libre de cribado: 65 %.
- Un solo paño de cribado.
- Abertura cuadrada de 80 mm.
- Operación de cribado en condiciones normales.
- Contenido de lascas: 3 %.

Solución:

Para este tipo de problemas hay que comenzar sabiendo que se debe cumplir la conservación de la masa, es decir que si al circuito están entrando  $200 \text{ t/h}$ , entonces a través de la criba, como pasante, también estarán pasando  $200 \text{ t/h}$  (ver Figura). Aunque, con la salvedad de que estas últimas  $200 \text{ t/h}$  será de partículas con un tamaño igual o inferior a la abertura de la criba ( $\#80 \text{ mm}$ ). Aquí se supone que la criba no va a permitir el paso de partículas con tamaños superiores a  $80 \text{ mm}$ , algo que en la realidad si se podría llegar a producirse.



A continuación se hace uso del dato del rendimiento de la criba ( $E$ ) que es de un 85%. Este valor nos dice que a través de la criba sólo pasarán un 85% de las

partículas que caen sobre la tela y que presentan una dimensión igual o inferior a 80 mm, el 15% restante se irá con el rechazo de la criba formando los desclasificados. Por ello, habrá que calcular la cantidad total de árido que cae sobre la tela y que ya tiene un tamaño igual o inferior a 80 mm:

$$\begin{aligned}200 \text{ tph} &\rightarrow 85\% \\x \text{ tph} &\rightarrow 100\% \\ \text{Así, } x &= 235.3 \text{ tph}\end{aligned}$$

Por lo que a la criba le llegan 235.3 t/h de partículas inferiores a 80 mm, pero únicamente pasarán 200 t/h, como resultado de no trabajar la criba con un rendimiento del 100%.

Por otro lado, sabemos que en el material que forma la alimentación (A) ya hay presente un 50% de material que ya sería apto para pasar a través de la criba, es decir 100 t/h (a %), por lo que si restamos esa cantidad a las 235.3 t/h que le llegan a la criba, obtenemos 135.3 t/h ( $\leq 80$  mm) que formarán parte del producto obtenido de la trituradora de mandíbulas.

Ahora con el dato del 80% de porcentaje de paso por la abertura igual al reglaje, vamos a la curva granulométrica del producto de una trituradora de mandíbulas (Curva A), y entrando con dicho valor por ordenadas (Paso a) corta a la curva A en un punto al que le corresponde un valor en abscisas de 60%  $d_{max}$ . Este valor nos indica que una criba que tuviera una abertura de malla equivalente a la distancia que nos proporciona el reglaje, es decir 90 mm, dejaría pasar un 80% del producto obtenido con la machacadora; además, dicha abertura de 90 mm corresponde a un 60% del tamaño máximo obtenido en el producto, por lo que si se quiere calcular dicho tamaño máximo ( $d_{max}$ ) se hallaría la siguiente relación:

$$\begin{aligned}90 \text{ mm} &\rightarrow 60\% d_{max} \\y &\rightarrow 100\% (d_{max}) \\y &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

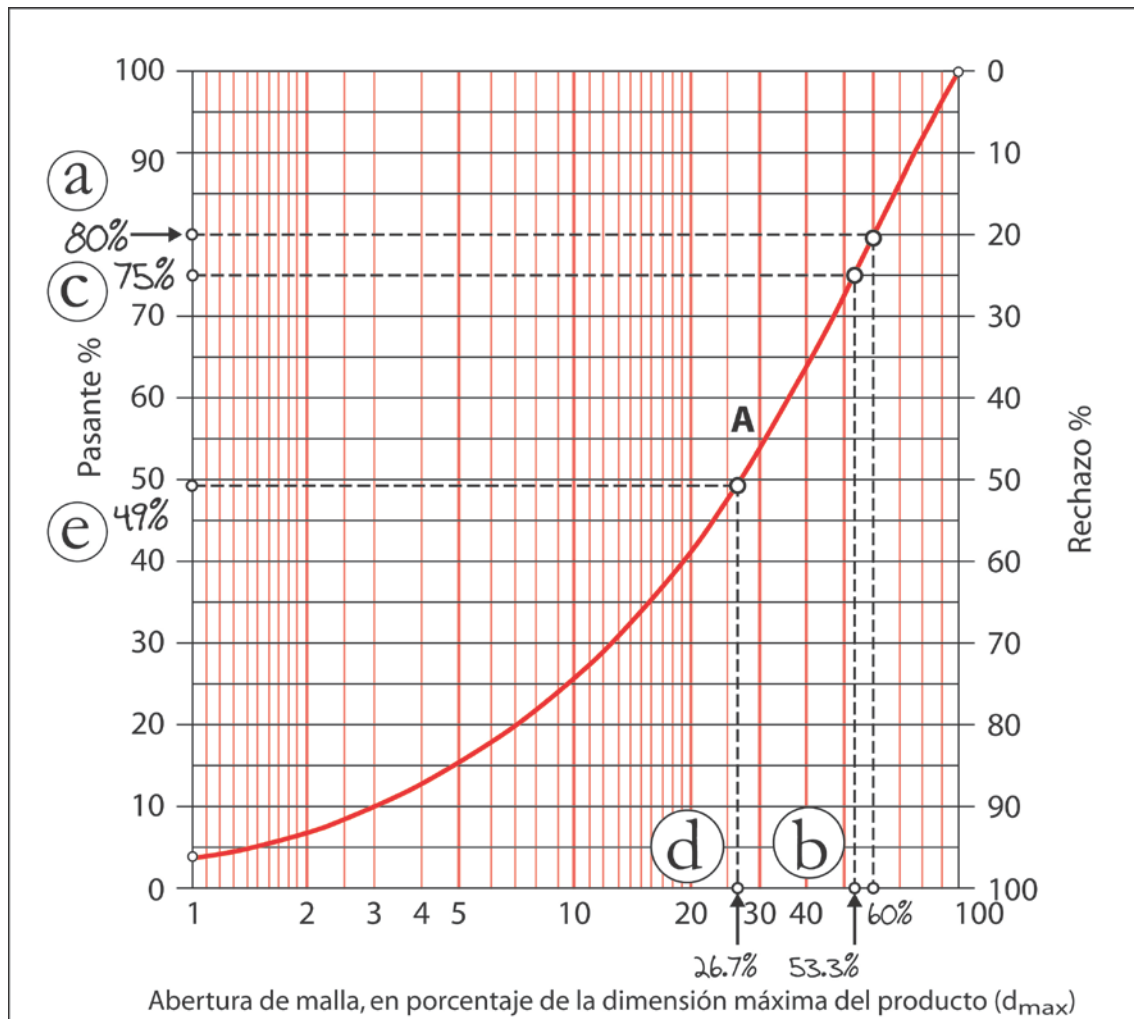
Para calcular el balance de material en los diferentes puntos de la etapa, necesitamos saber el porcentaje de árido que tiene una dimensión igual o inferior a 80mm. Para ello se halla para la dimensión de 80 mm qué porcentaje corresponde en relación al tamaño máximo obtenido en el producto de la trituradora:

$$150 \text{ mm} \rightarrow 100\% d_{\text{max}}$$

$$80 \text{ mm} \rightarrow z (d_{\text{max}})$$

$$z = 53.3\% d_{\text{max}}$$

Entrando con el valor de 53.3%  $d_{\text{max}}$  por abscisas (Paso b en la Figura) se asciende hasta cortar a la curva A y a dicho punto le corresponde un valor en ordenadas de 75% (Paso c en la Figura). Es decir el producto de la trituradora contiene un 75% de árido que pasaría por una criba de abertura igual a 80 mm.



Anteriormente se ha calculado que 135.3 t/h ( $\leq 80$  mm) formarán parte del producto obtenido de la trituradora de mandíbulas, y ahora en el paso anterior se ha obtenido que esta cantidad corresponde a un porcentaje del producto del 75% (t %). Por ello, la cantidad total de árido que produce la trituradora (T t/h) será:

$$135.3 \text{ t/h} \rightarrow 75\% \text{ paso}$$

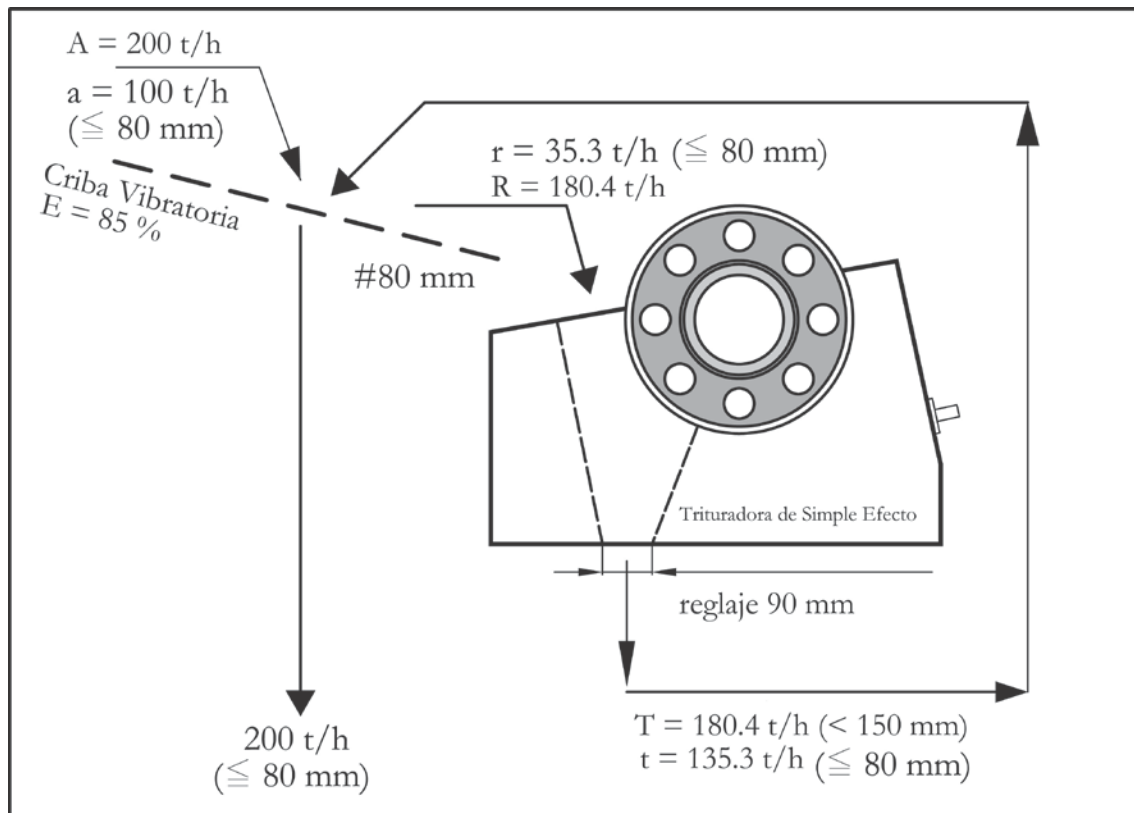
$$T \rightarrow 100\% \text{ paso}$$

$$T = 180.4 \text{ t/h}$$

A continuación se tienen que cumplir las siguientes igualdades del balance de materia (ver diagrama de flujo del enunciado):

$$A + T = P + R; 380.4 \text{ tph} = 200 \text{ tph} + R \rightarrow R = 180.4 \text{ tph}$$

$$r\% = 35.3 \text{ tph} (\# < 80 \text{ mm})$$



### Cálculo de la Carga Circulante (C.C.)

Aplicando la expresión de los apuntes (Tema 6: Cribado; OCW UPCT, 2011) para el cálculo de la carga circulante se tendría que su valor es de:

$$C.C. = \frac{T}{A} \cdot 100 = \frac{180.4 \text{ tph}}{200 \text{ tph}} \cdot 100 = 90.2\%$$

### Cálculo de la Superficie de Cribado ( $\text{m}^2$ )

Se aplicaría la expresión de los apuntes para el dimensionado de una superficie de cribado basada en la capacidad básica sobre el material pasante (Tema 6: Cribado; OCW UPCT, 2011) que viene expresada como:

$$S = \frac{T_p}{B \cdot f_i} \cdot f_{op}$$

$S$  = superficie de cribado necesaria,  $m^2$

$T_p$  = tonelaje teórico que deberá pasar la criba,  $t/h$

$B$  = capacidad básica pasante,  $t/m^2 \cdot h$

$f_i$  = Factores de corrección

$f_{op}$  = Factor de servicio

Según los apuntes sobre el dimensionado de una superficie de cribado (OCW UPCT, 2011), la capacidad básica pasante,  $B$ , para una abertura de malla de 80 mm manejando material cúbico es de  $49 t/(m^2h)$ . En los apartados anteriores se ha calculado que el tonelaje teórico,  $T_p$ , que logra pasar la criba será de  $200 t/h$ .

En los mismos apuntes, se encuentra cómo calcular los factores de corrección. Procediendo a su cálculo según el mismo orden en el que aparecen se tiene:

- Factor de densidad específica aparente,  $f_1$  con un valor de 1.25.
- Factor de rechazo,  $f_2$  valor obtenido 0.95

En este supuesto, para el cálculo del porcentaje de material que llega a la tela de cribado y tiene una dimensión superior a 80 mm, se calculará considerando las cantidades contenidas de dicho material en A (alimentación nueva) y T (producto de la trituradora) calculados anteriormente.

Así  $A = 200 t/h$ , con  $100 t/h$  de material de tamaño superior a 80 mm, y  $T = 180.4 t/h$ , con  $45.1 t/h$  de material de tamaño superior a 80 mm. Por ello, a la criba llegará un total de  $380.4 t/h$  de material del cual  $145.1 t/h$  será material de rechazo y que corresponde a un  $38.2\%$ . Con este porcentaje el valor del factor de corrección que le corresponde es de 0.95.

- Factor de semitamaño,  $f_3$  valor obtenido 0.83

Aquí se procede de forma similar que para el apartado anterior. Es decir hay que conocer el porcentaje de material con dimensión inferior a la mitad de la abertura de la malla, o sea 40 mm, que llega a la tela. Una parte será aportada por la alimentación nueva (10% según datos del enunciado) y otra parte provendrá del producto de la trituradora. Para el primer caso, le correspondería un valor de 20 t/h ( $\leq 40$  mm). La cantidad árido, con unas dimensiones  $\leq 40$  mm, que aporta la trituradora habrá que determinarlo:

Lo primero es pasar la dimensión de 40 mm en función del porcentaje del tamaño máximo obtenido en la trituradora ( $d_{max}$ ):

$$150 \text{ mm} \rightarrow 100\% d_{max}$$

$$40 \text{ mm} \rightarrow s(d_{max})$$

$$s = 26.7\% d_{max}$$

Con este valor, entrando ahora en la gráfica anterior por abscisas (Paso d) se obtiene un porcentaje de paso en ordenadas del 49%. Lo que nos indica que la fracción de semitamaño producida por la trituradora será de  $180.4 \text{ t/h} \times 0.49 = 88.4 \text{ t/h}$  ( $\leq 40$  mm).

Así ahora, del total de 380,4 t/h de material que le llega a la criba, 108.4 t/h corresponderá a semitamaños, que en porcentaje representa un 28.5%. Ahora, entrando con este valor en la tabla que nos da el factor de corrección para el semitamaño se obtendría un valor de 0.83.

- Factor de rendimiento,  $f_e$  con un valor de 1.26
- Factor de cribado en seco,  $f_h$  con un valor de 1.00
- Factor de cribado por vía húmeda,  $f_a$ , no se aplica
- Factor de abertura de malla,  $f_m$  con un valor de 1.00
- Factor de lajosidad,  $f_l$  con un valor de 1.00
- Factor de posición del paño,  $f_p$  con un valor de 1.00
- Factor de inclinación,  $f_i$  con un valor de 0.96
- Factor de área libre,  $f_o$  con un valor de 1.30
- Factor de servicio,  $f_{op}$  con un factor de 1.20

Introduciendo los valores anteriores en la expresión que nos calcula la superficie de cribado necesaria, quedaría:

$$S = \frac{200}{49 \times 1.25 \times 0.95 \times 0.83 \times 1.26 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.96 \times 1.30} \times 1.20 = 3.2 \text{ m}^2$$

### Cálculo de la anchura para la superficie de cribado

La criba debe tener una anchura mínima, independientemente del valor que se obtenga de la superficie necesaria, para que el espesor de la capa de material no sea elevado y permita un cribado adecuado. Para calcular la anchura mínima emplearemos la siguiente expresión:

$$A_m = 116 \times \frac{T \times R}{m \times f_d}$$

$T$  = tonelaje de alimentación que recibe la criba, t/h

$R$  = porcentaje de rechazo, en tanto por uno

$m$  = luz de la malla, en mm

$f_d$  = factor de densidad

En este supuesto, como la criba está antes de la trituradora, la alimentación que recibe no es sólo  $T$ , sino también  $A$ , es decir 380.4 t/h. El porcentaje de rechazo calculado anteriormente es 38.2%, o en tanto por uno 0.382. El factor de densidad vale 1.25 y la luz de la malla es de 80 mm, por lo tanto el valor de  $A_m$  será de:

$$A_m = 116 \times \frac{380.4 \times 0.382}{80 \times 1.25} = 168.6 \text{ mm}$$

Luego a partir de este valor se busca una anchura comercial de criba a partir de los catálogos de fabricantes, así para una anchura de 1200 mm, correspondería una criba con un tamaño de:

$$1200 \times 2700 \text{ mm}$$