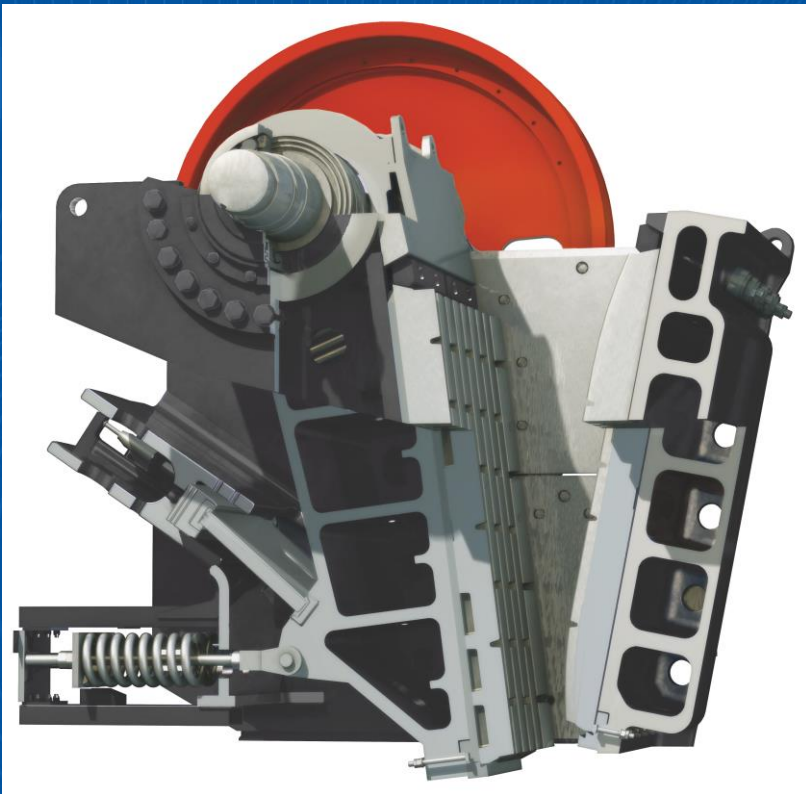




Universidad
Politécnica
de Cartagena

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RECURSOS MINERALES



TEMA 3: TRITURADORAS

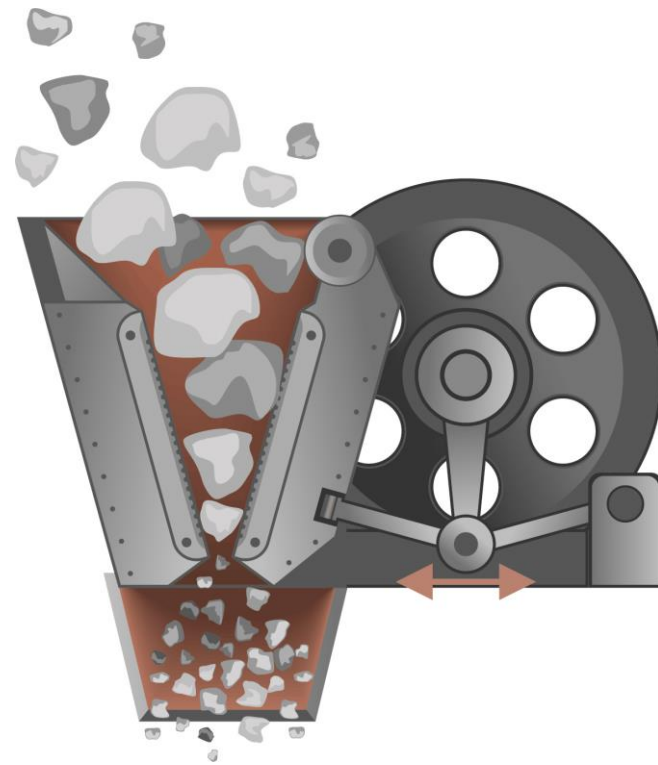


3

TRITURADORAS

INDICE

1. Breve introducción. Conceptos teóricos básicos
2. Factores de diseño. Algunas consideraciones
3. Estimación de la capacidad teórica
4. Frecuencia de trabajo. Velocidad óptima de operación
5. Cálculo de la potencia
6. Referencias de consulta
7. Ejercicios propuestos





1. Breve Introducción. Conceptos teóricos básicos

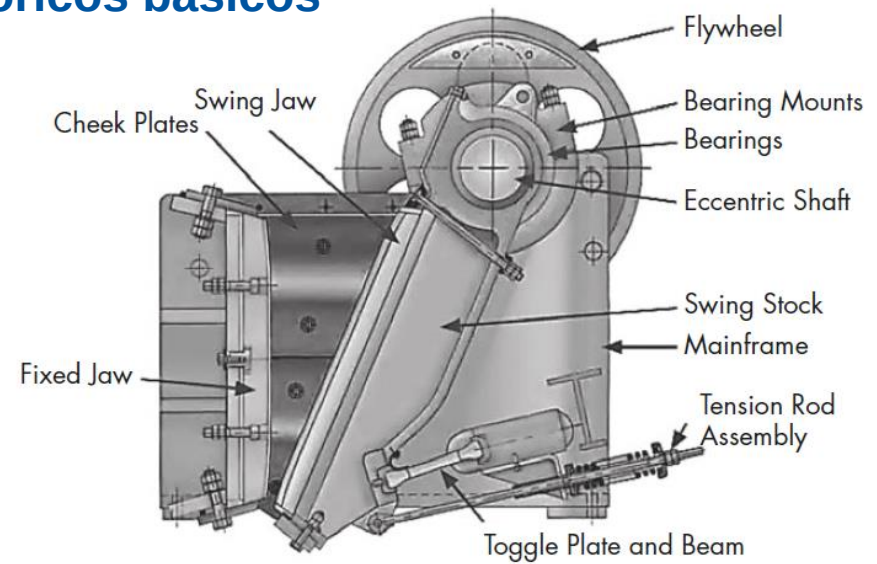
Trituradoras de mandíbulas

Han sido la columna vertebral de la industria minera y de las canteras a lo largo de más de cien años.

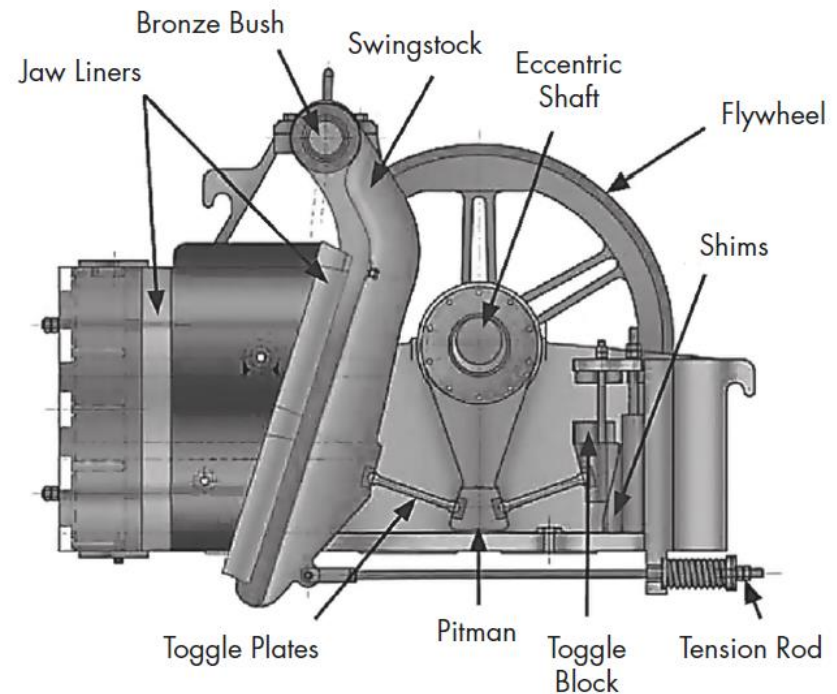
Ese papel destacable, aun se mantiene hoy en día.

Los avances de estos equipos se han producido en los tipos de rodamientos, revestimientos antidesgaste, diseño de los bastidores y sistemas para el ajuste de las salidas.

Actualmente se ha producido una racionalización en el número de suministradores y equipos.



(Cortesía de TelSmith)



(Cortesía de TelSmith)



1. Breve Introducción. Conceptos teóricos básicos

Trituradoras de mandíbulas

Aunque coexisten las trituradoras de doble efecto y de simple efecto.

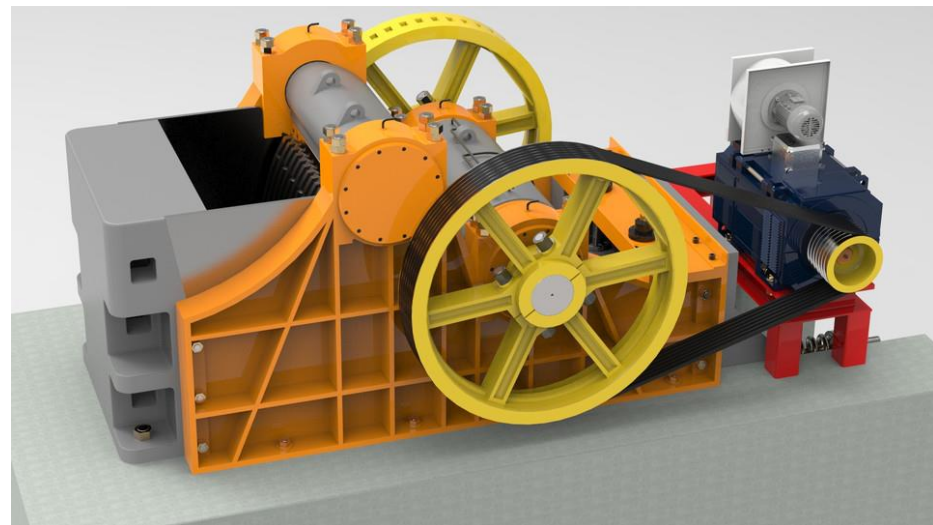
Sin embargo, esta última está predominando debido a:

- Mejora de su capacidad resistente y resiliente.
- Más compactas y simples.
- Más transportables y adecuadas para plantas móviles.

(Cortesía Sandvik)



(Fuente: Shutterstock)





1. Breve Introducción. Conceptos teóricos básicos

Otros tipos de trituradoras

Selección de los equipos de trituración en función de la resistencia a compresión de los minerales (dureza).

<u>No.</u>	<u>Designation</u>	<u>Impact Strength</u> <u>(foot-pounds per inch)</u>	<u>Compressive</u> <u>Equivalent</u> <u>(PSI)</u>	<u>Compressive</u> <u>Equivalent</u> <u>MPA</u>
VI	Extremely hard	above 24	above 33,000 psi	+250
V	Very hard	20-24	33,000 psi	230
IV	Hard	16-20	27,500 psi	190
III	Medium	12-16	22,000 psi	150
II	Soft	8-12	16,500 psi	115
I	Very soft	below 8	10,000 psi	70

Impact Range

Above 24

20-24

16-20

Crusher

Gyratory
Double Toggle JawGyratory
Double Toggle JawGyratory
Double Toggle Jaw
Single Toggle Jaw
Low Speed Sizer

12-16

Gyratory
Double Toggle Jaw
Single Toggle Jaw
Low Speed Sizer
High Speed Roll
Feeder Breaker

8-12

Gyratory
Double Toggle Jaw
Single Toggle Jaw
Low Speed Sizer
High Speed Roll
Feeder Breaker
Impactor
Hammermill

0-8

Gyratory
Double Toggle Jaw
Single Toggle Jaw
Low Speed Sizer
High Speed Roll

Feeder Breaker
Impactor
Hammermill

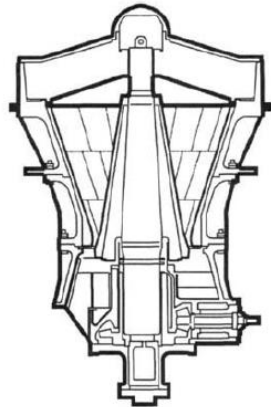


1. Breve Introducción. Conceptos teóricos básicos

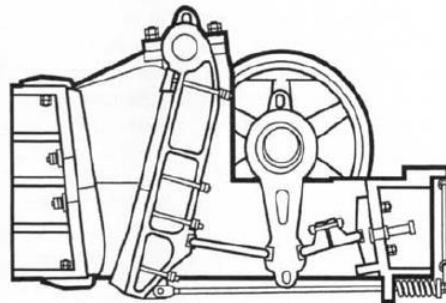
Otros tipos de trituradoras

Principales tipos de trituradoras.

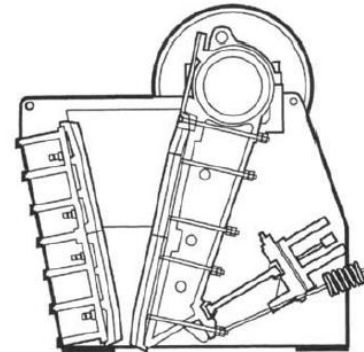
PRIMARY GYRATORY CRUSHER



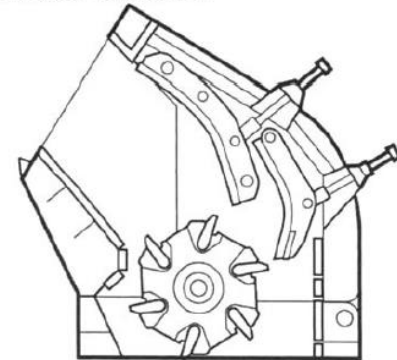
DOUBLE TOGGLE DESIGN



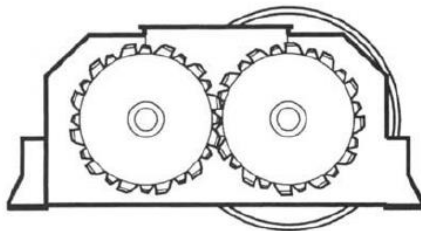
SINGLE TOGGLE DESIGN



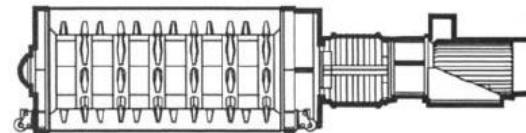
IMPACT CRUSHER



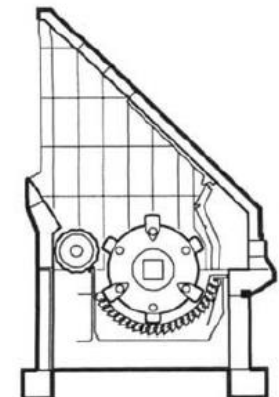
DOUBLE ROLLS



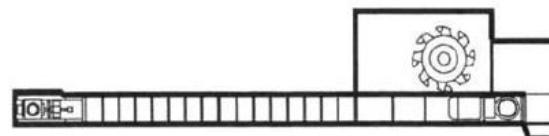
LOW SPEED SIZER



HAMMERMILL



FEEDER BREAKERS



(Fuente: Mineral Processing Plant Design (SME, 2002))



1. Breve Introducción. Conceptos teóricos básicos

Información de los fabricantes o suministradores

Datos de capacidades y especificaciones técnicas de los equipos

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
Anchura de la abertura de alimentación mm		800	1000	930	1060	1150	1375	1100	1250	1400	1400	1600	2000
Profundidad de la abertura de alimentación mm		510	760	580	700	800	760	850	950	1070	1100	1200	1500
Potencia kW		75	110	90	110	132	160	160	160	200	200	250	400
Velocidad (rpm)		350	260	330	280	260	260	230	220	220	220	220	200
Tamaño del producto mm	Lado cerrado Reglaje mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
0-30	20												
0-35	25												
0-45	30												
0-60	40	55 - 75											
0-75	50	65 - 95											
0-90	60	80 - 110		105 - 135									
0-105	70	95 - 135	125 - 175	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270	160 - 220					
0-120	80	110 - 150	145 - 200	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300	175 - 245					
0-135	90	125 - 175	160 - 220	160 - 200	190 - 235	205 - 255	260 - 330	190 - 275					
0-150	100	140 - 190	180 - 250	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365	215 - 295	245 - 335				
0-185	125	175 - 245	220 - 310	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435	260 - 360	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-225	150	210 - 290	265 - 365	265 - 335	305 - 385	320 - 405	405 - 515	310 - 430	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-260	175	245 - 335	310 - 430	310 - 390	355 - 450	370 - 465	465 - 595	350 - 490	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		355 - 490		395 - 500	410 - 520	530 - 670	405 - 555	445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225								495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250								545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275										690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300											815 - 1145	1015 - 1435

(Cortesía Metso)



2. Factores de diseño. Algunas consideraciones

Los factores de diseño serán:

- Abertura de entrada (G), en metros
- Altura de la trituradora (L)

$$L \approx 2 \times G$$

- Ancho de las placas (W)

$$W > 1.3 \times G$$
$$< 3.0 \times G$$

- Recorrido (T)

$$T = 0.0502 \times G^{0.85}$$

(Fuente: Gupta and Yan, 2016)

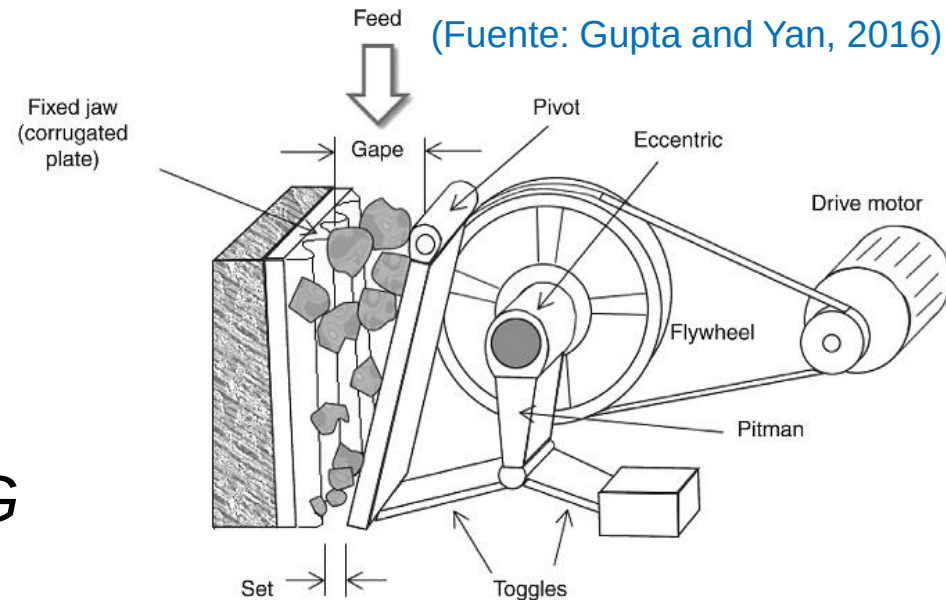
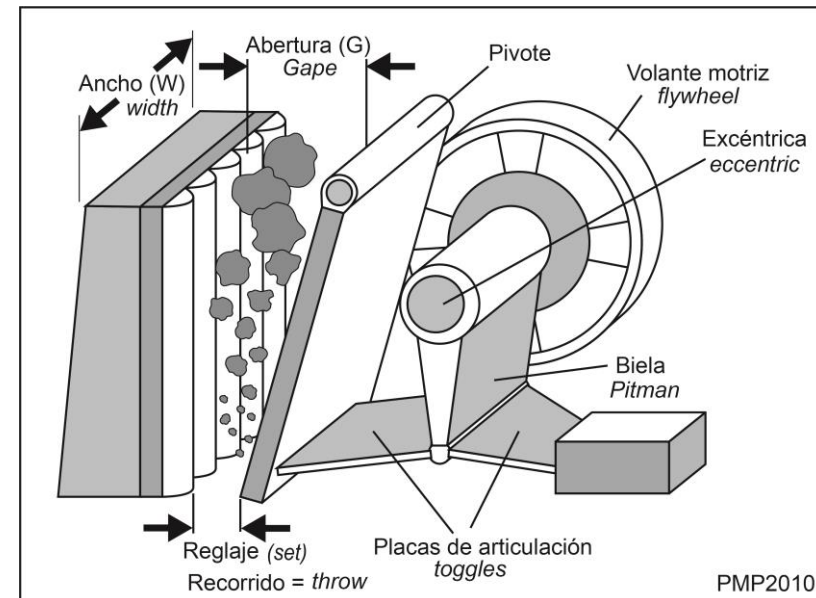


Figure 4.1: Double-Toggle Jaw Crusher.



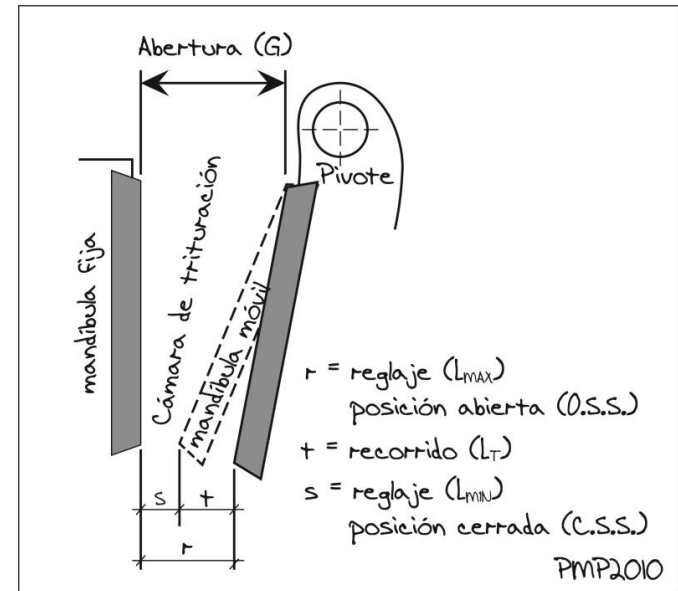


2. Factores de diseño. Algunas consideraciones

Las variables anteriores pueden ser válidas como primera aproximación.

- Para establecer G , en metros, se puede establecer:

$$\text{Tamaño máximo fragmento} = 0.9 \times G$$



- Actualmente, las mayores trituradores tienen dimensiones de 1600 mm x 2514 mm y potencias de 250-300 kW y son fabricadas por Locomo, Nordberg (Metso) entre otros:

Crusher Type	Size (mm)				Reduction Ratio		Power (kW)		Toggle Speed (rpm)	
	Gape (mm)		Width (mm)							
	Min	Max	Min	Max	Range	Average	Min	Max	Min	Max
Blake, double toggle	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	225	100	300
Single toggle	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	400	120	300
Dodge	100	280	150	28	4:1/9:1	7:1	2.25	11	250	300

(Fuente: Gupta and Yan, 2016)



2. Factores de diseño. Algunas consideraciones

La trituradoras primarias de mandíbulas suelen trabajar en circuito abierto y en condiciones secas.

Estas trituradoras suelen ir seguidas por etapas de trituración secundaria y terciaria, esta última en circuito cerrado, generalmente.

Previo a la trituración primaria se suele colocar una operación de escalpado o grizzly para retirar aquellos bloques superiores a la dimensión permitida.

Existe lo que se denomina, alimentación en condiciones de ahogamiento (en inglés, “choke feeding”) cuando la tolva de alimentación se encuentra llena en todo momento y vierte más de lo que sale por la trituradora.

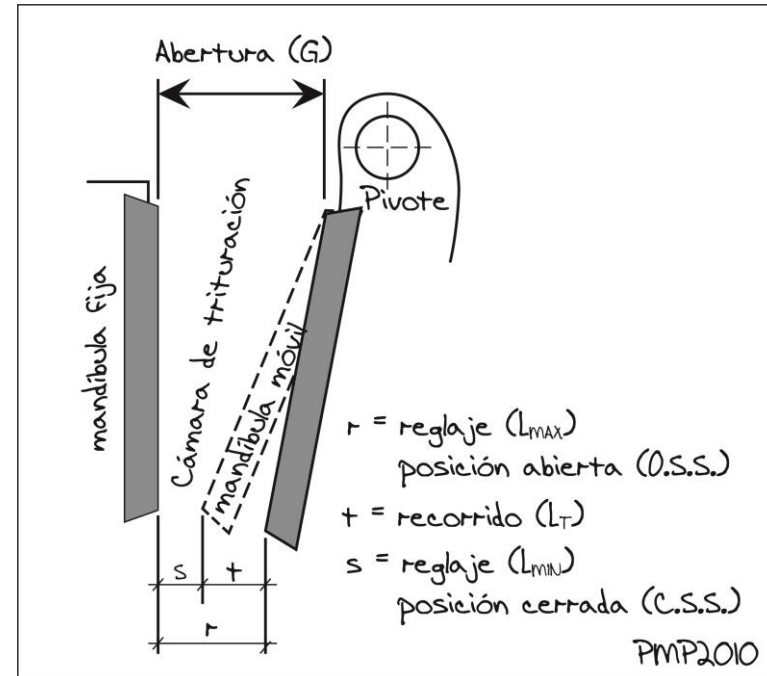
Esta situación es deseable en la industria minera, en operaciones de separación y concentración, por la cantidad de finos que se producen.



2. Factores de diseño. Algunas consideraciones

Respecto a las características de diseño, y como regla empírica, se pueden establecer las siguientes:

- Tamaño máx. alimentación = $0.8 - 0.9 \times G$
- Razón reducción = 1:4 a 1:7
- Recorrido, $L_T = 1 - 7 \text{ cm}$
- Velocidad = 100 – 359 rpm



- Frecuencia mandíbula móvil = 100 – 300 ciclos por minuto
- Longitud de desplazamiento (recorrido) = $0.0502 \times G^{0.85}$
- El operador deberá decidir los reglajes de salida (settings) adecuados



2. Factores de diseño. Algunas consideraciones

La operación de trituración puede ser descrita matemáticamente para un cierto tamaño de partícula (d), según [Whiten](#) (Fuente: [Gupta and Yan, 2016](#)):

1.- Si el tamaño de partícula es inferior al reglaje mínimo, la partícula no sufre trituración:

$$P(d) = 0 \text{ para } d < K_1$$

2.- Si el tamaño de partícula es superior al reglaje máximo, la partícula siempre sufrirá trituración:

$$P(d) = 1 \text{ para } d > K_2$$

3.- Si el tamaño de partícula es intermedio a los reglajes, la trituración de la partícula viene dada por:

$$P(d) = 1 - \left[\frac{K_2 - d}{K_2 - K_1} \right]^{2.3} \text{ para } K_1 < d < K_2$$



3. Estimación de la capacidad teórica

La capacidad de una trituradora se refiere a la cantidad de volumen o masa de material triturado que produciría por unidad de tiempo de operación.

El valor de la capacidad dependerá fundamentalmente de:

1. Las características de diseño: ancho y profundidad de la cámara de trituración.
2. Tipo de reglaje cerrado y abierto.
3. Método empleado para el vertido de mineral (intermitente o continuo).
4. Características de operación: ángulo de las mandíbulas, recorrido, frecuencia, etc.

Se debe considerar que el material desciende siguiendo una sucesión de cuñas (ángulo de las mandíbulas), según la partículas son trituradas y reducida sus dimensiones, todo ello en un proceso continuo.



3. Estimación de la capacidad teórica

La expresión general que proporciona la capacidad teórica viene dada por:

$$Q = f(W, L, L_{MAX}, L_{MIN}, L_T, n, \theta, K)$$

Q = Capacidad

W = Ancho

L = Altura

L_{MAX} = Reglaje abierto

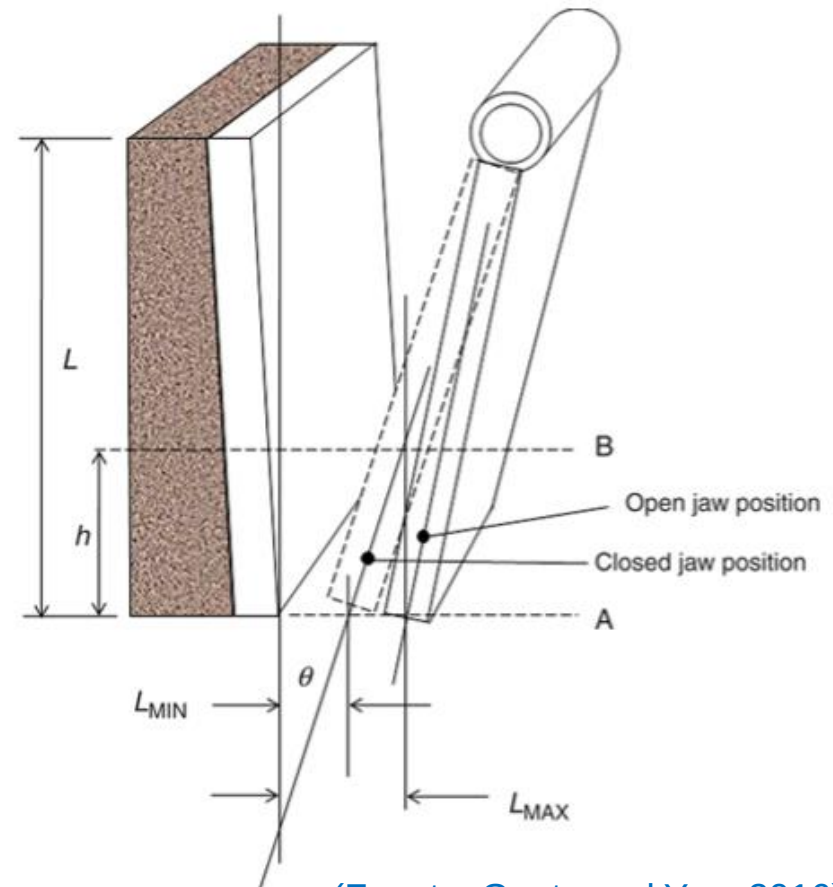
L_{MIN} = Reglaje cerrado

L_T = Recorrido (throw o stroke)

n = Frecuencia (rpm)

θ = Ángulo de las mandíbulas

K = Constante



(Fuente: Gupta and Yan, 2016)

Nota: la notación seguida es la que aparece en Gupta and Yan (2016)



3. Estimación de la capacidad teórica

Siguiendo la anterior expresión, se tienen modelos realizados por:

Hersam

Gaudin

Taggart

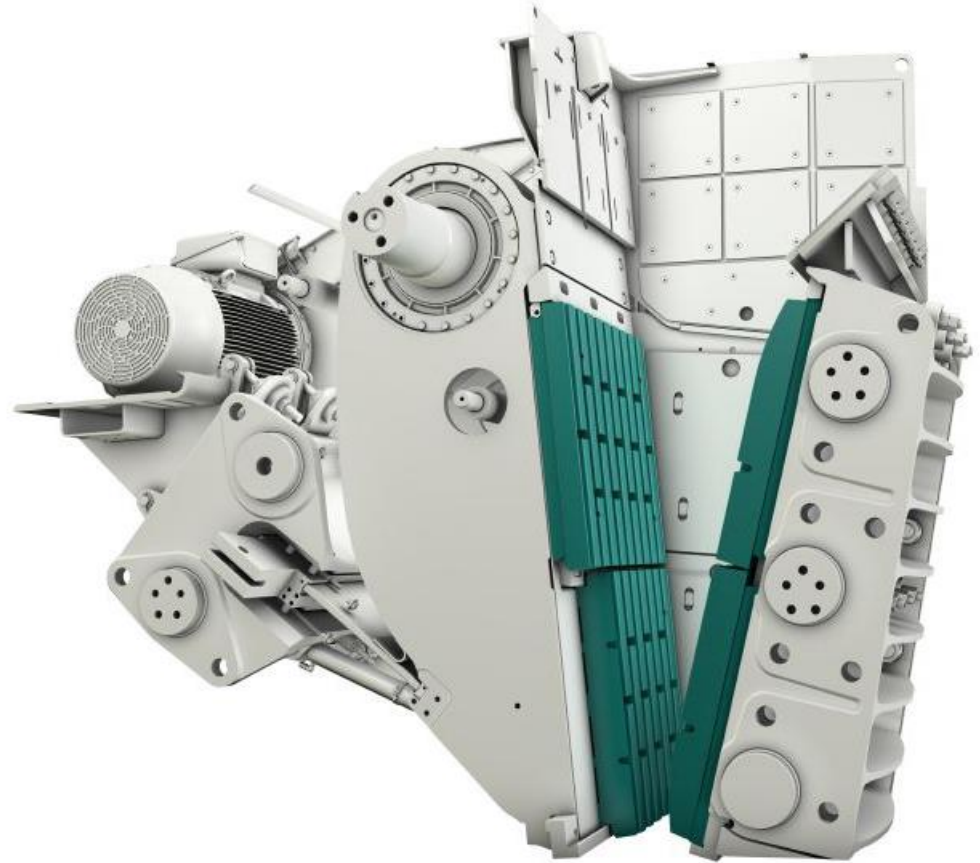
Rose and English

Lynch

Broman

Gieskieng

Michaelson



(Cortesía de Metso)



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Hersam

Su expresión viene dada por:

$$Q = 59.8 \cdot \left(\frac{L_T \cdot (2 \cdot L_{MIN} + L_T) \cdot W \cdot G \cdot \nu \cdot \rho_s \cdot K}{G - L_{MIN}} \right)$$

Donde:

G = Abertura (m)

ρ_s = Densidad mineral (t/m³)

K = 0.75 (tritadoras laboratorio)

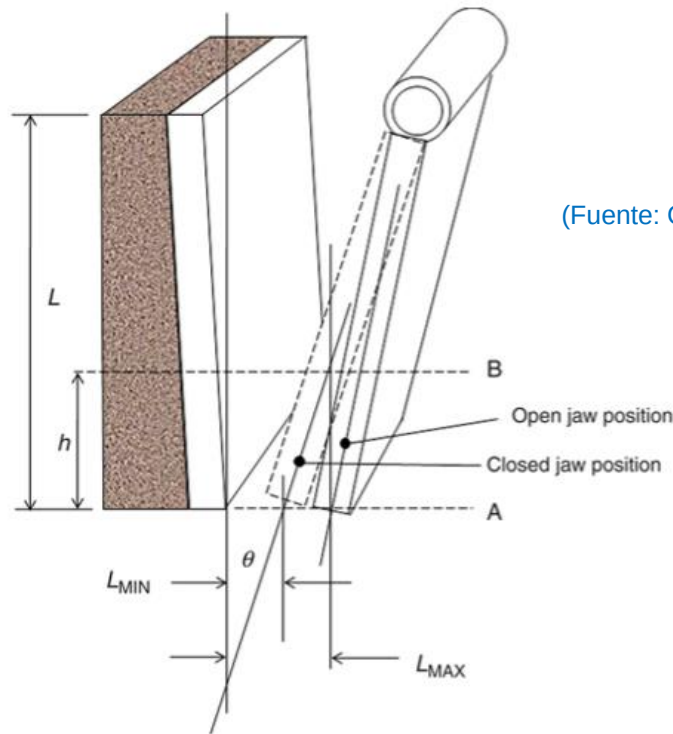
Esta expresión tiene un uso limitado, su uso es adecuado sólo con rocas o minerales blandos, no recomendada para minerales duros.



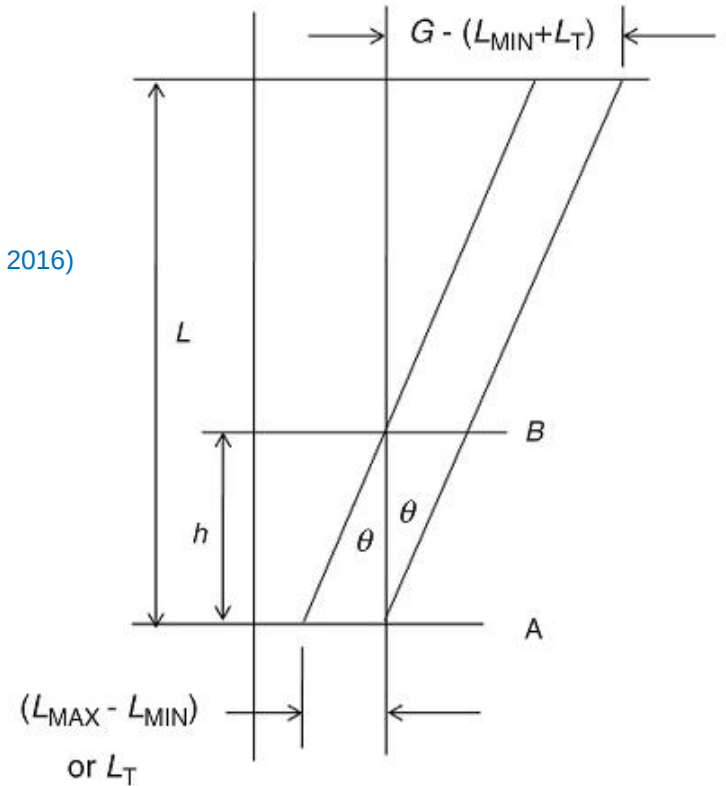
3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

Su expresión se basa en considerar el tiempo que emplea un fragmento en descender h (m), entre cada medio ciclo de las mandíbulas, siendo éste $30/v$ segundos, (v = rpm o cps).



(Fuente: Gupta and Yan, 2016)



La expresión para esta distancia, h , y para la frecuencia, v , será:

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{30}{v} \right)^2 ; \quad v = \frac{66.4}{\sqrt{h}}$$



3. Estimación de la capacidad teórica

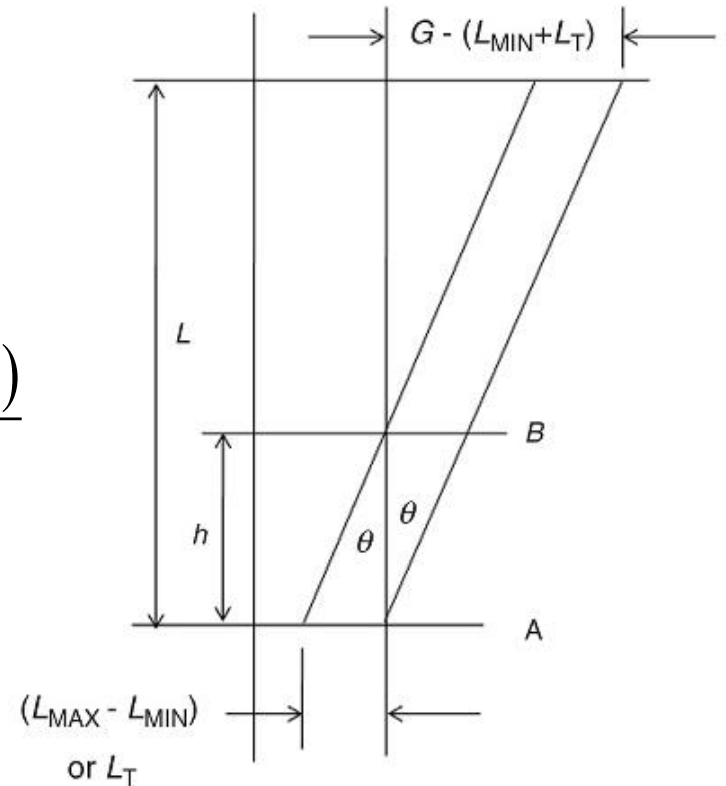
Método de Rose y English

Según el diagrama adjunto se tiene que:

$$\tan \theta = \frac{(L_{MAX} - L_{MIN})}{h} \quad \text{ó} \quad h = \frac{(L_{MAX} - L_{MIN})}{\tan \theta}$$

$$v = 66.4 / \sqrt{h}$$

De la expresiones anteriores se deduce que:



(Fuente: Gupta and Yan, 2016)

1. Para que los fragmentos recorran una distancia (h), la frecuencia (v) debe ser menor al valor que proporciona su expresión anterior.
2. Con frecuencia bajas, la capacidad será inferior, (Q_S)
3. Con frecuencia altas, la capacidad será superior, pero hasta un cierto punto donde empieza a descender, (Q_F)



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

Las expresiones para (Q_S) y (Q_F) son:

$$Q_S = 60 \cdot L_T \cdot v \cdot W \cdot (2L_{MIN} + L_T) \cdot \left(\frac{R}{R-1} \right)$$

Donde:

$$R = G / L_{MIN}$$

$$Q_F = 132435 \cdot W \cdot (2L_{MIN} + L_T) \cdot \left(\frac{1}{v} \right)$$

Las unidades se expresan en metros y minutos.



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

De las expresiones (Q_S) y (Q_F) anteriores se obtiene una velocidad o frecuencia crítica, v_c :

$$v_c = 47 \frac{1}{\sqrt{L_T}} \cdot \sqrt{\frac{R-1}{R}}$$

A dicha frecuencia, v_c se conseguirá la máxima capacidad (Q_M):

$$Q_M = 2820 \cdot W \cdot L_T^{0.5} \cdot (2L_{MIN} + L_T) \cdot \sqrt{\frac{R}{R-1}}$$

Sin embargo, se debe corregir dicha capacidad máxima para que tenga en cuenta los cambios de densidad que se producen en el mineral durante la trituración.



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

Corrección de la capacidad máxima (Q_M):

1. Lo primero es obtener el parámetro P_K que tiene en cuenta las características de empaquetamiento de los granos:

$$P_K = \frac{d_{MAX} - d_{MIN}}{d_{MEDIO}}$$

d_{MAX} = Tamaño máximo (alimentación)

d_{MIN} = Tamaño mínimo (alimentación)

d_{MEDIO} = Tamaño medio (alimentación)

2. Y el parámetro β que tiene en cuenta, para un reglaje concreto, el incremento de la cantidad de descarga de mineral triturado, según va reduciéndose su tamaño.

$$\beta = \frac{L_{MIN}}{d_{MEDIO}}$$



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

Corrección de la capacidad máxima (Q_M):

3. Se va a las gráficas con los valores de P_K y β y se obtiene $f(P_K)$ y $f(\beta)$

4. Se aplica la expresión de la capacidad máxima corregida (Q_M):

$$Q_M = 2820 \cdot L_T^{0.5} \cdot W \cdot (2L_{MIN} + L_T) \cdot \left(\frac{R}{R-1} \right)^{0.5} \cdot \rho_s \cdot f(P_K) \cdot f(\beta) \cdot S_C \quad (t/h)$$

Donde: S_C es un parámetro relacionado con las características de superficie y toma valores de 0.5 y 1.



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Rose y English

Estimación de la capacidad real (Q_A) a la velocidad de trituración real (v):

Para ello se utilizará una de las siguientes expresiones:

$$Q_A = Q_M \cdot \frac{v}{v_C} \quad \text{cuando } v < v_C$$

$$Q_A = Q_M \cdot \frac{v_C}{v} \quad \text{cuando } v > v_C$$

Relación entre P_K , $f(P_K)$, β , $f(\beta)$



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Taggart

El cálculo de la capacidad se basa en considerar la cantidad de material triturado que atraviesa la abertura de descarga en una unidad de tiempo.

Para dicha estimación Taggart considera la razón de reducción, aquí denotada como R_{80} :

$$R_{80} = \frac{F_{80}}{P_{80}} \quad \text{Razón de reducción}$$

Por ello, establece un parámetro denominado tonelaje de reducción ("*reduction tonnage*", Q_R), que tiene en cuenta el incremento de la cantidad de material a tratar para mantener la capacidad debido al efecto de la reducción de tamaño:

$$Q_R = Q_T \cdot R_{80} \quad (t/h)$$

Q_T se refiere a la cantidad real de material triturado por hora.



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Taggart

El tonelaje de reducción (Q_R), dependerá también de las propiedades de cada mineral.

Para tener en cuenta este nuevo factor, se establece el tonelaje de reducción comparativo ("*comparative reduction tonne*", Q_{RC}):

$$Q_R = K \cdot Q_{RC}$$

Donde K se obtiene como:

$$K = k_C \cdot k_M \cdot k_F$$

k_C : Factor de trituración (valores a obtener de la tabla adjunta)

k_M : Factor de humedad (generalmente se toma como 1.0)

k_F : Factor sobre la forma de alimentación

$$k_F = 1 \quad (\text{Alimentación continua manual})$$

$$k_F = 0.75 - 0.85 \quad (\text{Alimentación continua mecánica})$$



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Taggart

El tonelaje de reducción comparativo (Q_{RC}), se emplea para dimensionar y seleccionar trituradoras de mandíbulas:

1. Se estima el factor de reducción (R_{80}) a partir de la información de análisis granulométrico de alimentación y de producto o de la gráfica adjunta:
2. La recta “a” representa el mineral de alimentación sin escarpado, la recta “b” el mineral escarpado.
3. Donde, d_1 y d_2 representan tamaños de la alimentación escarpada y sin escarpado para un porcentaje acumulado (x) considerando una abertura de criba de escarpado de x_s . Donde se obtiene:
$$d_2 = d_1 + 0.2 \cdot x_s$$
$$d_1 = (F_{80})_{\text{sin escarpado}} \quad d_2 = (F_{80})_{\text{escarpado}}$$



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Taggart

4. Así se puede poner como:

$$(F_{80})_{\text{escalpado}} = (F_{80})_{\text{sin escalpado}} + 0.2 \cdot x_S$$

5. También $(F_{80})_{\text{sin escalpado}}$ se puede poner como:

$$(F_{80})_{\text{alimentación}} = 0.8 \cdot S_F \cdot d_{MAX}$$

6. Luego $(F_{80})_{\text{escalpado}}$ se puede poner como sigue y será usada para calcular el R_{80} :

$$(F_{80})_{\text{escalpado}} = 0.8 \cdot S_F \cdot d_{MAX} + 0.2 \cdot x_S$$

d_{MAX} = Tamaño máximo

S_F = Factor de forma (entre 1.7 y 3.3)



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Broman

El cálculo de la capacidad se basa en considerar regiones dentro de la trituradora por las que se determina el volumen que circula para un determinado ángulo de mandíbulas.

Broman propone que la capacidad para un ciclo en cada región será función de la superficie superior y de la altura de dicha región:

$$\tan \alpha = \frac{L_T}{h} \quad \text{o} \quad h = \frac{L_T}{\tan \alpha}$$

Y el área o región (A):

$$A = \left(L_{MAX} - \frac{L_T}{2} \right) \cdot \frac{L_T}{\tan \alpha}$$

A = Área entre sucesivos desplazamientos del mineral y en cada ciclo



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Broman

Broman desprecia el término $L_T/2$, por lo que la ecuación queda como:

$$A = L_{MAX} \cdot \frac{L_T}{\tan \alpha}$$

A partir de ahí deduce la capacidad para la cámara de trituración, siendo:

$$Q = \frac{W \cdot L_{MAX} \cdot L_T \cdot k \cdot 60 \cdot v}{\tan \alpha} \quad (m^3/h)$$

W = Ancho (m)

v = Velocidad (rpm)

k = Constante (1.5 - 2.5)

La velocidad, v , debe ser inferior a la velocidad crítica, v_C :

$$v_C = \frac{66.6}{\sqrt{\frac{L_T}{\tan \alpha}}}$$



3. Estimación de la capacidad teórica

Método de Flujo (Michaelson y Taggart)

La ecuación de Michaelson en términos de flujo por gravedad, viene dada como:

$$Q = \frac{7.037 \cdot 10^5 \cdot W \cdot k' \cdot (L_{MIN} + L_T)}{\nu} \quad (t/h)$$

$$k' = 0.18-0.30 \text{ (mandíbulas rectas)}$$

$$k' = 0.32-0.45 \text{ (mandíbulas curvas con alimentación cribada)}$$

La ecuación de Taggart en términos de flujo por gravedad, viene dada como:

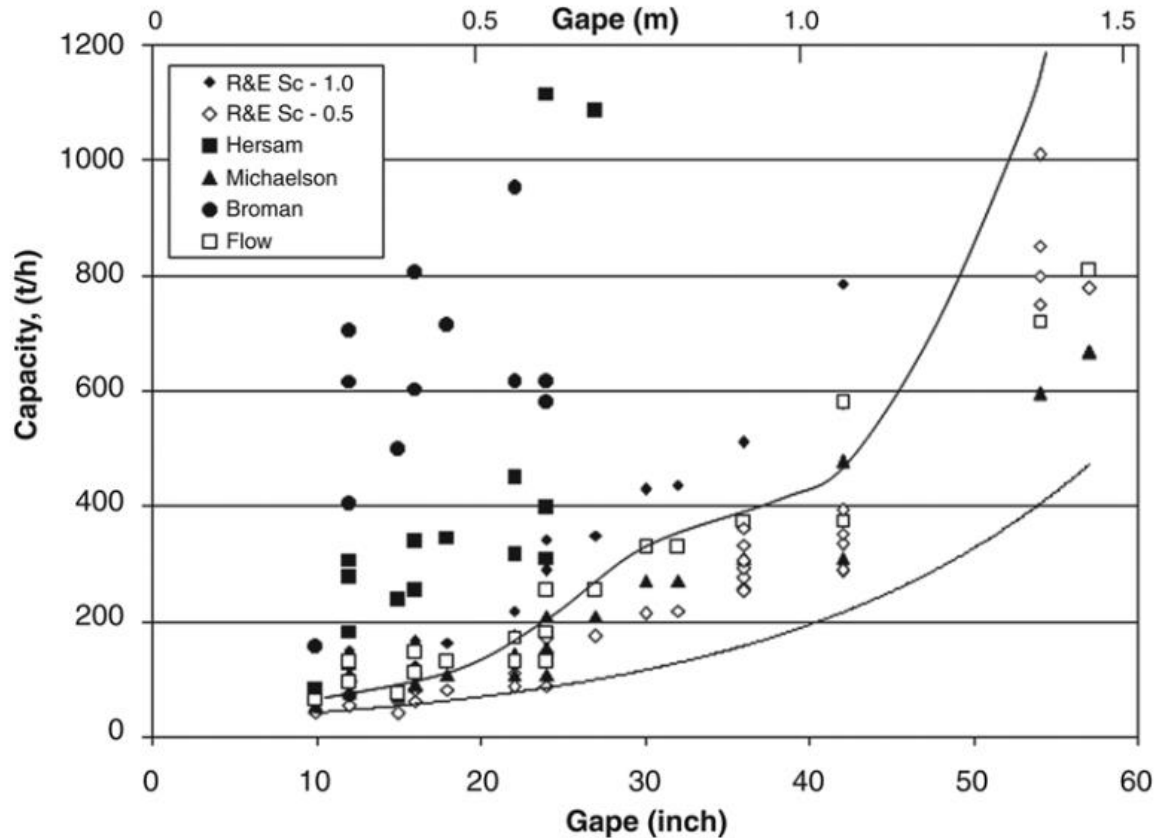
$$Q = 930 \cdot W \cdot L_{MAX} \quad (t/h)$$

Nota: dimensiones en metros



3. Estimación de la capacidad teórica

Comparación de los métodos para el cálculo de la capacidad



En la gráfica, la región delimitada por las curvas es el área recomendada por los fabricantes de equipo para las capacidades de los equipos.

La ecuación de Rose and English da buenos resultados para S_c inferior a 1.

La ecuación de Broman sobreestiman de forma importante la capacidad.



4. Frecuencia de trabajo. Velocidad óptima de operación

Se ha visto en el método de Rose and English que la expresión de la velocidad crítica de una trituradora de mandíbulas, será:

$$v_c = 47 \frac{1}{\sqrt{L_T}} \cdot \sqrt{\frac{R-1}{R}} \text{ rpm}$$

Esta expresión nos dice que:

1. Para razones de reducción constantes, un incremento en el recorrido significará una reducción de la velocidad crítica.
2. Un incremento de la razón de reducción, permite a la trituradora una velocidad crítica más elevada.

Sin embargo, los fabricantes de equipos recomiendan que las trituradoras deberían operar a una velocidad óptima ($\pm 20\%$), cuya expresión es:

$$v_{OPT} = 280 \cdot e^{-0.212 \cdot G^3} \text{ rpm}$$



5. Cálculo de la potencia

Método de Rose y English

Este método requiere el conocimiento del índice de Bond (w_i) y la capacidad está obtenida a partir de la fórmula general de Bond, siendo:

$$P = 0.01195 \cdot w_i \cdot Q \left[\frac{\sqrt{G} - 1.054 \cdot \sqrt{L_{MIN} + L_T}}{\sqrt{G} \sqrt{L_{MIN} + L_T}} \right] \text{ kW}$$

Q = Capacidad (t/h)

w_i = Índice de Bond (kWh/t)

L_{MIN}, L_T, G = En metros

La máxima potencia, P_{MAX} , se producirá a velocidad crítica, donde sustituyendo Q por Q_M (capacidad máxima), se tiene:

$$P_{MAX} = 0.01195 \cdot w_i \cdot Q_M \cdot \left[\frac{\sqrt{G} - 1.054 \cdot \sqrt{L_{MIN} + L_T}}{\sqrt{G} \sqrt{L_{MIN} + L_T}} \right] \text{ kW}$$

$$P_{MAX} = 67.4 \cdot W \cdot w_i \cdot L_T^{0.5} \cdot \left(L_{MIN} + \frac{L_T}{2} \right) \cdot \left(\frac{R}{R-1} \right)^{0.5} \cdot \rho_s \cdot \left[\frac{\sqrt{G} - 1.054 \cdot \sqrt{L_{MIN} + L_T}}{\sqrt{G} \sqrt{L_{MIN} + L_T}} \right] \cdot f(P_K) \cdot f(\beta) \cdot S_C \text{ kW}$$

Ejercicio - Ejemplo



5. Cálculo de la potencia

Método de Lynch

Este método considera que una fracción de mineral (K_1) pasa sin triturarse por su menor tamaño, siendo la fracción que se tritura K_2 .

La potencia será aquella necesaria sólo para triturar una determinada fracción de tamaños y para ello se define un parámetro de tamaño, C , dado por:

$$C = 25.4 \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{(S_i + S_{i+1})}$$

t_i = Elemento i de una distribución de tamaño $F(x)$

S_i, S_{i+1} = Límite inferior y superior de la fracción i -enésima de $F(x)$

Lynch correlacionó el parámetro de tamaño (C) con intensidad de corriente, I , necesaria:

$$I = 14.2 + 0.0822 \cdot C + 0.00305 \cdot C^2 \pm 1.8 \text{ A}$$

Referencias para consulta:

