



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RECURSOS MINERALES



**TEMA 6:  
SELECCIÓN POR TAMAÑOS  
EQUIPOS MECÁNICOS:  
CRIBAS**



# 6

## CRIBADO



### INDICE

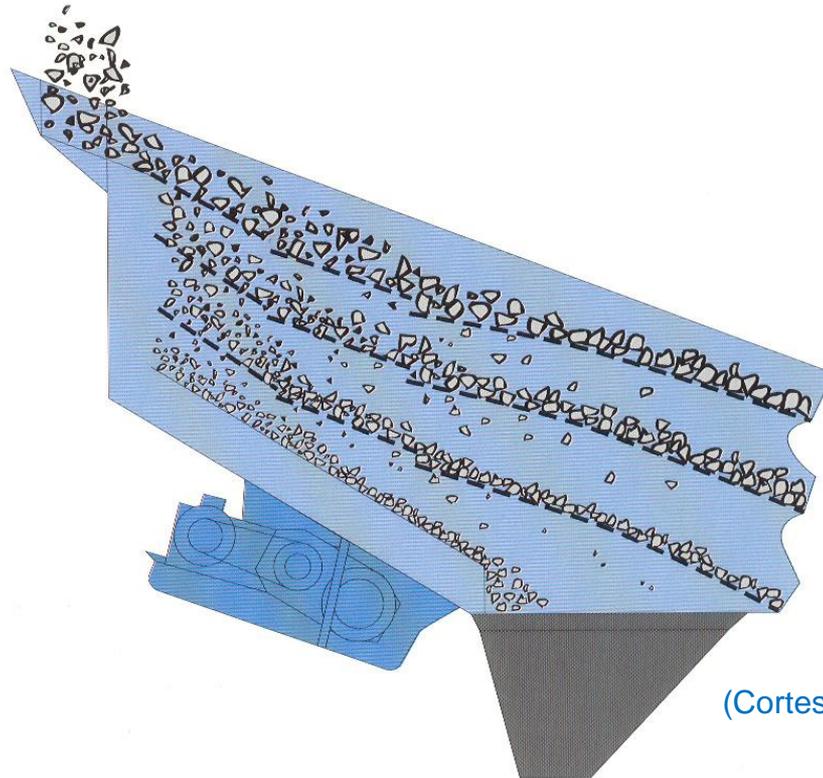
1. Clasificación por Tamaños. Introducción
2. Definiciones
3. Terminología
4. Superficies de Cribado
5. Factores de Operación
6. Dimensionado de la Superficie de Cribado
7. Referencias de consulta

# 1. Clasificación por tamaños. Introducción



## Definición de Cribado:

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



(Cortesía de Svedala Iberia)

Esquema de una operación de clasificación por tamaños en una criba de varias bandejas

## 2. Definiciones



### 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)

## 2. Definiciones



### 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)

### 3. 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  $\mu\text{m}$  y 100 mm. Se emplearán trómeles, cribas de sacudidas o cribas vibrantes.
- **Tamizado:** Clasificación sobre tamaños entre 40  $\mu\text{m}$  y 150  $\mu\text{m}$ . 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.

## 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%).

## 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:

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.

## 4. Superficies de cribado



### 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	0.1 – 125
Mallas de acero inoxidable	0.1 – 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

## 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 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



(cortesía de Roher)

## 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 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



(cortesía de HAVER AND BOECKER)

## 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 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



(cortesía de Roher)

## 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 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



(cortesía de TEMA)

## 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 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



(cortesía de SANDVIK)

## 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 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**



(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### 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)

## 4. Superficies de cribado



### 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)

## 4. Superficies de cribado



### 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/m<sup>2</sup>.

*B*: % de gruesos en la alimentación.

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



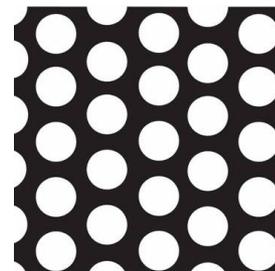
(cortesía de METSO)

## 4. Superficies de cribado

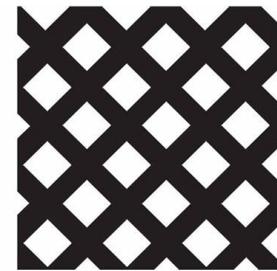


### Chapas perforadas

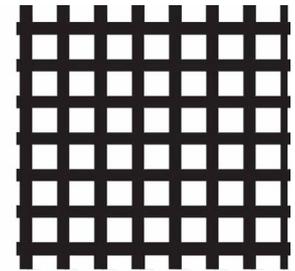
- Se emplean en aquellas situaciones donde la superficie de cribado debe ser capaz de resistir tamaños de material importantes, dando una mayor vida de servicio que con el uso de mallas metálicas.
- Presentan menor superficie libre que las mallas metálicas pero mayor precisión de cribado y menores problemas 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.).



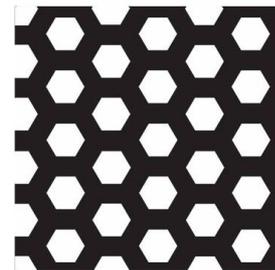
*60° staggered round holes*



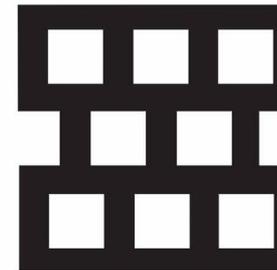
*Diagonal square holes*



*90° in line holes*



*60° staggered exagonal holes*



*Staggered square holes*



*Staggered slot holes*

(cortesía de SOVATEC)

## 4. Superficies de cribado



### 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 2 cm.
- Las medidas habituales suelen ser de 2 m de largo por 1 m de ancho.
- Los agujeros, generalmente, van desde los 1 cm hasta los 10 cm.



(cortesía de HARPSCREEN)

## 4. Superficies de cribado



### 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:

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

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

(cortesía de NOVATEC)

## 4. Superficies de cribado



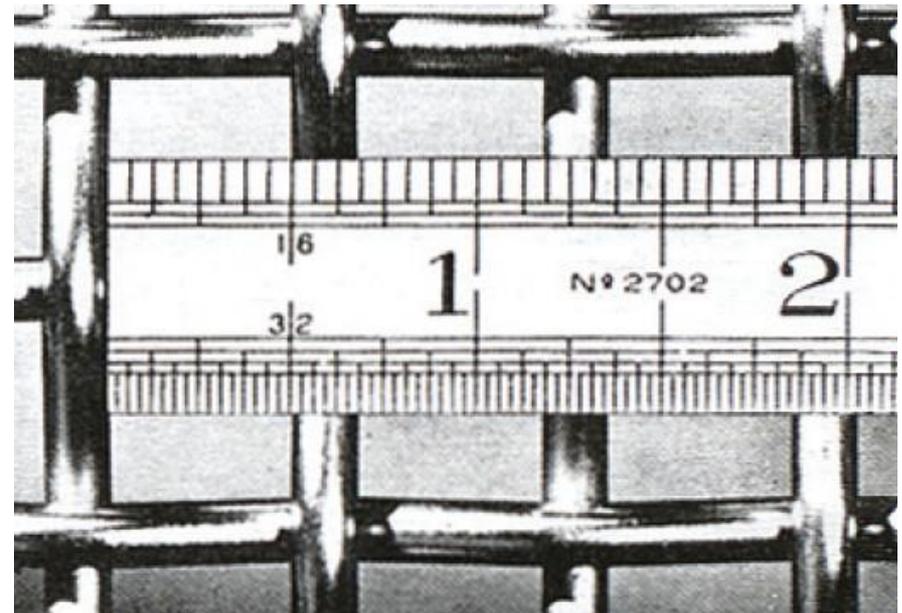
### Mallas metálicas

- 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.

Malla metálica de  $\frac{1}{2}$  pulgada

Espacio entre alambres

(cortesía de WS TYLER)



## 4. Superficies de cribado

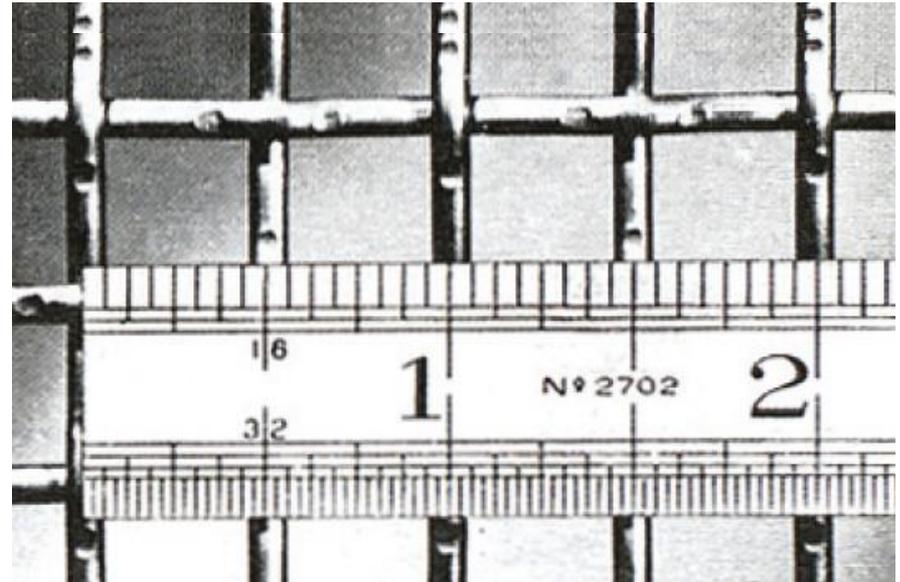


### Mallas metálicas

- 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.

Malla metálica de 2 mallas (#2 mesh)

(mallas contadas desde los centros de los alambres hasta completar una pulgada)



(cortesía de WS TYLER)

## 4. Superficies de cribado

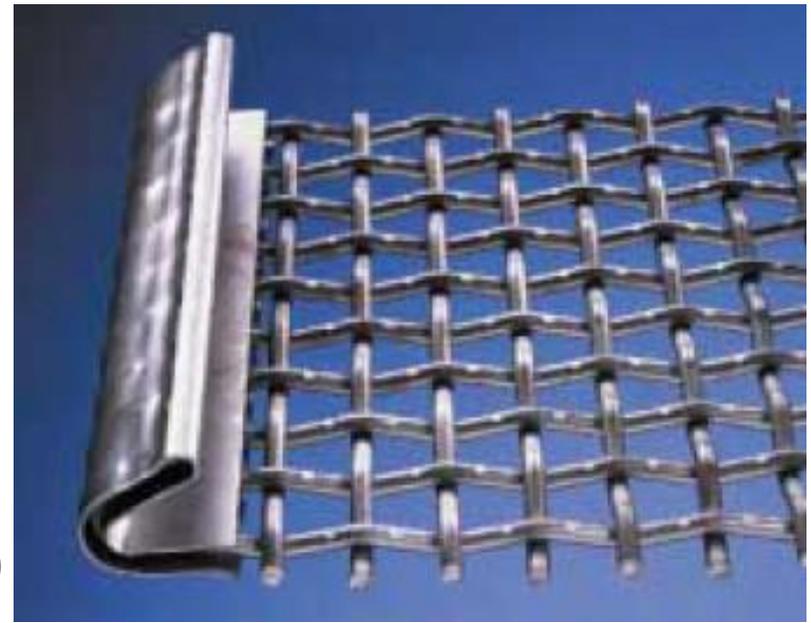


### Mallas metálicas

- 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).

Malla metálica cuadrada ondulada

(cortesía de METSO)

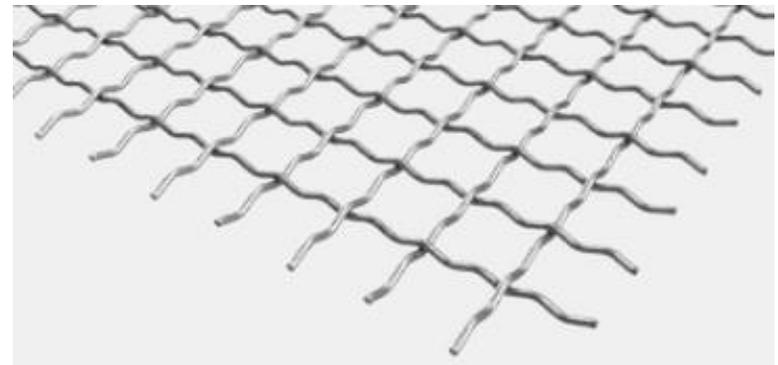
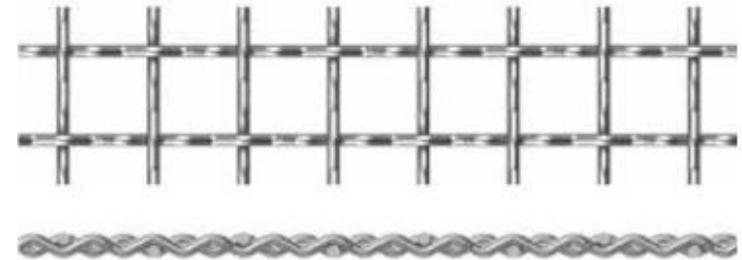


## 4. Superficies de cribado



### Mallas metálicas (Cuadradas Onduladas)

- Cribado de materiales que no se colmatan.
- Gran precisión y rendimiento (productos secos).
- Luz de mallas desde 230  $\mu\text{m}$  hasta 25 mm (a partir del secundario).
- Fabricadas en acero inoxidable o acero de alta resistencia.
- Mayor rendimiento que las planas.
- Empleo en canteras y graveras.



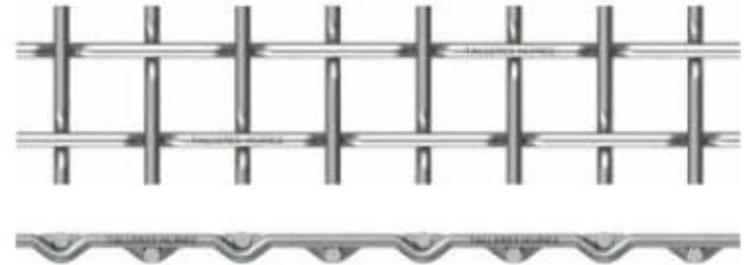
(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### 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 (a partir del primario).
- Fabricadas en acero.
- Empleo en canteras y graveras.
- Aprovechamiento de los alambres superior a las onduladas (menor desgaste).



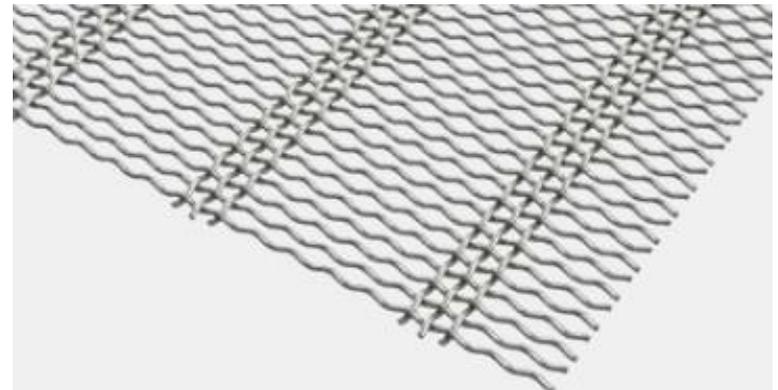
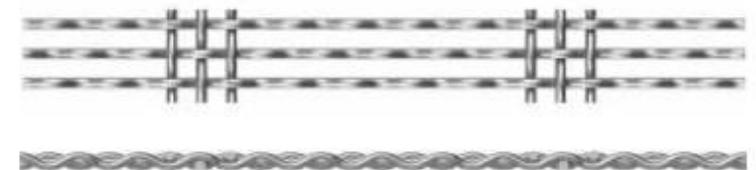
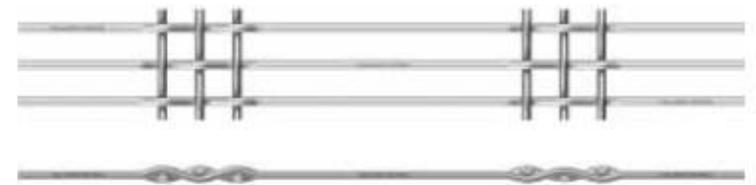
(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### Mallas metálicas (Rectangulares Onduladas)

- Se emplean en el cribado de materiales planos o laminares.
- 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 laminares.



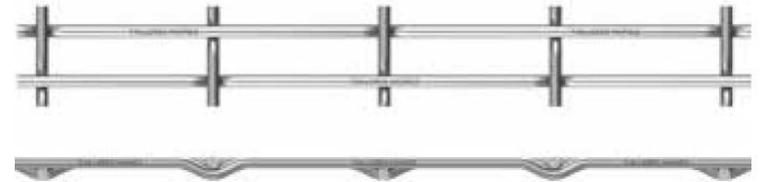
(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### 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)

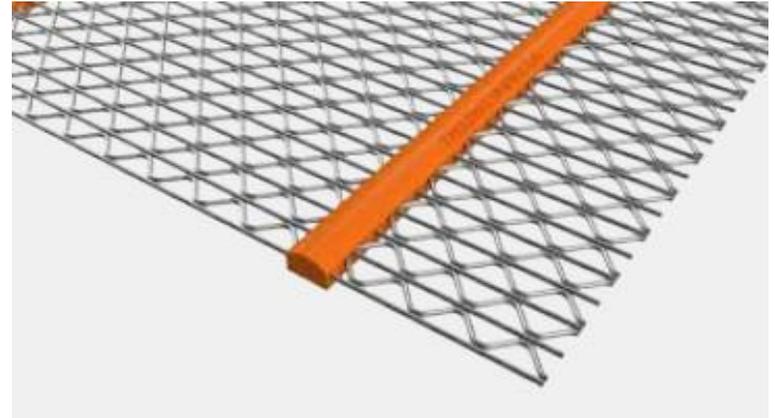
## 4. Superficies de cribado



### Mallas metálicas (Anticolmatantes)

- Diseñadas para solucionar problemas de acuñaamiento 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 (denominados Tramas).

(cortesía de NUBA)

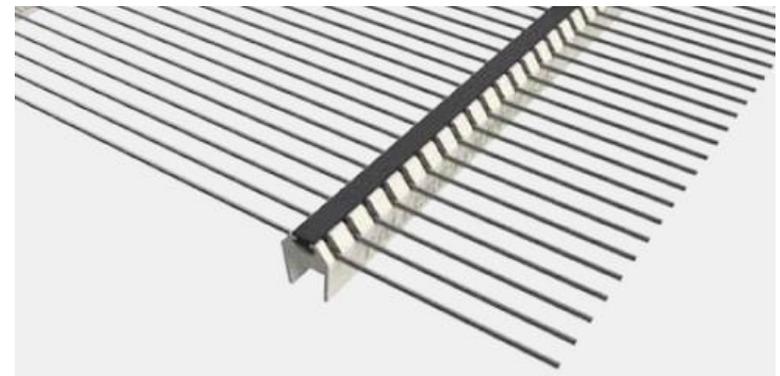
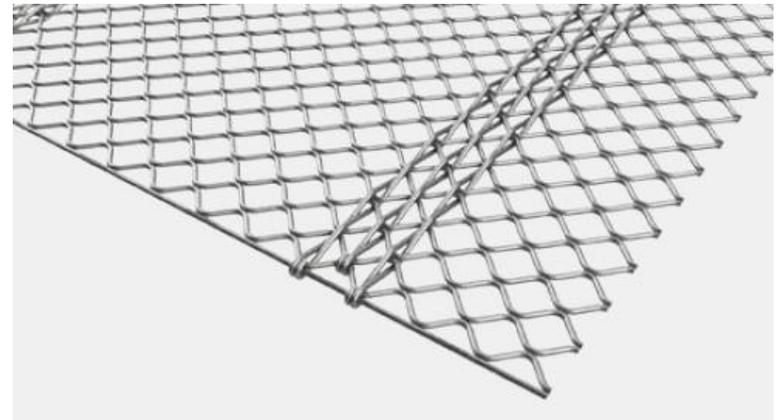
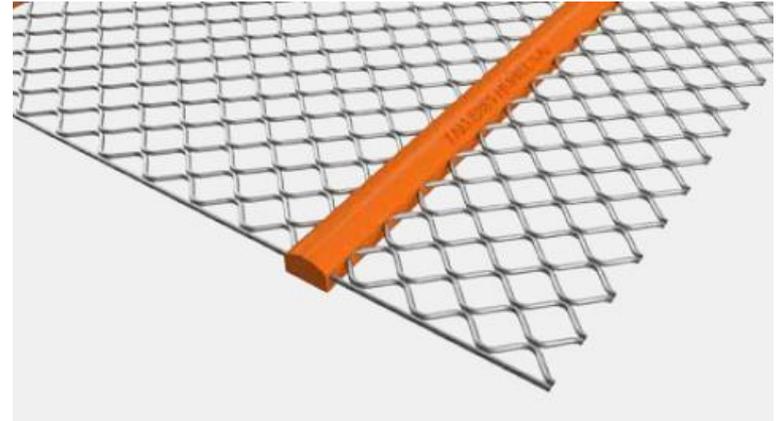


## 4. Superficies de cribado



### 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).



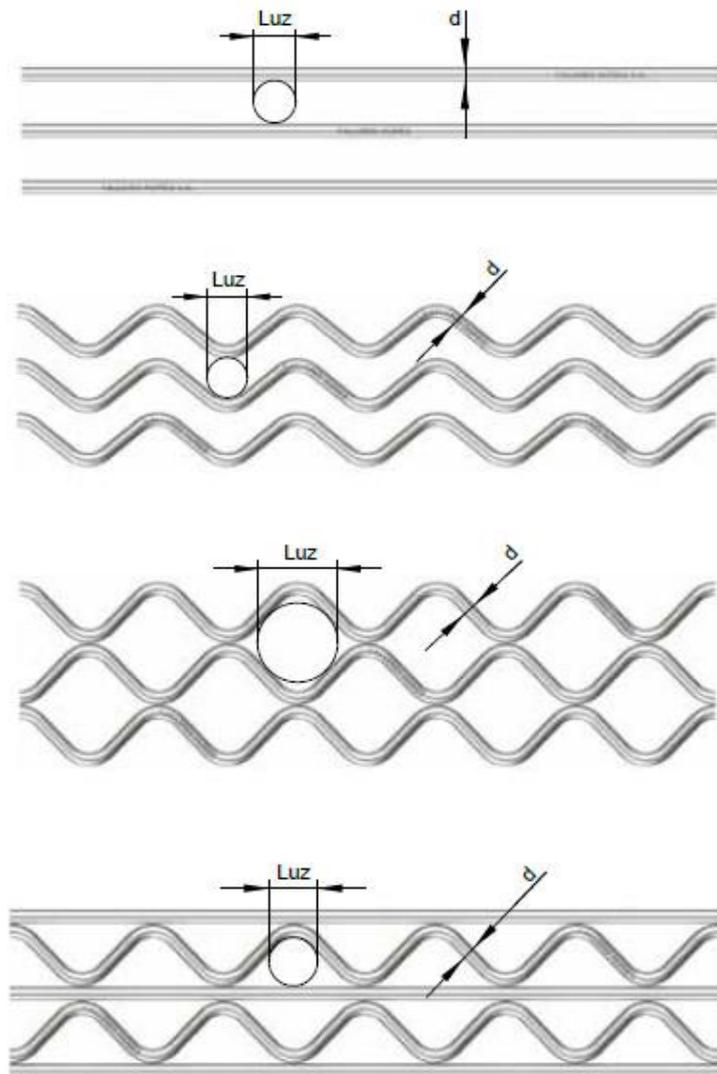
(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### 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.



(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado

### Mallas metálicas

El parámetro más importante de las mallas metálicas es la abertura libre disponible por unidad de área de criba, expresada en %,  $A_o$  (%)

1. Para mallas cuadradas:

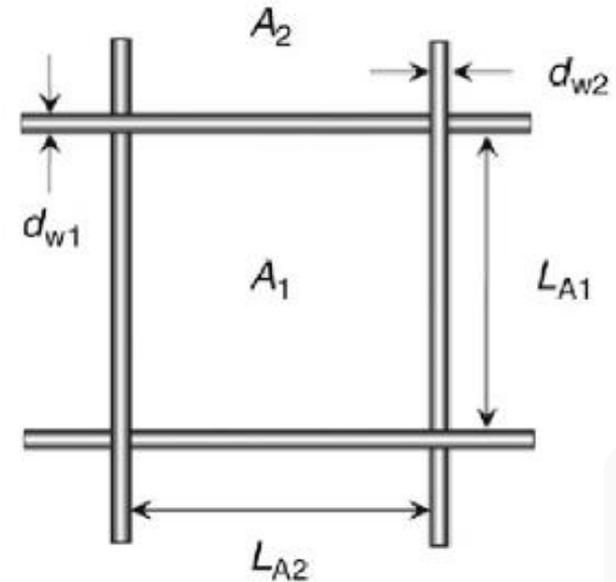
$$A_o = \left( \frac{L_A}{L_A + d_w} \right)^2 \times 100$$

2. Para mallas rectangulares:

$$A_o = \left( \frac{L_{A1} \cdot L_{A2}}{(L_{A1} + d_{w1}) \cdot (L_{A2} + d_{w2})} \right) \times 100$$

3. Para calcular el número de malla (M) de una criba de abertura cuadrada:

$$M = \sqrt{\frac{25.4^2 \cdot A_o}{100 \cdot L_A^2}}$$



(Fuente: Gupta and Yan, 2016)

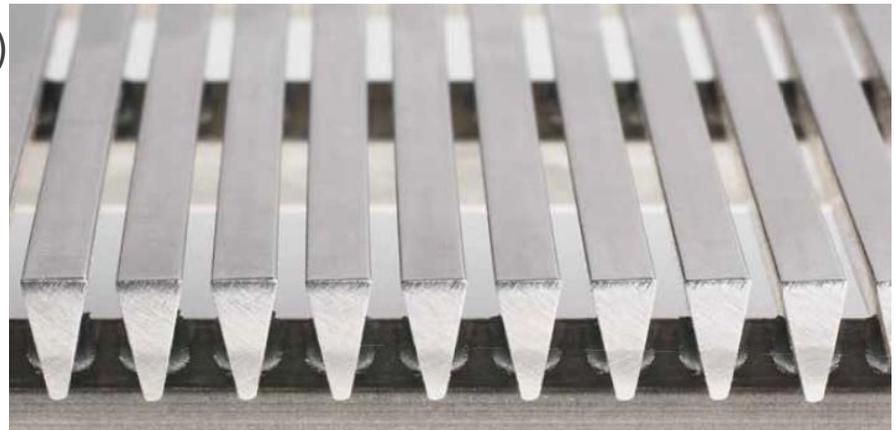
## 4. Superficies de cribado



### 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 (50 micras) 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)



## 4. Superficies de cribado



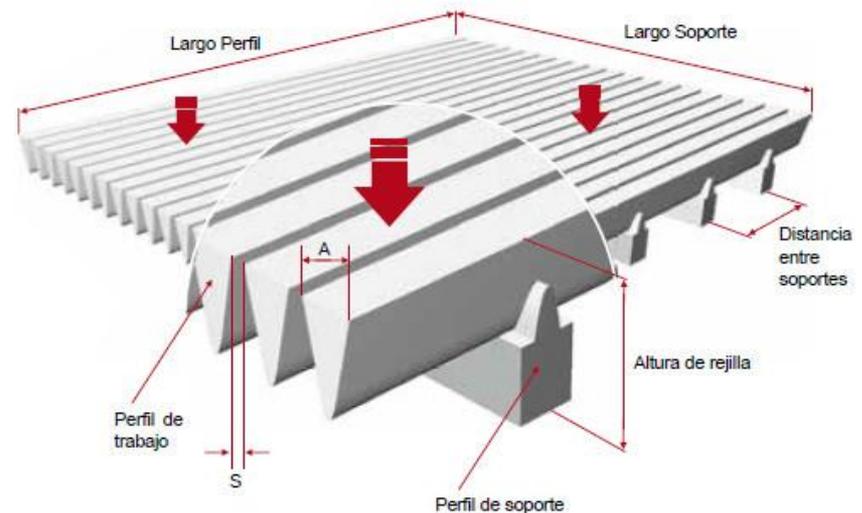
### Rejillas filtrantes

- 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

(cortesía de NUBA)



## 4. Superficies de cribado



### 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. Su rentabilidad debido a su larga duración, entre 30 y 50 veces superior a las mallas metálicas.
  2. Una elevada absorción de los impactos y por su gran variedad de durezas.
  3. Capacidad de trabajar con temperaturas entre  $-60^{\circ}\text{C}$  y  $170^{\circ}\text{C}$ .



(cortesía de NUBA)

## 4. Superficies de cribado



### 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:
  4. Posibilidad de trabajar con cualquier líquido como agua, disolventes, aceites y grasas.
  5. Su fabricación puede ser por inyección en moldes o por corte.
  6. Buena limpieza automática debida a la propia elasticidad del poliuretano.



(cortesía de TEMA)

## 4. Superficies de cribado



### 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.

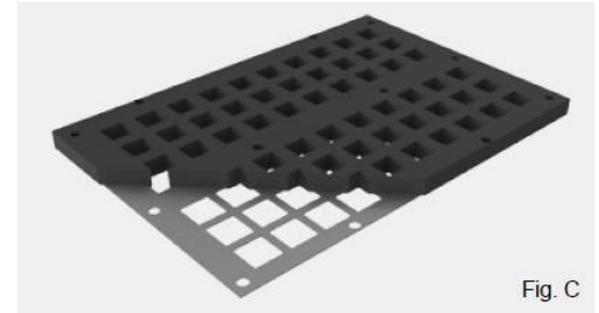
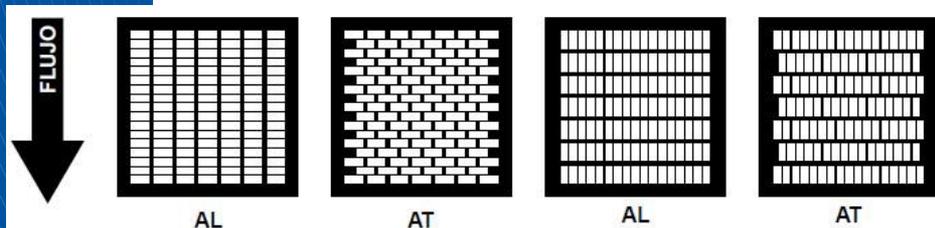


Fig. C

(cortesía de NUBA)





## 5. Factores de operación.

### Eficiencia de una criba recta

Los criterios que se usan para evaluar el trabajo que realiza una criba se basan en la Capacidad y la Eficiencia

Para estimar la eficiencia o rendimiento de una criba, vamos a utilizar la siguiente notación, tomada de Gupta and Yan (2016):

- $Q_{MS(F)}$  = Caudal de sólidos en peso en la alimentación (feed)
- $Q_{MS(O)}$  = Caudal de sólidos en peso en el rechazo (oversize)
- $Q_{MS(U)}$  = Caudal de sólidos en peso en el pasante (undersize)
- $m_{U(F)}$  = Fracción o porcentaje de tamaños de dimensión igual o inferior al tamaño de abertura que van en la alimentación
- $m_{U(O)}$  = Fracción o porcentaje de tamaños de dimensión igual o inferior al tamaño de abertura que van en el rechazo
- $m_{U(U)}$  = Fracción o porcentaje de tamaños de dimensión igual o inferior al tamaño de abertura que van en el pasante

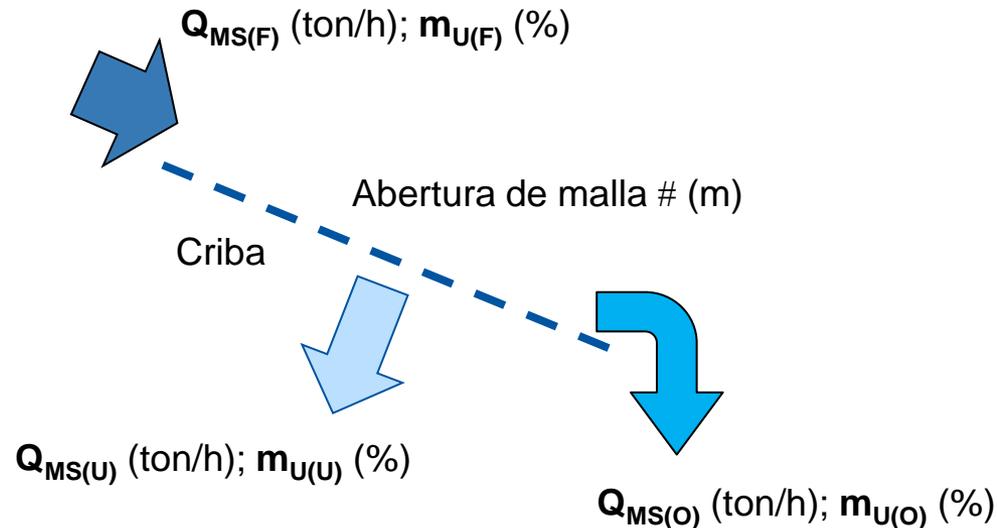


## 5. Factores de operación.

### Eficiencia de una criba recta

Los criterios que se usan para evaluar el trabajo que realiza una criba se basan en la Capacidad y la Eficiencia

Para estimar la eficiencia o rendimiento de una criba, vamos a utilizar la siguiente notación, tomada de Gupta and Yan (2016):



Esquema de un piso o tela para una criba recta con la notación empleada.



## 5. Factores de operación.

### Eficiencia de una criba recta

El valor de la eficiencia,  $E_o$ , basada en los tamaños superiores a #m, será:

$$E_o = \frac{Q_{MS(O)} (1 - m_{U(O)})}{Q_{MS(F)} (1 - m_{U(F)})}$$

El valor de la eficiencia,  $E_u$ , basada en los tamaños inferiores a #m, será:

$$E_u = \frac{Q_{MS(U)} \cdot m_{U(U)}}{Q_{MS(F)} \cdot m_{U(F)}}$$

El valor de la eficiencia total,  $E$ , será  $E = E_o \times E_u$ :

$$E = \frac{Q_{MS(O)} \cdot (1 - m_{U(O)})}{Q_{MS(F)} \cdot (1 - m_{U(F)})} \times \frac{Q_{MS(U)} \cdot m_{U(U)}}{Q_{MS(F)} \cdot m_{U(F)}}$$

## 5. Factores de operación.

### Eficiencia de una criba recta

Basados en el balance de materia de una criba la Eficiencia también se puede escribir como:

$$E = \left[ \frac{m_{U(F)} - m_{U(U)}}{m_{U(O)} - m_{U(U)}} \right] \left[ \frac{m_{U(O)} - m_{U(F)}}{m_{U(O)} - m_{U(U)}} \right] \left[ \frac{1 - m_{U(O)}}{1 - m_{U(F)}} \right] \left[ \frac{m_{U(U)}}{m_{U(F)}} \right]$$

Para considerar las situaciones reales y no de laboratorio, se propone el método de Leonard para cribas rectangulares:

$$E = (1 - m_{U(O)}) - \left[ \frac{m_{U(F)} - m_{U(O)}}{m_{U(U)} - m_{U(O)}} \right] (1 - m_{U(O)} - m_{U(U)})$$

Para considerar las situaciones reales y no de laboratorio, se propone el método de Osborne para cribas cuadradas:

$$E = \frac{100 \cdot Q_{MS(U)}}{Q_{MS(F)} \cdot m_{U(F)}} = \frac{100}{m_{U(F)}} \cdot \left( \frac{m_{U(F)} - m_{U(O)}}{m_{U(U)} - m_{U(O)}} \right)$$

## 5. Factores de operación.

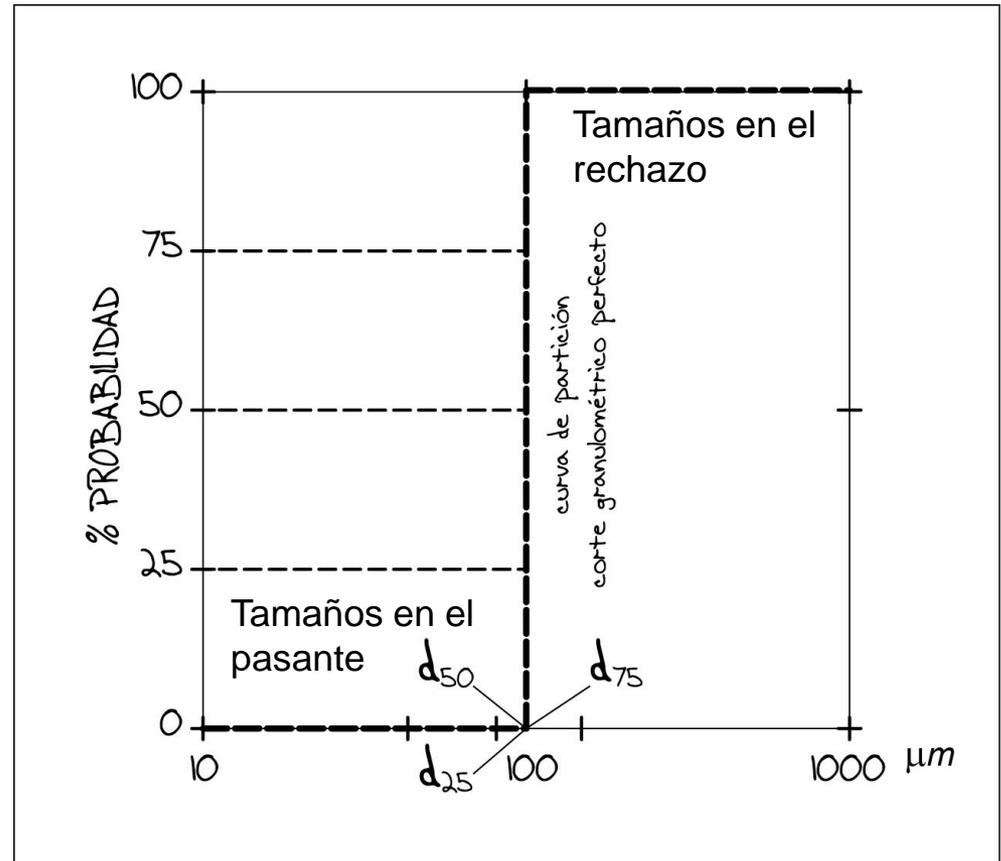
### Eficiencia de una criba en términos de la curva de Tromp

Otra forma de indicar la eficiencia de una criba es a través de la curva de partición o curva de Tromp (1937)

Curva de partición ideal de separación de una criba para determinado tamaño:

- Los tamaños inferiores a 100 micras, habrán pasado todos (0% como rechazo)
- Los tamaños superiores a 100 micras, no pasarían (100% como rechazo)
- La expresión que pone de manifiesto esa eficiencia es:

$$E_P = \frac{d_{75} - d_{25}}{2}$$



- Se conoce como Error probable, Desviación probable o Probabilidad de Ecart

## 5. Factores de operación.

### Eficiencia de una criba en términos de la curva de Tromp

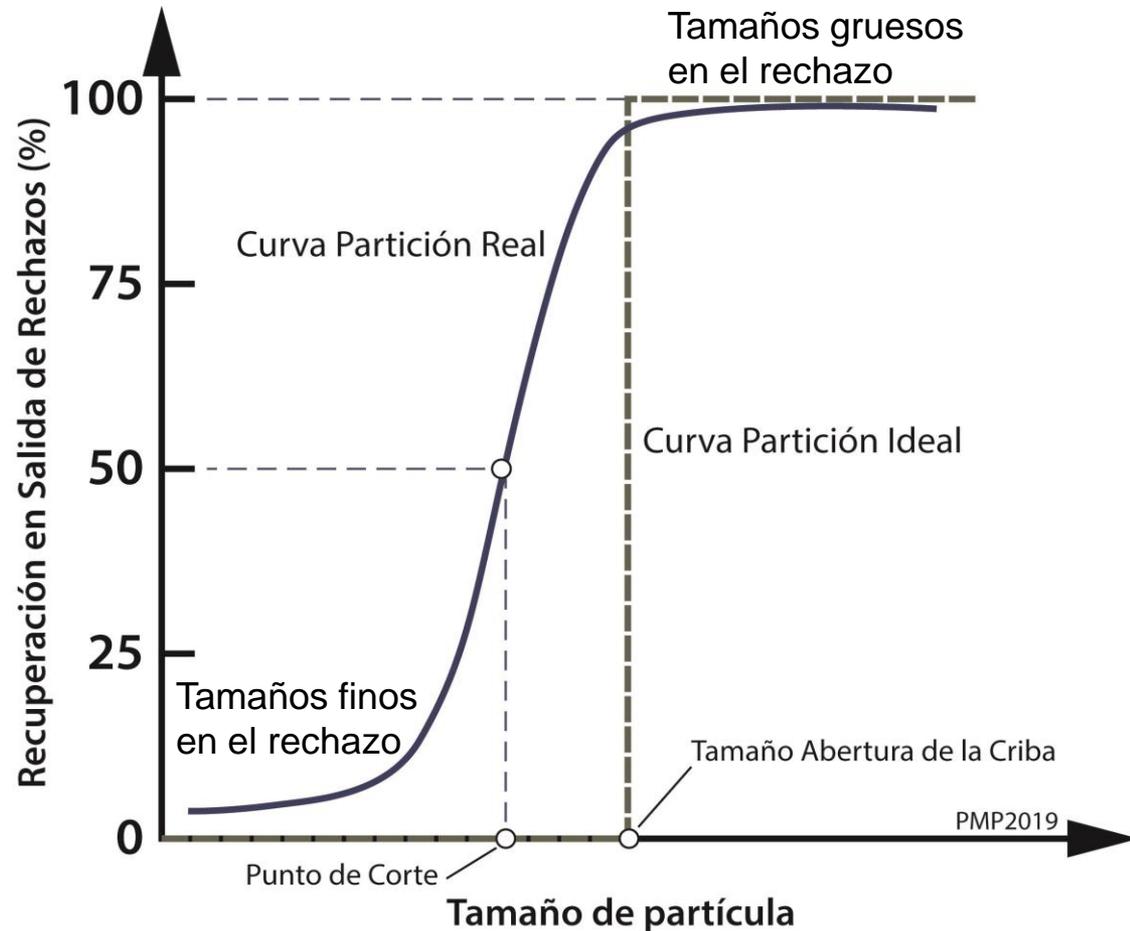
En la práctica real, las cribas se alejan de esa situación ideal, por lo que la curva de partición real tendrá la forma de:

Sigue siendo válida la expresión anterior del Error Probable:

$$E_P = \frac{d_{75} - d_{25}}{2}$$

También se puede emplear la expresión de la Imperfección:

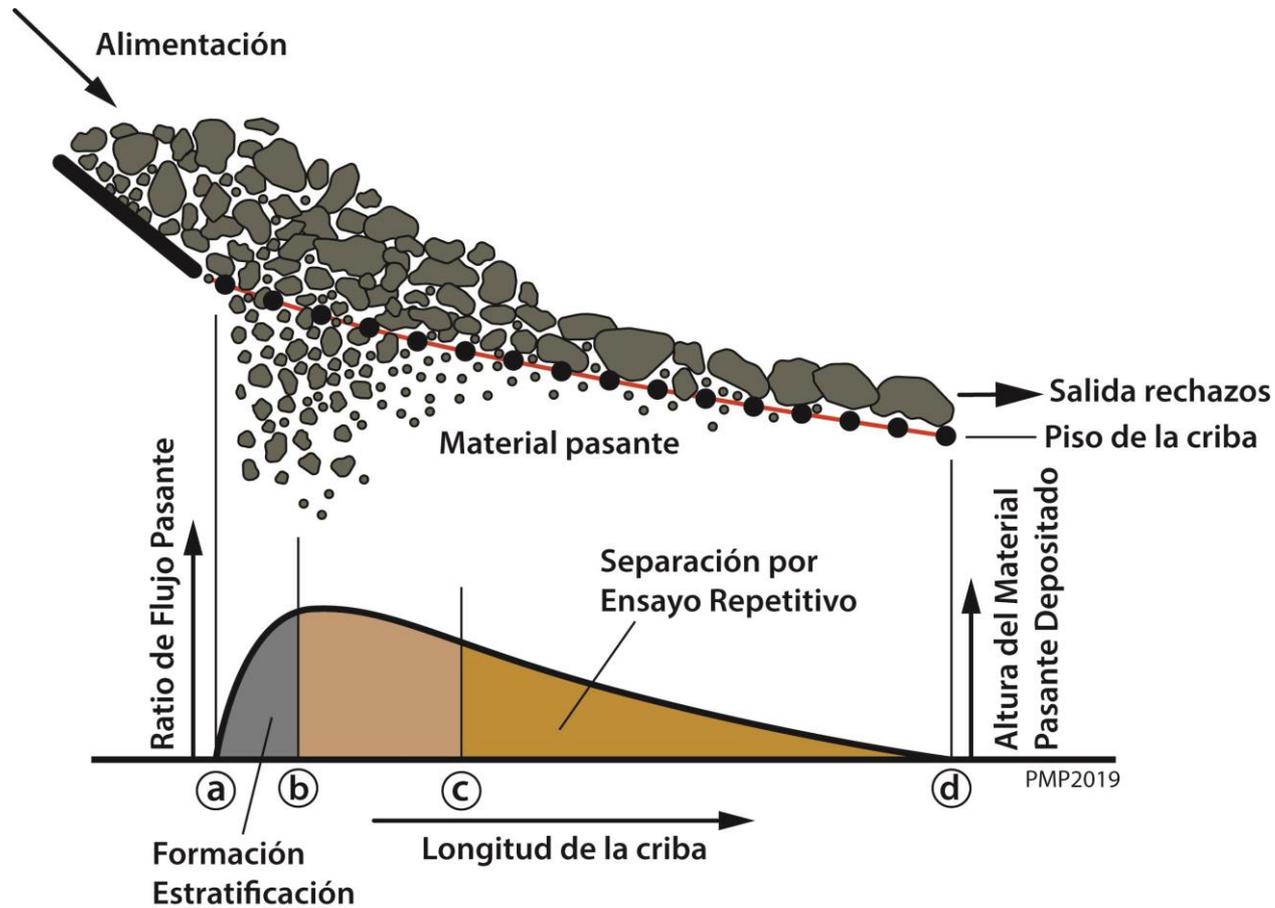
$$I = \frac{E_P}{d_{50}} = \frac{d_{75} - d_{25}}{2 \cdot d_{50}}$$



## 5. Factores de operación.

### Espesor de la cama de mineral sobre la tela

El espesor de la cama de material que se deposita sobre la criba determinará su eficiencia y rendimiento.



Para una adecuada estratificación de las partículas debe no sobrepasarse el espesor óptimo.

## 5. Factores de operación.

### Espesor de la cama de mineral sobre la tela

La expresión que nos da el espesor óptimo es:

$$D = \frac{50 \cdot Q_o}{3 \cdot W_E \cdot v_F \cdot \rho_B}$$

Donde:

$D$  = Espesor de la cama (mm)

$Q_o$  = Producción material de sobretamaño (t/h)

$v_F$  = ratio de transporte sobre la criba (m/min)

$W_E$  = Anchura efectiva de la criba (m)

$\rho_B$  = Densidad (t/m<sup>3</sup>)



(cortesía de TEMA)



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

Existen numerosos procedimientos de cálculo: E.C. Blanc, Mular Bhappu, etc.

Todos estos procedimientos se reducen a una expresión como la siguiente:

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

$S_{\text{cribado}}$  = Superficie de cribado necesaria, m<sup>2</sup>

$T$  = Tonelaje que se necesita cribar, ton/h

$B$  = Capacidad básica, ton/m<sup>2</sup>·h

(Capacidad de alimentación o de paso)

$f_i$  = Factores de corrección, adimensionales



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

#### Capacidad básica del material pasante ( $B$ )

Se va a emplear el método de cálculo propuesto por Juan Luis Bouso (*Revista Rocas y Minerales*, 1999, pp. 42-57).

Este método se basa en la **capacidad básica del material pasante**.

La expresión general para el cálculo de la superficie de cribado es:

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

$S_{cribado}$  = Superficie de cribado necesaria, m<sup>2</sup>

$T_p$  = Tonelaje teórico que debe pasar la criba, t/h

$B$  = Capacidad básica pasante, t/m<sup>2</sup>·h

$f_i$  = Factores de corrección, adimensionales

$f_{op}$  = Factor de operación o servicio



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

#### Capacidad básica del material pasante (**B**)

En la siguiente tabla se presentan los valores para la estimación inicial de la capacidad básica pasante (**B**)

<i>Capacidad Básica Pasante B (t/m<sup>2</sup>.h)</i>			
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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

#### Capacidad básica del material pasante (*B*)

Las condiciones controladas para las que se ha obtenido la capacidad básica han sido:

1. Densidad aparente del producto:  $1.6 \text{ t/m}^3$ .
2. Empleo de malla fabricada en alambres de acero.
3. El área libre de la malla fue del 50%.
4. Posición de la malla en el primer piso.
5. La criba se presentó con una inclinación de  $20^\circ$ .
6. En la alimentación, el contenido de tamaños superiores a la abertura de malla,  $m$ , fue del 25% (tamaños de rechazo).
7. En la alimentación, el porcentaje de fragmentos inferiores a  $0.5 \cdot m$  fue del 40%.
8. La eficiencia de la criba fue del 94%.

## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

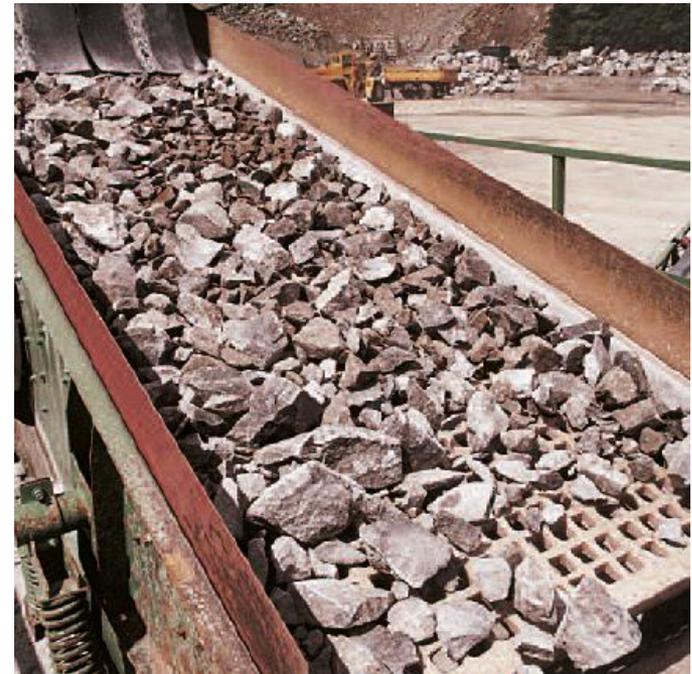
#### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

##### 1. Factor de densidad específica aparente ( $\rho_a$ ), $f_d$

Cuando el material presenta una densidad aparente distinta a las de las condiciones anteriores, se deberá corregir con la siguiente expresión:

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

(cortesía de TEMA)





## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

#### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

##### 2. Factor de rechazo, $f_r$

Cuando el porcentaje de tamaños superiores a la abertura de malla de la criba real que van contenidos en la alimentación es diferente al 25%.

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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 3. Factor de semitamaño, $f_s$

Cuando el porcentaje de semitamaño va formando parte de la alimentación es diferente del 40%.

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
<b>40</b>	<b>1.00</b>
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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 4. Factor de eficiencia, $f_e$

Cuando el valor de la eficiencia de la criba real es diferente del 94%.

Rendimiento ( $E$ ) (%)	Factor de eficiencia ( $f_e$ )
98	0.60
96	0.85
<b>94</b>	<b>1.00</b>
92	1.05
90	1.12
85	1.26
80	1.41



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 5. Factor de cribado en seco, $f_h$

Se aplicará para cribados en seco o con un mineral que presenta una humedad inferior al 9%.

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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 6. Factor de cribado por vía húmeda, $f_a$

Se aplicará para cribados que emplean difusores de agua.

Luz de malla ( $m$ ) mm	Factor de cribado en húmedo ( $f_a$ )
<b>&lt; 0.5</b>	<b>1.00</b>
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

## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 6. Factor de cribado por vía húmeda, $f_a$

La siguiente tabla ayuda a conocer el caudal de agua ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) necesaria para los difusores instalados sobre la criba.



(cortesía de TEMA)

Diámetro del difusor (mm)	Caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ )					
	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



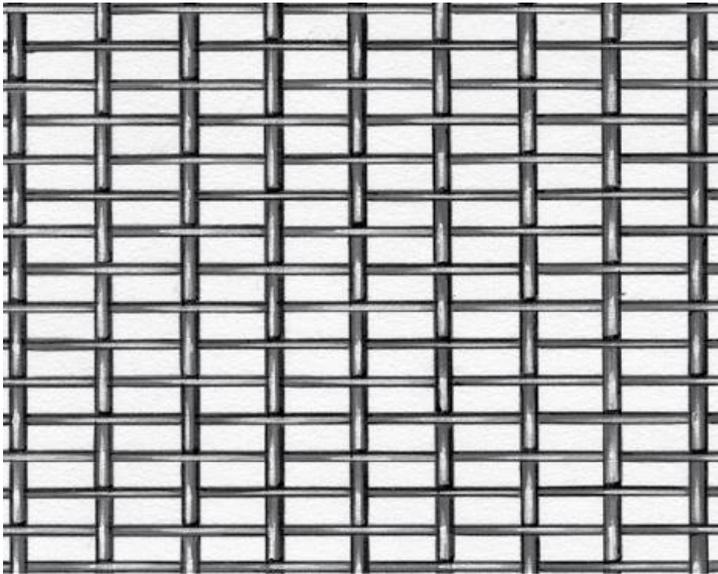
## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 7. Factor de abertura de malla, $f_m$

Este factor corrige aquellas mallas cuyas aberturas son diferentes de la cuadrada.



(cortesía de TEMA)

Tipo de abertura		Factor de abertura ( $f_m$ )
<b>Cuadrada</b>		<b>1.0</b>
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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 8. Factor de lajosidad, $f_l$

Este factor corrige la presencia de lajas en la alimentación, siendo éstas aquellos fragmentos cuya longitud es 3 veces superior a la de las otras dos 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

([www.issuu.com](http://www.issuu.com)) (Periódico El Constructor, 2009)

## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 9. Factor de posición del paño o piso, $f_p$

Este factor corrige la posición del paño cuando el piso sea diferente al primero.



(cortesía de METSO)

Posición del piso	Factor del paño ( $f_p$ )
<b>Primer piso</b>	<b>1.0</b>
Segundo piso	0.9
Tercer piso	0.8
Cuarto piso	0.7

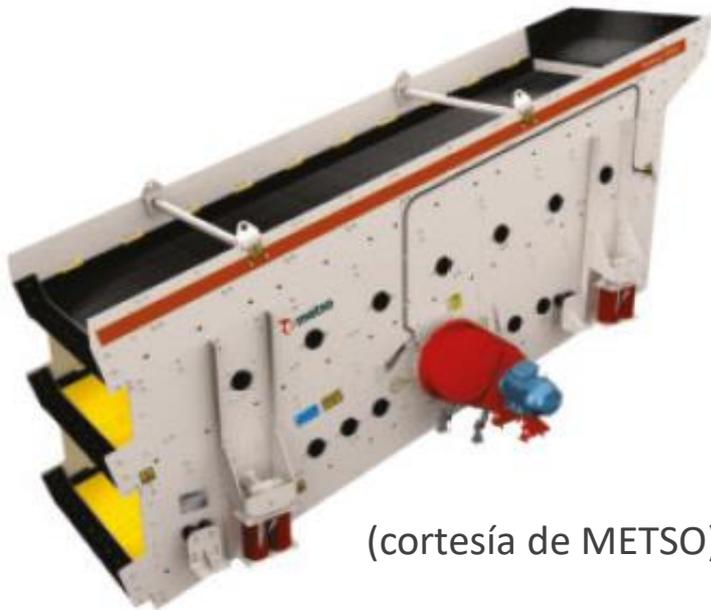
## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 10. Factor de inclinación, $f_i$

Este factor corrige la inclinación del piso cuando es diferente a 20°.



(cortesía de METSO)

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



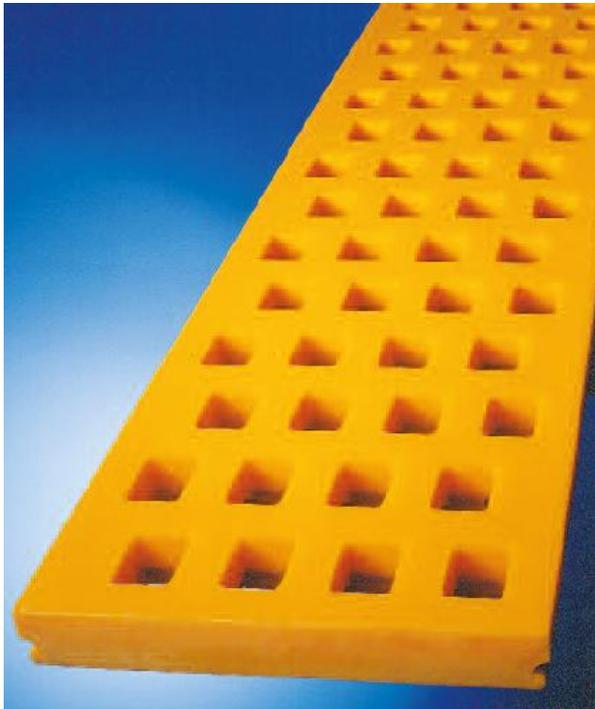
## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

#### 11. Factor de área libre, $f_o$

Este factor corrige las áreas libres diferentes al 50%.



(cortesía de TEMA)

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

## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

### Cálculo de la capacidad de una criba

### Cálculo de los factores de corrección, $f_i$

12. Factor de operación o servicio,  $f_{op}$

Tiene en cuenta condiciones reales de trabajo para la criba.



(cortesía de METSO)

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



## 6. Dimensionado de la superficie de cribado

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

#### Cálculo de la superficie de cribado, $A_m$

La criba debe tener una anchura mínima, para cumplir con el espesor óptimo de la cama.

Se puede emplear la siguiente tabla para obtener valores iniciales.

mesh opening		wire $\varnothing$		relative open screen area $a_o$ %	weight (kg/m <sup>2</sup> )
(mm)		along (mm)	across (mm)		
2,0	x 6,3	0,63	0,9	71	1,6
2,5	x 8,0	0,63	1,0	72	1,7
3,15	x 10,0	0,71	1,12	74	1,7
4,0	x 12,5	1,0	1,25	76	1,9
5,0	x 16,0	1,0	1,4	78	2,0
6,3	x 20,0	1,0	1,6	80	1,8
7,1	x 22,4	1,0	1,8	81	1,6
8,0	x 25,0	1,12	2,0	81	1,8
9,0	x 28,0	1,25	2,0	82	2,0
10,0	x 31,5	1,25	2,0	84	1,8

(cortesía de TEMA)

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

Otra opción es emplear la siguiente expresión:

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

$A_m$  = 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

# Referencias para consulta:



euitc

## Ejercicios Resueltos de Tecnología Mineralúrgica



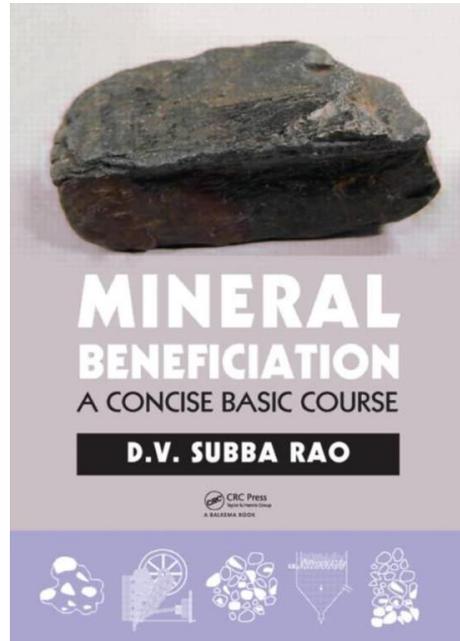
Pedro Martínez Pagán  
Dr. Ingeniero de Minas



Universidad Politécnica de Cartagena

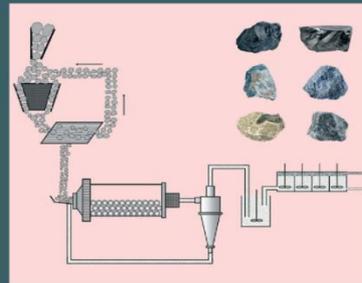


raí



## Minerals and Coal Process Calculations

D.V. Subba Rao



CRC Press

A BALEMA BOOK



Universidad Politécnica de Cartagena



EUROPEAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
"Think Human First"

## OCW UPCT

TECNOLOGÍA MINERALÚRGICA, 2ª ed. (2020)

URL: <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=178>



## MINERAL PROCESSING DESIGN AND OPERATIONS

An Introduction

Second Edition

