

TEORÍA PROBABILISTA DEL CRIBADO

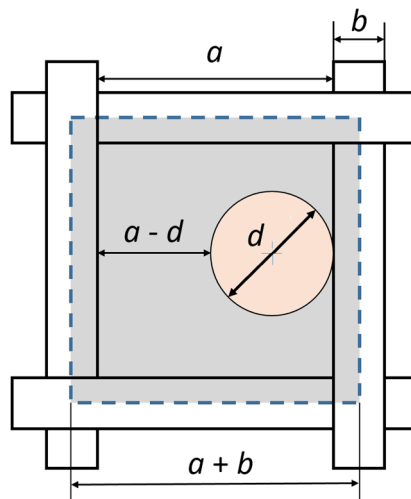
Procedimientos de construcción. Prof. Víctor Yepes

PROBLEMA 1. Se solicita representar la probabilidad de cribado para tamaños de grano de 0 a 1 mm, en función del número de rebotes de una criba con una apertura cuadrada $a = 1$ mm y un diámetro de alambres $b = 0,1$ mm. Suponiendo un número de rebotes $n = 10$ y $a = 1$ mm, determinar la probabilidad de cribado para diámetros de alambre b de 0,1 a 1,2 mm. ¿Qué ocurriría si el número de rebotes subiera a $n = 50$?

Solución:

Sea una partícula esférica de diámetro d , la cual cae perpendicularmente a la superficie de cribado. La probabilidad P que pase a través de la malla sin tener en cuenta los roces o la posibilidad que rebote sobre los hilos del mallado, se expresa como la relación entre el área en la que se produce el paso libre y el área total de la malla, incluida la parte proporcional del hilo. Siendo a la abertura cuadrada de la criba y b el diámetro de los alambres, tal y como se puede ver en la figura, la expresión sería la siguiente:

$$P = \frac{(a - d)^2}{(a + b)^2} = \frac{(a - d)^2}{a^2} \cdot \frac{a^2}{(a + b)^2}$$



En la expresión anterior, el primer término representa la proporción del área útil de paso, función de la dimensión relativa de la partícula respecto a la abertura de malla. El segundo representa la proporción de abertura libre de la superficie de cribado.

La probabilidad de ser cribado para un grano de tamaño $d < a$, cuando se dan un número n de rebotes encima de la criba será:

Prob (1) Probabilidad de pasar en un salto

Prob (0) = 1 - Prob (1) Probabilidad de no pasar en un salto

Por tanto, la probabilidad de no pasar en n rebotes será:

$$[Prob(0)]^n = [1 - Prob(1)]^n$$

Como la suma de la probabilidad de paso más la de no paso es igual a uno, tenemos por diferencia que la probabilidad de paso de una partícula de tamaño $d < a$, para el total de n rebotes encima de la criba, se obtiene de la siguiente expresión general:

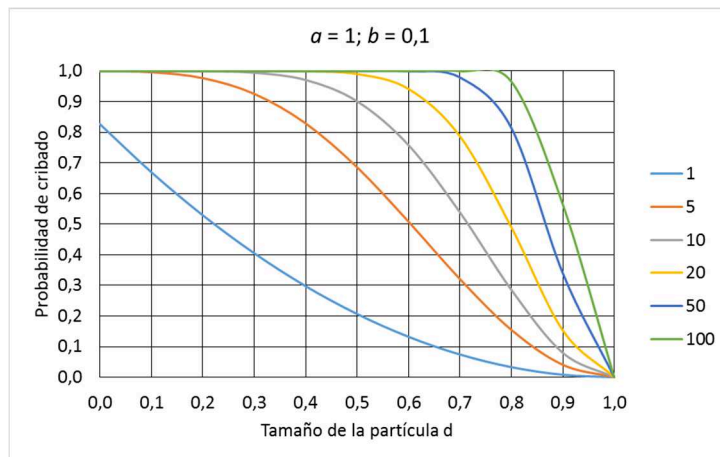
$$Prob(n) = 1 - [1 - Prob(1)]^n$$

Y, por tanto,

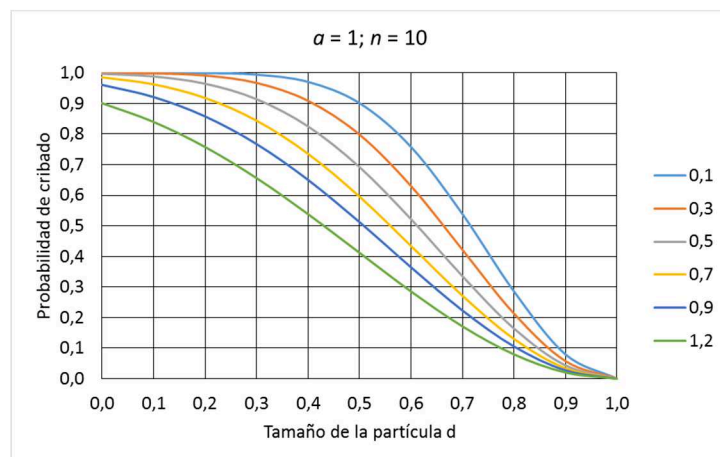
$$Prob(n) = 1 - \left[1 - \frac{(a-d)^2}{a^2} \cdot \frac{a^2}{(a+b)^2} \right]^n$$

Esta expresión no tiene en cuenta la interrelación entre partículas u otros factores existentes durante el cribado, pero permite inferir propiedades importantes en el funcionamiento de una criba.

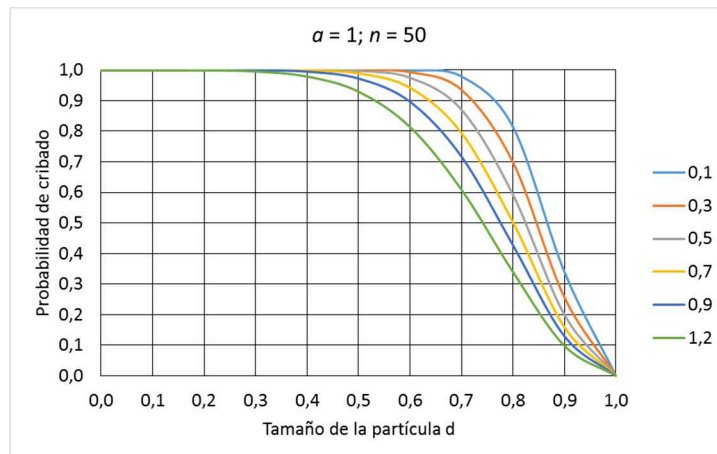
La representación de la probabilidad de cribado para tamaños de grano de 0 a 1 mm, en función del número de rebotes de una criba con una apertura cuadrada $a = 1$ mm y un diámetro de alambres $b = 0,1$ mm se representa en la siguiente figura, donde cada curva representa el número de rebotes, de 1 a 100:



La representación de la probabilidad de cribado para tamaños de grano de 0 a 1 mm, en función del diámetro de alambres b con una apertura cuadrada $a = 1$ mm, suponiendo 10 rebotes se representa en la siguiente figura, donde cada curva representa el diámetro de los alambres, de 0,1 mm a 1,2 mm:



Si consideramos un número número de rebotes $n = 50$, las probabilidades de cribado suben claramente. La curva queda como sigue:



Se puede observar que las partículas con un tamaño inferior a la mitad de la malla pasan tan pronto como caen sobre la criba y prácticamente no interfieren en el cálculo de la capacidad de cribado siempre que su proporción no sea muy alta. Por tanto, en los cálculos de la capacidad de una criba, se consideran los tamaños incluidos entre 0,5 y 1 vez el tamaño de la criba.

También se comprueba que los granos entre 0,5 y 1,5 veces el tamaño de la criba son los que más interfieren en el cribado, provocando cierta tendencia a la obstrucción de la malla. A estos granos se llaman tamaños críticos. Con carácter general, la criba directa, tanto en seco como en húmedo, se limita a tamaños de hasta 0,5 mm, salvo algún caso particular que baje a 0,1 o 0,2 mm.

PROBLEMA 2. Sea una criba con alambres de acero inoxidable que presenta una abertura cuadrada (luz de malla) de 3,50 mm y un diámetro del alambre de 2,00 mm. Se pide determinar, cuando la criba se encuentra en posición horizontal, el área libre y la probabilidad de que una partícula esférica de diámetro 2,50 mm pase a través de la abertura de malla. Calcular el área libre cuando la criba opera con un ángulo $\alpha = 15^\circ$ respecto a la horizontal.

Solución:

La probabilidad P de que una partícula esférica de diámetro d , la cual cae perpendicularmente a la superficie de cribado, pase a través de la malla sin tener en cuenta la posibilidad que rebote sobre los hilos del mallado, se expresa de la siguiente forma, siendo a la abertura cuadrada de la criba y b el diámetro de los alambres:

$$P = \frac{(a - d)^2}{(a + b)^2} = \frac{(a - d)^2}{a^2} \cdot \frac{a^2}{(a + b)^2}$$

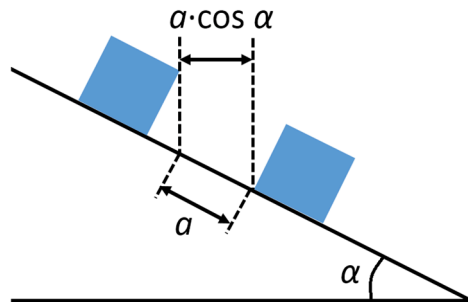
Con los datos del problema, la probabilidad de que pase la partícula es:

$$P = \frac{(3,50 - 2,50)^2}{3,50^2} \cdot \frac{3,50^2}{(3,50 + 2,00)^2} = 0,081633 \cdot 0,404959 = 3,31 \%$$

Por otra parte, la proporción de abertura libre de la superficie de cribado σ es:

$$\sigma = \frac{3,50^2}{(3,50 + 2,00)^2} = 0,404959 = 40,50\%$$

Si la criba se encuentra inclinada un ángulo α respecto a la horizontal, entonces la abertura efectiva disminuye con el coseno, tal y como se indica en la figura.



Es decir, la proporción de abertura libre con el ángulo $\alpha = 15^\circ$, será:

$$\sigma' = 0,404959 \cdot \cos 15 = 39,12\%$$

Referencias:

LÓPEZ JIMENO, C. (ed.) (1998). *Manual de áridos. Prospección, explotación y aplicaciones*. E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, 607 pp.

LÓPEZ JIMENO, C.; LUACES, C. (eds.) (2020). *Manual de Áridos para el Siglo XXI*. Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos— ANEFA, Madrid, 1328 pp.

MARTÍ, J.V.; GONZÁLEZ, F.; YEPES, V. (2005). *Temas de procedimientos de construcción. Extracción y tratamiento de áridos*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Ref. 2005.165. Valencia, 74 pp.

MARTÍNEZ PAGÁN, P. (2021). *Ejercicios resueltos de plantas de tratamiento de recursos minerales*. Universidad Politécnica de Cartagena, CRAI Biblioteca, Cartagena, 211 pp.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).