



Universidad
Politécnica
de Cartagena

TECNOLOGÍA MINERALÚRGICA



TEMA 6: CLASIFICACIÓN DIRECTA - CRIBADO



6

CRIBADO



Selección por Tamaños. Cribado

- 6.1. Clasificación por Tamaños. Introducción.
- 6.2. Definiciones.
- 6.3. Terminología.
- 6.4. Superficies de Cribado.
- 6.5. Equipos Industriales de Cribado.
- 6.6. Principales Factores del Cribado.
- 6.7. Rendimiento y Eficacia del Cribado.
- 6.8. Dimensionado de la Superficie de Cribado.
- 6.9. Determinación de la Carga Circulante (C.C.).



Definición de Cribado:

- Es una operación de clasificación por tamaño, utilizando una superficie de cribado, de fragmentos de dimensiones y formas variadas.

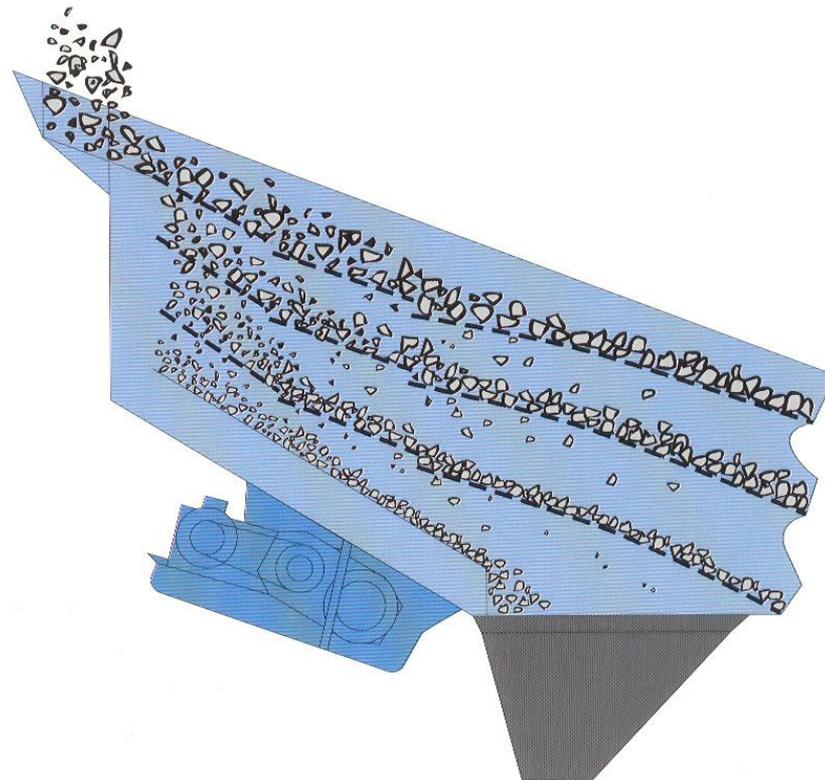


Figura 1

Esquema de una operación de clasificación por tamaños en una criba de varias bandejas (cortesía de Svedala Iberia)



6.2. Definición

Definición de Términos:

- **Rechazo:** Porcentaje de las partículas que se depositan sobre una criba que son superiores al tamaño de clasificación.
- **Pasante:** Está constituido por aquel porcentaje de las partículas que se depositan sobre una criba que son inferiores al tamaño de clasificación.
- **Semitamaño:** Aquel porcentaje de alimentación a una criba formado por las partículas que son inferiores al valor mitad del tamaño de clasificación.

(cortesía de Terex Minerals)

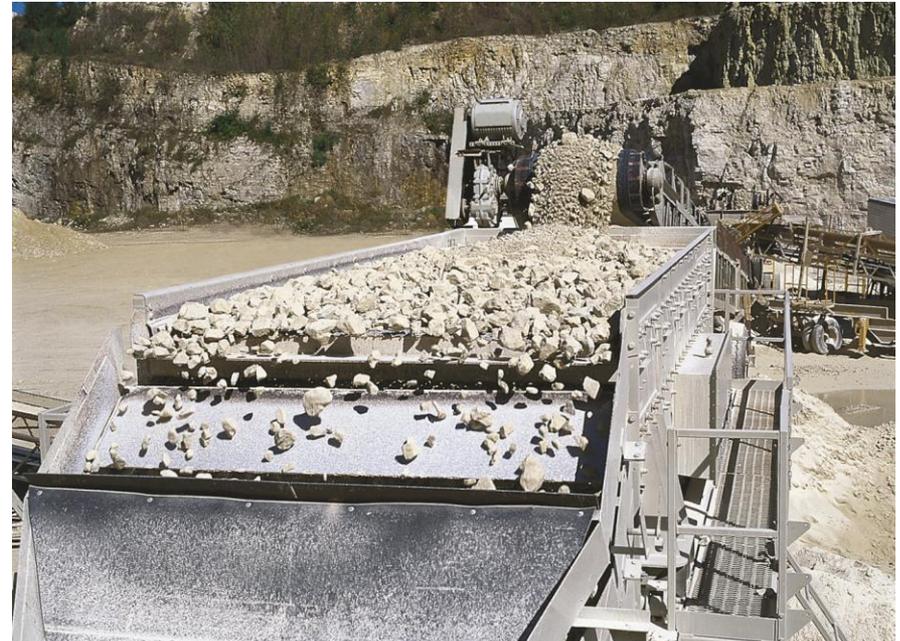


Figura 2



Definición de Términos:

- **Desclasificados:** Porcentaje o masa de partículas finas que no atraviesan la criba y se van con la fracción gruesa (rechazo).
- **Todo-Uno:** Es la mezcla antes de su clasificación.

(cortesía de Terex Minerals)



Figura 2



6.3. Terminología

Terminología:

Empleada en las operación de clasificación por tamaños.

- **Escalpado:** Operación la que se eliminan aquellos fragmentos grandes que pueden suponer un peligro u obstáculo para las operaciones siguientes.
- **Precribado:** La fracción fina con el tamaño adecuado se evita que entre a la etapa siguiente de trituración o machaqueo.
- **Calibrado:** Clasificación para calibres superiores a **100 mm**. Se emplearán parrillas fijas o dinámicas.
- **Cribado:** Clasificación sobre tamaños entre **150 μm** y **100 mm**. Se emplearán trómeles, cribas de sacudidas o cribas vibrantes.
- **Tamizado:** Clasificación sobre tamaños entre **40 μm** y **150 μm** . Se utilizan cribas rotativas o tamices vibrantes.
- **Recribado:** Es una nueva operación de clasificación en la que se quiere mejorar la eliminación de la fracción fina (operaciones de eliminado de impurezas).
- **Agotado:** Es una operación de eliminación del excedente líquido (normalmente agua) de las mezclas sólido-líquidas que se manejan por vía húmeda.



6.4. Superficies de Cribado

Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y su elección se basa en los siguientes puntos:

- 1. Solidez de la malla frente a las deformaciones, la resistencia al desgaste y la resistencia a las roturas por fatigas.**
 - Estos factores influyen cuando se trabaja con materiales de gran tamaño y pesados.
- 2. Regularidad en las luces de las superficies de cribado.**
 - Éstas son más constantes en las chapas perforadas seguidas de las mallas, las que menos son las parrillas.
- 3. El porcentaje de superficie útil de la superficie de cribado respecto a la superficie total.**
 - Los valores mayores se dan en las mallas de alambres (65% al 75%), y va disminuyendo en las chapas perforadas (30% al 45%) y las parrillas (10% al 75%).



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y su elección se basa en los siguientes puntos:

- 4. El porcentaje de colmatado o cegado debido a las obstrucciones causadas por la humedad, plasticidad, suciedad, etc.**
 - Se utilizan varios mecanismos para porcentaje: rejillas de ranuras, parrillas de perfil divergente, varillas flotantes, mallas anticolmatado, bolas golpeando debajo de las mallas, artificios mecánico y térmicos.
- 5. La resistencia a las obstrucciones por atascamiento de granos difíciles.**
 - Generalmente son mayores en las cribas con parrillas de barrotes y en las chapas perforadas con luces de malla cónicas.



Tipos de Superficies:

Una vez que se ha decidido que superficie de cribado emplear se ha de tener en cuenta la gama de aberturas o luces admisibles para cada tipo de cribado:

| Tipo Superficie | Aberturas Admisibles (mm) |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Parrillas fijas | 40 – 300 |
| Chapas perforadas | 4 – 100 |
| Mallas | 0.10 – 125 |
| Mallas de acero inoxidable | 0.10 – 40 |
| Mallas de resortes | 3 – 125 |
| Tejidos de tela o nylon | 0.038 – 0.10 |
| Rejillas de ranuras | 0.1 – 3 |
| Superficies de goma o poliuretano | 0.3 - 125 |

Tabla 1



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- **Parrillas de barras**
- Chapas perforadas
- Mallas metálicas
- Rejillas filtrantes
- Superficie cribante de poliuretano
- Superficie cribante de goma



Figura 3

(cortesía de Roher)



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- Parrillas de barras
- Chapas perforadas
- Mallas metálicas
- Rejillas filtrantes
- Superficie cribante de poliuretano
- Superficie cribante de goma



Figura 4 (cortesía de HAVER AND BOECKER)



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- Parrillas de barras
- Chapas perforadas
- **Mallas metálicas**
- Rejillas filtrantes
- Superficie cribante de poliuretano
- Superficie cribante de goma



Figura 5

(cortesía de Roher)



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- Parrillas de barras
- Chapas perforadas
- Mallas metálicas
- **Rejillas filtrantes**
- Superficie cribante de poliuretano
- Superficie cribante de goma



Figura 6

(cortesía de TEMA)



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- Parrillas de barras
- Chapas perforadas
- Mallas metálicas
- Rejillas filtrantes
- **Superficie cribante de poliuretano**
- Superficie cribante de goma



Figura 7

(cortesía de SANDVIK)



Tipos de Superficies:

La forma y los materiales con los que se construyen las superficies de cribado son muy variados y en función de ellos se pueden clasificar en las siguientes:

- Parrillas de barras
- Chapas perforadas
- Mallas metálicas
- Rejillas filtrantes
- Superficie cribante de poliuretano
- Superficie cribante de goma

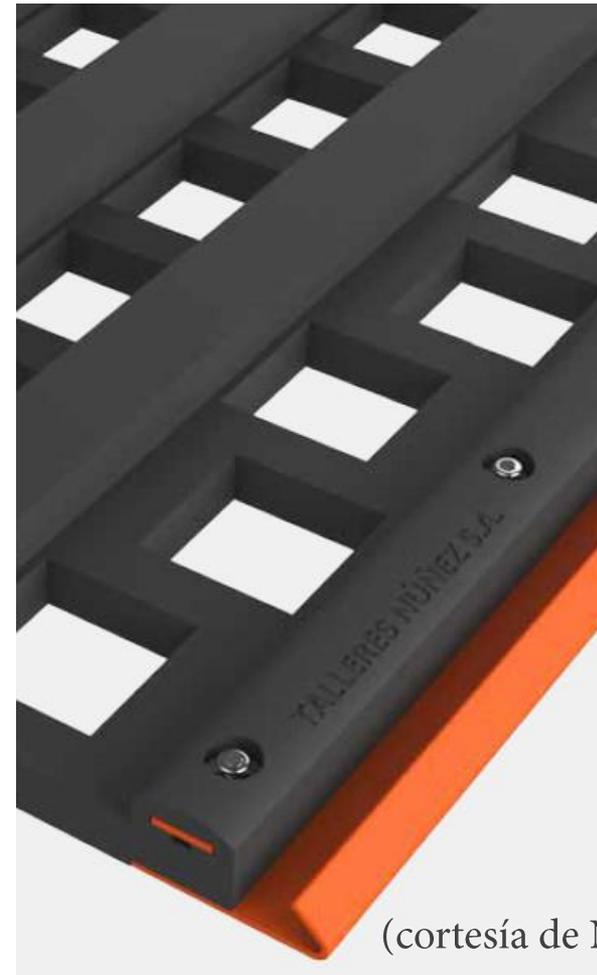


Figura 8

(cortesía de NUBA)



Parrillas de barras:

- Están formadas por barras, perfiles o raíles, dispuestos de forma paralela y con la separación adecuada a la clasificación que se persigue.
- La máxima longitud de las barras está dispuesta en el sentido del flujo del material.
- La sección de las barras se va estrechando hacia el final de la criba, con lo que se tiene una divergencia entre las mismas a fin de obtener elevadas eficiencias.
- Las secciones de las barras suelen ser de formas trapezoidales semejantes a las secciones triangulares y dispuestas de forma invertida para evitar atascos.

(cortesía de SANDVIK)



Figura 9



Parrillas de barras:

- Se fabrican de acero. Para trabajos duros y de alta abrasividad se emplean barras de acero al manganeso o aleados con cromo.
- Las parrillas de barras se instalan en estructuras estáticas y cribas vibrantes.
- Las parrillas de barras estáticas se utilizan en la separación de material superior a 150 mm (Sistemas de separación **Grizzly**)

(cortesía de METSO)



Figura 10



Parrillas de barras:

- El cálculo de la superficie de cribado necesaria se puede estimar con la siguiente fórmula:

$$S_{\text{cribado}} = \frac{\text{finos (tph)}}{A \times B \times C}$$

Donde,

A: Capacidad/m².

B: % de gruesos en la alimentación.

C : % material inferior a la mitad de la distancia nominal entre barras.

(cortesía de METSO)



Figura 11



Chapas perforadas:

- Se emplean en aquellas situaciones donde la superficie de cribado debe ser capaz de resistir tamaños de material importantes, dando una mayor vida de servicio que con el uso de mallas metálicas.
- Presentan menor superficie libre que las mallas metálicas pero mayor precisión de cribado y menores problemas de cegamiento.
- Las perforaciones efectuadas en las chapas pueden ser de diferentes formas y tamaños (redondas, cuadradas, rectangulares con esquinas redondas o cuadradas, hexagonales, etc.).

(cortesía de SOVATEC)

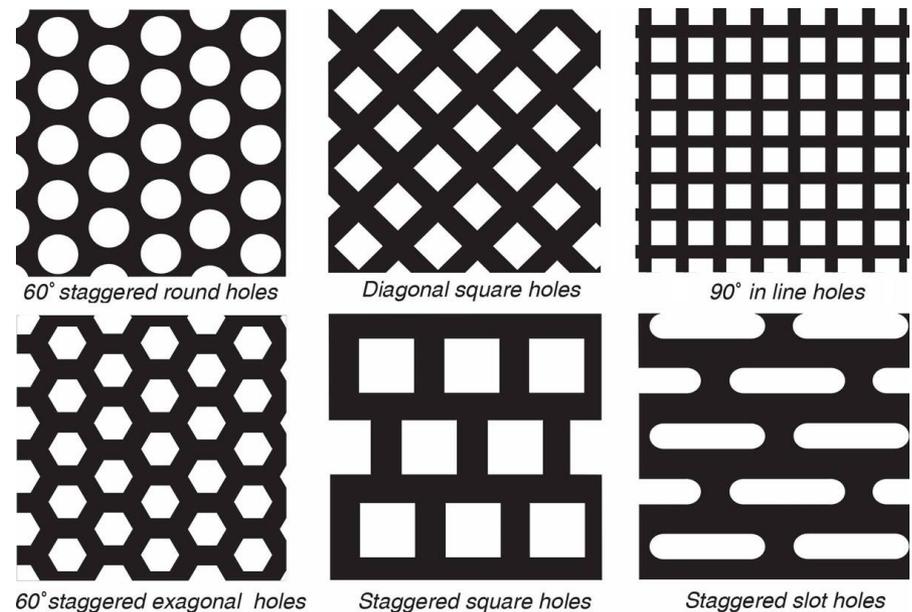


Figura 12

60° staggered exagonal holes

Staggered square holes

Staggered slot holes



Chapas perforadas:

- Las perforaciones se disponen de forma paralela o al tresbolillo y/o inclinadas con respecto a la dirección del flujo de material.
- Las chapas se construyen de acero o de material antidesgaste con espesores que van desde los 6 mm hasta los 20 mm.
- Las medidas habituales suelen ser de 2000 mm de largo por 1000 mm de ancho.
- Los agujeros, generalmente, van desde los 10 mm hasta los 100 mm.

(cortesía de HARPSCREEN)



Figura 13



Chapas perforadas:

- En explotaciones de áridos y en minería, son los agujeros redondos al tresbolillo a 60° los habitualmente utilizados, calculándose su superficie libre con la siguiente fórmula:

$$S_{\text{libre}} = 0.906 \times \left(\frac{d}{a} \right)^2$$

(cortesía de NOVATEC)

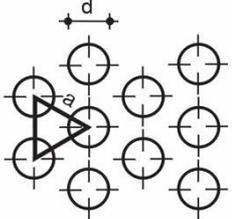
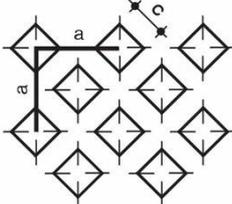
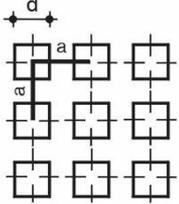
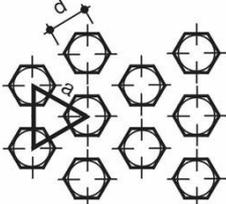
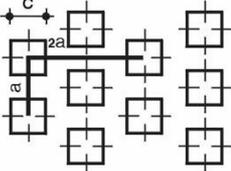
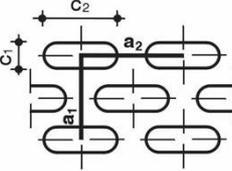
| | | | |
|---|--|---|--|
|  | Agujeros al tresbolillo a 60° $S = 0,906 \left(\frac{d}{a} \right)^2$ |  | Agujeros cuadrados al tresbolillo alternados $S = 2 \left(\frac{c}{a} \right)^2$ |
|  | Agujeros cuadrados "en línea" a 90° $S = \left(\frac{c}{a} \right)^2$ |  | Agujeros hexagonales al tresbolillo a 60° $S = \left(\frac{d}{a} \right)^2$ |
|  | Agujeros cuadrados alternados $S = \left(\frac{c}{a} \right)^2$ |  | Agujeros oblongos alternados $S = 2 \frac{c_1 c_2 - 0,215 c_1^2}{a_1 a_2}$ |

Figura 15



Mallas metálicas:

- Las mallas metálicas son un conjunto de alambres tejidos de forma que las aberturas que proporcionan son cuadradas o rectangulares.
- La luz de una malla es la distancia existente entre los alambres que componen el tejido.
- Esta distancia es la que marca el tamaño de paso de los materiales, medida en milímetros, centímetros o pulgadas.

(cortesía de WS TYLER)

Malla metálica de 20 mallas (#20) por pulgada
(mallas contadas desde los centros de los alambres hasta completar una pulgada)

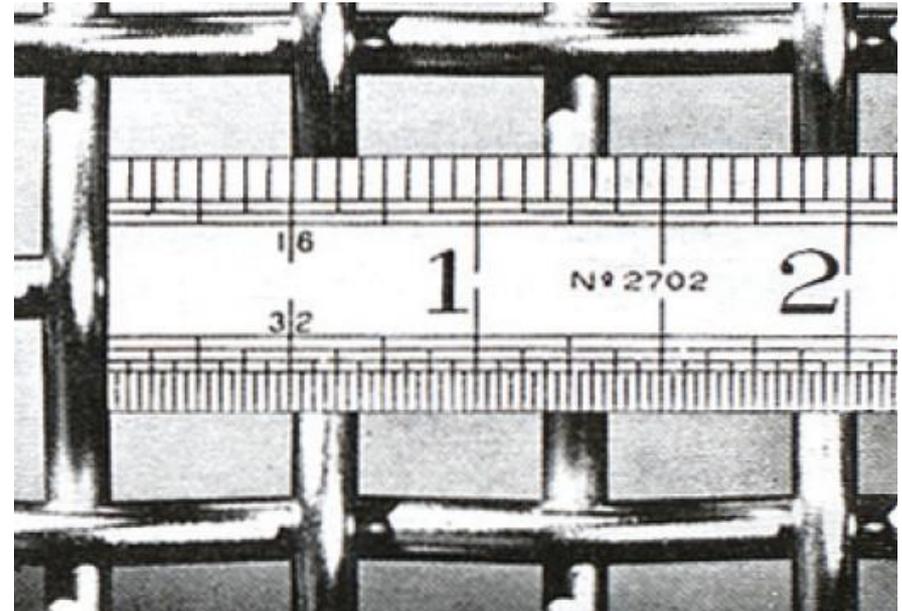


Figura 16



Mallas metálicas:

- Los alambres de mayor grosor se emplean en la clasificación de materiales abrasivos (ofitas, cuarcitas, granitos, etc.).
- Los alambres de grosores medios son para el cribado de materiales no abrasivos (calizas, yesos, etc.).
- Los alambres más finos se emplean en todos aquellos casos en los que se necesita optimizar la superficie útil de cribado (p.e.: plantas de aglomerado, cribas probabilísticas o en condiciones de humedad adversa).

(cortesía de METSO)

Malla metálica cuadrada ondulada

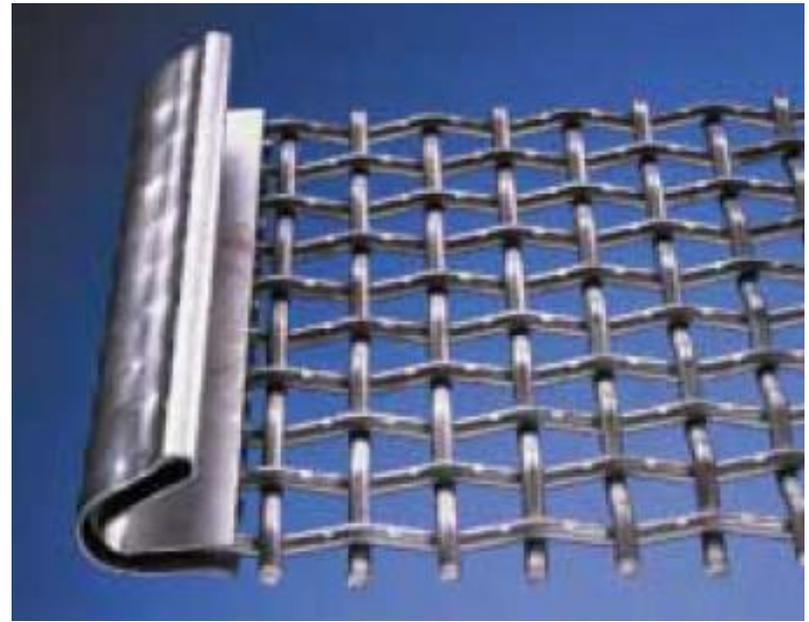
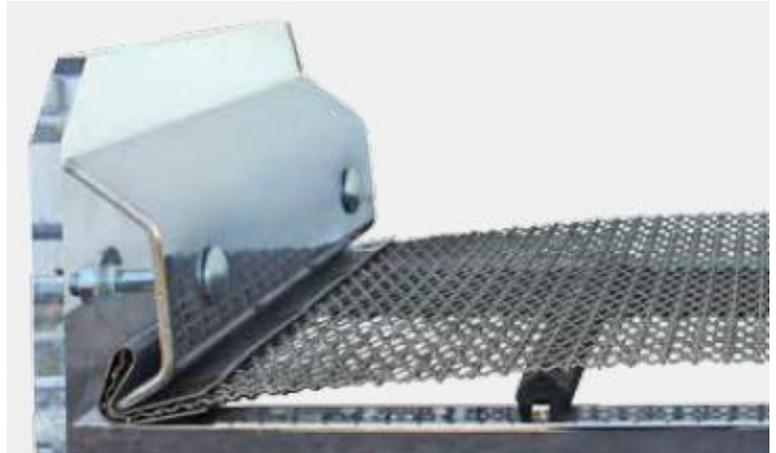
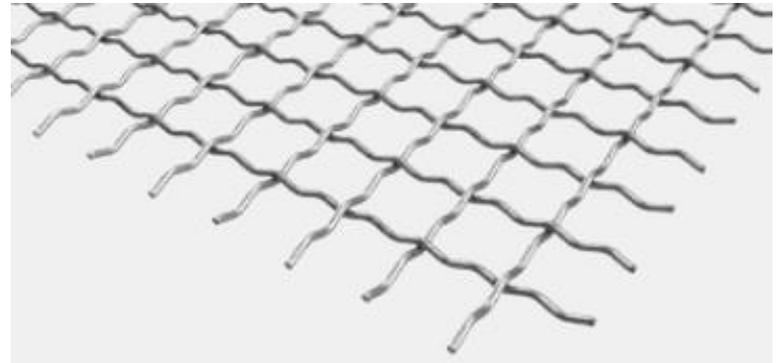
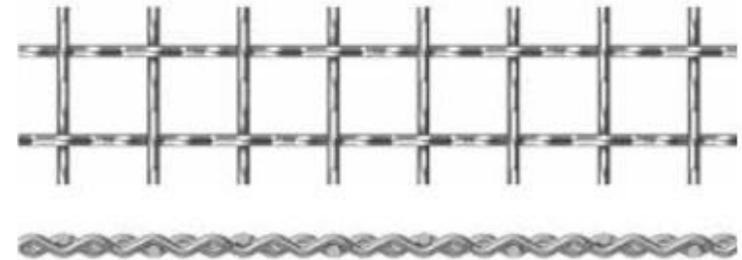


Figura 17



Mallas metálicas (Cuadradas Onduladas):

- Cribado de materiales que no se colmatan.
- Gran precisión y rendimiento (productos secos).
- Luz de mallas desde 230 μm hasta 25 mm.
- Fabricadas en acero inoxidable o acero de alta resistencia.
- Mayor rendimiento que las planas.
- Empleo en canteras y graveras.



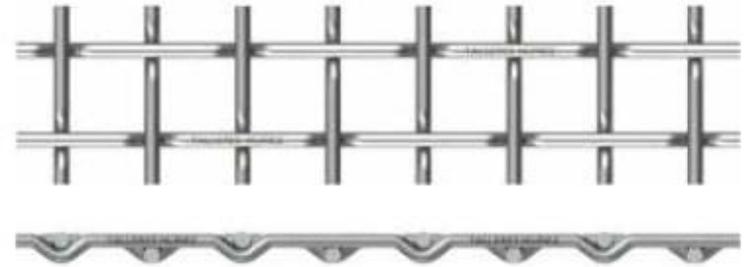
(cortesía de NUBA)

Figura 18



Mallas metálicas (Cuadradas Planas):

- Forman una superficie plana.
- Cribado de materiales pesados.
- Resisten los golpes violentos.
- Luz de mallas desde 12.5 mm hasta 125 mm.
- Fabricadas en acero.
- Empleo en canteras y graveras.
- Aprovechamiento de los alambres superior a las onduladas (menor desgaste).



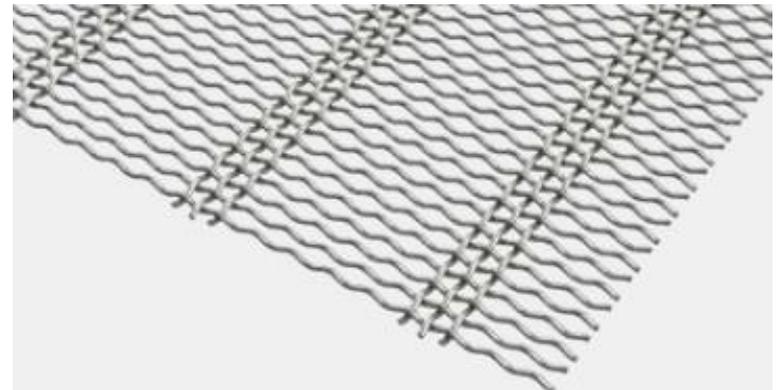
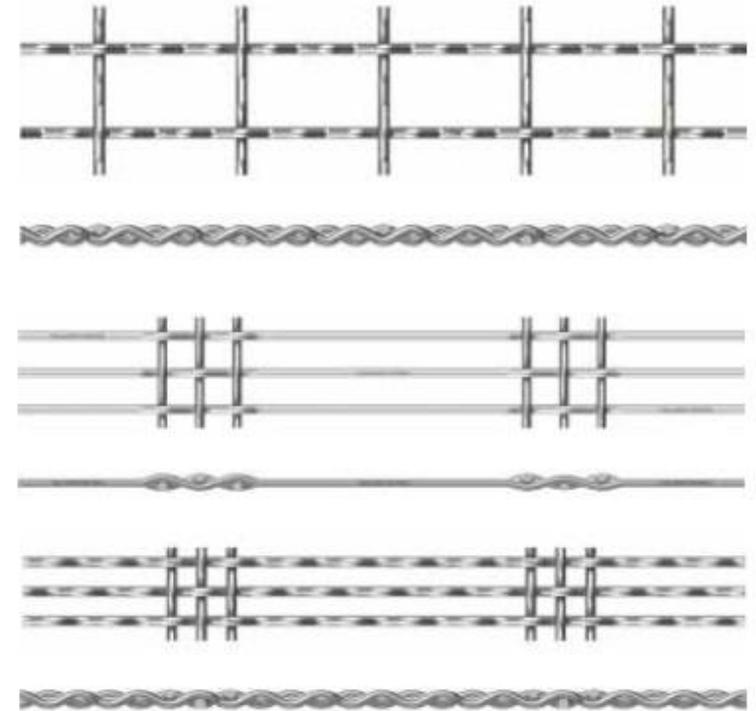
(cortesía de NUBA)

Figura 19



Mallas metálicas (Rectangulares Onduladas):

- Se emplean en el cribado de materiales planos o lajosos.
- Adecuadas para la clasificación de materiales redondeados o cúbicos (canteras de balasto).
- Luz de malla de 1.25 mm hasta 40 mm.
- Se fabrican en acero de alta resistencia y en acero inoxidable.
- Según la disposición de la abertura rectangular con relación a la dirección del flujo de material se facilitará o se impedirá el paso de los materiales de naturaleza lajosa.



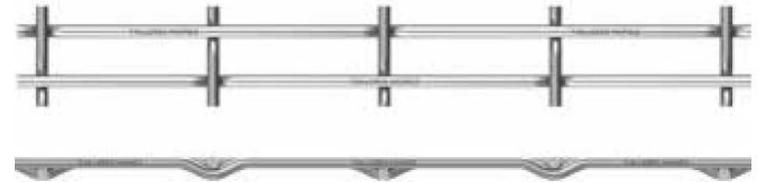
(cortesía de NUBA)

Figura 20



Mallas metálicas (Rectangulares Planas):

- Son similares a las anteriores, diferenciándose en la superficie plana.
- Adecuadas para la clasificación de materiales redondeados o cúbicos (canteras de balasto).
- Se clasifican según el grosor de los alambres.
- Se fabrican en acero de alta resistencia y en acero inoxidable.



(cortesía de NUBA)

Figura 21



Mallas metálicas (Anticolmatantes):

- Diseñadas para solucionar problemas de acuñamiento y colmatación.
- Adecuadas para trabajar con materiales poco cúbicos o plásticos y arcillosos o en condiciones adversas de humedad ambiental.
- Los alambres no van tejidos sino dispuesto en paralelo en una sola dirección.
- Uso de alambre muy fino para asegurar la distancia entre alambres y protegidos por goma antiabrasiva o material plástico (Tramas).

(cortesía de NUBA)

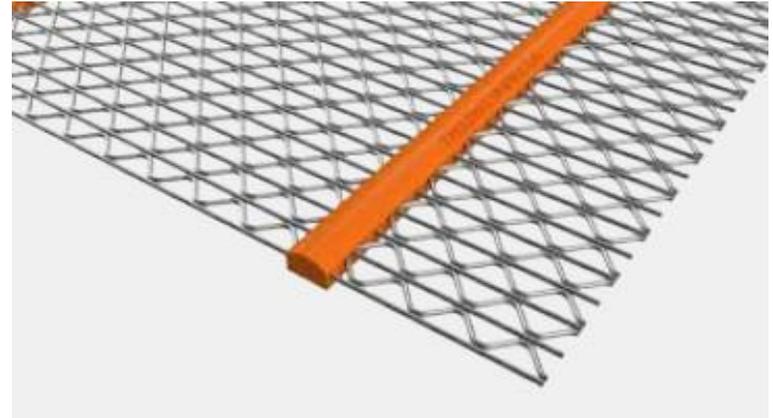


Figura 22



Mallas metálicas (Anticolmatantes):

- Trama de poliuretano, uso en todo tipo de mallas anticolmatantes.
- Trama con alambres trenzados, para uso en mallas anticolmatantes empleadas en plantas asfálticas (temperaturas superiores a 70°).
- Trama de rejilla móvil para facilitar su apoyo en los soportes transversales (grupos móviles).

(cortesía de NUBA)

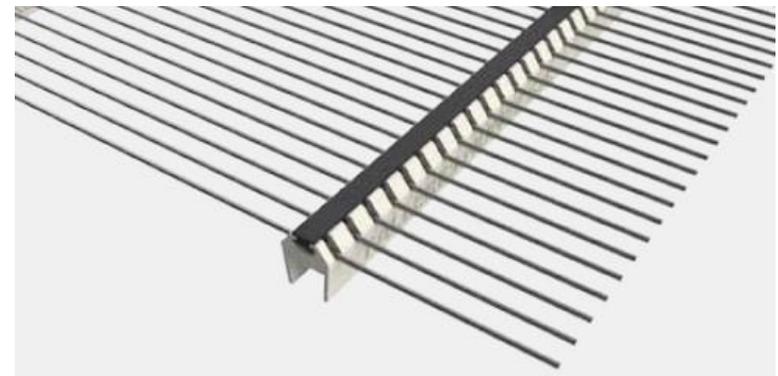
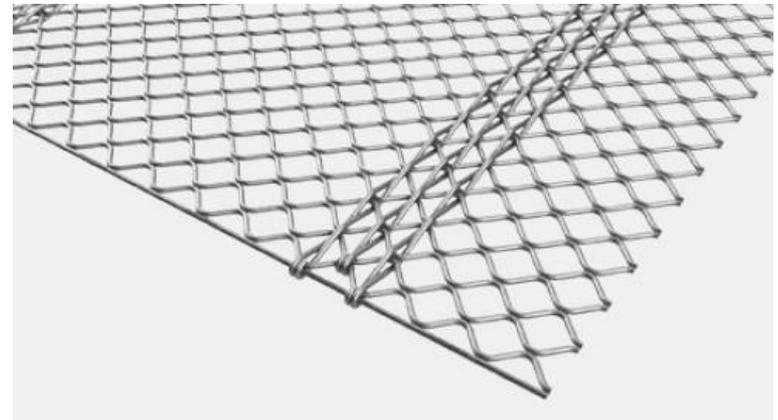
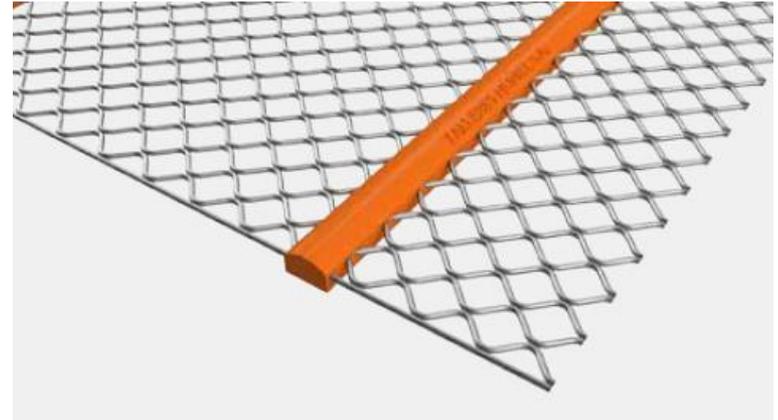


Figura 23



Mallas metálicas (Anticolmatantes):

- **Recta:** Para productos de gran cubicidad. Poca precisión de cribado.
- **Onda:** Para el cribado de estériles o productos que no requieran gran precisión de cribado.
- **Doble-Onda:** Buena precisión de cribado. Para cribado de arenas procedentes de la trituración.
- **Recta-Onda:** el modelo de mejor precisión de cribado y el que mejor soporta el impacto de los fragmentos grandes.

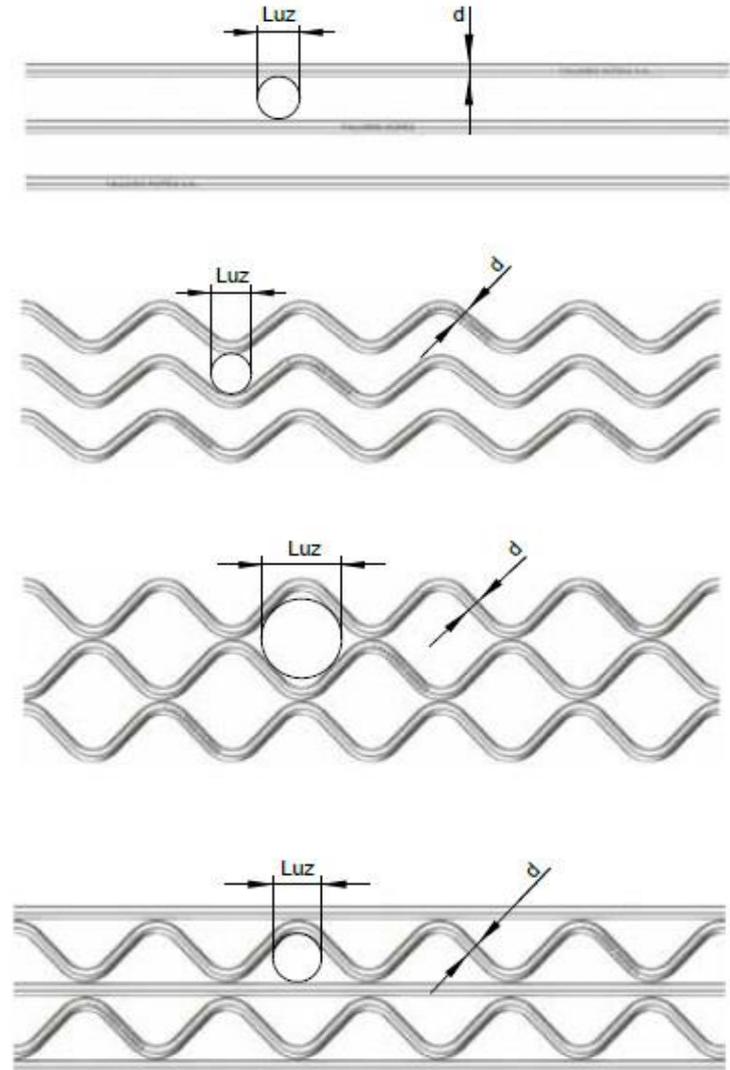


Figura 24

(cortesía de NUBA)



Rejillas filtrantes:

- Se emplean habitualmente para la separación sólidos-líquidos en instalaciones de lavado, secado, filtrado, clasificado y concentrado.
- Formadas por perfiles de acero inoxidable electrosoldados de sección triangular invertida, con separaciones que van desde los 0.05 mm hasta los 4 mm.
- Se pueden encontrar en industrias de procesamiento muy diversas (minería, industria energética, química, tratamiento de aguas, industria alimentaria, industria del papel y celulosa, etc.).

(cortesía de NUBA)

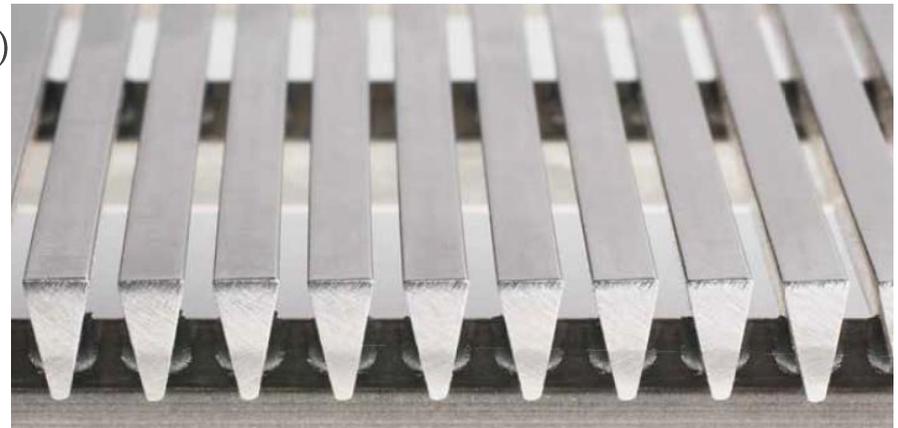


Figura 25



Rejillas filtrantes:

- El parámetro más importante de las rejillas filtrantes es el coeficiente de la superficie libre o superficie activa, F (%) y que se calcula usando la fórmula siguiente:

$$F = \frac{S}{S + A} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Donde, A es el ancho del perfil y S es el ancho del paso (ver Figura 26)

(cortesía de NUBA)

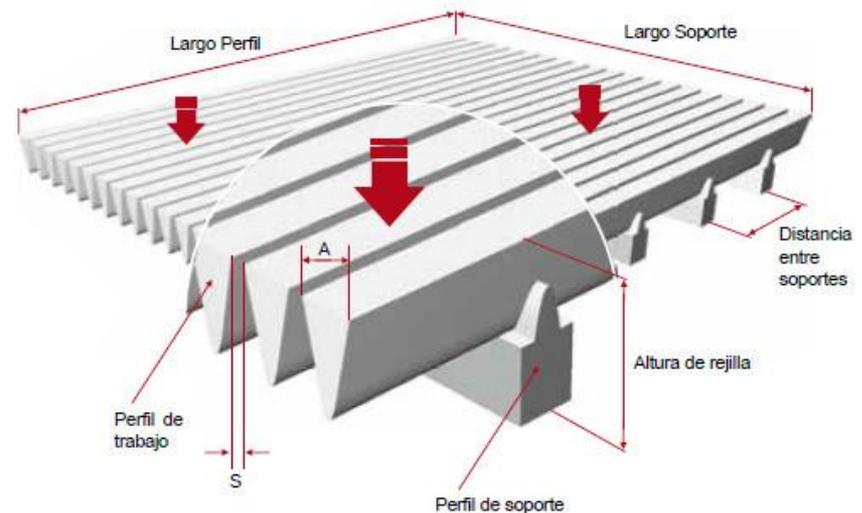


Figura 26



Superficies de poliuretano:

- El uso del poliuretano tuvo sus inicios en la década de los 60 en Alemania en operaciones de cribado tanto en seco como en húmedo.
- Este polímero sintético destaca por:
 1. Resistencia a la abrasión con una vida útil de entre 60 y 50 veces superior a las mallas metálicas.
 2. Su elasticidad permite soportar impactos y grandes variaciones de durezas.
 3. Su resistencia a la corrosión le permite trabajar a temperatura ambiente.
 4. Bajas pérdidas de material.
 5. Su vida útil es superior a la de las mallas metálicas.
 6. Bajas pérdidas de material.

(construcción de NENBA)



Figura 27



Superficies de goma:

- Son prácticamente iguales a las de poliuretano.
- La única diferencia con ellas es una absorción de los impactos superior y mayor amortiguación de las sacudidas de los fragmentos.
- Se fabrican en cualquier medida y luz de paso.

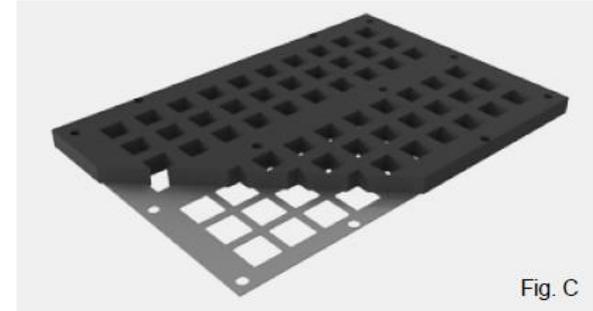


Fig. C

(cortesía de NUBA)

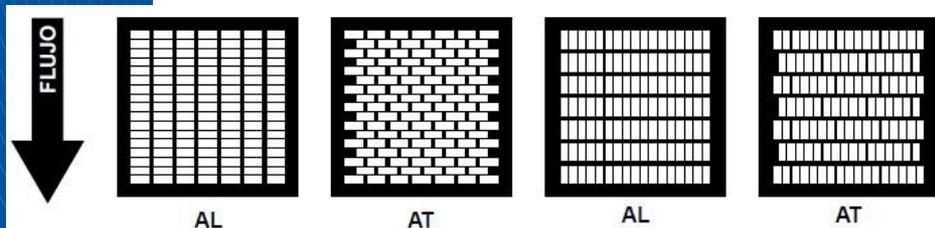


Figura 28



6.5. Equipos Industriales

Cribas Estáticas:

Dentro de las cribas estáticas encontramos:

1. Parrillas de barras.

(cortesía de METSO)



Figura 29

2. Rejillas (rectas o curvas).



6.5. Equipos Industriales

Cribas Estáticas:

Dentro de las cribas estáticas encontramos:

1. Parrillas de barras.

2. Rejillas (rectas o curvas).

(cortesía de TEMA)



Figura 30



6.5. Equipos Industriales

Cribas Dinámicas:

Dentro de las cribas dinámicas tenemos:

1. Trómeles.
2. Rodillos o Discos.
3. Vibrantes.
4. Giratorias.



Figura 31

(cortesía de SKEGA)



6.5. Equipos Industriales

Cribas Dinámicas:

Dentro de las cribas dinámicas tenemos:

1. Trómeles.
2. Rodillos o Discos.
3. Vibrantes.
4. Giratorias.

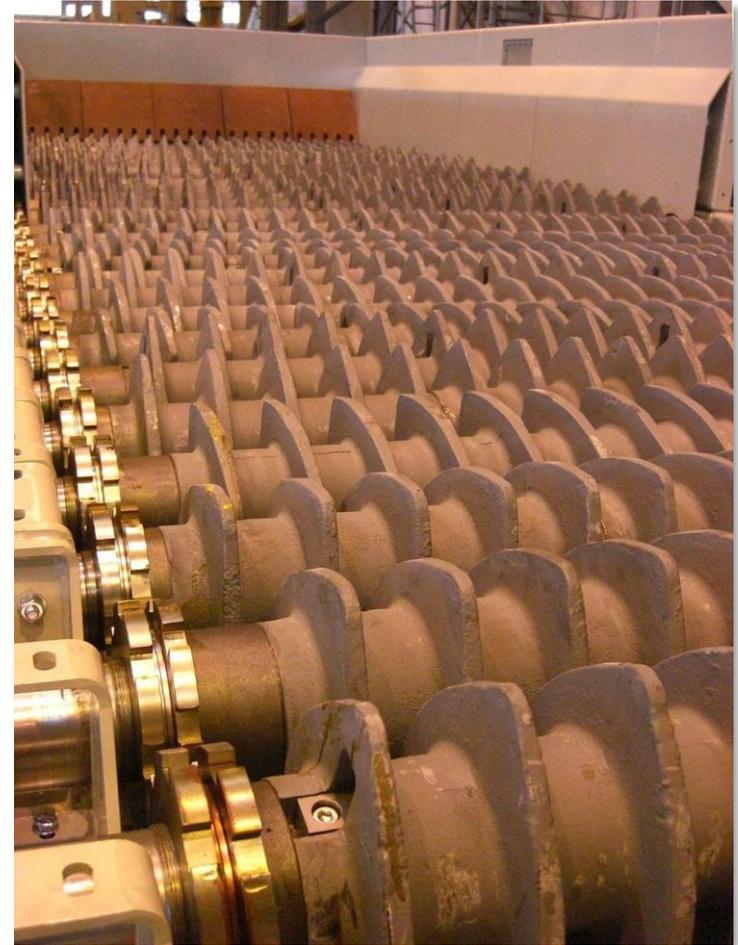


Figura 32

(cortesía de FAM)



6.5. Equipos Industriales

Cribas Dinámicas:

Dentro de las cribas dinámicas tenemos:

1. Trómeles.
2. Rodillos o Discos.
3. Vibrantes.
4. Giratorias.



Figura 33

(cortesía de ROHER)



6.5. Equipos Industriales

Cribas Dinámicas:

Dentro de las cribas dinámicas tenemos:

1. Trómeles.
2. Rodillos o Discos.
3. Vibrantes.
4. Giratorias o de Nutación.



Figura 34

(cortesía de URBAR Ingenieros)



Parrillas de barras:

- Consisten en barras de acero de sección rectangular o trapezoidal.
- La separación de los barrotos varía desde los 25 mm hasta los 250 mm o superior.
- Se disponen con inclinaciones de 30° (carbones) o de 45° (rocas y minerales).
- Se emplean en el cribado grueso o escalpado de rocas o minerales todo-uno.

(cortesía de METSO)

Figura 35

(cortesía de METSO)



Figura 36



Cribas Estáticas

Rejillas Curvas:

- Formadas por rejillas estáticas de sección triangular dispuestas transversalmente al sentido del flujo.
- Se emplean en las etapas de molienda o para cribado finos por vía húmeda (minerales de hierro, cobre, arena, etc.).
- El rango de separación varía entre los 45 μm y los 2.36 mm.
- La alimentación puede contener un porcentaje de sólidos en torno al 40%.

(cortesía de DORR-OLIVER – GL&V)

Figura 37 (cortesía de DERRICK)

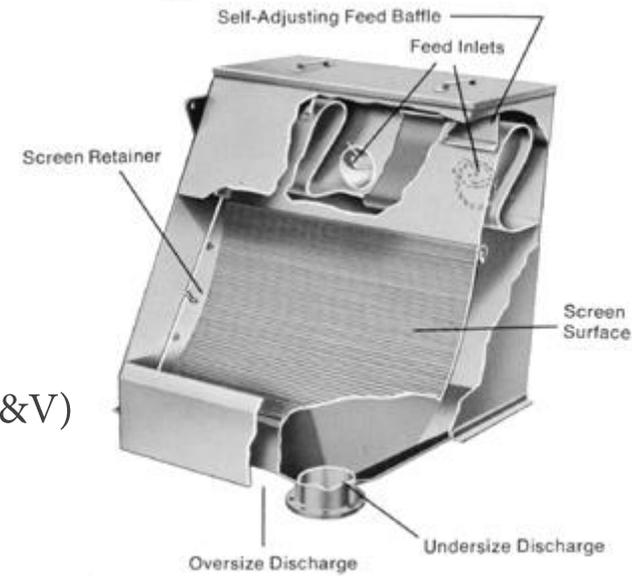


Figura 38



Cribas Estáticas

Rejillas Curvas:

- El tamaño de corte es aproximadamente la mitad de la dimensión de separación de las rejillas.
- El porcentaje de huecos oscila entre el 17% y el 40%.
- La capacidad de este tipo de cribas viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_{DSM} = 200 \cdot S \cdot V$$

- Siendo:

Q_{DSM} = Capacidad, m³/h.

S = Superficie libre, m².

V = Velocidad alimentación, m/s.

$$V = (2 \cdot h \cdot g)^{1/2}$$

(cortesía de DORR-OLIVER – GL&V)

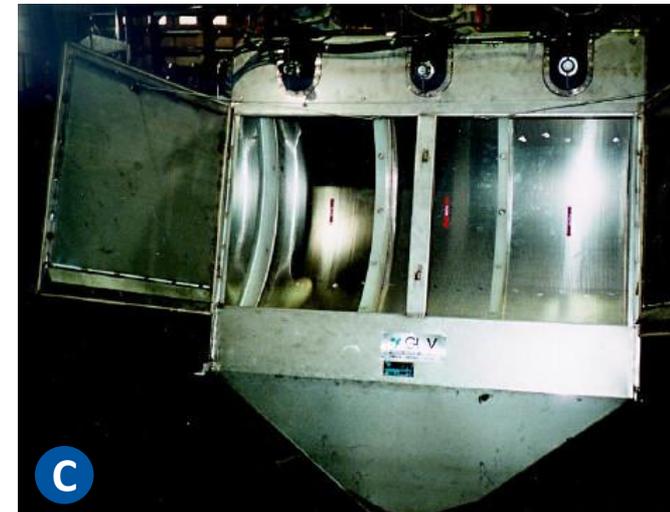
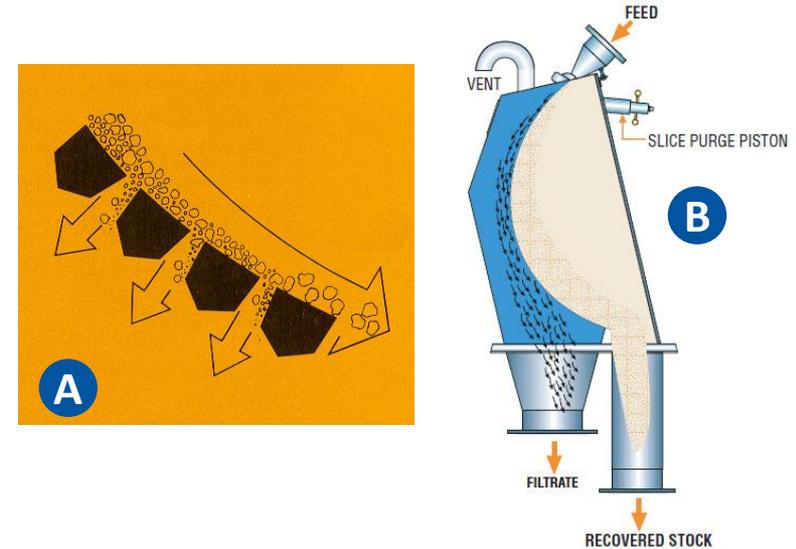


Figura 39

C



Trómeles (*Trommels*):

- Los trómeles son tambores cilíndricos constituidos por una armadura cilíndrica perforada o por paneles de malla ensamblados.
- Girarán entre un 35% y un 45% de su velocidad crítica.
- Para facilitar el transporte del material a través de su interior se colocan ligeramente inclinados o se les dota con unos deflectores internos (resaltes concéntricos).
- Están diseñados para suministrar el material clasificado por tamaños empezando por la fracción más fina y acabando con la más gruesa.

(cortesía de NAIPU MINING)

Figura 41

Figura 40

(cortesía de ROHER)





Cribas Dinámicas

Trómeles (*Trommels*):

- Los trómeles suelen manejar tamaños de grano que van desde los 55 mm hasta los 6 mm, aunque en condiciones de vía húmeda, incluso inferiores.
- Los trómeles se utilizan ampliamente en plantas de lavado de arenas, plantas de clasificación y reciclado.
- También formando parte integral de los molinos (AG, SAG, barras y bolas) evitando que el medio de molienda pase a las siguientes etapas.
- En molinos AG/SAG, su función será retirar los guijarros (pebbles) para llevarlos a trituración.

Figura 42

(cortesía de TUSA)



Figura 43

(cortesía de METSO)



Bradford Breaker:

- Es una variación del trómel y es empleado en la industria del carbón.
- Sirve para triturar el carbón (entre 75 mm y 100 mm) y separar la ganga que pueda transportar (esquistos, madera, etc.), a través del rechazo.
- Opera entre el 60% y el 70% de su velocidad crítica.

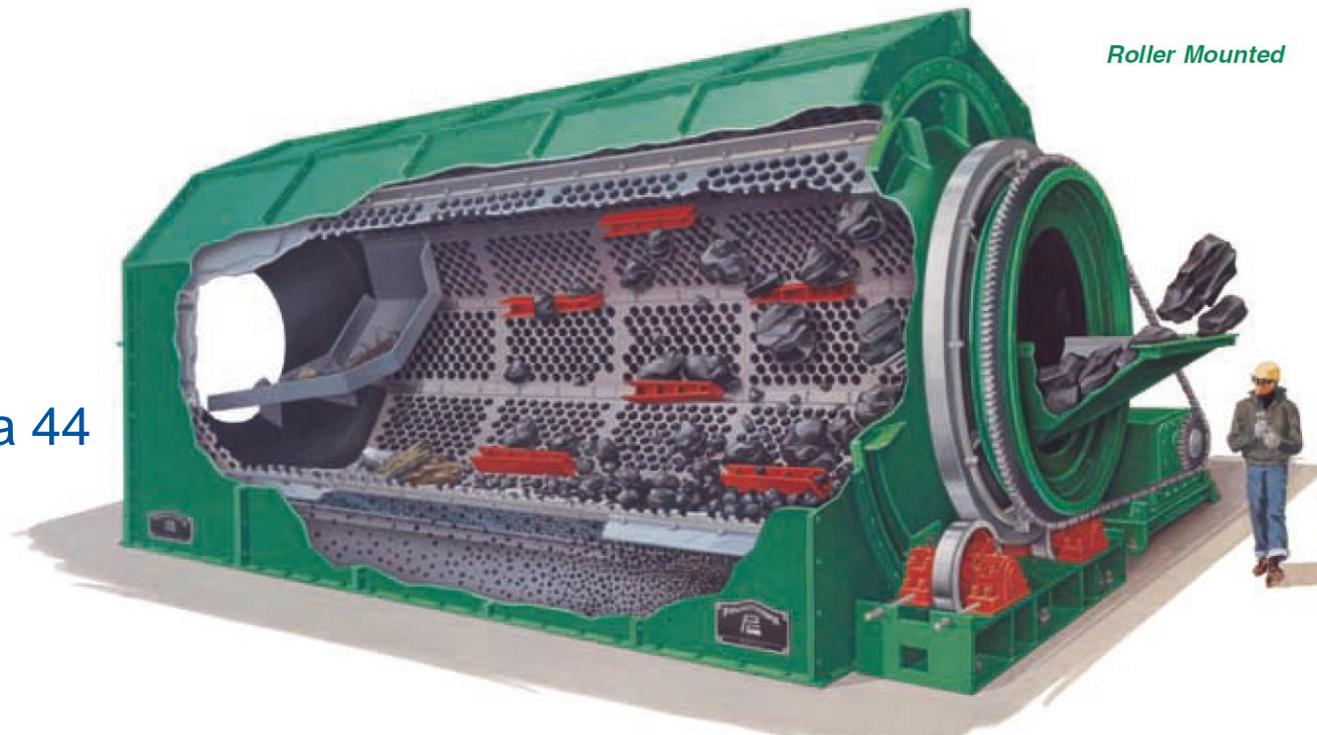


Figura 44

(cortesía de PENNSYLVANIA CRUSHER INC.)



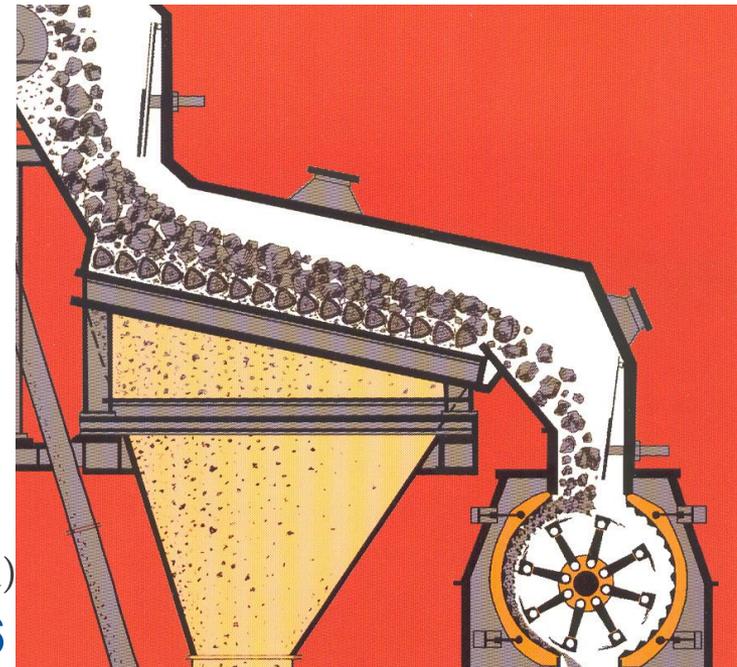
Cribas Dinámicas

(cortesía de FAM)

Rodillos o Discos:

Figura 45

- Este tipo de equipos consiste en parrillas móviles de rodillos acanalados de sección cilíndrica o elíptica o bien formados por discos.
- Sus ejes se colocan transversalmente al flujo de material.
- Todos los rodillos o discos giran en el mismo sentido, favoreciendo que el material sea transportado sobre ellos y permitiendo el paso de los finos entre las separaciones que presentan (de 3 mm a 300 mm).
- Se emplean como precribadores de las trituradoras primarias, dando unos resultados buenos ante productos húmedos y pegajosos.



(cortesía de AUBEMA)

Figura 46



Rodillos o Discos:

- Este tipo de equipos consiste en parrillas móviles de rodillos acanalados de sección cilíndrica o elíptica o bien formados por discos.
- Sus ejes se colocan transversalmente al flujo de material.
- Todos los rodillos o discos giran en el mismo sentido, favoreciendo que el material sea transportado sobre ellos y permitiendo el paso de los finos entre las separaciones que presentan (de 3 mm a 300 mm).
- Se emplean como precribadores de las trituradoras primarias, dando unos resultados buenos ante productos húmedos y pegajosos.

Figura 47



(cortesía de MESTSO)



Figura 48

(cortesía de METSO)



Cribas Dinámicas

Cribas Vibrantes:

- Es el grupo de cribas más importante, debido al número de equipos que hay operando en las diferentes etapas de la industria de procesos minerales.
- En función de la pendiente de la superficie de cribado y del tipo de vibración, se clasifican en tres grupos que son los siguientes:
 1. Cribas de vibración lineal y pendiente media.
 2. Cribas de vibración circular y pendiente media.
 3. Cribas de vibración elíptica o rectilínea y horizontales o ligeramente inclinadas.



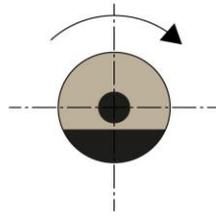
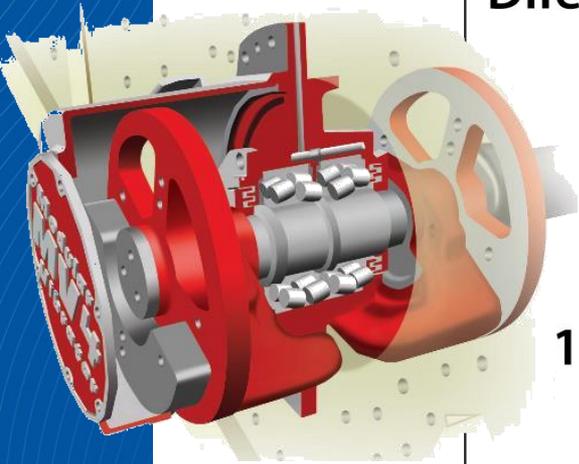
Figura 49

(cortesía de TEREX)

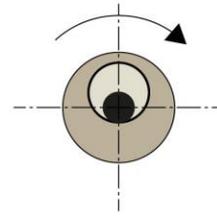


Cribas Vibrantes:

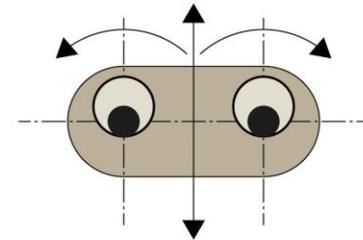
Diferentes formas de producir vibración



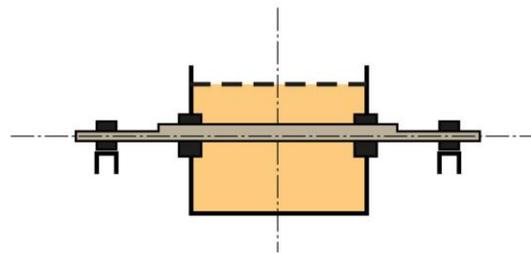
- 1. Polea desequilibrada**
Frecuencia: 500-2500 rpm
Carrera: < 10 mm
Aplicación: Trabajos ligeros



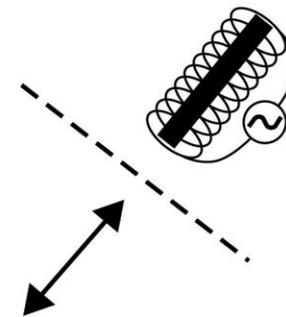
- 2. Eje excéntrico**
Frecuencia: 25-500 rpm
Carrera: 15-30 mm
Aplicación: Trabajos pesados y ligeros



- 3. Reciprocante o de 4 cojinetes**
Aplicación: Cribas horizontales y en algunos transportadores



- 4. Carrera positiva**
Aplicación: Trabajos pesados



- 5. Vibrador electromagnético**
Frecuencia: 1500-7200 rpm
Aplicación: Cribas muy inclinadas para separaciones muy finas

Figura 50

(cortesía de METSO)

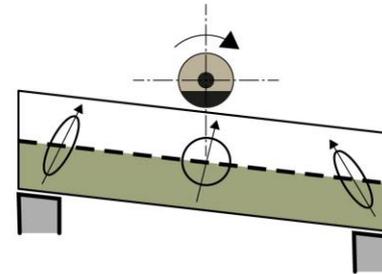
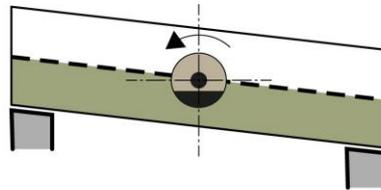


Cribas Vibrantes:

Posición del elemento de vibración y su efecto sobre la criba

1. Montaje lateral centrado

Movimiento: Circular
Aplicación: Trabajos pesados

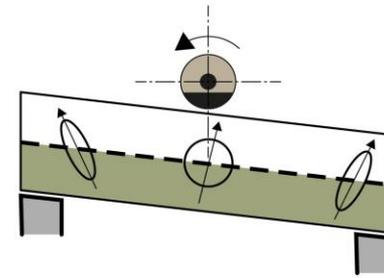
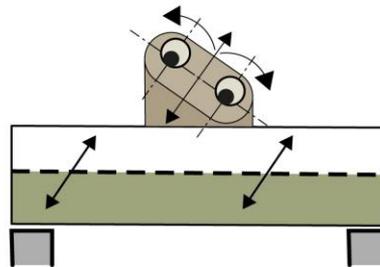


2. Montaje superior

Movimiento: Circular. Sentido flujo
Aplicación: Cribados gruesos cuando se requieren altas capacidades, pero se reduce la eficiencia.

3. Montaje superior o inferior

Movimiento: Lineal
Aplicación: Cribas horizontales separación precisa de tamaños (separación de tamaños medios), eliminación de agua (agotado), recuperación del medio (SMD), situaciones con espacio vertical, vertical.

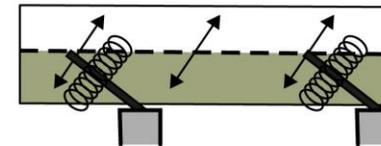
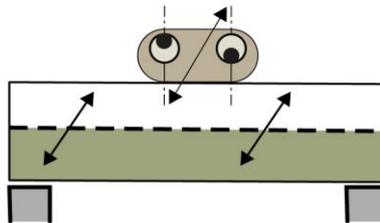


4. Montaje superior

Movimiento: Circular. Sentido vs. flujo
Aplicación: Cribados muy eficientes, se reduce la capacidad de cribado, ya que el tiempo de residencia aumenta.

5. Montaje superior o inferior

Movimiento: Lineal
Aplicación: Cribas horizontales separación precisa de tamaños (separación de tamaños medios), eliminación de agua (agotado), recuperación del medio (SMD), situaciones con espacio vertical, vertical.



6. Vibración de resonancia

Movimiento: Lineal
Aplicación: Cribas horizontales.

Figura 51



Cribas Vibrantes:

Posición del elemento de vibración y su efecto sobre la criba

1. Montaje lateral centrado

Movimiento: Circular

Aplicación: Trabajos pesados



(SANDVIK)



(HAVER AND BOECKER)

2. Montaje superior

Movimiento: Circular. Sentido flujo
Aplicación: Cribados gruesos cuando se requieren altas capacidades, pero se reduce la eficiencia.

3. Montaje superior o inferior

Movimiento: Lineal

Aplicación: Cribas horizontales separación precisa de tamaños (separación de tamaños medios), eliminación de agua (agotado), recuperación del medio (SMD), situaciones con espacio vertical, vertical.



(HAVER AND BOECKER)



(MCLANAHAN)

4. Montaje superior

Movimiento: Circular. Sentido vs. flujo
Aplicación: Cribados muy eficientes, se reduce la capacidad de cribado, ya que el tiempo de residencia aumenta.

5. Montaje superior o inferior

Movimiento: Lineal

Aplicación: Cribas horizontales separación precisa de tamaños (separación de tamaños medios), eliminación de agua (agotado), recuperación del medio (SMD), situaciones con espacio vertical, vertical.



(HAVER AND BOECKER)



(HAVER AND BOECKER)

6. Vibración de resonancia

Movimiento: Lineal

Aplicación: Cribas horizontales.

Figura 52



Cribas Dinámicas

Cribas Vibrantes:

Cribas de vibración lineal:

- Vibración perpendicular a la superficie de cribado.
- Inclinación: 35° - 45° .
- Vibración: 700 – 3500 r.p.m.
- Carrera: 1-3 mm.
- Aplicación: cribados finos ($80\ \mu\text{m}$ – 4 mm) y medios (3 mm – 25 mm).
- Un ejemplo de este tipo de cribas es la criba probabilística Mogensen



Figura 53

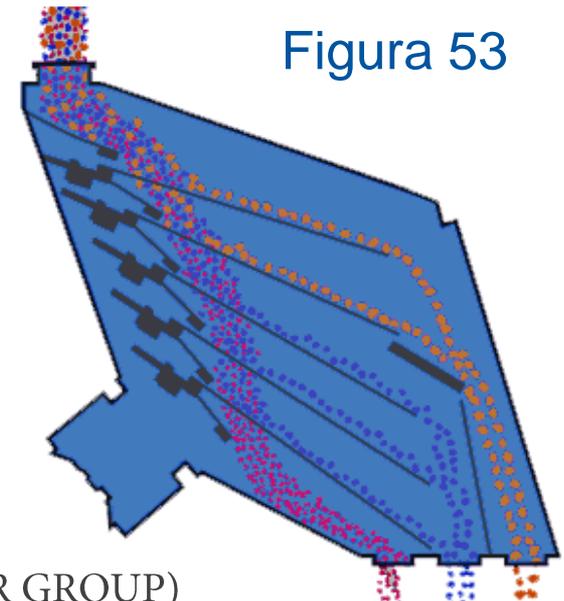


Figura 54

(cortesía de ALLGAIER GROUP)



Cribas Dinámicas

Cribas Vibrantes:

Cribas de vibración lineal: MOGENSEN

- Dispone de mallas con pendientes crecientes.
- Debido a la pendiente de las superficies, tenemos que la luz de malla puede variar entre 2 y 10 veces el tamaño de separación que se persigue.
- La bandeja inferior es la que realmente proporciona el corte, las otras producen una adecuada dispersión del producto.
- Proporcionan altas capacidades y cortes entre 0.1 mm y 100 mm.

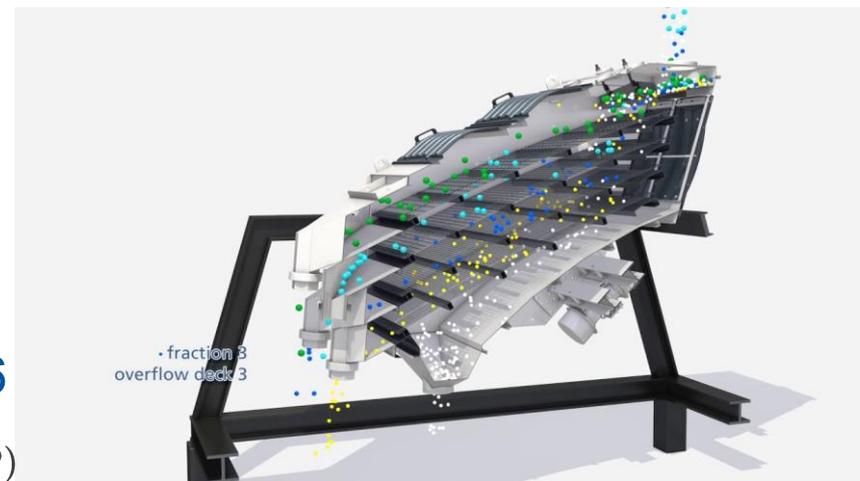
Figura 55



(Fuente: WWW.MOGENSEN.CO.UK)

Figura 56

(cortesía de ALLGAIER GROUP)





Cribas Vibrantes:

Cribas de vibración lineal: HUMMER

- Es una criba con un sistema electromagnético.
- La tela es vibrada a través de un balancín que sujeta a la tela en su centro y el cual está animado de movimiento a través de un sistema electromagnético.
- Frecuencias que llegan hasta los 3600 rpm.
- Cortes de tamaño hasta las 100 micras.

Cross Section of Hummer Vibrator
1. Hand wheel for regulating intensity of vibration
2. Coil and magnet
3. Striking block, wearing plate, and shims
4. Armature
5. Armature post and bracket
6. Wire cloth at drumhead tension coupled to armature post

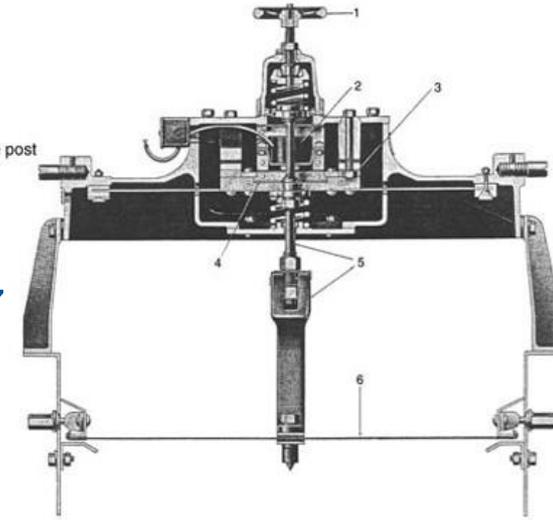


Figura 57

(Fuente: Fuerstenaw and Han (2003))

Figura 58



(Fuente: HAVER AND BOECKER (Tyler H-Series))



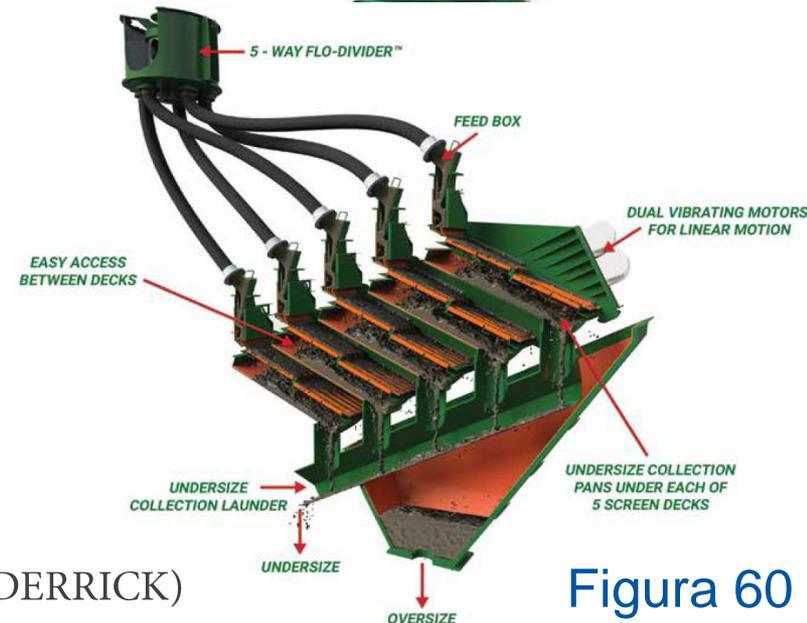
Cribas Dinámicas

Cribas Vibrantes:

Cribas de vibración lineal: DERRICK STACK SIZER

- Comprende hasta cinco pisos de cribado apilados (“*stacked*”).
- El diseño de apilamiento le da una alta capacidad por unidad con baja huella.
- Las superficies de cribado están fabricadas de poliuretano con aberturas hasta las 45 micras.
- Las corrientes del pasante y del rechazo se combinan individualmente y se extraen por la parte inferior.
- Han sustituido el uso de hidrociclones en algunas operaciones de Pb-Zn, concentraciones de base metal, de mineral de hierro o de fosfatos.

Figura 59



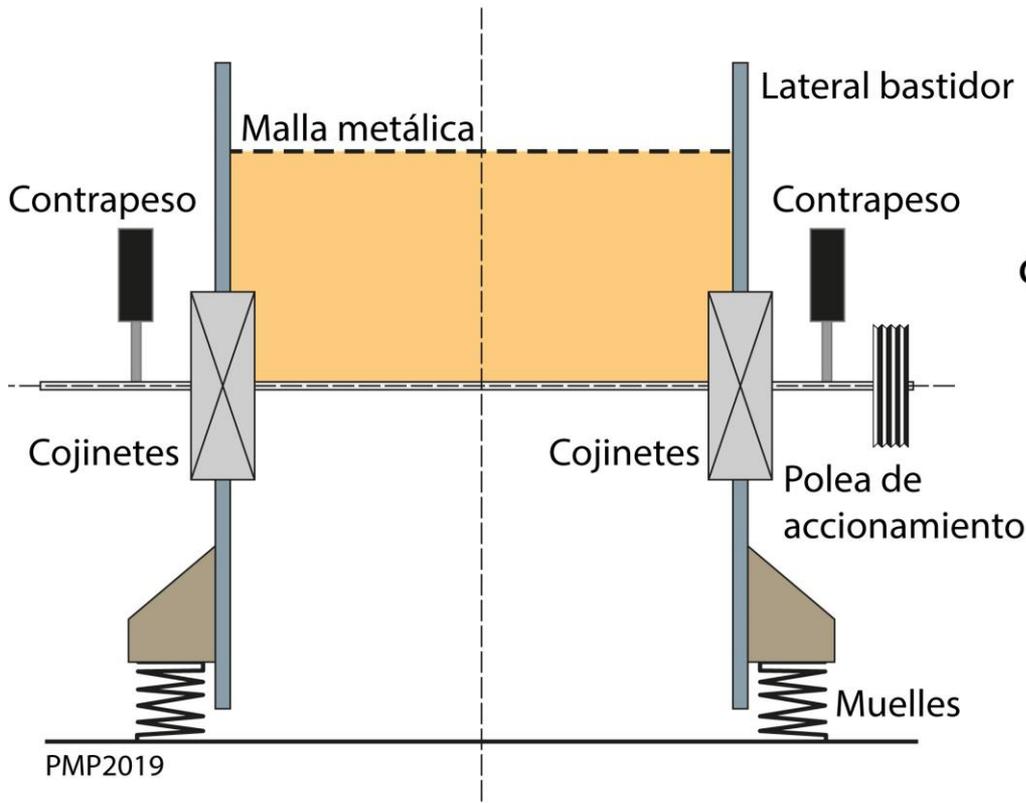
(cortesía de DERRICK)

Figura 60



Cribas Vibrantes:

Criba de vibración circular de 2 cojinetes



Características:

- Vibración perpendicular a la superficie de cribado
- Inclinación: entre 15° y 25°
- Vibración: 650-3000 r.p.m.
- Carrera: 2-15 mm.
- Aplicación: Tamaños de corte 0.3 mm - 300 mm.

Figura 61



Cribas Vibrantes:

Criba de vibración elíptica de 4 cojinetes

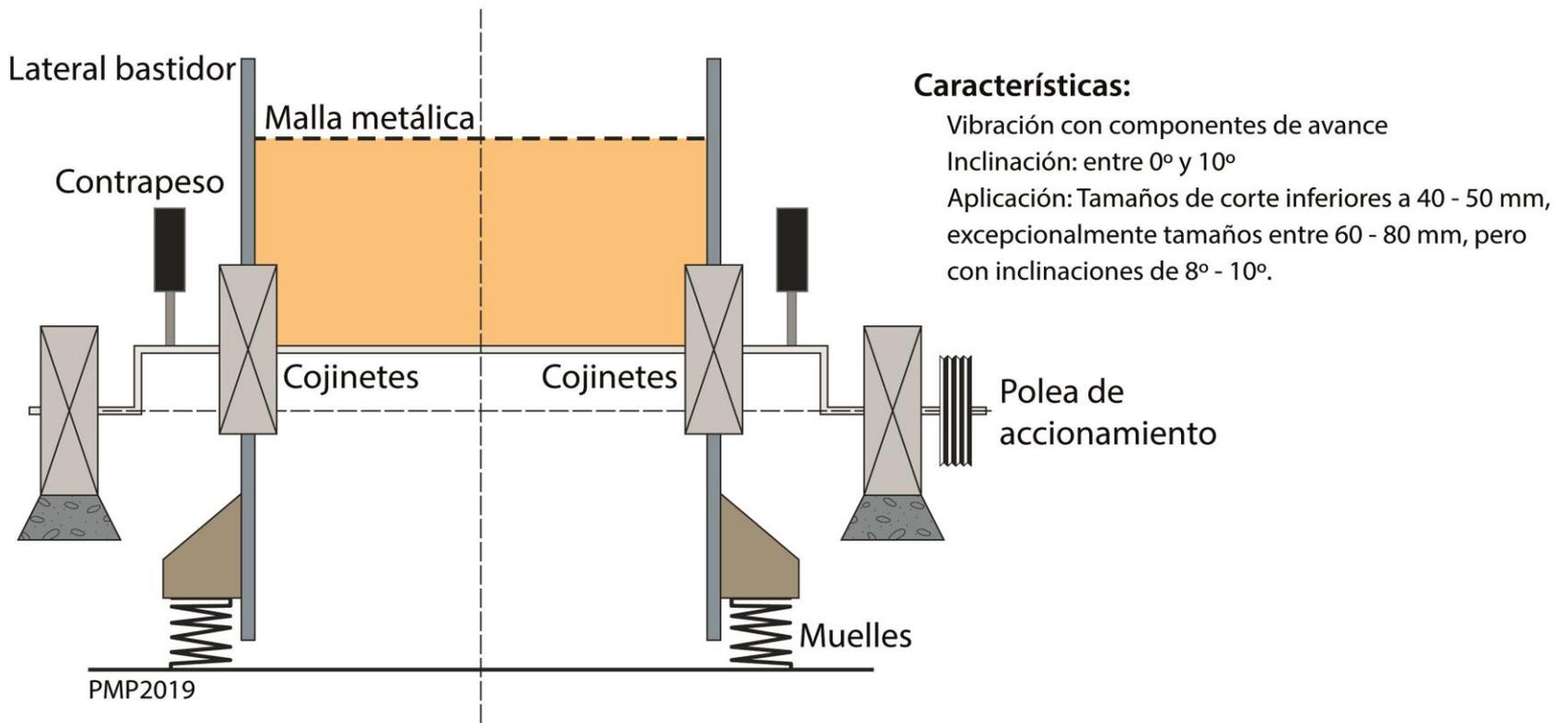


Figura 62



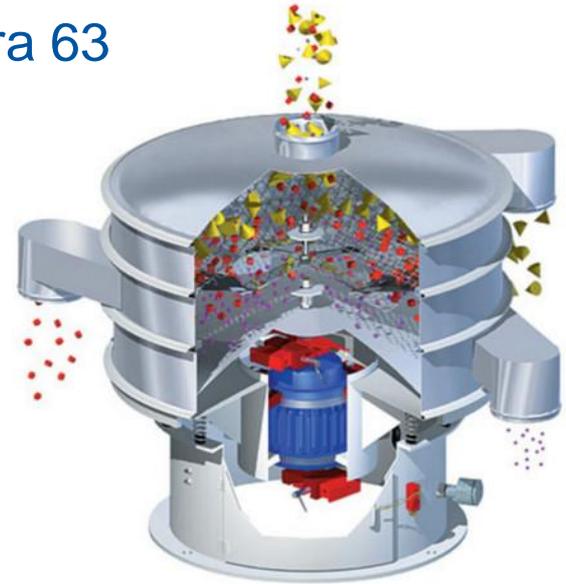
Cribas Dinámicas

6.5. Equipos Industriales de Cribado

Cribas Giratorias:

- Aparecieron en el año 1994.
- Diseñadas para el cribado de materiales finos y extrafinos (20 mm – 30 micras).
- Tamizado en seco y húmedo, clasificado hasta 6 fracciones y separación sólido-líquido.
- Se las conoce también como tamizadoras de nutación.
- A este tipo de cribas se le dota de tres movimientos diferentes, dos horizontales y uno vertical (movimiento de bateo):
- La alimentación se realiza por la parte central-superior y el rechazo es llevado a la periferia por donde es extraído.

Figura 63



(cortesía de ALLGAIER)

Figura 64



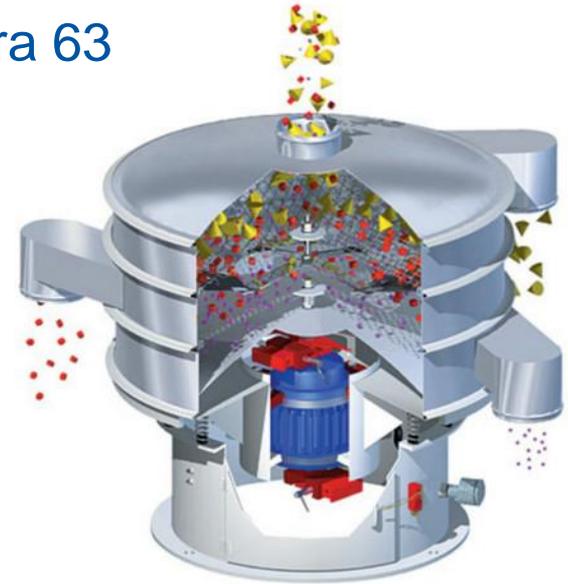
Cribas Dinámicas

6.5. Equipos Industriales de Cribado

Cribas Giratorias:

- Aparecieron en el año 1994.
- Diseñadas para el cribado de materiales finos y extrafinos (20 mm – 30 micras).
- Tamizado en seco y húmedo, clasificado hasta 6 fracciones y separación sólido-líquido.
- Se las conoce también como tamizadoras de nutación.
- A este tipo de cribas se le dota de tres movimientos diferentes, dos horizontales y uno vertical (movimiento de bateo):
- La alimentación se realiza por la parte central-superior y el rechazo es llevado a la periferia por donde es extraído.

Figura 63



(cortesía de ALLGAIER)

Figura 64



6.6. Principales Factores

Los principales factores que influyen de forma importante en el cribado son:

1. **Dimensión de la malla.**
2. **Forma de las aberturas.**
3. **Dimensión relativa entre las partículas y la malla.**
4. **Ángulo de ataque de las partículas.**
5. **Humedad.**
6. **Espesor de la capa de material.**
7. **Movimiento de la criba.**



(cortesía de HAVER AND BOECKER)

Figura 65



1. Dimensión de la malla:

- Denominando como “***a***” la dimensión de la abertura de una malla, se tiene los siguiente:
- El número de mallas (alambres) por unidad de superficie de criba es inversamente proporcional al cuadrado de dicha dimensión, ***a*²**.
- El peso del material que pasan a través de la malla es proporcional al cubo de dicha dimensión, ***a*³**.
- De lo anterior se deduce, que la capacidad de una criba, definiéndose como el peso del material que pasa a través de la malla por unidad de tiempo y por unidad de superficie es, aproximadamente:

$$p \propto \frac{a^3}{a^2} = a$$

Donde:

p = Peso del material

a = Abertura de malla

- La **capacidad de una criba** se expresa en **ton/m²** y **por milímetro de abertura** de malla.



2. Forma de las aberturas:

- La malla de referencia será siempre la malla cuadrada de dimensión a :
- Como ya se ha tratado anteriormente pueden existir otras formas de aberturas.
- La conversión de éstas formas a abertura cuadrada se realiza a través de los factores siguientes:

$$a_{cuadrada} \cong 1.1 \cdot a_{rectangular}$$

$$a_{esfera} \cong 1.25 \cdot a_{cuadrada}$$

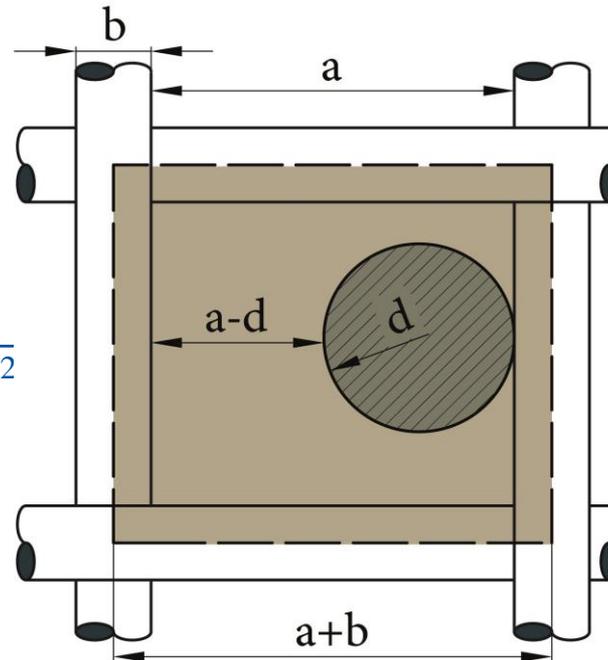
- El empleo de mallas rectangulares proporciona una mayor superficie libre, lo que origina un incremento de la capacidad de cribado.



3. Dimensión relativa de partículas y abertura:

- La probabilidad P de que una partícula esférica de diámetro d , pase a través de la abertura de malla es:

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



a = abertura de la malla
 b = diámetro del alambre
 d = diámetro de la partícula

Figura 66

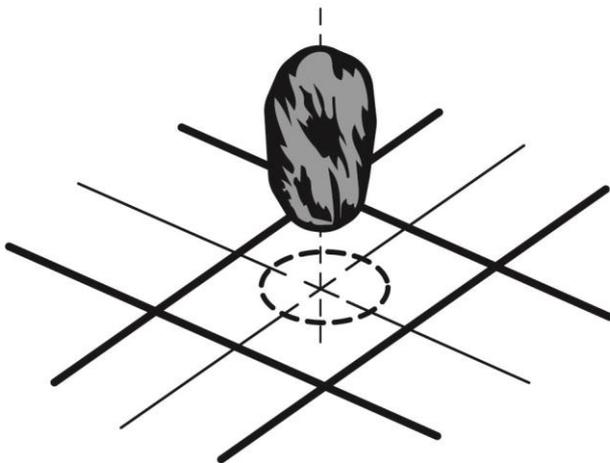
- El **primer término** de la expresión de la derecha, representa la dimensión relativa de la partícula con la dimensión de la abertura de malla.
- El **segundo término** de la expresión de la derecha, representa la proporción de abertura libre de la superficie de cribado (σ).



3. Dimensión relativa de partículas y abertura:

- Para el cálculo de la capacidad de cribado no se tiene en cuenta aquella proporción de material cuyo tamaño es inferior a **$0.5 \cdot a$** .
- Para dicho cálculo se tendrá en cuenta únicamente aquellos tamaños de **dimensión crítica**, es decir, los comprendidos entre **$0.5 \cdot a$** y **$1.5 \cdot a$** .

Condición Ideal de Cribado



Condición Real de Cribado

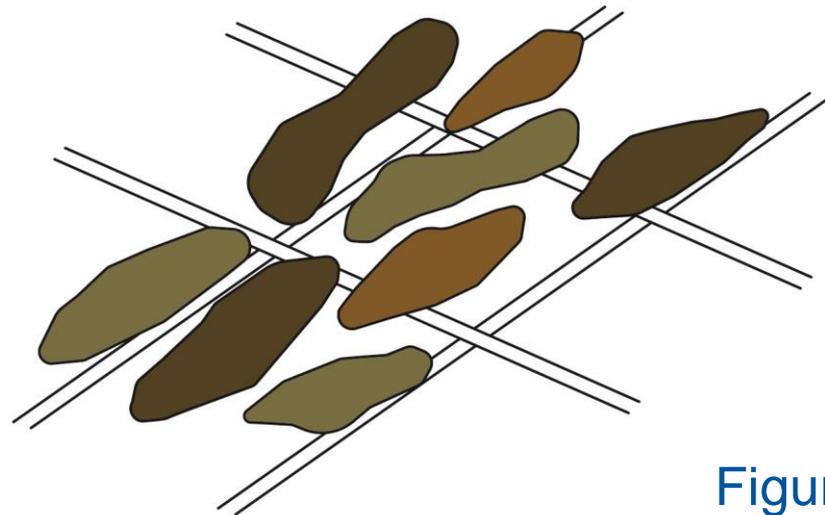


Figura 67



4. Ángulo de ataque de las partículas:

- El ángulo de ataque de las partículas sobre la inclinación de la criba tiene una gran influencia sobre la probabilidad de que éstas pasen a través de sus aberturas.
- A medida que la inclinación de la criba aumenta, la abertura efectiva disminuye y con ello el tamaño de corte para una misma abertura de malla **a**.
- Por encima de ángulos de 30° disminuye la probabilidad de paso considerablemente, así como, con el incremento de la relación **d/a**.

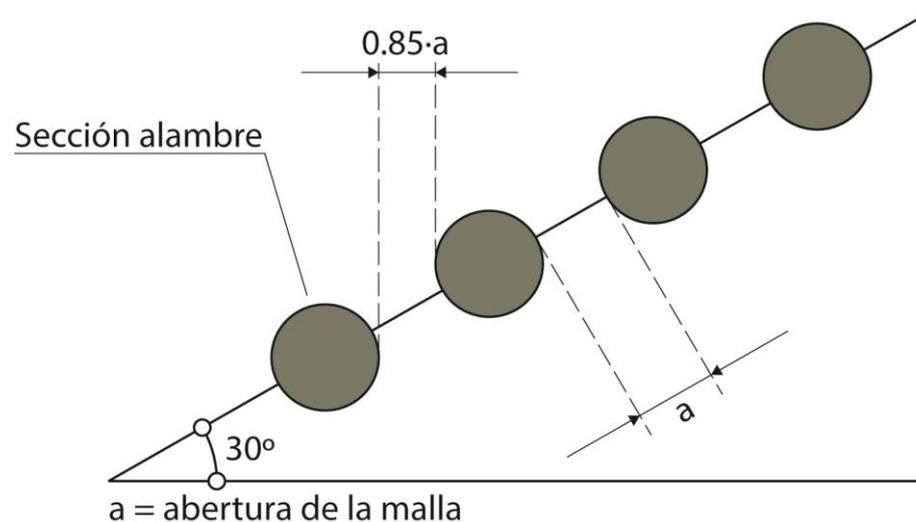


Figura 68

- Por ejemplo, una malla cuadrada “**a**”, inclinada a 30° es equivalente a una malla cuadrada de abertura **$0.85 \cdot a$** .



5. Humedad:

- Es un factor de suma importancia en las operaciones de cribado.
- Los materiales completamente secos o completamente húmedos son relativamente fáciles de cribar.
- Porcentajes de humedad superficial cercanos al 1% generan un cribado complicado.



Figura 69

(cortesía de METSO)

- La humedad puede producir problemas de cegamiento en las telas o aglomeración de las partículas dando lugar a la formación de mantos.
- En este sentido, bajos porcentajes de humedad se traduce en una reducción de la capacidad de cribado y de su eficiencia.



7. Movimiento de la criba:

- El movimiento de la criba va a aumentar la probabilidad de que las partículas con un tamaño inferior a la dimensión de abertura puedan pasar.
- El movimiento debe buscar que las partículas tengan el mayor número de oportunidades de enfrentarse a las aberturas incrementando la eficacia del cribado.
- Se debe seleccionar adecuadamente la amplitud y la frecuencia de la vibración.
- A medida que el tamaño de la abertura aumenta la frecuencia de vibración debe disminuir y la amplitud debe aumentar (cribados gruesos).
- Para cribados finos, se debe aumentar la frecuencia de vibración y disminuir la amplitud.



6.7. Rendimiento o Eficiencia del Cribado

Rendimiento o eficiencia del cribado (E):

- Se obtendrá a partir de los datos obtenidos en un **análisis granulométrico**.
- Se calculará a partir de los porcentajes de material igual o inferior a la dimensión de corte de la malla (m).
- Para ellos se tendrán en cuenta los términos que aparecen en la figura.

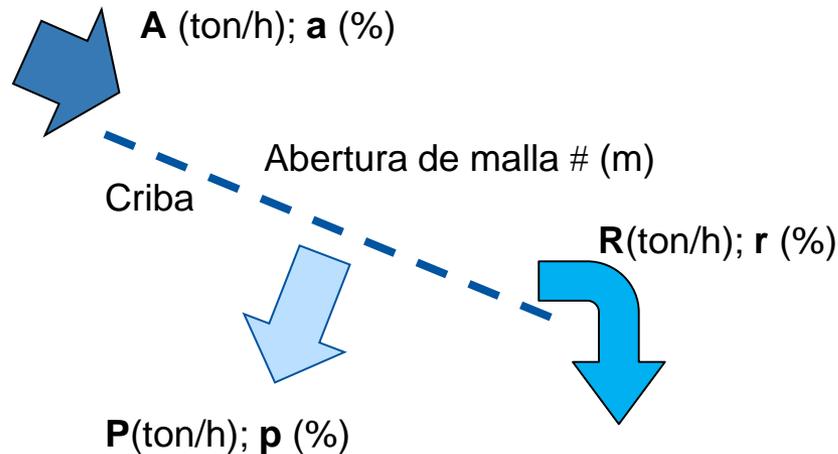


Figura 72

Esquema del balance de masa de una criba.



Rendimiento del cribado (E):

- El balance de masas de la criba debe cumplir:

Totales:

$$A \text{ (ton/h)} = P \text{ (ton/h)} + R \text{ (ton/h)}$$

Tamaños menores de #m:

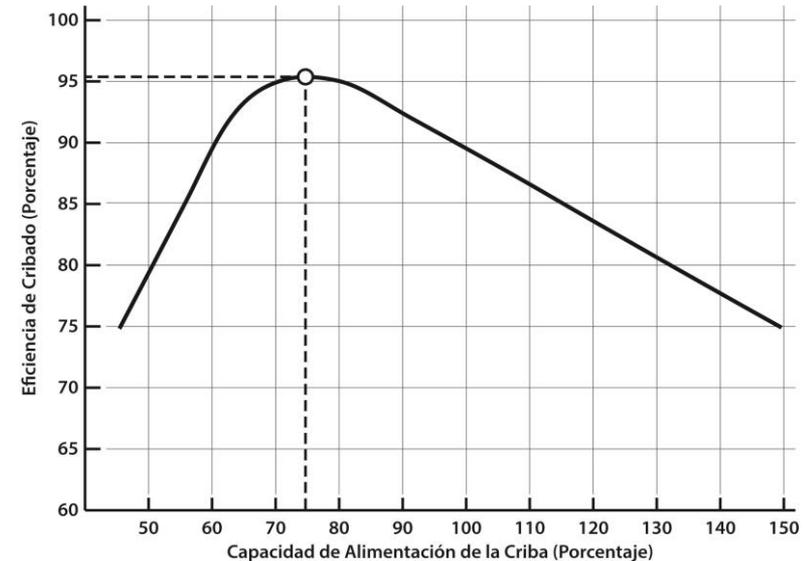
$$A \cdot a \text{ (ton/h)} = P \cdot p \text{ (ton/h)} + R \cdot r \text{ (ton/h)}$$

- La expresión que nos da el rendimiento (o eficiencia) del cribado (E) es:

$$E = \frac{\text{Finos que pasan a través de la malla}}{\text{Finos que forman parte de la alimentación de la criba}} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

- El margen del rendimiento estará comprendido entre el **60%** y el **90%**.

Figura 73





Rendimiento del cribado (E):

- La expresión matemática del rendimiento de cribado se obtiene como sigue:

$$E = \frac{P \cdot p}{A \cdot a} \cdot 100 = \frac{p \cdot (a - r)}{a \cdot (p - r)} \cdot 100 = \boxed{\frac{100 \cdot (a - r)}{a \cdot (100 - r)} \cdot 100} ; \quad (p = 100\%)$$

- Se recomienda calcular E para la fracción granulométrica comprendida entre **0.5·m** y **m** (dimensiones críticas).
- Otro parámetro, que nos mide el **rendimiento o eficiencia del cribado** es con la cantidad de finos (< m) que se han obtenido en el rechazo.
- Su expresión viene dada como:

$$e = 100 - r$$



Rendimiento del cribado (E):

- Para cribados finos es preferible la utilización de las denominadas **Curvas de Partición**:

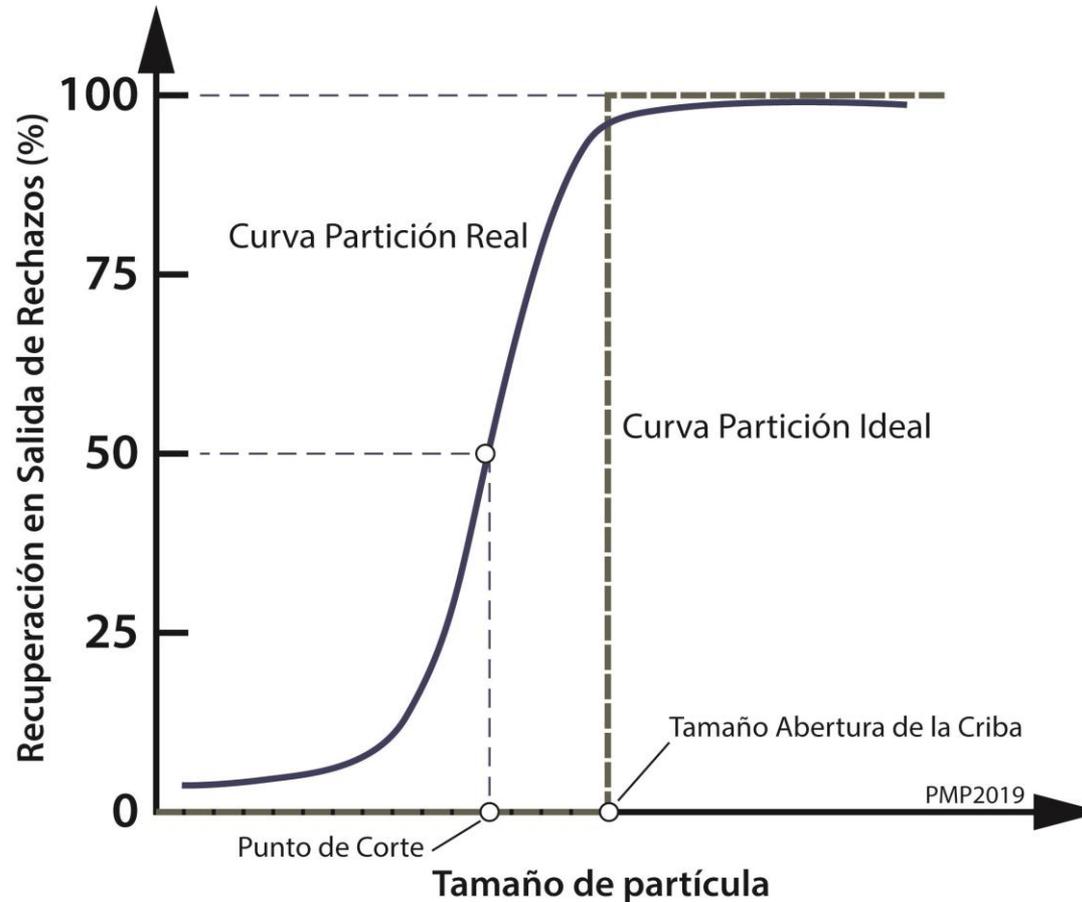


Figura 74



6.8. Dimensionado de la Superficie de Cribado

Dimensionado de la Superficie de Cribado:

- Existen numerosos procedimientos de cálculo: E.C. Blanc, Mular Bhappu, etc.
- Todos estos procedimientos se reducen a una expresión como la siguiente:

$$S_{cribado} = \frac{\text{Tonelaje que se necesita cribar } (T)}{\text{Capacidad básica } (B) \cdot \text{Factores de corrección } (f_i)}$$

$S_{cribado}$ = Superficie de cribado necesaria, m²

T = Tonelaje que se necesita cribar, ton/h

B = Capacidad básica, ton/m²·h

(Capacidad de alimentación o de paso)

f_i = Factores de corrección, adimensionales



Dimensionado de la Superficie de Cribado:

- Para tanteos preliminares se puede emplear la expresión de **Testut**:

$$C_{testut} = 1.4 \cdot \frac{\rho_r}{\gamma} \cdot m^{0.6}$$

C = Capacidad por m^2 de superficie, ton/h

ρ_r = Densidad real del producto a cribar (ton/m^3)

γ = Proporción de tamaños críticos ($0.5 \cdot m$ y $1.5 \cdot m$)

m = Dimensión de la abertura de malla, mm

- Las condiciones para poder aplicar la expresión de Testut son:
- Rendimiento de cribado: 90%
- Proporción de la abertura de malla cuadrada (σ): 0.5
- Malla entre 0.5 y 250 mm
- La proporción de tamaños críticos superior a 0.15
- Tratamiento de productos con poca humedad y poco pegadizos



Dimensionado de la Superficie de Cribado:

- Vamos a aplicar un método de cálculo propuesto por **Juan Luis Bouso** (*Rocas y Minerales, 1999, pp. 42-57*):
- Se basa en la **capacidad básica del material pasante** y su expresión general es:

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

$S_{cribado}$ = Superficie de cribado que necesitamos, m²

T_p = Tonelaje teórico que debería *pasar* la criba, t/h

B = Capacidad básica pasante, t/m² · h

f_i = Factores de corrección, adimensionales

f_{op} = Factor de servicio u operación

- En las siguientes diapositivas se describen cada uno de los parámetros y la obtención de su valor.



Capacidad básica pasante, *B*

- Las condiciones para las que se ha obtenido esta capacidad básica son:
 1. Densidad aparente del producto: 1.6 t/m³.
 2. Malla de alambre de acero.
 3. Área libre de la malla: 50%.
 4. Posición de la malla o piso: Primero.
 5. Inclinação de la criba: 20°.
 6. Rechazo del producto de alimentación: 25%.
 7. Porcentaje de partículas inferiores a 0.5·m en la alimentación: 40%.
 8. Rendimiento o eficiencia del cribado: 94%.



Capacidad básica pasante, B

- En la siguiente tabla se presentan los valores de la capacidad básica pasante (B) para diferentes tamaños de abertura y diferentes materiales.

| Capacidad Básica B (ton/m ² .h) | | | |
|--|------------------|--------|------------|
| Luz de malla (mm) | Tipo de Producto | | |
| | Carbón | Cúbico | Redondeado |
| 0.50 | 2.0 | 2.7 | 3.5 |
| 0.80 | 2.6 | 3.4 | 4.4 |
| 1.00 | 2.8 | 3.7 | 4.9 |
| 1.25 | 3.1 | 4.1 | 5.5 |
| 2.0 | 4.0 | 5.3 | 7.1 |
| 4.0 | 6.0 | 8.0 | 10.5 |
| 5.6 | 7.5 | 10.0 | 13.0 |
| 6.3 | 8.1 | 10.8 | 14.0 |
| 8.0 | 9.4 | 12.5 | 16.0 |
| 10.0 | 10.8 | 14.4 | 18.6 |
| 12.5 | 12.5 | 16.6 | 21.5 |
| 16.0 | 14.3 | 19.0 | 25.1 |
| 20.0 | 16.5 | 22.0 | 29.0 |
| 25.0 | 19.5 | 26.0 | 33.4 |
| 31.5 | 22.5 | 30.0 | 37.9 |
| 40.0 | 26.0 | 34.7 | 42.5 |
| 50.0 | 29.3 | 39.0 | 47.4 |
| 63.0 | 33.0 | 44.0 | 52.0 |
| 80.0 | 36.8 | 49.0 | 57.0 |
| 100.0 | 42.0 | 56.0 | 63.0 |
| 120.0 | 47.3 | 63.0 | 68.0 |



Factores de corrección, f_i

- Por lo general, las condiciones de trabajo de una criba serán diferentes de aquellas para las que se ha calculado la capacidad básica.
- Esto hace necesario que se tenga que corregir con ayuda de los factores de corrección, que a continuación se desarrollan de forma individual.

1. Factor de densidad específica aparente (ρ_a), f_d

- Para valores de densidad aparente distintos a 1.6 t/m^3 , el factor de densidad será:

$$f_d = \frac{\rho_a}{1.6}$$



2. Factor de rechazo, f_r

| Porcentaje de Rechazo (%) | Factor de Rechazo (f_r) |
|------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 1.10 |
| 5 | 1.08 |
| 10 | 1.06 |
| 15 | 1.04 |
| 20 | 1.02 |
| 25 | 1.00 |
| 30 | 0.98 |
| 35 | 0.96 |
| 40 | 0.94 |
| 45 | 0.92 |
| 50 | 0.90 |



3. Factor de semitamaño, f_s

| Porcentaje de semitamaño (%) | Factor de semitamaño (f_s) |
|------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0.50 |
| 5 | 0.55 |
| 10 | 0.60 |
| 15 | 0.65 |
| 20 | 0.72 |
| 25 | 0.77 |
| 30 | 0.85 |
| 35 | 0.92 |
| 40 | 1.00 |
| 45 | 1.10 |
| 50 | 1.20 |
| 55 | 1.30 |
| 60 | 1.45 |
| 65 | 1.60 |
| 70 | 1.75 |
| 75 | 1.95 |
| 80 | 2.20 |
| 85 | 2.55 |
| 90 | 3.00 |
| 95 | 3.65 |



4. Factor de rendimiento o eficiencia, f_e

| Rendimiento (E) (%) | Factor de eficiencia (f_e) |
|-------------------------|--------------------------------|
| 98 | 0.60 |
| 96 | 0.85 |
| 94 | 1.00 |
| 92 | 1.05 |
| 90 | 1.12 |
| 85 | 1.26 |
| 80 | 1.41 |

5. Factor de cribado en seco, f_h

- Este factor se emplea para **cribados en seco** o con una humedad inferior al 9%.

| Humedad % | Factor de cribado en seco (f_h) |
|----------------|---|
| ≤ 3 | 1.00 |
| $3 < H \leq 6$ | 0.85 |
| $6 < H \leq 9$ | 0.75 |
| $H > 9$ | No se aplica (Se debe cribar en húmedo) |



6. Factor de cribado por vía húmeda, f_a

- Cuando se emplean difusores de agua, hay que introducir un nuevo factor corrector.

| Luz de malla (m) mm | Factor de cribado en húmedo (f_a) |
|----------------------------|--|
| < 0.5 | 1.00 |
| 1.0 | 1.42 |
| 1.25 | 1.70 |
| 2.0 | 2.20 |
| 4.0 | 2.50 |
| 5.6 | 2.35 |
| 6.3 | 2.25 |
| 8.0 | 2.00 |
| 10.0 | 1.42 |
| 11.2 | 1.35 |
| 12.5 | 1.30 |
| 14.0 | 1.25 |
| 16.0 | 1.20 |
| 20.0 | 1.15 |
| 22.4 | 1.13 |
| 31.5 | 1.06 |
| 40 | 1.03 |
| 50 | 1.00 |



Cálculo del caudal medio de un difusor de agua

- La siguiente tabla ayuda a obtener el caudal medio de agua que proporcionará un difusor en función de la presión de trabajo.

| Diámetro del difusor (mm) | Caudal (m ³ /h) | | | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 50 kPa | 100 kPa | 150 kPa | 200 kPa | 300 kPa | 400 kPa |
| 4 | 0.42 | 0.72 | 1.02 | 1.20 | 1.50 | 1.74 |
| 5 | 0.48 | 0.84 | 1.14 | 1.26 | 1.56 | 2.34 |
| 7 | 1.08 | 1.38 | 1.74 | 1.98 | 2.46 | 3.00 |
| 9 | 1.50 | 2.46 | 2.88 | 3.00 | 3.12 | 3.24 |



7. Factor de abertura de malla, f_m

- Este factor corrige aquellas aberturas que son diferentes de la cuadrada.

| Tipo de abertura | | Factor de abertura (f_m) |
|---------------------------------------|---------------|------------------------------|
| Cuadrada | | 1.0 |
| Redonda | | 0.8 |
| Rectangular l = largo a = ancho | $2 < l/a < 3$ | 1.15 |
| | $3 < l/a < 6$ | 1.20 |
| | $l/a > 6$ | 1.25 |

8. Factor de lajosidad, f_l

- Se consideran lajas aquellos fragmentos cuya longitud es 3 veces superior a la de las otras dimensiones.

| % Lajas | Factor de lajosidad (f_l) |
|---------|-------------------------------|
| < 5 | 1.00 |
| 10 | 0.95 |
| 20 | 0.85 |
| 30 | 0.80 |
| 40 | 0.75 |
| 50 | 0.70 |
| 60 | 0.65 |
| 70 | 0.60 |
| 80 | 0.55 |



9. Factor de posición del paño o piso, f_p

- Este factor corrige la posición de la malla si se encuentra en pisos diferentes:

| Posición del piso | Factor del paño (f_p) |
|--------------------|---------------------------|
| Primer piso | 1.0 |
| Segundo piso | 0.9 |
| Tercer piso | 0.8 |
| Cuarto piso | 0.7 |

10. Factor de inclinación, f_i

- Se corrige aquella inclinación de la malla diferente a un ángulo de 20°.

| Grados de inclinación (°) | Factor de inclinación (f_i) |
|---------------------------|---------------------------------|
| 20° | 1.0 |
| 15° | 0.96 |
| 10° | 0.94 |
| 5° | 0.87 |
| Horizontal (0°) | 0.83 |



11. Factor de área libre, f_o

| Superficie Libre % | Factor de área libre (f_o) |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 25 | 0.50 |
| 30 | 0.60 |
| 35 | 0.70 |
| 40 | 0.80 |
| 45 | 0.90 |
| 50 | 1.00 |
| 55 | 1.10 |
| 60 | 1.20 |
| 65 | 1.30 |
| 70 | 1.40 |
| 75 | 1.50 |

12. Factor de servicio u operación, f_{op}

| Tipo de operación | Factor de operación (f_{op}) |
|-----------------------|----------------------------------|
| Operación normal | 1.20 |
| Operación dificultosa | 1.40 |



Anchura de la superficie de cribado, A_m

- La criba debe tener una anchura mínima, independientemente del valor que obtengamos de la superficie necesaria, para que el espesor de capa sea el adecuado.
- La siguiente tabla proporciona la anchura mínima según el tonelaje a tratar.

| Anchura de criba mm | Tonelaje de Alimentación (ton/h) |
|------------------------|--|
| 600 | 75 |
| 900 | 175 |
| 1200 | 275 |
| 1500 | 350 |
| 1800 | 500 |
| 2100 | 650 |
| 2400 | 750 |

- También se puede emplear la siguiente expresión para su cálculo:

$$A_m = 116 \cdot \left(\frac{T \cdot R}{m \cdot f_d} \right)$$

A_m = Anchura mínima, mm

T = Tonelaje de alimentación, t/h

R = Porcentaje de rechazo, tanto por uno

m = dimensión de abertura de malla, mm

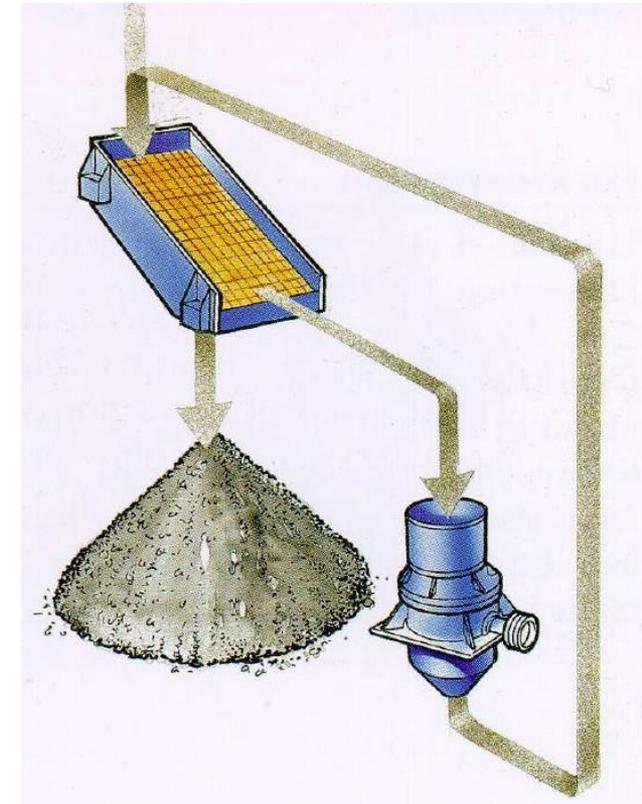
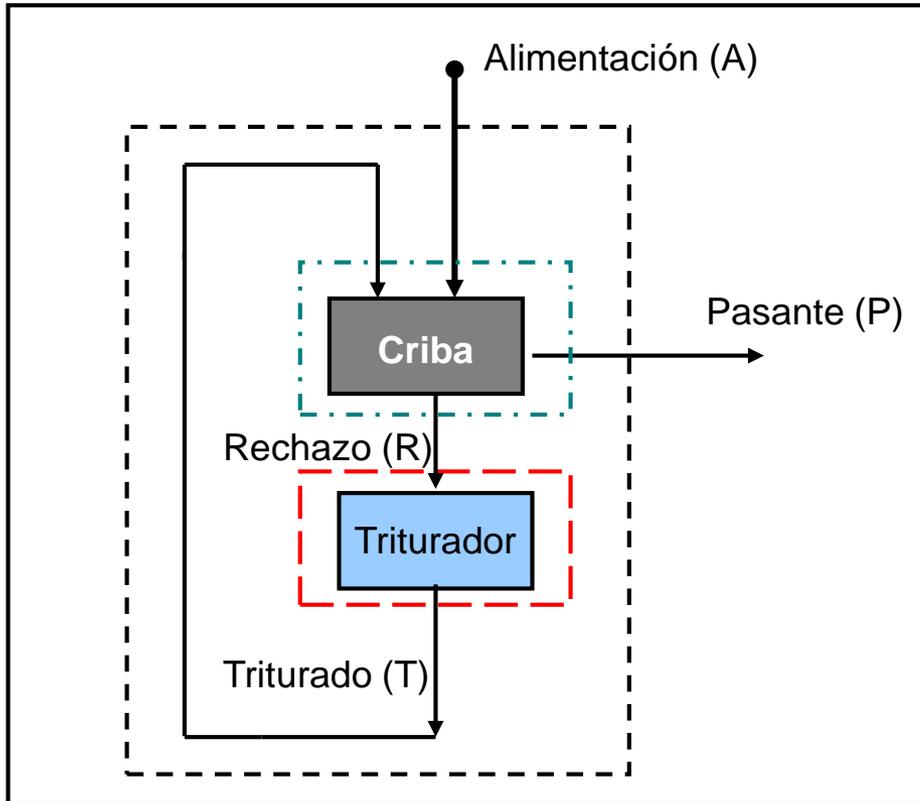
f_d = Factor de densidad



6.9. Determinación de la Carga Circulante (C.C.)

Cribado previo a la fragmentación:

- Esta disposición es normal en operaciones de trituración:



(cortesía de SANDVIK)

a : % del producto de alimentación $\leq m$.

t : % de la carga circulante (T) $\leq m$.

E : Eficiencia o rendimiento de cribado, en tanto por uno.



Cribado previo a la fragmentación:

- El valor de la carga circulante (C.C.) viene dada por:

$$C.C. = \frac{T}{A} \cdot 100$$

- Analizando el esquema anterior se tiene que sobre la criba se cumplirá:

$$\text{sobre la criba} = \frac{P}{E}$$

- O, lo que es lo mismo:

$$\text{sobre la criba} = \left(\frac{A \cdot a}{100} + \frac{T \cdot t}{100} \right)$$

- Con el circuito en equilibrio (a los 5-10 minutos de cribado) se tendrá que:


$$\left. \begin{array}{l} A = P \\ R = T \end{array} \right\}$$

- Por lo que igualando las expresiones anteriores se tiene: $\frac{A}{E} = \left(\frac{A \cdot a}{100} + \frac{T \cdot t}{100} \right)$

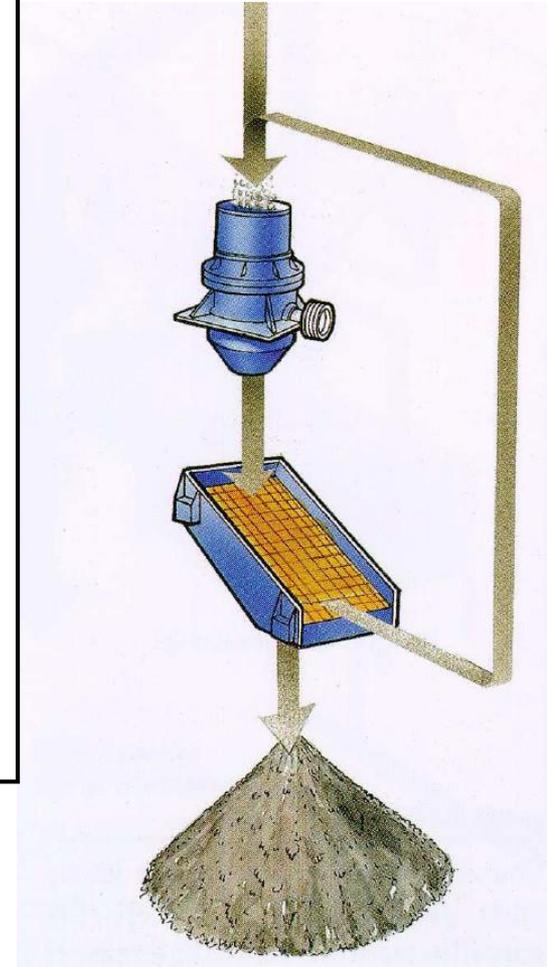
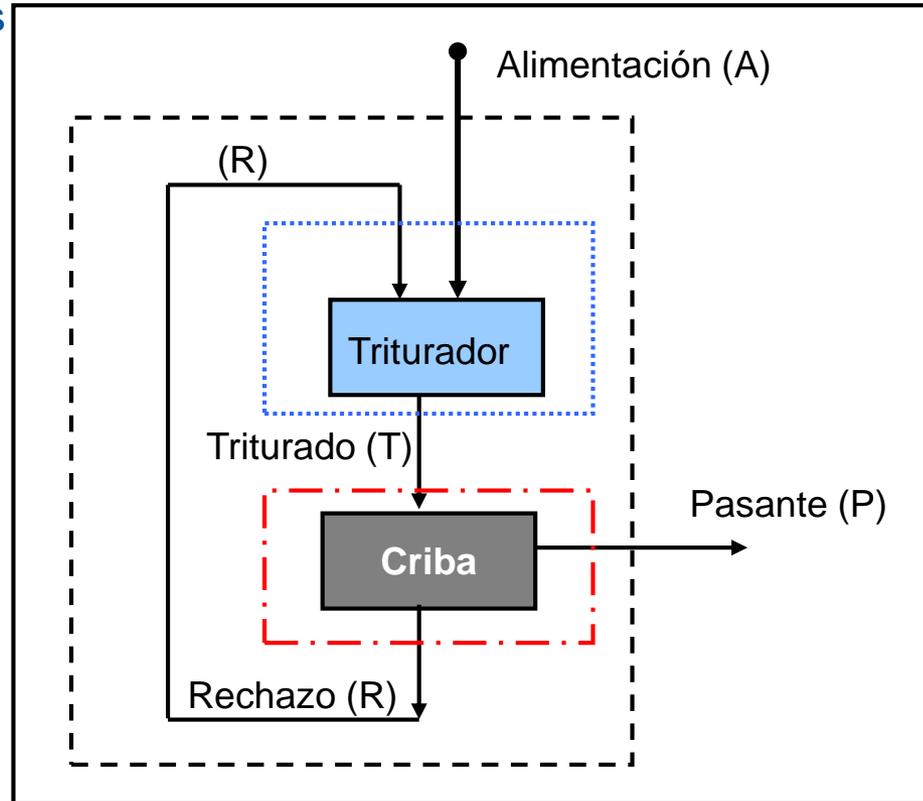
- Despejando T (C.C.) tendremos:
$$T (C.C.) = R = A \cdot \left(\frac{1}{E} - \frac{a}{100} \right) \cdot \frac{100}{t}$$



6.9. Determinación de la Carga Circulante (C.C.)

Cribado posterior a la fragmentación o molienda:

- Disposición normal en operaciones de molienda con cribas o clasificadores mecánicos



m : Abertura de malla cuadrada.

t : % del material triturado $\leq m$.

E : Eficiencia o rendimiento de cribado, en tanto por uno. (cortesía de SANDVIK)



Cribado posterior a la fragmentación o molienda:

- El valor de la carga circulante (C.C.) viene dada por:

$$C.C. = \frac{R}{A} \cdot 100$$

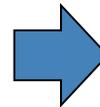
- Analizando el esquema anterior se tiene que sobre la criba se cumplirá:

$$\text{sobre la criba} = \frac{P}{E}$$

- O también se puede poner como:

$$\text{sobre la criba} = (R + A) \cdot \frac{t}{100}$$

- Con el circuito en equilibrio se tendrá que:



$$\left| \begin{array}{l} A = P \\ A + R = T \\ T = P + R \end{array} \right.$$



Cribado posterior a la fragmentación o molienda:

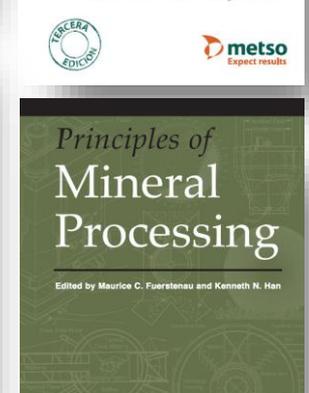
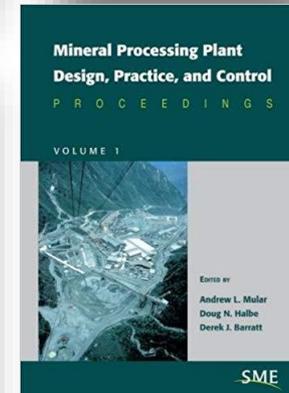
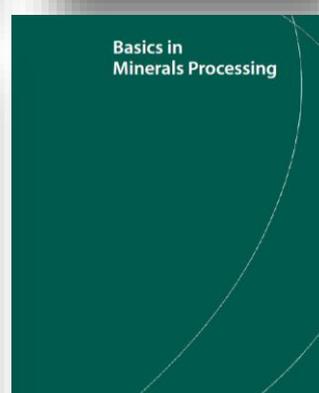
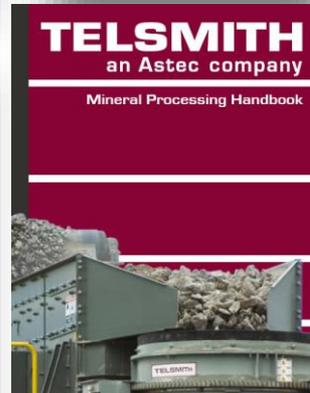
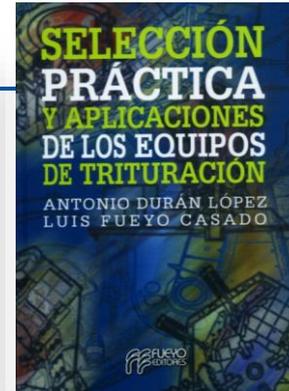
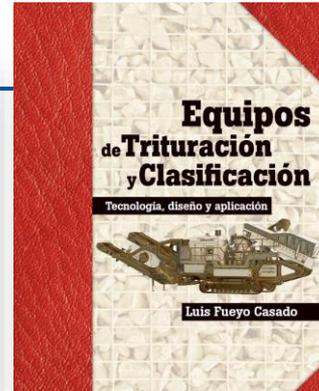
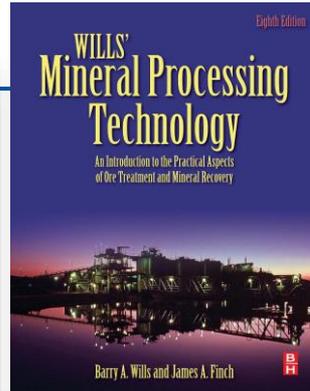
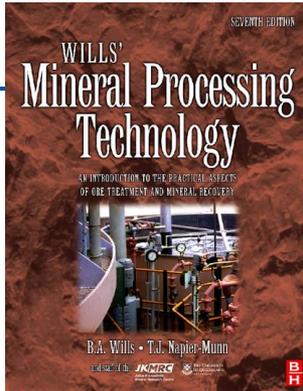
- Igualando las expresiones anteriores tendremos:

$$R = A \cdot \left(\frac{1}{1 - E \cdot \frac{t}{100}} - 1 \right)$$

t : expresado en %

- Esta disposición obliga a escoger un equipo de trituración o molienda de mayor capacidad que con la disposición anterior, para unas condiciones de operación similares.
- Por el contrario la superficie de cribado que se necesitaría sería menor que con la configuración anterior, para condiciones similares.

Referencias:



Coal Processing and Utilization

D.V. Subba Rao
Formerly Head of the Department of Mineral Beneficiation, S.D.S Autonomous College, Andhra Pradesh, India

T. Gouricharan
Senior Principal Scientist and Head, Coal Preparation, Central Institute of Mining and Fuel Research, Dhanbad, Jharkhand, India

CRC Press
Taylor & Francis Group
Boca Raton, London, New York, London

© CRC Press, an imprint of Taylor & Francis Group, an informa business
BALESTRA BOOKS

