



UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE ING MECANICA ELECTRICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

300617

1
2ej

IMPRESION DE LA TESIS
NOVIEMBRE DE 1987

'CLASIFICACION Y PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS
PARA CONCRETO'

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE
ING MECANICO ELECTRICO

PRESENTA:

CARLOS ARGUDIN LE ROY.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F. A 23 DE NOVIEMBRE 1987.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

- I.1 Tipos de transportación del material
- I.2 Selección y denominación del material a transportar
- I.3 Clases principales del equipo transportador
- I.4 Selección del equipo transportador

CAPITULO I

- 1 Calculos generales
 - 1.1 Relación de trabajo de un transportador constante
 - 1.2 Resistencia general
 - 1.3 Resistencia y Requerimiento de potencia de los equipos transportadores torcidos
 - 1.3.1 Resistencias sobre diferentes tramos
 - 1.3.2 Trabajo del motor y fuerza general de tracción
 - 1.4 Manifestaciones dinamicas de los transportadores de cadena
 - 1.4.1 Velocidad y aceleración de la cadena
 - 1.4.2 carga dinamica de la cadena
 - 1.4.3 Transmisión diferencial
 - 1.5 Transportadores de banda

CAPITULO II

- Equipo de trituración
- Trituradoras de impacto
- Trituradoras de compresión

LAVADO, CLSIFICACION Y ALMACENAMIENTO DE GRAVAS

Clasificación

Eficiencia

Superficie de cribado

Humedad

Tipos de cribas

Parrillas de cribado y mallas fijas

Tromeles o cribas giratorias

Cribas vibratorias

Capacidad basica para criba vibrante

Factores de cribado

Relacion entre tamaño de agregado b a clasificar y
y la abertura de la malla

Factores de corrección

Ensilado

Rampas de lavado

Tromeles de lavado

Cintas transportadoras

Esfuerzo del motor

Potencia del motor

Bandas de goma

Recubrimientos

Elevadores de cangilones

CAPITULO IV

LAVADO CLASIFICACION Y ALIMENTACION DE ARENAS

Lavado de arenas

Clasificación de arenas

Procedimientos mecanicos

Procedimientos neumaticos

Procedimientos hidraulicos

Secado de la arena

Precisión del separador

Almacenaje de la arena

Los agregados y el concreto

EJEMPLO PRACTICO Y CONCLUSION

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

I.1 TIPOS DE TRANSPORTACION DE MATERIAL

El rendimiento de cada empresa (Carbón metalúrgica, construcción de maquinaria, textil) depende en una parte muy importante de la organización adecuada de trabajo y de carácter del transporte. Así cpues, se tiene por ejemplo, una empresa que se dedica a la construcción de maquinaria, que regularmente necesita del suministro de grandes cantidades de materiales, materia prima y partes terminadas, que deberá ser repartida y constantemente transportadas, y llevar el producto terminado a su destino. Así mismo los desperdicios tienen que ser sacados del área de trabajo. Todos estos trabajos de transporte caen bajo el término de la transportación de mercancía en masa, que se clasifican en transporte fuera y dentro de la empresa.

Transporte fuera de la Empresa

Consiste en el acarreo de materias primas, combustibles, materiales, productos semifabricados y partes semi-terminadas, como también a la transportación del producto ya terminado y desperdicios. El transporte fuera de la empresa se efectúa por camión, ferrocarril, barco y otros métodos; actualmente se utiliza el avión como el método más moderno.

Trnasporte dentro de la Empresa

Se concentra en la distribución de la mercancía recibida por toda la empresa, el transporte entre las áreas

de trabajo, como también la conducción del producto terminado y los desechos a sus respectivos lugares. Los medios de --- transporte por los que se vale son vías angostas, camiones, - equipos de carga y transportación (Grúas y montacargas) trans portadores que caminan por sí solos, máquinas acarreadoras, - etc. En el transporte interno hay que diferenciar las dife-- rentes áreas de trabajo.

En esta clase de transporte dentro de un taller - abarca el movimiento que surge entre los diferentes almacenes, y las áreas de trabajo y áreas de máquinas. El traslado de - partes de un lugar a otro, ya está tan organizado y planeado, que los diferentes pasos (pintado, ensamblado, etc.), se efec túan directamente sobre la cinta transportadora.

La transportación entre las diferentes áreas de - trabajo es parte muy importante en la producción ya que gra-- cias a él el trabajo a efectuar se puede realizar según un -- plan con un ritmo de trabajo previamente determinado.

1.2 SELECCION Y DENOMINACION DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

El tipo y las propiedades físicas del material -- cuentan como factores primordiales, que determinan los datos de construcción del sistema de transportación, así como sus - partes. Deben ser, por lo tanto, conocidos antes de cons---- truir el transportador. Se distingue el material destinado a ser transportado entre sólidos, líquidos y vertido.

El material en estado sólido es aquél, que normal mente tiene una medida por pieza por ejemplo materiales para la construcción, partes de máquinas, mercancía empacada, ca-- jas, bultos, tambores, botellas, bloques, barriles, bloques

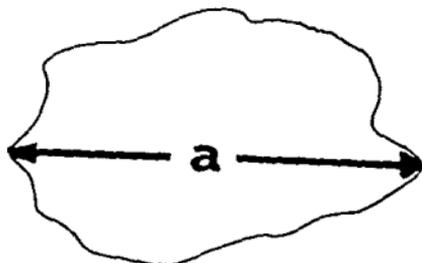
para construcción, construcciones metálicas y maderas. La -- clasificación de la mercancía se distingue según los cálculos principales, las forma, el peso por pieza, etc.

Al material líquido y vertido pertenecen las diferentes clases de material como pedazos, trocitos o polvo (carbón, metales, tierra, acerrí y cemento) este material se sellecciona según sus características físicas, es decir, de que grosor son los trozos o pedazos, el peso vertido, su humedad la capacidad de movimiento y su inercia. Todas estas características deberán ser tomadas en cuenta y tratadas individualmente.

I.2.a Granulados.

Bajo el término de granulados entendemos la definición de las partículas y sus relación en cuanto al tamaño. en los materiales en trozo se determina el tamaño del material tomando la diagonal más larga (diámetro) que mide los ángulos, que es determinada como el granulado máximo (Granulometría).

El granulado del material vertido con tamaños dese de 0,1 mm se determina por colado o cribado. El granulado menor a 0,1 mm se determina por el peso, es decir, la rapidez - con la que el pedazo puede subir a la superficie del agua.



También se distingue por la constitución del material entre material seleccionado y no seleccionado (pass - no pass).

El material seleccionado tiene una relación de:

$a_{\max} : a_{\min} \text{---} 2,5$ y se define por su granulado en:

$$a' = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2} \text{ mm}$$

Donde: a = Diámetro

En el material no seleccionado la relación es:

$a_{\max} : a_{\min} \text{---} 2,5$

la definición de a' surge por la diagonal máxima (diámetro a_{\max} del trozo más grande .

Un desgloseamiento del material vertido según su granulado se indica en la siguiente tabla. El granulado del material influye en las medidas de diferentes partes para --- construcción de los transportadores.

TALBA 1:

Selección del material vertido según su granulado

DEFINICION DEL MATERIAL	GRANULADO
TROZOS GRUESOS	sobre 160
TROZOS MEDIANOS	de 60 a 160
TROZOS PEQUEÑOS	de 10 a 60
GRANULADO	0.5 a 10
POLVOS	bajo 0.5

1.3 CLASES PRINCIPALES DE EQUIPO TRANSPORTADOR

Los diversos transportadores se diferencian por características efectivas: forma de movimiento y su orientación, como otras características, por esto suelen ser muy diferentes. Es difícil clasificarlos bajo el mismo término. Una clasificación muy acertada es la clasificación según las características individuales.

Se distingue según su forma de trabajo entre los estáticos y no estáticos bajo los no estáticos tenemos los - carritos, grúas, remolcadores y diversas clases de aparatos para transportación. A los estáticos pertenecen diferentes equipos de transportación de cinta o circulares, pneumáticos e hidráulicos. Un grupo especial lo forman los accesorios como resbaladillas, ranuras, pesas, cerrajes, etc.

La característica más importante de los transportadores no estáticos en una empresa es la capacidad de carga de cantidad determinada de material. Estos transportadores casi siempre trabajan en movimientos continuos de ida y venida, a veces, con carga de ida y sin ella de regreso. La carga y descarga sucede normalmente cuando el aparato está parado. La vía del transportador puede tener algunas ramificaciones, más siempre se queda sobre un vía ya establecida. La característica principal de los transportadores estáticos es la transformación ininterrumpida sobre un tramo exactamente definido e incambiable. El material vertido se encuentra en un lugar cerrado o suelto en porciones iguales sobre el transportador. También la mercancía en trozos se transporta ininterrumpidamente. En esta clase de transportadores se efectúa la carga y descarga cuando el aparato está en movimiento.

Hay diferentes clases de transportadores estáti-

cos:

a) Según su tipo y traspaso de fuerza

1. Equipo con acción de fuerza mecánica
2. Transportadores a base de gravitación (inercia)
3. Transportadores neumáticos
4. Transportadores hidráulicos, en los que el aire o el agua ocasionan el movimiento del material.

b) Según su uso y efecto

1. Transportador fijo
2. Aparatos para la carga y descarga
3. Equipo neumático
4. Equipo hidráulico

Según sus características se diferencian entre -- transportadores estáticos, es decir de lugar fijo y con o sin remolcador.

Los transportadores con remolcador cuentan con tipos de banda, péndulo, cucharones, columpios, mesas móviles, transportadores circulares, elevadores, columpios como tam---bién montacargas y escaleras móviles.

La característica principal del equipo de trans- portes flexibles es el movimiento simultáneo del material y - del remolcador sobre la banda. El remolcador traspasa el im- pulso acarreador al transportador. En algunos casos el mate- rial destinado a ser transportado se traslada rodando en vías estables y previamente establecidas. Las bandas se mueven sobre una superficie horizontal o inclinada sobre rodillos.

Entre los transportadores constantes sin remolca-

Podemos contar a los transportadores de caracol, tubos -- transportadores, transportadores por impulso y sobre rodillos. La característica más importante de los transportadores sin remolcador es su sistema de movimiento siempre diferente (p.e. de caracol, ranuras, etc.). Los cuales pueden tener un movimiento giratorio como también un movimiento de vaivén, con referencia a la dirección, los transportadores permiten la combinación de las diferentes posibilidades. Algunos tipos son propios solamente para direcciones rectas (horizontales, o levemente inclinadas o hasta marcadamente inclinadas). -- Otros tipos facilitan el transporte en diferentes direcciones, es decir, en líneas rectas o sobre vías de formas complicadas que se forman por intervención de curvaturas sobre superficies horizontales o verticales.

En bandas de cinta o de plancha la transportación es horizontal o ligeramente inclinada (el ángulo de inclinación está limitado por la pendiente del material designado a ser transportado por su fuerza estática). Estos transportadores pueden tener tanto una dirección en línea recta como también curvaturas en la plataforma vertical, también hay construcciones especiales con curvaturas en un plano horizontal.

Los equipos transportadores neumáticos e hidráulicos pueden tener curvaturas en sus líneas.

En la Construcción especial de transportadores -- que están hechos para una dirección específica, también hay la posibilidad de otra dirección en los transportadores de trabajo continuo. Por ejemplo, el transportador de caracol, los cuales en casos usuales están diseñados para una transportación ligeramente ascendente u horizontal, se puede alterar por cambios constructivos o transportaciones verticales.

I.4 SELECCION DEL EQUIPO TRANSPORTADOR

Como ya se mencionó, los transportadores se distinguen por sus diferentes características de diseño y construcción. De esta manera se pueden resolver los problemas de transporte escogiendo transportes con diferentes diseños de construcción. Por eso es deber del diseñador, escoger el método más adecuado para un caso determinado. La elección del transportador, que correspondan a las necesidades del usuario, es un punto muy importante del proyecto no sólo requiere de conocimiento de las características de construcción, sino también un conocimiento abasoluto de la organización y planeación de la planta que va a ser mecanizada. Los requisitos de los transportadores deben ser, en primer lugar, que el material sea transportado en un tiempo determinado y en una cantidad según el plan previamente calculado.

En este caso deben estar mecanizados los movimientos desde la recepción hasta la entrega del producto, con un mínimo de personal para su operación y para labores auxiliares. Naturalmente el equipo transportador no debe dañar al material o producto u ocasionar falta de tiempo, que pueda influir en la producción, además de ser seguros y económicos.

A los factores técnicos toca la elección del equipo, para que agilice la transportación.

Cuentan para ello:

1. Tipo y características de los transportadores.

Por un examen minucioso de las características físico-mecánicas se puede reducir el círculo de transportación, para un caso específico, considerablemente, ya que los transportadores no son en misma medida capaces de hacer un trabajo.

2. Capacidad requerida para transportar.

La capacidad requerida es la de un equipo que --- transporta rápida, eficaz y continuamente el material, por -- ejemplo, en el caso de los autos que trabajan con un sistema de péndulos, van llenos y regresan vacíos, se puede obtener - una alta capacidad de transportación, si existe una capacidad alta de carga, alta velocidad y un tiempo de trabajo apropiado.

3. Viaje de transportación.

La distancia y dirección del camino son factores importantes en la elección del transportador. Dependen de la situación de los puntos de carga y descarga de la mercancía, como de las ramificaciones requeridas en los puntos iniciales y finales del tramo. En algunos tipos están hechos especialmente para una línea larga y recta, en otros se ve obligado - el diseñador a reducir longitudes. Uno de los requisitos es el de reducir al mínimo los pasos de la carga y descarga durante el trayecto, que unicamente complican el equipo, reducen la confiabilidad y a veces también la calidad del equipo.

4. Tipos de almacenamiento de la mercancía.

En los puntos iniciales y finales del recorrido - la elección del equipo transportador también se encuentra influenciado por el tipo de la carga y descarga. Mientras haya transportadores que toman, es decir, recogen el material independientemente, otros requieren un equipo especial para carga y descarga o colocarlo manualmente. Así se almacena el material destinado a ser vertido sobre la banda en montones, el - cual se pondrá sobre el transportador con palas, cangilones u otros equipos de carga y descarga.

También cuando se utilizan instalaciones que toman el material independientemente, se pueden evitar equipos innecesarios.

5. Tipo del transportador para el terminado.

Al mecanizar el transporte para el terminado en las áreas de trabajo, se encuentra sumamente influenciada el último. Los transportadores casi siempre se encuentran relacionados con el terminado y el tipo de transportador. Por ejemplo, se utiliza este tipo de transportador en fundiciones y empresas de montaje como en el ensamblador, pintado y otras áreas de trabajo.

6. Condiciones especiales del lugar.

A estos se cuentan el tamaño y la forma del lugar disponible, el relieve, tipo y constitución del edificio. La situación entre máquinas y transportadores, la cantidad de polvo y humedad en el aire, así como vapores, gases y la temperatura. También es de considerar la pregunta sobre el transporte que si se encuentra en un cuarto cerrado o ventilado (calefacción), o si se encuentra en el aire libre. Si el caso es el segundo, se debe tener especial cuidado en el mantenimiento y conservación del engrane.

La elección se encuentra influenciada también por la generalización es decir, similitud entre el equipo de la fábrica (homogeneidad), la futura expansión de la fábrica en corto o largo plazo, tipo de energía, seguridad de la empresa así como también la higiene. Después de considerar estos factores técnicos en la elección del equipo la mecanización de ésta se debe al punto económico.

La comparación del aspecto económico de diferentes sistemas de transportación depende del costo de inversión y de la situación financiera de la empresa. Los costos de inversión consisten en, costo de compra, transporte, montaje -- del equipo y la preparación del terreno destinado para el --- equipo. Al comparar los costos de inversión se debe considerar el costo para el edificio y otras construcciones. Bajo -- los costos de la empresa se consideran los salarios, los gastos de energía, grasas y limpiadores, polipastos, así como -- gastos de mantenimiento.

A los gastos relacionados con el mantenimiento -- también se deben contar las depreciaciones por amortización -- que es la reserva que más tarde serviría para renovar el equipo mecánico, especialmente los tipos de construcción favorables son los que no sólo están relacionados con tecnología para el terminado, sino también por la rapidez de la transportación al costo mínimo como también la amortización a plazo más breve.

C A P I T U L O I

1. CALCULOS GENERALES

Relación de trabajo de un transportador constante.

La producción de un transportador que trabaja --- constantemente se determina por el peso q (kp/s) el trabajo en una hora es:

$$Q_t = \frac{3600}{1000} \cdot q \cdot v = 3,6 q \cdot v \text{ (t/h)}$$

Si el peso del material vertido γ (t/m³) se encuentra en una corriente continua con un diámetro transversal F m² se obtiene:

$$q = 1000 F \cdot \gamma \cdot \psi \text{ (kp/m)}$$

El transporte por canal o por tubo con el corte transversal F_0 (m²) y el grado de llenado ψ :

$$F = F_0 \cdot \psi$$

$$y \quad q = 1000 F_0 \cdot \gamma \cdot \psi \text{ kp/m}$$

En la transportación de envases (Por ejemplo vasos, botellas, etc.), que tienen capacidad I_0 (l), un llenado $I = I_0 \cdot \gamma$ (kp/m)

Si los materiales por trozos con peso individual G_{st} (kp) o en grupos de una pieza son transportados, en los

cuales la distancia es de a (m).

$$q = \frac{G_{st}}{a} \quad (\text{Kp/m})$$

$$q = \frac{G_{st} \cdot i}{a} \quad (\text{Kp/m})$$

Al sustituir los valores por q en la ecuación anterior se da el trabajo transportador siguiente:

a) durante el transporte constante

$$Q_t = 3600 F \cdot v \cdot y = 36000 F_o \cdot u \cdot y \quad (\text{t/h})$$

b) Transportadores de envases individuales.

$$Q_t = 3,6 \cdot \frac{1}{a} \cdot v \cdot y = 3,6 \frac{I_o}{a} \cdot v \cdot y \quad (\text{t/h})$$

c) En el transportador de piezas

$$Q_t = 3,6 \frac{a \cdot st}{a} \cdot v \quad (\text{t/h})$$

$$\text{ó} \quad Q_t = 3,6 \frac{G_{st} \cdot i}{a} \cdot v \quad (\text{t/h})$$

Si las diferentes piezas siguen en un espacio de tiempo t , (S), se calcula el trabajo con:

$$Q_t = \frac{G_{st}}{1000} \cdot \frac{3600}{t_i} = 3,6 \cdot \frac{G_{st}}{t_i} \quad (\text{t/h})$$

$$Q_t = \frac{C_{st}}{1000} \cdot \frac{3600}{t_i} = 3,6 \cdot \frac{C_{st}}{t_i} \quad (\text{t/h})$$

El trabajo que ejecuta un transportador no sólo se puede medir en unidades de peso Q_t (t/h) sino también en

$$Q_t = Q_m \cdot y \text{ (t/h)}$$

$$Q_m = 3600 F \cdot v = 3600 F \cdot v \cdot \left(\frac{m^3}{h}\right) \quad (10)$$

$$Q_m = 3,6 \cdot \frac{1}{a} \cdot v = 3,6 \cdot \frac{I_0}{a} \cdot v \cdot \frac{m^3}{h} \quad (11)$$

El trabajo que ejecuta el transportador constante para material en trozo o pieza, se determina por la cantidad de trozos por hora. La distancia en tiempo entre los trozos (o grupos)

$$t_1 = \frac{a}{v} \text{ (S)} \quad (12)$$

así se obtiene el trabajo de transportador por hora

$$Q_{st} = \frac{3600}{t_1} = \frac{3600}{a} \cdot v \text{ (pieza/h)} \quad (13)$$

o en el transportador en grupo de i trozos, a

$$Q_{st} = \frac{3600 \cdot i \cdot v}{a} \text{ (pieza/h)}$$

Cuando el peso en trozo es G_{st} (kp) el trabajo expresado en unidades de peso

$$Q_t = \frac{G_{st} \cdot Q_{st}}{1000} \text{ (t/h)}$$

De estas ecuaciones se puede deducir que el trabajo en equipo de transporte, que transportan el material en una corriente continua aumenta, cuando el diámetro del flujo el canal es más grande y entre más grande es el grado de flujo, mayor es la velocidad de trabajo. El transporte en envases aumenta cuando se aumenta la capacidad de los envases, su grado de llenado, y la velocidad de trabajo, así como también la reducción de la distancia entre los envases.

Quando se trata de material en trozos, aumenta el trabajo del transportador Q_t con la ampliación del peso en -- trozo y de la velocidad del trabajo como también la reducción de la distancia entre los trozos o grupos de trozos.

Si se determina una cierta velocidad, basándose -- en la experiencia, así puede surgir de la ecuación 10 el diámetro F_0 del canal, de la ecuación 11 la relación I_0/a (del -- cual, después de determinar I_0 ó a se da el 2º valor) de la -- ecuación 12 ó 13 la distancia entre a y los trozos o grupos.

En los materiales vertidos se tienen que checar -- los valores F_0 e I_0 con relación asus proporciones. En el material en trozo la distancia " a " tiene que ser igual o mayor que la medida exterior. También de sus lados las medidas de la -- capacidad de carga, es decir, longitud y ancho de las bandas transportadoras, longitud, ancho y altura de los cclumpios y transportadores circulares, tienen que corresponder a las medidas del material destinado a ser transportado.

El trabajo de transportación indicado en las ecuaciones Q_t es igual o mayor que el trabajo medio Q con un va-- lor adicional de K_U por transportación desigual ($K_U \leq 1$) es

$$Q_t = Q \cdot K_U \text{ (t/h)}$$

Resistencia general:

Si un equipo Q.e: un elevador debe transportar un material $Q_t = (t/h)$ a una altura H (m) así el trabajo es:

$$N_H = \frac{1000 \cdot Q_t \cdot H}{3600 \cdot 75} = \frac{Q_t \cdot H}{270} \text{ (PS)}$$

$$\dot{\delta} \quad \frac{1000 \cdot Q_r \cdot H}{3600 \cdot 102} = \frac{Q_t \cdot H}{367} \quad (\text{Kw}) \quad (24)$$

de donde la eficiencia n del transportador se deriva el trabajo necesario que debe hacer el motor.

$$N_M = \frac{NH}{n} = \frac{Q_t \cdot H}{270n} \quad (\text{PS}) \quad (25)$$

es decir $N_M = \frac{Q_t \cdot H}{367} \quad (\text{Kw}) \quad (26)$

En los cuantiosos equipos H es igual a 0, así que N_H y N_M son igual a 0, porque falta el trabajo de carga. (En este caso no se pueden utilizar las ecuaciones 24 y 26 para definir el trabajo.

Si en un transportador inclinado ($H \neq 0$) la altura del transportador H comparándola con la longitud del trecho L es pequeña, así pues, tendrá que emplearse más fuerza para contrarrestar la resistencia producida por la fricción.

La resistencia surgida, es definida como la cantidad total de resistencias, que corresponde al cociente de la resistencia por fricción y el peso del material transportado. Si el peso q (kp/m) cae sobre 1m de longitud total L (m) si el total de resistencias w , así el peso del material transportado es:

$$G = q \cdot L$$

la resistencia pro fricción: $WR = q \cdot L \cdot w$ (kp) (27)

y el trabajo por fricción:

$$N_R = \frac{WR \cdot v}{75} = \frac{q \cdot L \cdot w \cdot v}{75} = \frac{Qt \cdot L \cdot w}{75 \cdot 3,6} = \frac{Qt \cdot L \cdot w}{270} \quad (\text{PS}) \quad (28)$$

es decir

$$N_R = \frac{Qt \cdot L \cdot w}{367} \quad (\text{KW})$$

y el trabajo total

$$N_M = N_H + N_P = \frac{Qt \cdot H}{270} + \frac{Qt \cdot L \cdot w}{270} \quad (\text{PS})$$

es decir

$$N_M = \frac{Qt \cdot H}{367} + \frac{Qt \cdot L \cdot w}{367} \quad \text{KW} \quad (30)$$

Si el trabajo requiere una definición del impulso N_A en la barra de torsión del transportador así es:

$$N_A = N_H + N_{PA} = \frac{Qt \cdot H}{270} + \frac{Qt \cdot L \cdot WA}{270} \quad (\text{PS})$$

es decir

$$N_A = \frac{Qt \cdot H}{367} + \frac{Qt \cdot L \cdot WA}{270} \quad (\text{KW})$$

En el cual se considera la suma de las resistencias WA de todo el tramo del transportador con excepción del espacio entre motor y barra de torsión. Entre el trabajo de N_M y N_A existe la relación.

$$N_M = \frac{N_A}{nV}$$

nV = Trabajo efectivo de este espacio

Como N_A es mayor a N_M , así WA tiene que ser menor a w .

Sí se hace una ecuación (28 y 29) $Qt = 1t/n$

y $L = 1m$, así el trabajo específico de fricción es

$$N_R^i = \frac{W}{270} \text{ (PS)}$$

es decir $N_R^i = \frac{W}{367} \text{ (KW)}$

que es proporcional al total de resistencias por fricción W .

Entre más pequeños sean los valores para W , N_R^i y N_R , mayor es la capacidad en relación mecánica.

Las ecuaciones mencionadas pueden ser utilizadas en transportadores, inclinados, horizontales y verticales, -- así que el uso de la resistencia es en este caso, más apropiada que la de su eficiencia. Para transportadores horizontales ($H = 0$), la ecuación (30) toma esta forma.

$$N_M = \frac{Qt \cdot t \cdot w}{367} \text{ (KW)}$$

para transportar verticales ($L=0$)

$$N_M = \frac{Qt \cdot H}{367} \cdot (1+w) \text{ (KW)} \quad (35)$$

De la contraposición de la ecuación (26) y (35) - se deduce que en la transportación vertical.

$$\frac{1}{f} = 1 + w$$

es decir, que al aumentar la eficiencia se reduce el total de resistencias. Teóricamente la eficiencia h se encuentra en un ámbito de valores de +, y C. En, $= 0,5$, ---- $w = 1$ y $N_H = N_R$ como se ve en la ecuación (25) y (35).

La suma de la resistencia varía según el tipo de construcción del transportador. Se encuentran en los transportadores mecánicos constantes en los límites de algunos decimos y 1, llega a incrementar en equipos con alto consumo de energía. También en transportadores del mismo tipo de construcción varían según la capacidad de transportación y su longitud, su constitución y en parte, también la clase de transportador de que se trate.

Las resistencias individuales nominadas con w' se dirige para su efecto sobre el peso del material y su presión ejercida sobre la banda.

Si un envase (o carro) con peso propio G_0 y una carga de G se mueve sobre las ruedas (dibujó anterior) así en la transportación horizontal la fuerza de fricción es:

$$W = (G + G_0) \cdot w' \quad (37)$$

en transportadores inclinados hacia arriba o abajo bajo el ángulo δ .

$$\begin{aligned} W &= W_g + W_R = \pm (G + G_0) \operatorname{sen} \delta + w' \cdot (G + G_0) \cdot \operatorname{cos} \delta \\ &= (G + G_0) \cdot (\pm \operatorname{sen} \delta + w' \cdot \operatorname{cos} \delta) \end{aligned} \quad (38)$$

W_g = Componentes de peso en dirección del transporte

W_R = Resistencia por fricción

w' = Número de resistencia.

Los signos de + valen en los próximos capítulos para indicar una transportación hacia arriba y los de - para una transportación hacia abajo.

El índice de resistencia en ruedas sobre vías ---
asciende a:

$$w' = k_0 \cdot \frac{\mu' \cdot d + 2f}{D} \quad (39)$$

μ' = Índice de fricción entre el perno y el cojinete

f = Barra de torsión del rodaje (cm)

d = \emptyset del perno (cm)

D = \emptyset de la rueda (cm)

Ks = Valor adicional p = la fricción de la rueda

Si el transporte no se efectúa sobre ruedas sino deslizante, así la ecuación (37) y (38) w' deberá ser sustituido por el índice de fricción correspondiente μ .

Los valores para μ' y f en la ecuación (39) dependen de muchos factores y varía según su tipo de construcción y condiciones de trabajo en un extenso ámbito. Por este motivo los índices de resistencia w' son los más adecuados. - En las siguiente definición de los diversos transportadores los valores para w' , μ' , y f son nombrados para las condiciones de trabajo

1.3 Resistencia y Requerimiento de Potencia de los Equipos - de Transportadores Torcidos.

1.3.1 Resistencias sobre Diferentes Tramos

En términos generales el transportador es continuo (o con interrupciones periódicas) sobre tramos rectos que están conectados entre sí por arcos. En el caso más sencillo - los transportadores constan de dos vías rectas con dos conexiones.

El movimiento sobre vías rectas se efectúa sobre rodillos o desplazándose sobre una banda. Al deslizarse w' igual a w , al ser transportado sobre rodillos se define w' según la ecuación (39). En el caso de un movimiento del transportador y de la banda con diferentes resistencias sucede.

$$W_{LA} = \pm (q + q_0) \cdot H + (q \cdot w' \cdot ca + q_0 \cdot w' \cdot O) \cdot L_H \quad (Kp)$$

W'_{LA} = Resistencia del material transportado

W'_O = Resistencia de las partes móviles del transportador - (normalmente de la la banda).

En una transportación en un acarreo horizontal es:

$$= O, H = O \text{ y } LH = L$$

En una transportación inclinada sobre una vía recta, la resistencia puede ser positiva, negativa o igual a cero. La construcción de tramos con curvas (18) en transportes con acarreadores móviles se puede lograr lo siguiente:

1. Sobre un disco giratorio (14a)
2. Deslizándose sobre una banda arquedas sobre base firme (14b)
3. Sobre rodillos que se encuentran sobre una base firme (14c)
4. Rodando sobre una batería de rodillos con rodillos conductores fijos (14d)

Al desviar el transportador alrededor de un disco (14a) la resistencia W_k se suma de la curva por la flexibilidad del transportador que posiblemente puede haber una resistencia en el cambio de curvaturas como también la fricción sobre el disco. Cuando se trata de transportación basada en --

cadenas, surge una resistencia entre la cadena y el engrane.

En los transportadores a base de cadenas surge una tensión S' la cual es proporcional.

$$S'a = S'b + WK = (S'a + Dg \cdot S'b) = (1+Ks) \cdot s' = Ks' \cdot S'b \quad (43)$$

a) descendente

b) ascendente

$$Ks' > 1$$

1.3.2 Trabajo del Motor y Fuerza General de Tracción.

El método más cómodo para determinar la resistencia total de un transportador es que se dividen los tramos en rectas y curvas y numerar consecutivamente sus conexiones y determinar la tensión que surge en estos puntos, del cual se determina el total. El cálculo comienza al principio de la banda del disco de tracción (cadenas). Así que depende del tipo de T, para determinar la tensión en los diversos puntos (dependiendo de la dirección) es igual a la tensión del punto anterior más la tensión del tramo entre ambos puntos, es decir:

$$S_i = S_{i-1} +$$

S_i y S_{i-1} Tensión entre los puntos i y $i-1$

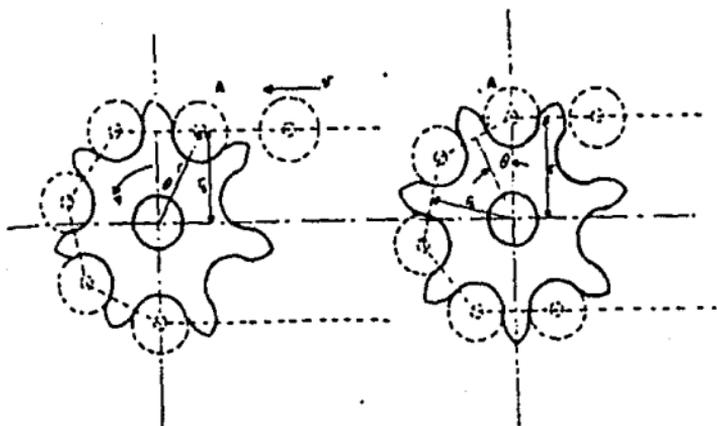
$W_{(i-1) \dots i}$ Resistencia sobre el tramo entre los puntos i u $i-1$

1.4 Manifestaciones dinámicas en los transportadores de cadena.

1.4.1 Velocidad y aceleración de la cadena.

A la banda de rodillos de un transportador se le toma en consideración la fuerza de tracción mayor. En todos los T con construcción por cadena se suma a la carga estática el desgaste dinámico que surge al transportar la fuerza de tracción de la rueda de tracción a la cadena. El desgaste dinámico se concentra en el movimiento irregular, ya que la cadena no mantiene el radio de la rueda, sino que forma muchos ángulos.

El mayor desgaste dinámico surge cuando el momento que el diente del engrane agarra al siguiente eslabón de la cadena. Para determinar un desgaste dinámico preciso, se tiene que determinar las diferentes aceleraciones y velocidades de la cadena. El siguiente esquema muestra el movimiento del engrane en la posición donde efectúa el cambio de fuerza de tracción sobre el diente No. 1 el cual pasa a introducirse en el eslabón No. 1. Al continuar el movimiento giratorio el diente No. 2 embona con el eslabón No. 2 y así consecutivamente.



Si el movimiento de los ángulos continúa igual w del engrane, así también la velocidad $v_u = R \cdot w$ es constante. Si se calcula el movimiento translatorio de la cadena tanto en el tramo como en el engrane así se determina la velocidad de la cadena.

$$v' = v_u \cdot \cos \psi' \quad (54)$$

ψ' = ángulo variable entre $O_1 = R$ y el eje OY

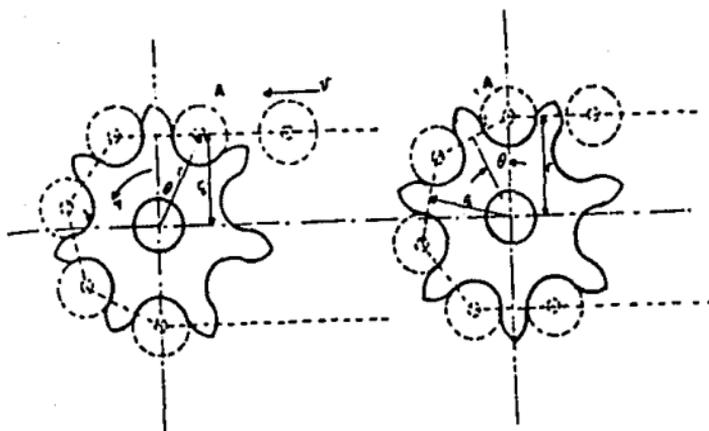
Así se esquematiza el camino que recorre la cadena v' en un lapso de tiempo determinado t_0 que corresponden a -- las vueltas del engrane con una curva de coseno de mayor velocidad.

$$v' \text{ max} = v_u = R \cdot w$$

$\psi' = 0$ y la mínima en

$$\psi' = -\frac{a_0}{2} \text{ es decir } \psi' = +\frac{a_0}{2} d \cdot h$$

$$v' \text{ min} = R \cdot w \cdot \cos \frac{a_0}{2}$$



En la figura se pueden apreciar tres posiciones -- del engrane girando alrededor del ángulo central a_0 justamente en el momento que el eslabón de la cadena 1' hace contacto con el engrane ($\varphi = \frac{-a_0}{2}$).

La aceleración de la cadena puede tomarse como la primera derivación de la velocidad según el tiempo $b_n = R \cdot \omega^2$ sobre la dirección del movimiento de la cadena, (aceleración tangencial $b_t = 0$).

$$b' = - b_n \cdot \sin \varphi = - R \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi$$

Carga dinámica de la Cadena

La figura anterior muestra cada juego de movimiento t_0 y el comienzo del siguiente. (cuando el engrane entra en el siguiente eslabón) se acelera súbitamente de $- b' \max$ a $t b' \max$, es decir, $2 \cdot b' \max$. Si se designa con m la masa reducida del transportador y sus partes movibles, así la fuerza dinámica es igual en ese momento: $2 \cdot m \cdot b' \max$. Ya que la fuerza ocasiona el doble de esfuerzo. La fuerza matemática de máxima es: $P \text{ dyn} = 2 \cdot 2 \cdot m$.

Aparte de esta fuerza dinámica momentánea $P \text{ dyn} = 2 \cdot 2 \cdot m$ también tiene que considerarse la fuerza de la masa --- $P \text{ dyn} = m \cdot b' \max$. Al final del juego del movimiento t_0 afecta la dirección del movimiento, por eso aparece un signo de menos.

Si la mayor aceleración y así también la fuerza dinámica es proporcional a la cantidad de dientes del engrane, a los eslabones de la cadena, a la velocidad y al diámetro de la rueda ($\emptyset \times t'$).

Si al definir una masa pequeña del transportador se descuida el volumen del engrane, así se tiene que considerar la masa a transportar como botes, placas, etc. Así la masa reducida es:

$$m = \frac{L \cdot (q + 2 \cdot q_0)}{g}$$

- L = Longitud de transportación (m)
q = Peso del material a transportar
q₀ = Peso de las piezas móviles del transportador (Kp/m)
g = Aceleración de la tierra (m/s²)

Esta masa reducida unicamente tendría vigencia, si la masa en general se moviera en igual manera según las leyes previamente establecidas sobre aceleración y velocidad. En realidad la masa que toma parte del movimiento es más pequeña por los siguientes motivos:

1. El transportador no debe ser considerado como un tramo totalmente tiezo, ya que tiene propiedades elásticas, así -- pues, el traspaso de fuerza dinámica sobre toda su longitud no surge súbitamente, sino que en un lapso de tiempo -- determinado, y de la velocidad de transportación de una onda elástica.
2. Si el transportador (banda) está colgando en algunos tramos libremente, así surgen como consecuencia pulsaciones -- de un movimiento longitudinal que ocasionan oscilaciones, en el cual la ley quinemática pierde su validez. Así pues, se puede ver en transportadores circulares que la banda -- tiene diferentes movimientos cuando se encuentra lejos del motor que cuando está cerca.
3. La masa reducida del transportador, también depende del ti

pode de transportación. Si el material es transportado sobre soportes que están conectados firmemente, se puede suponer, que se mueve de igual manera que con cadenas. En cambio, - si se trata de un soporte móvil (p.e. péndulos, columpios), así la masa reducida del transportador es más pequeña que - la masa general.

4. Una reducción de la masa ocurre por volantes, es decir es-
trellas condientes contrapuestos a la rueda de tracción. -
Consecuentemente la masa reducida y así su carga dinámica -
es menor.

La denominación exacta de la masa bajo todas las -
consideraciones, cuyas influencias aumentan conforme va aumen-
tando la longitud de la banda, sin embargo, también aumentan
las dificultades. WNIPTAMSCH evolucionó una ecuación para --
calcular los transportadores usuales.

$$S_{\text{calc}} = S_{\text{St}} + 3b'_{\text{max}} \frac{(q + c \cdot q_0) \cdot L}{G}$$

en la cual el valor C depende de la longitud L del transporta-
dor como se deduce a continuación:

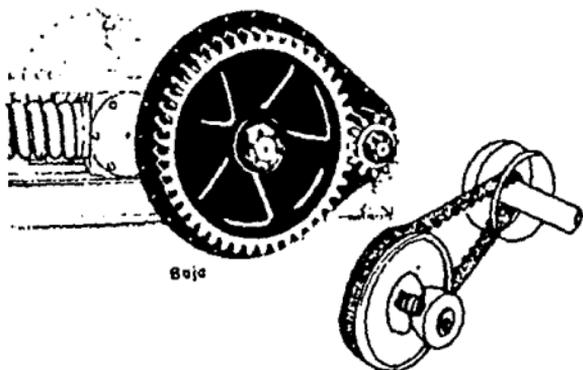
L	25 m	C = 2,0
L	= 25 m 60 m	C = 1,5
L	60 m	C = 1,0

1.4.3 Transmisión Diferencial.

Las fuerzas dinámicas que surgen sobre la cadena -
no sólo aumentan la carga general, sino también pueden surgir
fatigamiento en las cadenas, y como consecuencia, la ruptura
de las mismas. Una influencia de la carga dinámica aumenta -

la división de la velocidad de la cadena y entre más pequeños son los dientes del engrane. Por ese motivo es muy provechoso utilizar la transmisión de compensación, con cuya ayuda se puede disminuir considerablemente las irregularidades del movimiento de la cadena.

El efecto de casi todas las transmisiones del mecanismo diferencial se basa en que existe una velocidad de ángulo irregular w de la rueda de tracción en la cual el producto $w \cdot \cos \zeta$ es transformado en una fuerza estable. En la siguiente figura se muestran dos transmisiones de compensación de diferente tipo de construcción.



Bojs



A110

Según la construcción de la figura anterior el motor del transportador no es un engrane circular con dientes - alrededor, que tiene una cantidad de dientes que corresponden al número de ondulaciones y que es impulsado por un piñón.

En la posición de la figura anterior, no sólo $\cos \psi = \cos a/2$ logró su valor menor, sino también su revolución es la mínima, así que la velocidad angular del engrane - logra su máximo. Por una media revolución del piñón el engrane rota por el ángulo $a/2$, así

$$\cos \psi = 0 = 1 = \max$$

y la velocidad angular del engrane es la mínima. De esta manera se puede lograr a una cierta excentricidad del pinón. - El producto $w \cdot \cos \psi$ en toda posición queda en casi todos los casos constantes.

En la figura se aprecia una transmisión con -- ecanismo diferencial que consiste en una rueda de tracción 1 y de la cadena (de eslabones cortos) 2 la que está apoyada -- con varios eslabones sobre el engrane (estrella) de tracción 4 de la cadena 5.

Tienen bordes ordenados paralelamente. En rota-- ción regular de la rueda de viela el movimiento de la cadena es prácticamente constante y la rotación del engrane un pulsa-- dor, sobre el cual se encuentran las estrellas 3 y 4, es irregular. Por eso también la cadena 5, que se mueve parecido a la cadena 2, a una velocidad constante. Aparte de los dos -- tipos de construcción, hay otros tipos de mecanismos de dife-- rencial.

TRANSPORTADORES DE BANDA

Datos básicos y ramos de trabajo.

En los transportadores de material, se encuentran el de la construcción de la banda 1 al final el motor 2 y del otro lado el tambor de tensión 3. La banda cerrada 4 que se desliza a través de estos tambores, se mueve sobre la construcción está sobre los rollos transportadores superiores 5 y los inferiores 6. la parte superior es la que normalmente funciona como transportador, sin embargo, también se puede llegar a utilizar la parte inferior, en la mayoría de los casos cuando se trata de material por pieza, se pueden utilizar ambos. El motor impulsa a través del clutch al tambor 2.

El material destinado a ser transportado se pone sobre la banda a base de embudos 8, los cuales se encuentran sobre el transportador, la entrega del material sucede o en el tambor final 2 por caída en unos embudos 9, o se va quedando durante el recorrido con ayuda de diferentes dispositivos de entrega.

Para limpiar la superficie de la banda, de material adherente, se encuentra en el tambor 2 un aditamento de limpieza 10. Los transportadores de banda son utilizados en su mayoría para materiales vertidos como son arenas, piedras, etc., este tipo de transportador se encuentra en casi toda la industria y son un método importante para la mecanización del transporte, p.e. en la fundición (suministro de repartición de arena) y para las minas de carbón como también para lugares de almacenamiento de granos o otros materiales vertidos.

Su popularidad en la industria se le debe a su gran capacidad de carga y rapidez ($5000 \text{ m}^3/\text{h}$) y a su longitud

que puede ser de sobre 500 m, a su sencilla construcción, su mínimo pero propio como su seguridad y sencillo manejo en una empresa.

TIPOS DE TRANSPORTADORES CON BANDAS DE HULE O DE TELA

Dirección de los transportadores de banda

Como se podrá apreciar en los siguientes dibujos se distinguen entre sí por:

- a. Transportación horizontal
- b. Transportación ligeramente ascendente
- c. Transportación con cambio de dirección primero ascendente y más tarde horizontal.
- d y g. Transportación inicial horizontal, más tarde - ascendente.
- e y f . o con uno o más cambios en su dirección.

La inclinación de la banda está en constante relación con la fricción entre banda y el material transportado. Para lograr un trabajo perfecto y seguro, por experiencia debe ser 7° o 10° menor al del ángulo de fricción entre material y banda en la siguiente tabla podrán ver los ángulos de inclinación permitidos .

ANGULOS DE INCLINACION PERMITIDOS
PARA TRANSPORTADORES DE BANDAS

MATERIAL		°
Carbón		12
Minerales	piezas grandes	18
	piezas pequeñas	25
Tierra	preparada	24
	húmeda	26
Granos		18
Acerrín, fresco		27
Polvo, cal		23
coque	colado	17
	no colado	18
Arcilla	lavada y colada	12
Arena	seca	18
	húmeda	27
Antracita		17
Cemento		20

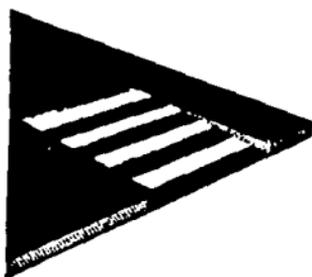
PARTES DEL TRANSPORTADOR DE BANDA

Como método de carga en los transportadores de -- banda se utilizan cinturones de pelo de camello, de algodón, de cáñamo y de hule de las clases más variadas. Se elaboraron según las siguientes necesidades.

Un mínimo de absorción de humedad, durabilidad, - poco peso propio, flexibilidad y extensibilidad.

Las bandas que corresponden a estas necesidades - son las de hule. Las de hule constan de varias franjas intermedias de materia textil y forradas para proteger contra la - humedad, desgaste u otros daños.

Aparte de las bandas con refuerzo textil y espe- ciales (Nylon, Perlón) también se utilizan en la práctica ban das con refuerzos metálicos. En estas bandas se pone entre - los refuerzos textiles a los que se entretejen refuerzos metá licos a base de cables finos de metal con un \emptyset de 1,2 a 4 mm. estas bandas sobresalen por su gran resistencia.



Para un mayor ángulo de inclinación se utilizan bandas de superficie Estriada.

La unión de las bandas se efectúa por diferentes métodos:

- a) Coser los extremidades con correas de cuero.
- b) Pegar en frío con pegamento a base de hule.
- c) Usar grapas ya sea de diente de cocodrilo o de temillo.
- d) Coser y vulcanizar

Especialmente durable es la unión a base de vulcanización, se limpia con gasolina, se pinta con solución de hule, se enciman y se colocan entre planchas electrónicas (o de vapor) vulcanizadoras a una temperatura de 140° a 150°C, dependiendo de la cantidad de refuerzos que tenga.

C A P I T U L O I I

EQUIPO DE TRITURACION

Una vez obtenida la piedra o el material de la mina, cantera, banco, etc., procederemos a la trituración de ésta.

Dos leyes, o teorías, son la base de los cálculos teóricos de funcionamiento de las trituraciones, la Teoría de KICK que señala que "La energía requerida para producir cambios análogos de tamaño de cuerpos geométricamente similares y de igual estado tecnológico, varía con los volúmenes o pesos de estos cuerpos".

La ley de RITTINGER sienta que "La energía requerida en la trituración es proporcional al área de las nuevas superficies resultantes de la trituración".

Las teorías señaladas aún siendo la base sobre las que se funda el cálculo de las trituradoras, no siempre son aplicables para predecir los resultados que se van a obtener con una trituradora para un material determinado, o lo -- que es lo mismo, que trituradora se requeriría para obtener -- resultados perfilados con tal material.

Sólo un ensayo a escala semindustrial, en una --- planta piloto, forma en la que actualmente se opera, si quieren tenerse garantías sobre producciones, relación de trituración y potencia absorbida, podrá conducirnos al conocimiento de los resultados reales que se alcanzarán en el proceso de - trituración.

Las compañías fabricantes de trituradoras, tienen calculadas a éstas máquinas como es natural, a condiciones -- completamente regulares en la alimentación, cosa que es imposible ya que existen irregularidades en el suministro, por lo que la pérdida de tiempo se puede preveer en un 20 a 25% de su capacidad horaria.

Al seleccionar una trituradora deberá tenerse en cuenta a parte de consideraciones de tipo económico, las siguientes:

- A) Importancia de la forma y tamaño del producto - que se desea obtener.
- B) Curva granulométrica para conocer los porcentajes de cada uno de los tamaños.
- C) Posibilidad de variación de los tamaños del -- producto triturado, para hacer frente a las -- oscilaciones que pueda tener el mercado consumidor.
- D) Reducción al mínimo de tamaños invendibles que conducirán a un aumento del costo de los tamaños comerciales.

La operación de trituración está basada en impartir el material a triturar unos tensiones superiores a su límite elástico que lleguen a provocar su fractura. Las máquinas empleadas para lograr este objetivo pueden ser clasificadas en dos grandes ramas:

- A) Máquinas que rompen la piedra por compresión.
- B) Máquinas que provocan la rotura por golpe.

En el primer grupo de los señalados están las trituradoras de mandíbulas, las giratorias, y las de rodillos la minadores. No vamos a entrar a describir esta máquina que, -

por la cantidad de años que están en el mercado, son de todos conocidas.

Todas las piedras tienen a compresión su máxima resistencia, y todos los esfuerzos producidos por la máquina son transmitidos íntegramente a sus bastidores, por lo que son máquinas extraordinariamente robustas y consiguientemente muy pesadas y costosas, si bien en los últimos años se van sustituyendo los bastidores fundidos por los de acero laminado, con lo que el peso ha sido considerablemente rebajado sin detrimento de su resistencia.

La relación detrituración es muy baja (5/4 a 1), - por lo que siempre será imprescindible efectuar la trituración en 2 ó 3 escalones, con lo que, al mayor costo de la máquina principal, hay que añadir los de las restantes trituradoras, - cribas vibratorias, tolvas, alimentadores, cintas transportadoras, etc., resultando instalaciones más complicadas y de un elevado costo.

Otro inconveniente, de las trituradoras de trabajo de compresión es que, cuando han de triturar materiales de origen sedimentario, el producto triturado tiende a salir en forma de losas que, aún cuando su grueso esté limitado por la abertura de salida, las otras dos dimensiones, ancho y largo no tienen limitación práctica alguna, produciendo perturbaciones en los alimentos de las trituradoras de las fases sucesivas. Por otra parte, es la forma cúbica la ideal para la obtención de toda clase de agregados y estas trituradoras jamás pueden proporcionar productos que se aproximen a tal forma.

Entre las ventajas que tienen están la de un fácil mantenimiento y su poco desgaste en relación con las trituradoras que trabajan por percusión. Por ello, cuando se trabaja -

con rocas hipogénicas, que no son exfoliables, y que normalmente son muy abrasivas, será preferibles, en general, el empleo de trituradoras de este tipo.

Trabajan también por compresión las trituradoras - de rodillos que adolecen de los mismos inconvenientes indicados respecto a la forma del producto terminado y a la posibilidad de dejar pasar losas cuando se trabaja con materiales estratificados.

Como el tamaño máscimo admisible es función del -- diámetro de los rodillos, estas trituradoras son utilizadas como trituradoras secundarias o terciarias, pero nunca como trituradoras primarias.

Su capacidad de producción es proporcional al número de revoluciones a la longitud de los rodillos, de su diámetro y a la separación entre rodillos. Naturalmente, que para alcanzar con ellos la máxima capacidad, el producto debe repararse por igual a lo largo de los rodillos.

Su velocidad periférica varía entre 2.5 metros por segundo, en los tamaños pequeños hasta 12.5 metros por segundo en los tamaños mayores de 1.8 m. de diámetro y superiores.

Uno de los rodillos descansa sobre rodamientos colocados en el bastidor de la máquina y el otro va sobre rodamientos montados en guías, que permiten que la distancia entre los rodillos pueda ser variada. El rodillo desplazable va provisto de fuertes muelles que permiten el paso de algún material extraño, de gran dureza, que pueda entrar con la piedra.

La relación de reducción varía de 3 ó 4 a 1.

Este tipo de trituradora, usada solamente como trituradora en la última fase, está siendo sustituida por trituradoras de conos rápidos que proporcionan un costo total por tonelada triturada muy inferior.

Hemos visto trituradoras de un sólo rodillo dentado que emplean una trituración primaria, pero el fuerte trabajo de fricción a que los dientes están sometidos obligan a rellenas estos por soldadura casi diariamente, lo que resulta caro y engorroso. Por otra parte, en instalaciones, de este tipo, hemos visto bascular la piedra desde gran altura de forma que la primera fragmentación se obtiene por choque de la piedra sobre el rotor. Encontramos poco recomendable este sistema que transmite esfuerzos excesivos al eje y a los rodamientos sobre los que gira.

TRITURADORAS DE IMPACTOS

En la trituración por impactos la fragmentación de la piedra se produce por el rápido golpe impartido por los elementos móviles sobre la piedra a triturar, que golpean la piedra o bien durante su caída libre o cuando está sobre la placa rompedora. Existen dos tipos de trituradoras de impactos:

- A) De martillos oscilantes.
- B) De martillos fijos.

Nos vamos a referir muy brevemente a las trituradoras de martillos oscilantes porque debido a su forma de trabajar, en las que los martillos en su encuentro, con la piedra - en vez de lanzar a ésta contra los blindajes rompedores basculan y producen una gran cantidad de fricción dando lugar a la obtención de un porcentaje de finos y productos impalpables, -

resultados que si bien en otros procesos pueden ser de mayor interés, contraproducentes cuando lo que se persigue es la obtención de agregado petreo para concreto hidráulico.

La trituración se produce durante la caída de la piedra, que debe tener lugar en el cuadrante inmediato superior a la placa rompedora, y por el mordisco que se produce entre los martillos y la placa rompedora.

La distancia entre la placa rompedora y los martillos limita el tamaño máximo de salida, razón por la cual estas máquinas no suelen llevar rejilla inferior y por otra parte, nunca debe efectuarse trituración entre la rejilla y los martillos.

Los desgastes de los martillos van dando lugar a la obtención de productos de mayor tamaño, por lo que la distancia entre placas y martillos debe mantenerse constante, bien por desplazar los ejes portamartillos o barrenos de los discos situados más en la periferia de los mismos, o bien por aproximación de la placa rompedora. El primer sistema obliga a la parada de la máquina durante varias horas, mientras que el segundo procedimiento puede llevarse incluso con las máquinas en marcha.

El producto a triturar debe extenderse uniformemente a lo largo del rotor para alcanzar la máxima producción y para lograr un desgaste uniforme de los martillos.

Por tratarse de máquinas de gran velocidad periférica hasta 30.8 metros por segundo en los tamaños grandes es esencial que el equilibrio dinámico del rotor sea perfecto con objeto de tener un funcionamiento sin vibraciones, equilibrio que se mantiene durante el trabajo, toda vez que los martillos

de una misma sección se desgastan por igual . Ahora bien, si se produce la necesidad de cambio de un martillo por rotura, - deberán sustituirse todos los de la sección correspondiente, - al objeto de mantener el equilibrio del rotor y de la misma -- forma, si por desgaste desigual de los martillos de las dife-- rentes secciones debido a un desigual reparto de material a -- triturar quieren cambiarse los martillos de posición a lo largo del rotor, debe tenerse especial cuidado de no mezclar entre sí las correspondientes a distintas secciones.

Las trituradoras de martillos oscilantes suelen tener su aplicación como trituradoras secundarias, admitiendo -- piedra de 300/400 mm. de tamaño máximo y como hemos indicado, producen gran cantidad de finos. En los tipos rápidos los martillos son de acero aleado, laminado y tratado térmicamente.

Cuando han de trabajar como trituradoras primarias los martillos han de ser mucho más pesados y las velocidades - periféricas del motor mucho más reducidos.

Siguen presentando el inconveniente del gran porcentaje de finos. Los martillos son de acero manganeso fundido. El porcentaje de peso que se pierde al desechar los martillos por desgaste es muy elevado y encarece el precio de costo del producto triturado.

Es muy normal, en trituradoras del tipo a que nos acabamos de referir, que sean de doble rotor, accionado cada - uno de ellos por un motor independiente y girando en sentido - contrario.

Si los rotores giran en sentido que hagan elevar - la piedra, se produce una gran proyección de la misma hacia la boca de alimentación. Si giran en sentido opuesto tienden a - acuñar la piedra entre ellos, dando lugar a fuertes esfuerzos

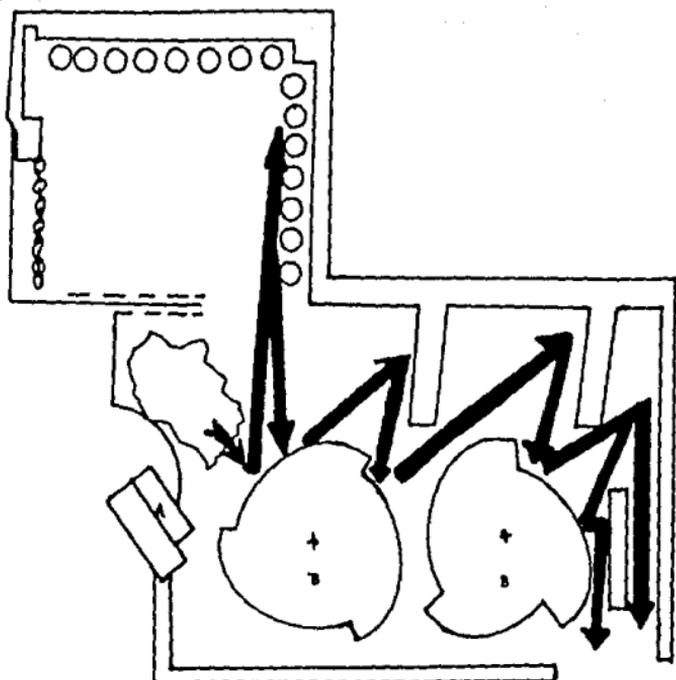
transversales sobre los rodamientos de los ejes.

En trituración primaria por impactos son las trituradoras de martillos fijos los que, por las razones antes indicadas, se imponen cada vez con más fuerza en el mercado consumidor. En ellas los martillos entran en contacto con la piedra sólo en el momento del impacto, por lo que no sufren atrición y el desgaste es mínimo.

Como en los martillos oscilantes se construyen de rotor doble y sencillo. En la de rotor doble, accionando cada uno de ellos por motor independiente, los rotores pueden girar en sentido opuesto, o en el mismo sentido.

La trituradora de martillos oscilantes que bien en el contrasentido, presenta, el grave inconveniente de que los martillos del rotor situado en la caída proyectan hacia esta cantidad excesiva de piedra que recircula y es sólo triturada por la acción de los martillos, con los que éstos están sometidos a un desgaste excesivo.

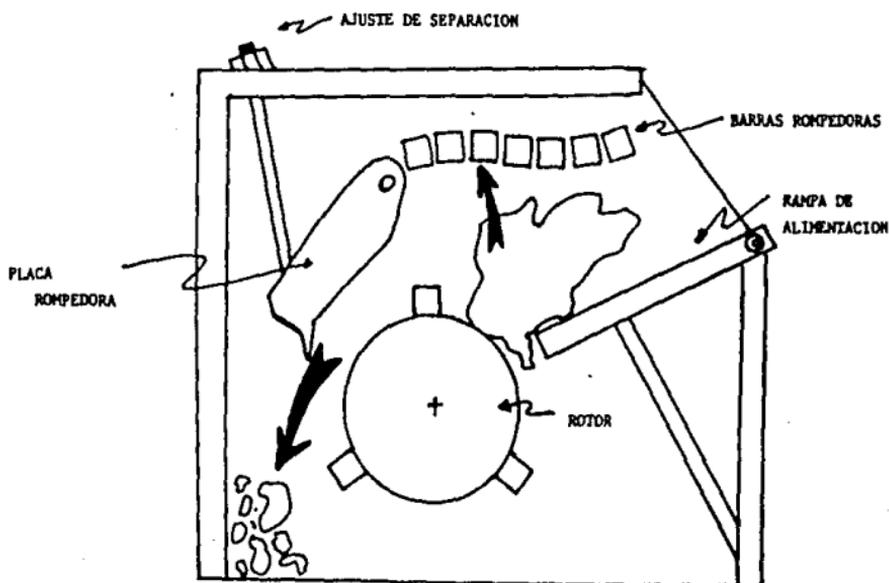
La trituradora con los dos rotores, accionados así mismo por motores independientes, girando en el mismo sentido. En esta trituradora le vemos el inconveniente de que la piedra lanzada por las barras impulsoras incide sobre las placas rompedoras con un ángulo muy agudo, con lo que sufre una acción de frenado, se disminuye el valor del impacto y se aumenta considerablemente el desgaste de las placas.



TRITURADORA DE DOBLE ROTOR GIRANDO
EN EL MISMO SENTIDO

De hecho son dos trituradoras de impacto dentro de una misma carcasa y la encontramos justificada cuando lo que se pretende es aumentar el porcentaje de finos, lo que no es normal en la producción de agregados. A la vista del esquema de ésta máquina se aprecia que el rotor de entrada, que realmente es el que efectúa la trituración primaria, está sometido a un trabajo mucho mayor que el rotor de salida. Encontramos que para equilibrar el trabajo de los rotores, deberá llevar más velocidad el de salida que el de entrada.

La trituradora de impactos, cada vez más extendida es la de un sólo rotor como la indicada



TRITURADORA DE IMPACTO DE ROTOR UNICO

El material cae por la rampa, de inclinación variable, al objeto de que la piedra no incida sobre el rotor evitando los impactos que sufriría el eje y por consiguiente se transmitirán a los rodamientos. Es decir, las barras impulsoras entran en contacto con la piedra de alimentación estando esta prácticamente muerta.

En el primer impacto la piedra es lanzada contra las barras rompedoras situadas en el techo, en donde rebotan y caen nuevamente sobre el rotor del cual reciben un nuevo impac

to, siendo lanzados contra la placa rompedora. Finalmente sufre la piedra un mordisco entre las barras impulsoras y la placa rompedora. La separación entre aquellas y ésta es la que fija el tamaño de salida, el cual puede variarse incluso sin parar la máquina.

Los bastidores están constituidos por robustas estructuras de chapa soldada, en el bastidor inferior van dispuestas las consolas sobre las que se apoyan los soportes de los rodamientos oscilantes, de doble hilera de rodillos, sobre los que gira el eje del rotor. Los rodamientos van protegidos por laberintos que impiden la entrada de polvo.

Las partes sometidas a desgaste son cambiables con facilidad y están constituidos por aceros aleados al cromo manganeso de una gran resistencia a la abrasión.

Amplias puertas de vista acharneladas permiten una rápida observación del interior de la máquina y proporcionan fácil acceso al mismo.

El rotor está constituido por chapas de 6" a 8" de grueso, torneadas y soldadas entre sí, constituyendo un conjunto macizo que va chaveteado sobre el eje de acero forjado y tratado.

Terminado el rotor, es equilibrado dinámicamente y la ausencia de vibraciones es total.

En la trituración por impacto el desgaste dentro de la máquina, para una misma clase de piedra, está directamente relacionada con el tamaño de alimentación y la velocidad periférica de las barras impulsoras. Por ello, en estas máquinas el tamaño máximo de alimentación recomendable se hace en función del diámetro del motor, con el objeto de que los des--

gastes que se obtengan sean mínimos.

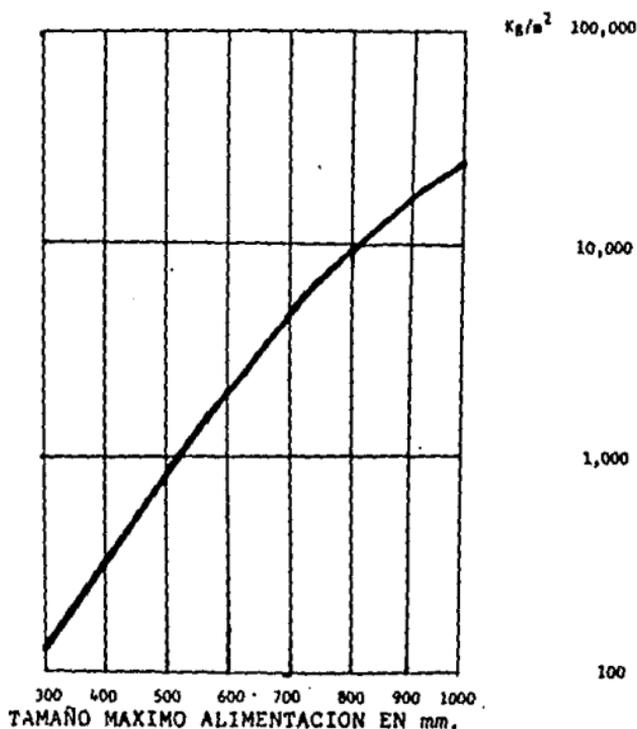
No quiere decir esto que estas máquinas no puedan admitir tamaños superiores al máximo recomendable, y de hecho pueden triturar cualquier tamaño que quepa por su boca de carga, pero sí que los desgastes que se obtengan serán desproporcionados si habitualmente se exceden los tamaños máximos aconsejables. Esto que indicamos está confirmado por los resultados obtenidos en la práctica. Triturando la misma piedra, con tamaños de alimentación y salida iguales en máquinas de 30" y 40" de diámetro, el costo del desgaste, por tonelada de piedra triturada, fué en la segunda la quinta parte que en la primera.

El tamaño de boca de entrada de una trituradora -- primaria no debe dejar pasar piedras que la máquina no se capaz de triturar ya que, en caso contrario se producirán atas--cos que dan origen a averías y a largas interrupciones.

El rotor de una trituradora de impactos debe tener un GD^2 proporcionado con el tamaño máximo admisible. Con ello no sólo se logrará que la máquina sea capaz de triturar la piedra que hay dentro de ella en el momento en que se produzca un corte de corriente, sino que se evitará que al entrar piedra - de tamaño admisible, la acción de frenado que sobre el rotor - se imprime determine una pérdida de velocidad en el volante de accionamiento que de lugar a un fuerte deslizamiento entre la correa de transmisión y la polea motriz.

En la gráfica siguiente:

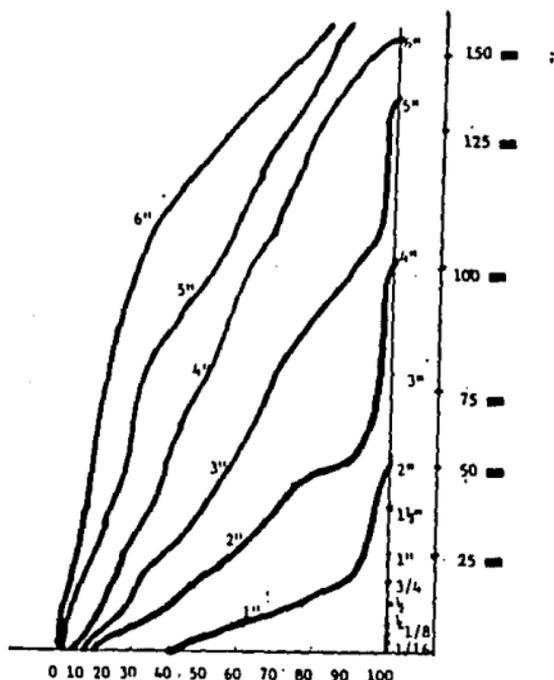
CURVA GD^2



En dos formas puede actuarse para variar la granulometría del producto triturado.

- A) Actuando sobre la separación entre la placa rompedora y las barras impulsoras.
- B) Variando la velocidad de giro del rotor, dentro de los límites admisibles recomendados por las casas suministradoras.

La siguiente gráfica muestra la variación granulométrica obtenida en la trituration de una caliza actuando sobre la separación entre placa y barras.



Curvas granulométricas de trituration de caliza, variando la separación entre placas y barras

Como hemos indicado son las casas suministradoras las que señalan los límites de velocidad a las que sus máquinas - pueden trabajar. A título de ejemplo damos las velocidades límites a que pueden trabajar máquinas de impactos de un sólo rotor, correspondientes a una firma determinada.

DIAMETRO DEL ROTOR	VELOCIDAD LIMITE
1n	r.p.m.
20	700/1.200
30	600/1.000
40	500/ 850
50	300/ 650
60	300/ 450

De todas formas, las gráficas corresponden a una piedra determinada y no tienen otra finalidad que la meramente orientativa, ya que cada clase de piedra, aun cuando pueda parecer igual a otra ensayada, tienen sus peculiares características y pueden dar lugar a curvas granulométricas que difieran bastante de los indicados.

La determinación de las curvas granulométricas es imprescindible cuando se trata de obtener agregados, ya que es la única forma de conocer los porcentaje que se tendrán de los distintos tamaños para los diversos regímenes de marcha a que la máquina pueda trabajar y la potencia de accionamiento necesario para el régimen de marcha elegido.

La turbulencia que se produce en la cámara de trituración de las trituradoras de impactos da lugar a violentos choques entre las piedras y ayuda a eliminar aristas agudas y zonas débiles del producto triturado.

Las principales ventajas de este tipo de trituradoras sobre los que trabajan por compresión (mandíbulas, giratorios y rodillos), son a nuestro modo de ver, las siguientes:

- 1) Elevada relación de reducción.
- 2) Grandes tamaños de alimentación.
- 3) Imposibilidad de dejar pasar losas en materiales muy estratificados.

- 4) Forma cúbica ideal de producto triturado.
- 5) Gran capacidad.
- 6) Facilidad para variar el tamaño y granulometría del producto resultante.
- 7) Bajo consumo de energía.
- 8) Reducido costo de primer establecimiento.
- 9) Reducidos gastos de conservación.

Una instalación para preparación de agregados, --- bien sea grava para carreteras, concreto o balastro para ferrocarriles, ha de ser mucho más elástica que una destinada a triturar piedra para fabricar cemento o para reducción de minerales. Las bases principales sobre las que debe decidirse la planta, y concretamente las trituradoras son: tamaño máximo de alimentación que quiere ser triturado, tonelaje horario que se desea obtener, la escala de tamaños deseable, y si ello es posible, el porcentaje deseado en cada uno de los tamaños.

Este último punto es el más difícil de preveer, -- pues depende de la demanda del mercado consumidor, lo cual esta variando constantemente, por ello es que decidimos la conveniencia de una gran elasticidad de proyectar una trituración para agregados.

No puede decirse en cuantas etapas ha de hacerse una trituración, lo que depende de varios factores tales como:

- A) Dimensiones máximas que pueden llegar a la machacadora primaria y frecuencia con que tales dimensiones pueden proceder del frente de explotación.
- B) Características del material que va a ser triturado resistencia a la trituración, naturaleza abrasiva o no del mismo y si es de consistencia

granular o laminada.

- C) En caso de material muy granulado, la última -- etapa de trituración debe tener una relación de reducción tan baja como sea posible para facilitar el control del producto final.

Cuando por no disponer de corriente eléctrica para el accionamiento de una trituradora, éste ha de hacerse por motor diesel, la potencia que el Diesel debe tener, debe ser 25% superior a la requerida en servicio continuo para el motor --- eléctrico, el objeto de asegurar una velocidad constante de la máquina ante las fluctuaciones de carga de la misma, lo cual - es esencial para el correcto funcionamiento de la trituradora.

La abrasión producida por el material a triturar - es la partida más importante en los gastos de entretenimiento - de una trituradora. Consiguientemente aquellas partes de la - máquina que están en contacto con la piedra deben tener una -- gran resistencia al desgaste.

El acero al manganeso auténtico (con 12/14% de Mn) es dentro de límites económicos, el material más empleado para tales revestimientos. Este acero tiene el inconveniente de -- que es extraordinariamente dúctil, estirando bajo el efecto de forja en frío causado por el constante golpeteo de las piedras y aún cuando tal forja produce su endurecimiento superficial, aumentando su resistencia al desgaste, tal endurecimiento no - penetra profundamente y la masa continúa estirando.

Por tal razón los revestimientos de acero al mangano deben estar proyectados de forma que estén previstos que aumenten las dimensiones, y no transmitan anormales esfuerzos a los bastidores de las trituradoras.

No puede hablarse de trituración sin referirse a control de la alimentación.

Las palas excavadoras o cargadores frontales deben tener tamaño adecuado al tamaño máximo de admisión de las trituradoras. La llegada a ésta piedra que no cabe por su boca produce pérdidas de tiempo.

Parte integrante de la instalación de trituración la constituyen las alimentaciones y de su elección acertada, tanto en el tipo como en sus dimensiones, dependerá en gran parte el rendimiento que de la instalación se alcance.

El alimentador de vaiven, admisibles para trituradoras de mandíbulas y giratorias, que siempre tienen gran cantidad de material entre los elementos trituradores, no está indicado en las trituradoras de impactos en las que la cantidad de material que en cada momento hay dentro de la máquina es muy reducida y una alimentación intermitente, como la proporcionada por estos alimentadores, no permiten que la máquina trabaje en forma regular. Ello se aprecia perfectamente en la cinta de evacuación del producto triturado, en lo que la carga dista mucho de ser uniforme.

Son muy empleados los alimentadores de cinta de láminas que proporcionan una alimentación más regular, bien accionados por trinquete o por un sistema de engranajes.

Debe considerarse la conveniencia, o no de instalar alimentadores filtrantes, que eviten la entrada en la trituradora de piedras de tamaño inferior al máximo de salida. Con ello se evita un trabajo innecesario, de la trituradora y alimentador se disminuye el porcentaje de finos y de hecho, se ve considerablemente aumentada la capacidad de la instalación de trituración.

Pueden ser vibratorios, de discos, de cadenas, de mallas colgantes o de barras elípticas. Todos ellos cumplen bien su cometido de eliminar los menudos o los estériles.

Es de primordial importancia el enclavamiento eléctrico de los motores de accionamiento de trituradora y alimentador, de forma que éste no puede marchar sin que aquélla este a su velocidad de régimen. Igualmente el alimentador debe parar ante una sobrecarga de la trituradora, sobrecarga que se produce cuando en ella entran seguidos varias piedras de gran tamaño, y restablecer su marcha al disminuir la carga del motor de la trituradora a un régimen normal.

C A P I T U L O III

LAVADO, CLASIFICACION Y ALMACENAMIENTO DE GRAVAS

Consideramos como gravas los agregados de tamaño superior a 4-5 mm.

CLASIFICACION:

Principios: Tiene por objeto separar de un agregado, todo lo menor de una cantidad determinada, sus distintos componentes de tamaños intermedios para: los tamaños superiores reducirlos a inferiores, eliminar los tamaños inferiores no utilizables o simplemente mantener separados los agregados entre tamaños adecuados para que en cualquier medida de las selecciones el tamaño de agregado se mantenga uniforme.

La clasificación se basa en llevar una partícula con una velocidad y dirección tal que permitan su paso a través de un agujero, sin que esta operación sea impedida por rebotes de la partícula contra las paredes del agujero o con otras partículas. Si se lleva una partícula a un agujero -- con una velocidad cero, con una dirección normal al plano -- del agujero en línea con el centro del mismo, supuesto el caso que las paredes del agujero tienen un espesor despreciable, la partícula pasará inmediatamente.

En la práctica no se puede cumplir con estas condiciones ideales, es necesario tratar grandes cantidades de material y es necesario hacerlo, por lo tanto con medidas me

cánicas. De esta forma las partículas se presentan en grandes cantidades, interfiriéndose entre ellas y con la abertura, se presentan con velocidades altas y con direcciones paralelas al plano del agujero, las aberturas de las mallas -- tienen un espesor considerable, frecuentemente superior a -- las medidas de las partículas. Al presentarse todo el agregado en conjunto muchas partículas menores que el agujero -- tardan en pasar por su rozamiento con las paredes del mismo o son rechazados debido a la vibración del agujero.

Se puede establecer matemáticamente la probabilidad de que una partícula pasa a través de un agujero de la siguiente forma:

Consideramos un agujero cuadrado de lado, una partícula esférica de diámetro $1/n$ siendo "n" un número cualquiera igual o mayor que la probabilidad "P" de que la partícula pasa a través del agujero de lado $1-1/n/n$ es:



$$P = \frac{(1 - 1/n)^2}{1^2} = \left(\frac{n-1}{n}\right)^2$$

La probabilidad de que la partícula toque el borde $1-P$ y $\frac{1}{P}$ será el número de agujeros necesarios para que una partícula pase a través de uno de ellos.

Dado el número de variables antes expuestas, velocidad, dirección, superficie, conjunto de partículas, distintos tamaños, espesor de las paredes del agujero, etc. es imposible aplicar unos coeficientes a la fórmula anterior que nos determinen las condiciones de cribado.

PROBABILIDADES DE CRIBADO

Tamaño de la partícula l/n	Probabilidad de paso de partícula sobre 1.000 - operaciones P'	Probable No. de agujeros para que una partícula pase a través de uno
0,001	998	1
0,01	980	2
0,1	810	2
0,2	640	2
0,3	490	2
0,4	360	3
0,5	250	4
0,6	140	7
0,7	82	12
0,8	40	25
0,9	9,8	100
0,95	2,0	500
0,99	0,1	10,000
0,999	0,001	1,000,000

Unicamente se puede señalar de esta tabla, la relación que existe entre el tamaño de la partícula y el tamaño del agujero. Demuestra que según se aproxima el tamaño de la abertura al tamaño del agujero aumenta extraordinariamente la dificultad del paso de la partícula a través del agujero, aún prescindiendo de todas las consideraciones anteriores de velocidad, dirección, etc.

De una experiencia hecha en la que se tomó una muestra de roca machacada y fué cribada en una criba de ensayo de malla 4,7 mm y el producto menor fué de nuevo cribado en malla de 3,33 mm recogiendo a distintos intervalos los productos obtenidos. Pasándolos y analizándolos se obtuvieron los resultados de la tabla 2.

T A B L A 2

TIEMPO TOTAL	-4.7 gr/m			-4.7 mm %						DEL TO TOTAL ALI MENTADO	INCREMENTO POR SEGUNDO		
	+3.3	-3.3	TOTAL	+3.3 mm		-3.3 mm		DEL TOTAL DE -4.7	DEL TOTAL -3.3 mm		+3.3	-3.3	TOTAL
				DEL TOTAL DE LA ALI MENTACION	DEL TOTAL DEL -4.7	DEL TOTAL DE LA ALI MENTACION	DEL TOTAL DE LA ALI MENTACION						
2 SEC.	21.6	239	260	0.98	1	3	10.8	12.5	21	12	11	119.5	130.5
4	42.6	464	506	2	2	2	5	21	14	40	23	10.5	123.0
8	86.5	735	821	4	4.5	11.5	33.5	38.5	64	37	11	68	79
16	202.0	1048	1250	9	10.5	27	47.5	55	91	57	14	39	53
1 MIN.	606	1147	1753	28	32	80	52	60	100	80	8.5	0.2	8.7
2	659	1147	1806	30	34.6	87	52	60	100	82	0.9	0	0.9
4	682	1147	1829	31	36	90	52	60	100	83	0.2	0	0.2
8	701	1147	1848	32	37	93	52	60	100	84	0.1	0	0.1
16	714	1147	1861	32.5	37.5	95	52	60	100	84.5	0.05	0	0.05
32	724	1147	1872	33	38	96	52	60	100	85	0.00	0	0
64	738	1147	1885	33.5	39	98	52	60	100	85.5	0.00	0	0
128	747	1147	1894	34	39	99	52	60	100	86	0.00	0	0
256	755	1147	1902	34.3	39	100.00	52	60	100	86.5	0.00	0	0

TIEMPOS EMPLEADOS EN CRIBAR 2197.7 gr. DE MATERIAL POR MALLA DE 4.7 MM

En ésta, analizando la columna de incrementos + 3,33mm se ve la forma en que se realiza el cribado. En los tres primeros intervalos el paso de las partículas pequeñas están interfiriendo por la masa de partículas finas que pasan, para cuando se llega al quinto intervalo de tiempo, la mayor parte del material - 3,33 ha pasado ya y para el final del sexto intervalo ha pasado también la parte más fina del tamaño del cribado que corresponde sobre todo en los últimos intervalos al paso del material de tamaño 0,9 y más del diámetro de la malla.

De esto se deduce que una condición que afecta a la capacidad del cribado de una malla es la proporción de partículas de tamaño próximo al de la abertura. Los tamaños mucho menores pasan más rápidamente, se comportan casi como un fluido y una variación importante de la cuantía de los mismos no afecta a la capacidad de cribado.

De la misma forma las partículas mucho mayores que la abertura resvalan sobre la malla. Dejan sobre ella espacios suficientes para que fluya a través de ellas el material fino.

Unicamente las partículas de tamaño próximo al de la abertura no dejan entre sí grandes espacios para el paso de material fino y estas partículas con dificultad a través de la malla o se encajan en ella, tugiéndola y disminuyendo la capacidad de cribado de la misma.

La experiencia ha demostrado que los tamaños perjudiciales para el cribado, son los comprendidos entre el 1,5 y 0,75 veces el tamaño de la abertura.

El conjunto del material a cribar se presenta en masa con todos los tamaños de partículas revueltas, hay --

partículas gruesas en contacto con la malla y gruesas en los finos. Todo este conjunto tiene una cierta cohesión que debe romper la malla, bien sea por vibración, por golpe, etc.. Para que se altere el orden de colocación de los tamaños --- gruesos en los finos y puedan pasar éstos, estas vibraciones deben ser tales que rompan la cohesión del conjunto y en cambio no hagan perder el contacto del material con la malla.

EFICIENCIA

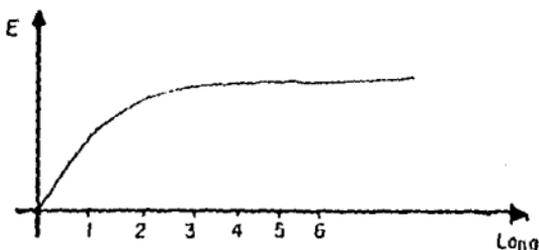
Viene a determinar la perfección de un cribado ó -- clasificación, aunque hay diversas opiniones en la forma de determinarlo. Indica la relación entre lo obtenido realmente en una clasificación y lo que había que clasificar en el producto a tratar.

Algunos autores llaman eficiencia a la relación:

$$E = \frac{\text{Paso del tamaño menor del agujero que ha pasado a través del mismo}}{\text{Paso del tamaño menor del agujero contenido en el producto tratado}}$$

Se utiliza cuando la operación consiste en quitar a un producto los tamaños mayores. A ésta fórmula objetan algunos que se deben aplicar únicamente a los tamaños críticos de malla.

EFFECTO DE LA LONGITUD DE LA MALLA DE UNA CRIBA EN SU EFICIENCIA



$$E = \frac{\% \text{ real de tamaño mayor en la alimentación}}{\% \text{ de la alimentación retenido}}$$

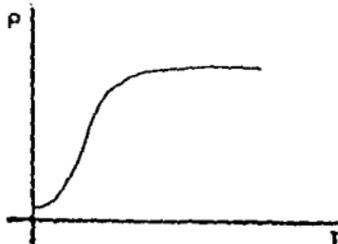
Efecto de la longitud de la malla
de una criba en la eficiencia.

Como se ve en la gráfica anterior, en la que se ha cribado un material de $-3'' + 1/8''$ en 3 cribas de 3 pies de ancho con una malla cuadrada a 1200 r.p.m. y excentricidad de 0,154" y con longitudes de malla de $2' \times 8''$; $5,4'' \times 8''$.

Al aumentar la longitud de la criba no aumenta -- proporcionalmente la eficiencia de la misma, es aproximadamente en la relación largo ó ancho igual a 2 donde se encuentra la máxima eficiencia, para un mismo producto tampoco es proporcional a la alimentación, y con poca alimentación el material tiende a saltar y no pasa por la malla, con un exceso de material aumenta la capacidad del mismo dificultando el paso del material.

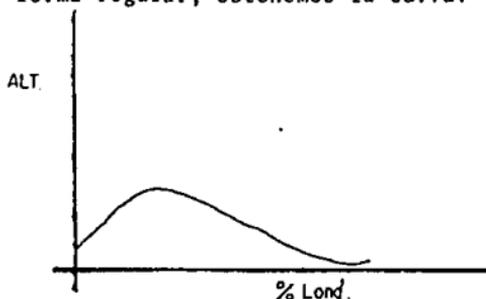
Capacidad para una criba. - Es la aptitud que tiene para el material para que pase a través de ella.

Si representamos en abscisas los tiempos de cribado y en ordenados pesos el material menor de la malla que pasan con intervalos de tiempo cortos y regulares, obtendremos la curva peso-tiempo



Curva Peso-Tiempo de una Criba.

Si representamos en abscidas los % de longitud de una criba y en ordenadas las alturas que tomaría el material menor que la malla que pasa a través de la misma, alimentando la criba en forma regular, obtenemos la curva:



Curva longitud-altura del material aplicado en una criba.

El examen del material obtenido según los ensayos citados muestra que en ambos casos el material que primero - pasa tiene como tamaños superiores los de medida 0,7 del tamaño de la malla, a medida que pasa el tiempo van aumentando los tamaños de medidas más aproximadas al tamaños de la malla.

Si variamos la alimentación añadiendo gruesos de tamaño próximo a 1,5 veces el tamaño de la malla, las curvas no varían. Si variamos la alimentación añadiendo o quitando tamaños menores que el 0,7 del tamaño de la malla varían los principios de las curvas rápidamente. Pero si -- variamos la proporción de tamaños próximos al tamaño de la - malla la variación de las curvas será lenta.

En resumen, la capacidad de una criba viene deter^uminada por su aptitud para pasar las partículas difíciles, ó sea, los tamaños próximos al tamaño de la malla, en los tama^uños de medida menor que el 0,7 del tamaño de la malla se com^uportan como un fluido y pasan de forma inmediata.

HUMEDAD.- Si hacemos los ensayos de las curvas anteriores con un material completamente seco, y hacemos de nuevo la prueba añadiendo al material un 3 ó 4% de agua, vemos que la curva disminuye la pendiente de la primera parte de la criba y en la segunda disminuye la altura máxima de la curva, estos efectos aumentan a medida que aumenta el grado de humedad de la mezcla, según la naturaleza del material que se trate, estas variaciones tienen su máximo efecto con una humedad de un 15 a un 20%, esto es debido a que el agua apelmaza el material disminuyendo la facilidad de paso de los tamaños finos, un aumento mayor de la cantidad de agua devuelve de nuevo la facilidad del peso de finos y un aumento superior hace que el paso de los finos se realice a mayor velocidad que con el producto seco.

TIPO DE TRABAJO

Tamaño agujero	Pesado	Semipesado	Medio	Ligero
4"	64,0	70,9	74,8	79,0
3"	64,0	68,0	73,5	79,0
2"	58,0	64,0	70,9	74,8
1½"	56,3	64,0	68,5	73,4
1"	52,9	58,0	64,0	66,6
¾"	49,8	56,3	61,4	63,4
½"	49,8	52,2	54,5	57,1
⅜"	46,1	48,7	51,4	54,1
¼"	39,4	42,2	45,6	49,6
⅜"	33,8	37,2	45,1	49,1
5/32"	32,2	36,9	43,5	51,2

SUPERFICIE DE CRIBADO. - La malla de la criba puede estar formada por hilos de alambre y entonces serán los agujeros cuadrados o rectangulares, por chapa perforada y pueden ser redondos o cuadrados y por barras en cuyo caso pueden ser los agujeros cuadrados y rectangulares.

La medida de la malla viene definida por las medidas interiores del agujero.

Si a ese lado del cuadrado de la malla, d es el diámetro de alambre de la malla, el % de huecos de la malla es:

$$F = \frac{a^2}{(a+d)^2}$$

es interesante esta relación, pues cuanto menor sea el diámetro del alambre de la malla, mayor es la capacidad de cribado de la misma, en cambio el desgaste es prematuro con el consiguiente cambio de malla, sobre todo en trabajos con material abrasivo.

En general se emplean en la construcción de mallas de cribas aceros de alta resistencia al desgaste dureza-Brinell, 450.

El tanto por ciento de huecos que conviene utilizar, varía según la naturaleza del trabajo y de ello depende la abertura de la malla, según la tabla anterior.

La equivalencia entre los agujeros redondos y cuadrados de las mallas para obtener el mismo tipo de producto, y sobre la alimentación que se debe dar a los agujeros de unas mallas debido a la inclinación de las cribas y para obtener grados de eficiencia comprendidos entre el 90y 95% son los que figuran en la tabla siguiente:

Sobremedida en malla cua- drada para 19° de incli- nación	Sobremedida en malla re- donda para 7° de incli- nación	Malla redonda equivalente	Malla cuadrada
1/8	3/32	1/8	5/32
3/16	5/32	3/16	1/4
1/4	3/16	1/4	5/16
5/6	1/4	5/16	3/8
3/8	5/16	3/8	1/2
1/2	3/8	1/2	5/8
5/8	1/2	5/8	3/4
3/4	5/8	3/4	1
7/8	3/4	7/8	1 1/8
1	7/8	1	1 1/4
1 1/8	1	1 1/4	1 9/16
1 1/4	1 1/8	1 3/8	1 3/4
1 3/8	1 1/4	1 1/2	1 7/8
1 9/16	1 1/2	1 3/4	2 1/4
1 7/8	1 3/4	2	2 1/2
2	1 7/8	2 1/4	2 3/4
2 1/8	2	2 3/8	2 15/16
2 1/4	2 1/8	2 1/2	3 1/8
2 1/2	2 1/4	2 3/4	3 1/2
2 3/4	2 1/2	3	3 3/4
3	2 3/4	3 1/4	4
3 1/4	3	3 1/2	4 3/8
3 1/2	3 1/8	3 3/4	4 3/4
3 3/4	3 5/16	4	5
4 1/2	4 1/4	5	6 1/4
5 1/2	5 1/4	6	7 1/2

TIPOS DE CRIBAS

PARRILLAS DE CRIBADO Y MALLAS FIJAS

Formadas como su nombre indica por mallas fabricadas por barras o carriles que dejan entre ellas agujeros de forma rectangular de 100 a 125 x 60 mm, sirven únicamente para hacer una separación vasta de los tamaños muy finos de los muy grandes, para capacidades pequeñas se obtienen eficiencias más bajas todavía. Se pueden colocar horizontalmente o con inclinaciones pequeñas, para aumentar su eficiencia originando entonces el problema de la eliminación de las gruesas retenidos o con inclinaciones altas hasta 45°, aumenta entonces la capacidad bajando considerablemente su eficiencia.

Para aumentar la capacidad de estos elementos, se los puede colocar suspendidos y se da una ligera vibración o golpeteo por medio de una biela excéntrica.

TROMELES O CRIBAS GIRATORIAS.

Formados por un bastidor cilíndrico o cónico forrado por chapas perforadas, gira alrededor de un eje central apoyado en cojinetes exteriores, o sobre dos anillos de rodadura apoyados en dos ruedas locales cada uno de ellos.

Han sido muy utilizados antes de la aparición de las cribas vibratorias.

Tienen como principal ventaja a su favor que el producto introducido dentro del mismo, por golpes contra las paredes del tromel o con el mismo material, se desprende en gran parte la costra de impureza que puede tener el material, su inconveniente el gran volumen que ocupan con relación a las cribas y su baja eficiencia en la clasificación.

Pueden tener los tromeles una o dos capas de mallas, en general suelen estar dispuestas las mallas de distinto tamaño unas a continuación de otras, esto tiene el inconveniente de que la malla más fina recibe la totalidad del material con los productos más gruesos, y siendo la malla de menor capacidad, es la que trabaja en condiciones peores.

Se da a los tromeles una pendiente en el sentido de flujo del material de 5 a 7°, en los tromeles cónicos esto se consigue dejando el eje del tronco de cono horizontal y dando esta pendiente a la generatriz del cono, y en los tromeles cilíndricos inclinado al eje del cilindro, en este aspecto es favorable el tromel cónico.

La velocidad periférica varía entre 0,8 y 1,2 m/s en función del diámetro del tromel de 610 a 2.000 mm y de diámetro.

Al aumentar la velocidad varía la capacidad y la eficiencia, aumentando la velocidad la capacidad del tromel hasta el momento que el material tiende por fuerza centrífuga a girar con el tromel. La eficiencia máxima se obtiene cuando el material es obligado a alcanzar una altura igual a un tercio del diámetro del tromel.

En la gráfica siguiente indicamos la variación de la eficiencia en función del número de revoluciones en el tromel de diámetro 915 mm; longitud 3.660 mm; pendiente 10,4% chapa perforadas con agujeros redondos de 12,7 mm. de diámetro, tanto por ciento de huecos en el paño 40,3.

Las condiciones ideales para un buen cribado son:
Traslación rápida, lo que supone aumento de la capacidad.

Contacto continuo de la superficie, aumenta la eficiencia por mayor número de contactos de cada partícula por los agujeros.

Rotación de la partícula sobre el eje, aumenta la eficiencia por cambio de forma de presentación.

Expulsión de las partículas que no pasan.

La traslación rápida se obtiene aumentando la inclinación o con alta intensidad de vibración, al aumento excesivo de velocidad disminuye la eficiencia.

El contacto continuo se obtiene disminuyendo el ángulo de inclinación y el aumento de espesor de la capa de partículas.

Al disminuir el ángulo disminuye la capacidad y aumenta la eficiencia y al aumentar el espesor de la capa disminuye la libertad de movimiento de la partícula y por tanto la eficiencia.

La rotación se consigue por el rozamiento de las partículas con la superficie vibrante en caso de no ser horizontal varía entre 15 y 20°.

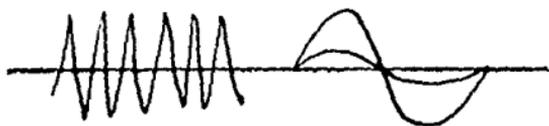
En cribas horizontales se sustituye el efecto de la gravedad de las cribas inclinadas por la acción de resortes.

La eficiencia llega hasta el 80% trabajando en seco y varía del 45 a 70% en trabajo por vía húmeda, pero puede bajar al 10% cuando hay mucho material del tamaño difícil y el tromel está sobrecargado.

CRIBAS VIBRATORIAS

Consisten en unas superficies perforadas, planas o con ligeras curvaturas, más o menos inclinadas, animadas de un movimiento vibratorio de poca amplitud, y comparativamente a la frecuencia. Pueden ser de uno a varios pisos (Cuatro como máximo).

Son dos los tipos fundamentales de cribas vibratorias; uno se caracteriza por el movimiento de los puntos de la superficie de la criba está animado de un movimiento rectilíneo alternativo, y en el otro tipo de movimiento es de forma circular o elíptica, se procura que el plano definido por el movimiento sea normal al plano de la superficie de criba.

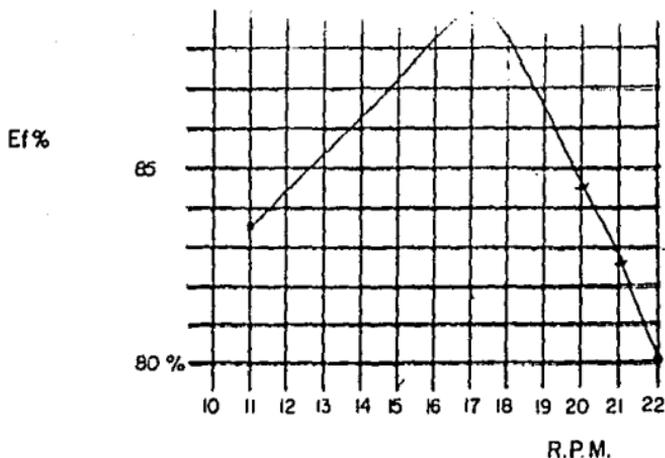


Tipos de movimiento en cribas vibratorias

La velocidad a lo largo de la trayectoria descrita no es uniforme en la mayoría de los casos.

La intensidad de la vibración viene dada por el producto de la frecuencia por la proyección de la trayectoria sobre una perpendicular al plano de la criba.

Y se aplica a la superficie de la malla por diversos procedimientos mecánicos o electromagnéticos.



Variación de la eficiencia en función del número de revoluciones en un tromel.

El diámetro del tromel determina el espesor de la capa de material admisible en el mismo, aumenta el espesor - cpm el diámetro suelen oscilar entre 900 y 1,200 mm.; la relación del diámetro a la capacidad viene dada por la fórmula:

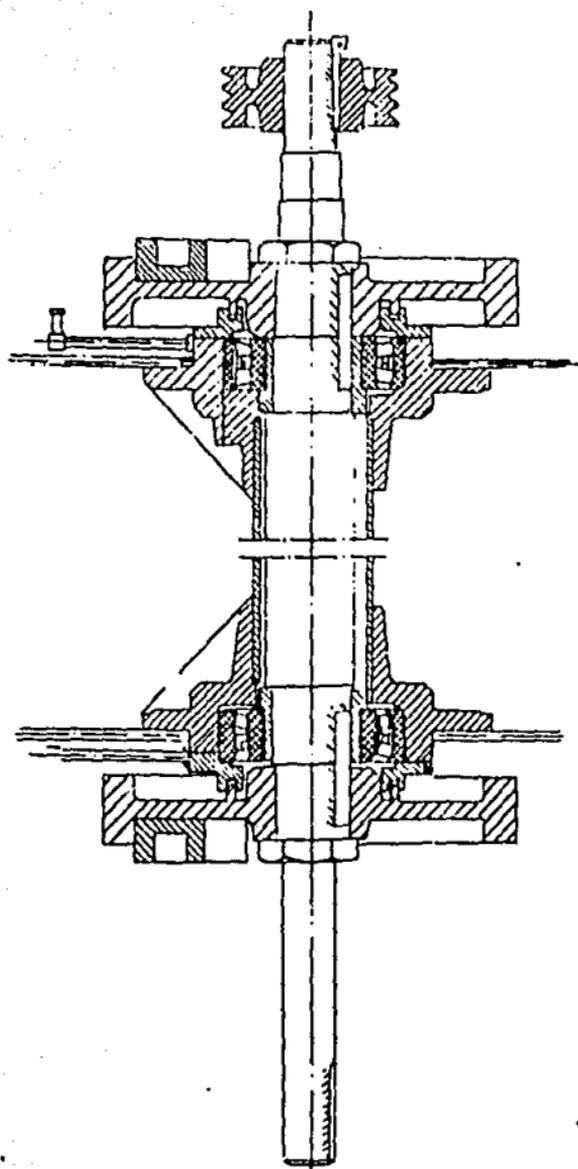
$$D = 7,66 \sqrt{W/d}$$

en la que D = diámetro del tromel en pulgadas

W = capacidad deseada en tn/h

d = densidad del material

La longitud del tromel afecta a la eficacia del cribado, aumentando la longitud es mayor el número de finos que pasan a través de la malla. Por otro lado la mayor parte de los finos pasan en los primeros 600 mm. Se admite como longitud de cada malla de 1,5 a 4,5 m; pero rara vez se pasa de los 3 m, de longitud en cada tamaño de malla. La capacidad del tromel aumenta con el diámetro, la velocidad, la pendiente con el tamaño de los agujeros, disminuye con el % de tamaños difíciles.



CAPACIDAD BASICA PARA CRIBA VIBRANTE

Abertura	Tamaño que Pasa	Diámetro del alambre	% de huecos	Tn. totales por pie cuadrado y hora	
				Excéntrica	Contrap
4	3 3/4	3/4	71	16,6	
3	2 3/4	5/8	68	14,6	
2 1/2	2 1/4	1/2	69	13,5	
2	1 7/8	3/8	70	12,9	
1 3/4	1 5/8	3/8	68	11,9	
1 1/2	1 3/8	5/16	68	11,5	9,2
1 1/4	1 1/8	1/4	70	10,9	8,8
1	7/8	0,225	67	10,4	8,5
3/4	5/8	0,192	63	9,3	7,5
1/2	3/2	0,162	57	8,2	6,5
1/4	4,8	0,10	50	6,2	5,0

Las cribas se componen de un bastidor rígido en el que se apoya el elemento que produce la vibración y al cual están sujetas y tensadas las mallas de cribado.

Hay una enorme variedad de dispositivos para producir el movimiento vibratorio en las cribas.

Hoy en día se emplean fundamentalmente dos sistemas:

Accionadas por ejes excéntricos equilibrado, el eje tiene cuatro rodamientos, dos fijos en el bastidor y dos apoyados en un chasis exterior al bastidor de la criba, según la figura A.

Además, suelen llevar unos apoyos auxiliares bien de ballestas, de muelles o de goma.

FACTORES DE CRIBADO

1	Sobremedida	Eficiencia E	Tamaño mitad H	Humedad m
4				1,0
5				0,8
6				0,6
7				0,5
8				0,4
9				0,3
10	1,4		0,4	0,2
20	1,3		0,6	
30	1,2		0,8	
40	1,1		1,0	
50	1,0	2,0	1,2	
60	0,9	1,8	1,4	
70	0,8	1,6	1,6	
80	0,7	1,4	1,8	
90	0,6	1,2	2,0	
92		1,0		
94		0,8		
96		0,7		
98		0,6		

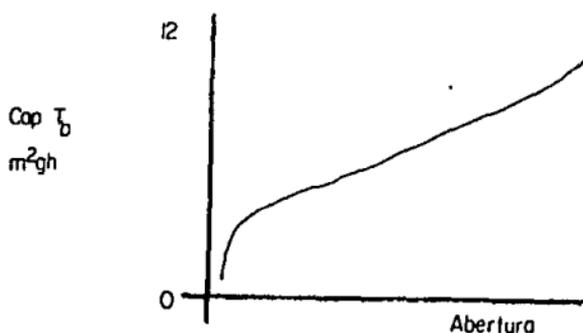
RELACION ENTRE EL TAMARCO DEL AGREGADO b a CLASIFICAR
Y LA ABERTURA DE LA MALLA

Tamaño del producto	Malla inclinada 20° agujero cuadrado	Malla inclinada 25° agujero cuadrado
4	4 1/2	4 3/4
3 1/2	4	4 1/4
3	3 1/2	3 3/4
2 1/2	3	3 1/8
2	2 3/8	2 1/2
1 1/2	1 5/8	1 3/4
1	1 1/8	1 1/4
7/8	1	1 1/8
3/4	7/8	5/16
5/8	3/4	13/16
1/2	5/8	11/16
3/8	1/2	9/16
1/4	3/8	7/16

FACTORES DE CORRECCION

de tamaño mayor de agujero de criba - en la alimentación	Factor M	de tamaño mitad de la malla en la alimentación	Factor K
10	0,94	10	0,7
20	0,97	20	0,8
30	1,03	30	0,9
40	1,09	40	1,0
50	1,18	50	1,2
60	1,32	60	1,4
70	1,55	70	1,6
80	2,00	80	1,8
90	3,60	90	2,0

Los datos de capacidad, eficiencia, las correcciones a efectuar por la proporción de tamaños difíciles en la alimentación y demás coeficiente de corrección suelen dar las los fabricantes de las máquinas.



Capacidad básica para cribas vibratorias

La fórmula que da las toneladas/hora que se pueden tratar a la superficie necesaria es:

$$T = S \times T_b^X \times M \times K \times Q$$

En la Q es un coeficiente que depende de la humedad del material de la densidad el mismo, de la naturaleza en la superficie de la criba; algunos valores de Q son:

Mateiral con humedad superior al 6%	0,75	0,85
Material seco machacado. Unidad inferior al 4%	1,00	
Material seco canto rodado. Unidad inferior al 4%	1,25	
Material con adición de agua para la vado	1,25	

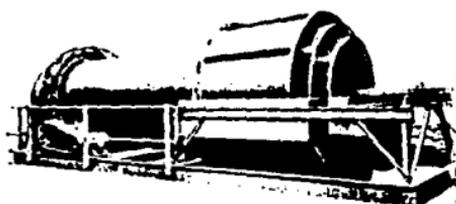
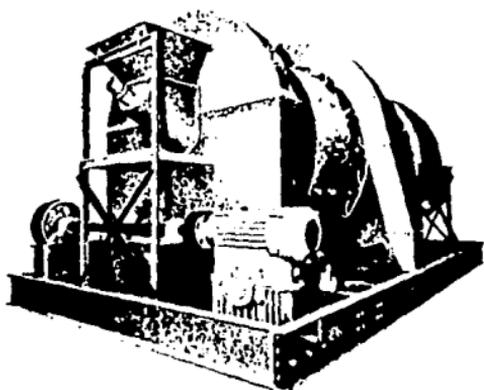
En la que Tl: = toneladas hora de alimentación.

S: = superficie por el % de la alimentación mayor que el agujero de la criba.

E: = Coeficiente por el % de eficiencia que se quiera obtener.

del tromel los cojilones elevan el agregado y lo dejan caer, con el golpe del agregado sobre sí mismo y sobre las paredes del tromel, se consigue el desprendimiento total de las impu- rezas salen del lado de la alimentación y el agregado limpio por el lado opuesto.

La cantidad de agua a emplear para el lavado de - agregados es variable dependiente del % de impurezas conteni- das, y de la naturaleza de las mismas, el volumen de agua a proveer es de 1 ó 2 m³ por tonelada/hora de material tratado.



Con el lavado de los agregados es necesario tener en cuenta que lo largo de su tratamiento por golpes sobre sí mismos van produciendo finos que quedan pegados a los mismos, éstos se producen en todos los puntos de la instalación y es muy difícil su eliminación sobre todo en los tamaños más -- gruesos.

Se discute la conveniencia de su eliminación, en algunas instalaciones de mucha capacidad se llega incluso, - después de una preparación total de los agregados por vía hú- meda, en un último lavado encima de cada uno de los hilos de la torre de concreto.

ENSILADO

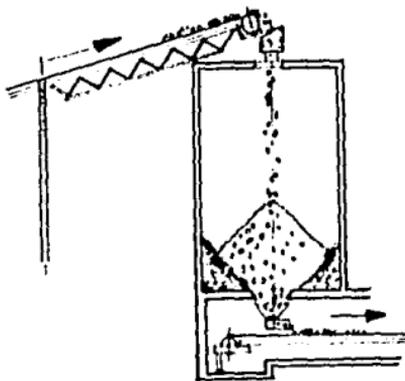
Puede hacerse en silos abiertos o cerrados, depen de del volumen a ensilar y de las exigencias que se tengan con los agregados.

Hoy en día se llegan a volúmenes importantes sobre todo en la construcción de presas, volúmenes de hasta 20 y 25,000 m³ de agregados en silo cerrado, pues se exige que los agregados no estén a la intemperie.

Una cosa fundamental en el ensilado de los agregados es evitar la segregación de los distintos tamaños contenidos dentro de cada tamaño de agregados.

La forma más segura de conseguirlo es que el vertido del agregado se efectúe sobre el vértice del cono de salida del agregado.

Se procura que al clasificar los agregados, los límites superior e inferior dentro de cada tamaño estén dentro de la relación 2 a 1.



Vertida del agregado sobre el vértice del cono de salida

Las medidas normales son:

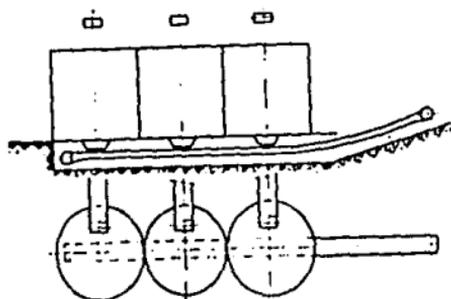
150 x 75,	75 x 38,	38 x 19
120 x 60,	60 x 30,	30 x 15

Univamente en las gravillas finas esta relación -
suele ser mayor de 4 a 5.

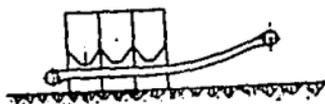
19 x 4,8

15 x 3

Teniendo en cuenta el evitar la segregación, la -
elección de cualquier forma de ensilado puede ser buena, de-
pende del terreno y como hemos dicho antes de las exigen-
cias que se tengan con el agregado.



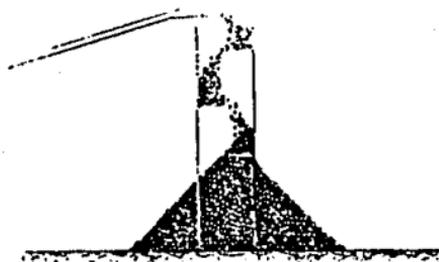
Silos apoyados en el suelo como galería
inferior de salida



Silos elevados con recogida inferior por cinta

En caso de silos cerrados, pueden ser metálicos o
de fábrica de sección circular, cuadrada o rectangular.

En caso de silos metálicos pueden estar elevados
o apoyados en el suelo con una galería inferior de recogida.



Escalera de caída de piedra.



Silos abierto aprovechando una ladera.

En esta forma de ensilada, sobre todo con los tamaños gruesos, existe el peligro de la fragmentación de la piedra que se produce en la caída, la formación del polvo para entrar, etc. se viene a construir escaleras de caída de piedras.

Aprovechando laderas inclinadas, es frecuente el ensilado abierto construyendo una pantalla de retención y colocando en la misma tolva de subida según se ve en la figura anterior-inferior.



Vertido correcto en un ensilado de gran volumen.

H: = Coeficiente por $\frac{1}{2}$ de alimentación menor que la $\frac{1}{2}$ del agujero de criba.

m: = Coeficiente por el $\frac{1}{2}$ de humedad en la alimentación.

La fórmula que relaciona la superficie de criba - con las toneladas hora a tratar es la siguiente:

$$T - TM = SXTbXBXCXD XEF$$

en la que:

T = Tonelada a tratar.

TM = Toneladas de tamaño mayor que la abertura de la malla contenidos en T.

S = Superficie útil de la malla en pies cuadrados.

Al dimensionar con exceso los elementos de la instalación ésta resulta más seguro, de mejor calidad y más cara.

LAVADO.

Tiene por objeto eliminar de las gravas todas las materias extrañas a las mismas que puedan tener.

Pueden ser ajenos a las gravas, tales como raíces, trozos de ramas, arcilla, tierra vegetal, o pueden ser también productos más finos procedentes de las gravas, producidas en el proceso de su fabricación y que quedan adheridas a las mismas.

El proceso de eliminación varía según la naturaleza de las impurezas y del grado de adherencias que tengan -- con las gravas.

Tanto las crivas como los tromeles sirven perfectamente para el lavado de las gravas en el caso de eliminar impurezas que no esfen fuertemente adheridas, basta con hacer el cribado con adición de agua, esta adición de agua se hace por medio de chorros distribuidos uniformemente a lo -- largo del eje del tromel o en la superficie de la malla.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En cribas de varios pisos, se puede poner agua - en uno o en todos los pisos, aunque es aconsejable ponerlos en todo. Este lavado, como hemos visto antes, facilita el cribado, pues aumenta la capacidad básica de la superficie de la criba.

De esta forma no hay ninguna dificultad con los productos finos que pasa a través de las mallas más finas - de gravas y se incorporan a las arenas de donde deben ser - eliminadas.

En el caso de que se presenten raíces o trozos, conviene recoger las gravas con hélices decantadoras.

Por flotación arrastra el agua las impurezas por la parte posterior de la hélice y en el otro extremo se recogen las gravas.

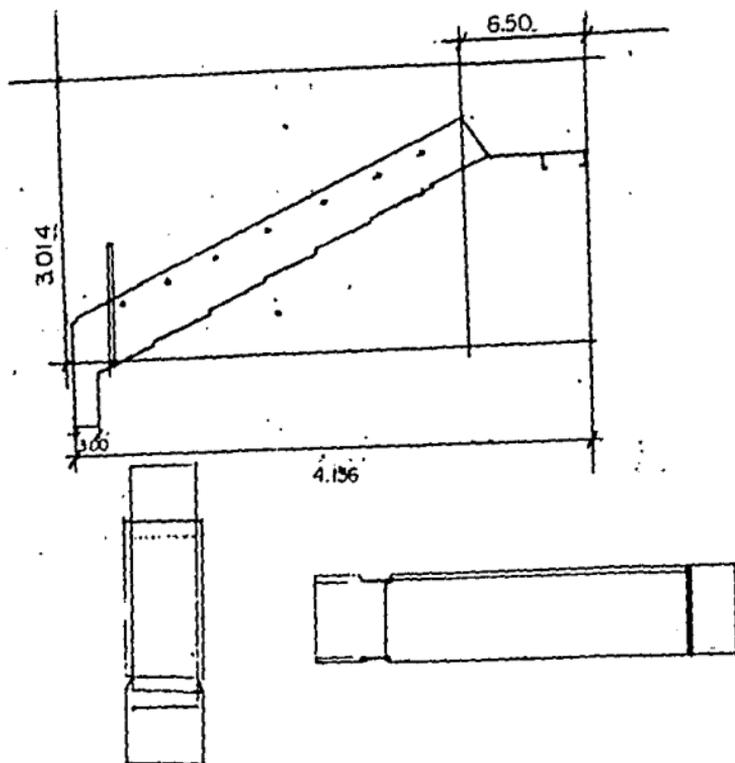
Otros medios de lavado de las gravas son: rampas de lavado o tromeles de lavado.

RAMPAS DE LAVADO.

En caso de mayor adherencia de las impurezas de la grava o en caso de que las gravas tengan contras adheridas de fácil eliminación es frecuente el empleo de una rampa en forma de escalón sobre la cual se aplican una serie - de chorros de agua a presión de forma que en los escalones se hace rodar y chocar entre sí las gravas, eliminando de - esta forma las arcillas u costras adheridas en los agrega-- dos.

Las rampas suele tener una pendiente de unos 25° y el número de profundidad de los escalones varían según los distintos fabricantes.

Para que el agregado quede limpio del todo es -- aconsejable que las cribas utilizadas a continuación tengan también su correspondiente riego.



TROMELES LAVADORES

En caso de costras duras de difícil eliminación es necesario el empleo de tromeles lavadores.

Consisten en cilindros de chapa provistos de conchilones según generatrices del cilindro.

El cilindro tiene una pendiente de unos 5°, el material y el agua circulan en sentido contrario, con el giro



Vertido incorrecto en un ensilado de gran volumen.

En ensilados grandes, las cargas sobre la pantalla suelen ser muy considerables.

Los ensilados muy grandes se hacen vertiendo el agregado con camión, es aconsejable en este caso en lugar de verter el agregado en el borde del silo, verterlo en la base y empujarlo con un bulldozer. (Figuras anteriores).

El movimiento de los agregados entre la clasificación, lavado, ensilado, etc., se hace por medio de canalones por gravedad, por bandas transportadoras, elevadores de anjilones, alimentaciones, etc.

CINTAS TRANSPORTADORAS.

Puede ser:

- Planas con o sin nervios.
- Cóncavas con o sin nervios.

Los principales elementos del transportador son:

- Tambor de cabeza
- Tambor de cola
- Cuerpos intermedios
- Tensor

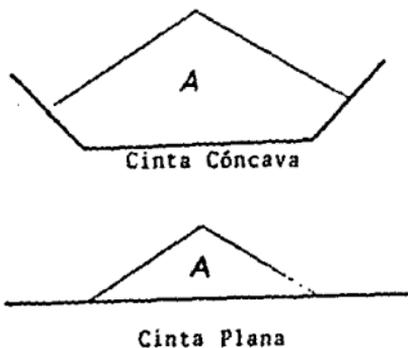
Pueden ser matrices tanto el tambor de cabeza como el de cola, aunque frecuentemente suele ser el de cabeza.

El tensor suele ser el tambor de cabeza a cola -- que no sea motor y frecuentemente se coloca en un punto intermedio.

El tensor puede ser de tornillo a contrapeso, el tensor de tornillo sólo es recomendable en cintas cortas, es mejor el de contrapeso que mantiene con regularidad la misma tensión de la cinta .

Las transportadoras se definen por la capacidad de transportes y por el tamaño máximo de los elementos que transportan. El ancho se define por la capacidad y el tamaño del producto o transportador.

La capacidad de transporte de una cinta de un ancho determinado se define por la superficie que en una sección de la misma ocupa el material a transportar. (Figuras siguientes):



Ancho de la banda m/m	Máximo tamaño Clasificado	Todo uno	Superficie de la sección del material a m ²	Capacidad de transporte - con velocidad 1 m/s m ³ /h
300	40	70	0,0070	25
350	50	75	0,0097	39
400	65	100	0,0128	50
450	75	125	0,0164	58
500	90	150	0,0204	78
600	110	200	0,0300	106
750	170	300	0,0481	172
900	200	350	0,0712	254
1000	250	500	0,0892	300
1200	300	600	0,1340	470
1400	300	650	0,1890	670

Los americanos dan la siguiente fórmula empírica para el valor de A.

$$\text{Para cinta plana } A = 0,008 (B + 4,6) B_2$$

$$\text{Para cinta cóncava } A = 0,016 (B + 4,6) B_2$$

$$B = m^2 \quad A = m^2$$

La capacidad de transporte viene definido por:

$$Q = 3.600 \times f \times A \times v$$

Q = toneladas hora

f = paso específico t/m³

v = velocidad m/s

ESFUERZO MOTOR

Es la suma de todas las fuerzas necesarias para vencer la resistencia del movimiento de la banda y de la carga y son:

- a) Resistencia que se oponen al movimiento de la cinta en vacío:
f.qs

f = coeficiente de rozamiento f para el bronce
0,05

rodamiento montaje normal 0,03

rodamiento montaje especial 0,025

qs = peso de las partes móviles por m. lineal Kg.

banda y rodillo superior 62%

banda y rodillo inferior 31%

Tambor cabeza y cola 7%

En caso de tener más tambores de reenvío

$(1 + r) \cdot f \cdot qs$

r = rozamiento de tambores adicionales

	Bronce rodamiento	
r1 en ramal cargado	0,02	0,01
r2 en ramal vacío	0,01	0,005
r3 tensor vertical con prendidas las poleas de reenvío	0,06	0,03

b) Resistencia al movimiento de la carga

f para bronce 0,05

rodamiento montaje normal 0,03

rodamiento montaje especial 0,025

qs = peso del material transportado por m de banda = $\frac{Q}{3,6V}$

V = velocidad en metros por segundo

c) Fuerza para elevar el material del desnivel H en m. salva
do por la cinta:

$$qm_H = H \frac{Q}{3,6V}$$

qm positiva en transportador ascendente

qm negativa en transportador descendente

d) Resistencia de descargadores fijos o móviles.

$r = x F_o + 1,4 q_m$, para un descargador
 $n_s r_s = n_s (x F_o + 1,4 q_m)$ para n_s descargador

$F_o = f (q_s + q_m) (L + L_o) + q_m H$

$x = 0,03$ para cojinetes de bronce

0,015 para cojinetes de rodillos

$L_o =$ el esfuerzo total motor para vencer resistencias fijas del transportador equipado en m. de cinta

$L_o = 60m.$ para rodillos montados en bronce

$L_o = 30m.$ para rodillos sobre rodamiento

La fuerza total F para mover la cinta será:

$F = f q_s (L + L_o) + f q_m (L + L_o) + q_m H + n_s (x F_o + 1,4 q_m)$

siendo $L =$ a longitud de la cinta entre ejes de tambores.

Por otra parte $F = T - t$

Siendo T tensión máxima de la rama cargada del transformador

t tensión mínima en la rama vacía del transformador

Por la adherencia de la banda donde en transformador se tiene:

$$\frac{T}{t} = e^{\mu \alpha}$$

Después de la última ecuación deducimos los valores de T y t .

$$t = F \frac{1}{e^{\mu \alpha} - 1}$$

$$T = F \left(1 + \frac{1}{e^{\mu \alpha} - 1} \right)$$

Siendo el coeficiente de adherencias, en los ensayos de laboratorio se da para entre goma y hierro 0,5 y entre goma y goma 0,8-0,9. Pero en la práctica, debido el polvo, etc. se toma para los valores 0,23 y 0,30-0,35;

α	TENSOR DE TAMBOR DESNUDO	TORNILLO TAMBOR FORRADO	TENSOR DE TAMBOR DESNUDO	CONTRAPESO TAMBOR FORRADO
180	1	0,84	0,64	0,52
210	0,81	0,67	0,50	0,40
240	0,66	0,55	0,40	0,32
270	0,55	0,45	0,32	0,25
300	0,46	0,37	0,26	0,20
330	0,39	0,31	0,22	0,16
360	0,34	0,26	0,18	0,13
390	0,29	0,22	0,15	0,11
400	0,25	0,19	0,13	0,09
450	0,22	0,16	0,11	0,07
480	0,19	0,14	0,09	0,06

α es el ángulo abrazado por la banda en la polea matriz.

Los valores de

$$\frac{1}{e^{\alpha} - 1}$$

valores experimentales, se dan en la tabla anterior:

La tensión mínima de la banda de goma para evitar las excesivas flexiones de la misma sobre los rodillos no debe ser inferior a:

$$t_0 = 50 \text{ mt. } B$$

siendo mt. el número de lonas de la banda y B el ancho de la cinta en m.

POTENCIA DE MOTOR

Conocida F, tenemos que:

$$\text{La potencia } N = \frac{F_v}{75}$$

Conocidas T y t se tiene la tensión total máxima de la banda del trasportador.

La inclinación máxima de la cinta varía con el material si es canto rodado o piedra machacada, si es piedra clasificada o material todo uno, y del grado de humedad, aunque suele admitirse pendientes hasta de 22°, no es aconsejable pasar de 18° con bandas de goma sin nervios, para evitar el retroceso del material.

BANDAS DE GOMA

Conocida la tensión máxima de la banda, es necesario definir el número de lonas.

$$N_t = \frac{T_{\max}}{100 BK c}$$

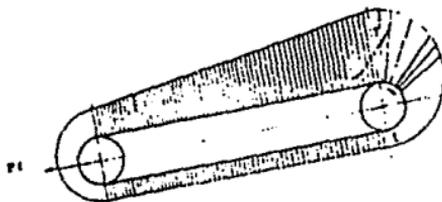
N_t = número de lonas

T_{\max} = definida T, t F y las características de la cinta

K_c = coeficiente de trabajo admisible en las lonas.

Valores de K_c

Peso de la lona Kgs, m ²	0,82	0,93	1,04	1,22
Carga de trabajo Kc Kg, por cm	5	5,8	6,5	7,6



Distribución de tensiones en una
Cinta Transportadora

Las características mecánicas de la goma pueden verse en la tabla siguiente:

Calidad de goma

Carga de rotura a tracción Kg m ²	56-70	100-140	170-210	250-280
Alargamiento %	250	400	450	500
Aherencia mínima con la tela Kg/m ²	2,2-2,7	2,2-2,7	2,9-3,4	3,6-4,3

En un transportador con tambor de cabeza motriz y tambor de cola tensor, la distribución de tensiones sería la del dibujo anterior.

RECUBRIMIENTOS

Para evitar el desgaste prematuro de la banda conviene que los recubrimientos sean proporcionales al trabajo que deben efectuar.

Valores normales de los recubrimientos

Recubrimiento superior	1,5	3-5	6-9
Recubrimiento inferior	6,8-1	1,5	2-3

Es en los puntos de carga donde la banda sufre el desgaste principal por el impacto de la piedra sobre la goma.

Se llama tiempo de ciclo a número de impactos que sufren los puntos de la banda por minuto.

$$T_c = \frac{L}{30 V}$$

En función de T_c y de la calidad de la goma se fijan los extremos superiores e inferiores de la banda.

ELEVADORES DE CANJILONES

Formados por una serie de canjilones que reciben el material en la parte inferior del elevador y la descarga por gravedad en la parte más alta.

Los canjilones son arrastrados:

- a) Por banda de goma y lona
- b) por cadenas, una o dos cadenas

Pueden ser:

- c) Abiertos
- d) Cerrados

Según tengan o no una carcasa exterior:

- e) Verticales
- f) Inclizados

Canjilón tamaño mm.	Tamaño máximo de la alimen- tación, solo	Veloci- dad m/s	Capacidad t/n V = 1,5	Pala mo-- triz mm.	Separación canjilón mm.
150x100x110	19	1,1	14	500	300
200x125x136	25	1,3	30	600	350
200x150x160	30	1,3	52	600	440
300x175x185	38	1,5	84	750	450
300x175x185	45	1,5	100	750	450
400x200x210	50	1,5	156	750	450

Su principal ventaja sobre las cintas transportadoras está en el menor espacio que ocupa.

Su principal inconveniente, las dificultades de manejo y conservación.

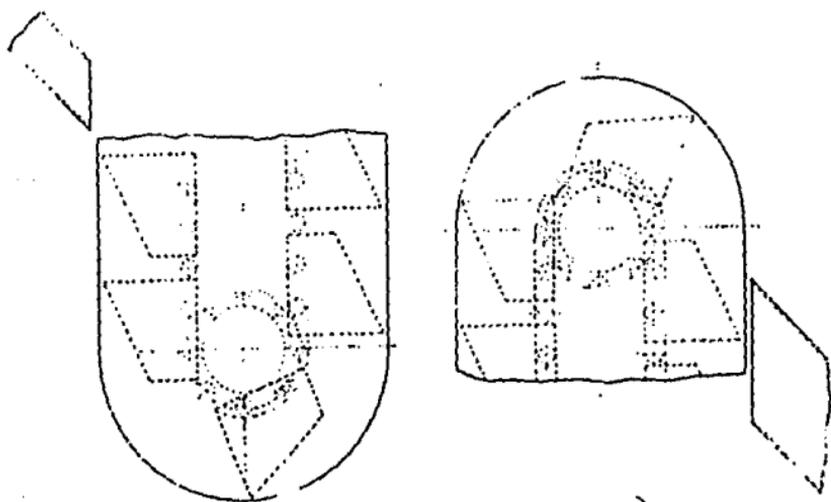
Tienen que estar muy sobredimensionadas para que funcionen con seguridad.

La tabla anterior indica los tamaños de los conjilones, el tamaño de la alimentación, etc.

Los conjilones pueden colocarse juntos o separados.

Los puntos más importantes son la carga y la descarga, deben estar situados fuera de las curvas y de los -- tambores, tensor y motor, tomando el agregado en la carga - una vez que el conjilón ha tomado la alineación recta que - lo conduce a la otra extremidad.

En algún caso el tamaño del conjilón debe ser menor que el que las cosas especialistas recomiendan como mínimo según el tamaño de la piedra.



C A P I T U L O I V

LAVADO, CLASIFICACION Y ALIMENTACION DE ARENAS

LAVADO DE ARENAS

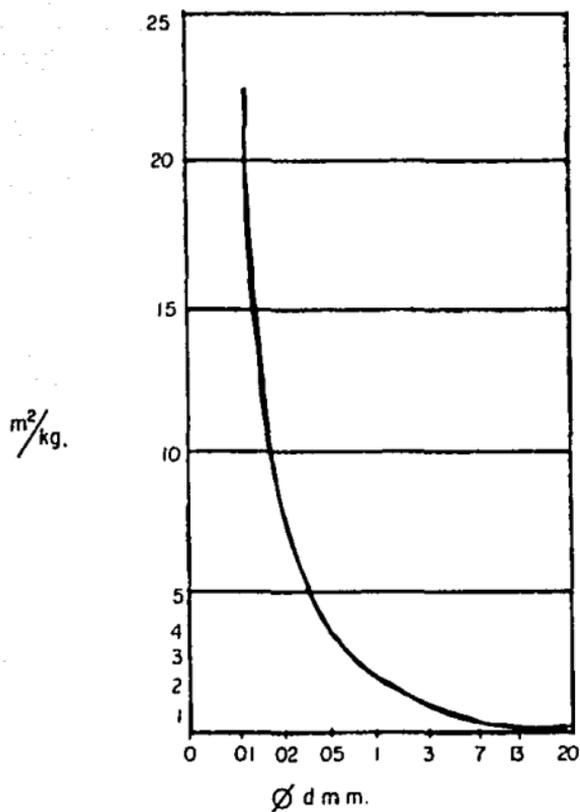
Las razones que puede haber para tener que lavar -- una arena son dos: por una parte, habrá que lavar la arena -- cuando contenga sustancias solubles que puedan alterar la nor-- malidad de los procesos de fraguado y endurecimiento de un -- concreto.

Unicamente hay que tener en cuenta la concentra--- ción en que se encuentran dichas sustancias solubles para dis-- poner la cantidad necesaria de agua para disolverlas y elimi-- narlas.

Otra razón para lavar la arena es la presencia en ésta de materiales finísimos, que pueden ser perniciosos para el concreto.

Parece ser que todo el mundo está de acuerdo en la importancia que tiene una buena granulometría de los agrega-- dos y especialmente de la arena, en las características del -- concreto fresco (docilidad, no segregación, etc.) y del con-- creto endurecido (resistencia, impermeabilidad, durabilidad, etc.).

Es de sobra conocido el hecho del aumento de super-- ficie específica al disminuir las dimensiones de los granos.



RELACION ENTRE LA SUPERFICIE DE 1KG.
DE ARENA Y EL TAMAÑO DE LOS GRANOS.

Veamos en la gráfica anterior como aumenta la superficie de 1kg. de arena al ir disminuyendo su tamaño, suponiendo que se trate de granos esféricos.

Este aumento de la superficie específica producido por los constituyentes finísimos de la arena tiene como consecuencia el enorme incremento de la cantidad de pasta de cemento que hay que emplear para envolver todos esos elementos finísimos. Y esto, en el mejor de los casos, ya que puede ocurrir que para conseguir una consistencia análoga se abra el grifo del agua con el consiguiente derrumbamiento de la consistencia.

La dimensión a parte de la cual debemos hacer la eliminación no debe preocuparnos ahora, habrá que determinarlo para cada caso concreto, ya que variará según la curva de referencia utilizada y la dosificación de cemento.

En este caso está claro que el proceso de lavado se identifica con el de clasificación, puesto que lo que hacemos es una separación de tamaños, la consideramos entonces -- dentro del apartado de clasificación y como un caso particular ya que se hace precisamente con agua.

CLASIFICACION DE ARENAS

El objeto de la clasificación de arenas puede ser uno de los siguientes:

- a) Marcar una frontera única dividiendo en conjunto en dos tamaños. Esto ocurre, por ejemplo, - cuando queremos eliminar los gruesos o los finos y por regla general la operación de clasificación no termina aquí sino que ésta es sólo un primer paso, una fase previa para continuar después.

- b) Separar las partículas en grupos por tamaños, - de forma que cada grupo comprenda partículas -- que pasan por un tamiz determinado y son reteni dos en otro, también fijo.

Por regla general cuando se clasifica una arena en diversos tamaños es para recomponerla luego y que quede con - una composición granulométrica determinada.

Los diversos procedimientos de clasificación de -- arenas pueden agruparse en tres grupos: procedimientos mecánicos, procedimientos neumáticos y procedimientos hidráulicos.

PROCEDIMIENTOS MECANICOS

Entre los procedimientos mecánicos contamos con el tamizado. En este proceso se alimenta la arena sobre una superficie que tiene una serie de aberturas de tamaño determina dos. A esta superficie se le comunica un movimiento que produce el deslizamiento de la arena sobre la superficie. Debido a este movimiento constante, las partículas de dimensiones menores que las aberturas del tamiz, tienen oportunidades de pasar a través de esta. Las partículas de dimensiones mayo-- res llegarán en su recorrido hasta el final de la superficie tamizante y serán eliminadas.

En general la máquina tamizadora estará compuesta por una o varias superficies de tamizado montados sobre un -- bastidor que a su vez está soportado por apoyos elásticos. - Si el dispositivo mecánico es tal que se produce un movimiento horizontal y otro vertical, la superficie de tamizado puede colocarse horizontalmente; si el movimiento es sólo vertical es preciso colocar las diversas superficies con una incli nación hacia abajo.

Este movimiento comunicado a la superficie de cribados tiene dos funciones: por una parte, estratificar el lecho del material que se quiere cribar, de modo que las partículas más finas consigan encontrar una abertura por donde pasar lo más pronto posible. Por otra parte, transportar las partículas que no han de pasar por dicho tamiz.

Para que las partículas pasen rápidamente a través de las aberturas del tamiz, deben cumplirse las siguientes -- condiciones: que se aproximen al tamiz lentamente y en dirección perpendicular a su superficie; que sean de un tamaño bastante menor por la abertura por la que tienen que pasar; por su forma sea razonablemente simétrica; y que estén secos.

Hay ocasiones en las que no se dan simultáneamente todas estas condiciones y por tanto puede haber, y de ---- hecho las hay partículas que debiendo pasar por las aberturas del tamiz no lo consigue; es decir, la clasificación no es -- perfecta.

La eficacia de un tamiz suele expresarse en tanto por ciento, y es la relación de la que debía pasar a través -- de él a lo que efectivamente ha pasado.

Entre las causas que pueden rebajar la eficacia de un tamiz se cuentan las siguientes:

- a) Exceso de humedad. Por esta causa las partículas más finas se adhieren a las mayores y al tamiz, reduciendo la luz de malla.
- b) Exceso de alimentación; ocasiona un lecho de material de demasiado espesor con lo cual las partículas finas tienen inconvenientes para llegar hasta la superficie de criba.

- c) Defecto de alimentación; se forma un lecho muy delgado e incluso discontinuo y partículas que de otro modo pasarían, saltando sobre la malla sin encontrar una abertura para pasar. Esto -- les ocurre sobre todo a las partículas cuyo tamaño es ligeramente inferior a la abertura y -- puede remediarse actuando sobre la amplitud de la oscilación o sobre la inclinación del tamiz.
- d) Exceso de amplitud; ocasiona el mismo efecto anterior.
- e) Exceso de partículas gruesas; cubren mucha superficie e impiden pasar a las finas.
- f) Exceso de partículas de formas y tamaños críticos; como pueden ser las partículas cónicas, -- aquellas cuyo tamaño coincide con la abertura -- de malla; o las partículas planas o alargadas; tienden a cegar el tamiz.
- g) Tipo de superficie de tamizado y forma de las -- aberturas (redondas o cuadradas); la chapa perforada y algunos tejidos de alambre producen -- una superficie muy lisa que permite que resbalen fácilmente las partículas.

Existen diversos tipos de tamizados mecánicos basados en distintos principios. En unos se consigue el movimiento vibratorio mediante un eje excéntrico; en otros mediante un rotor o también de masa excéntrica; y en otros por resonancia, haciendo uso de la energía cinética de muelles calibrados.

Unicamente diremos para terminar con dichos aparatos, que si bien su uso es muy sugestivo, tienen dos inconvenientes de importancia: uno de ellos es la absoluta necesidad de que el material que se va a clasificar esté completamente seco. El otro es que, industrialmente no se puede ba--

jar de 2,5 ó 3 mm. de luz de malla y excepcionalmente se puede llegar a 2.

PROCEDIMIENTOS NEUMATICOS

Los métodos neumáticos utilizan la fuerza de la gravedad y la fuerza centrífuga para clasificar las partículas de arena.

Existen separadores de aire de tipo estático y de tipo dinámicos.

El fundamento de los primeros estriba en proyectar el material a granular sobre el aparato, mediante una corriente de aire. El tamaño frontera determinará la presión de aire y la posición de aletas orientales del separador. Este separador es estático y produce la separación por choques y arrastre de aire.

Los separadores centrífugos reciben el material por gravedad sobre su parte superior. Dispone de unas paletas giratorias, que centrifugando la mezcla separa los granos gruesos, en tanto que la fracción fina es arrastrada por corriente de aire circular producido dentro del propio separador. Este tipo de separadores permite que la dimensión frontera sea mucho más pequeña que en los separadores estáticos. El margen de regulación es mucho mayor que en el caso anterior, mediante la variación de la velocidad de giro y la inclinación de las paletas.

Estos separadores se regulan para obtener dos tamaños exclusivamente, pero la disposición de varios de ellos en serie permitirá una clasificación múltiple.

El inconveniente de este procedimiento es la disminución de su eficacia al aumentar la humedad de la arena. -- Basta que esta humedad se aproxime al 3% para que las partículas finas se adhieran a la pared interior del aparato y se -- haga imposible una separación precisa.

PROCEDIMIENTOS HIDRUALICOS

Existen diversos procedimientos hidráulicos de clasificación de arenas, muy variados y más o menos completos, - pero todos ellos se fundan en uno de dos fenómenos que pertenecen a la experiencia que tenemos de nuestra vida diaria.

Estos dos hechos son los siguientes: Si el agua - circula por encima de un lecho de arena, las partículas menores de un cierto tamaño serán arrastradas por la corriente y las partículas mayores permanecerán en el fondo, en reposo. - Es decir, para cada velocidad del agua habrá un tamaño crítico que será la frontera de la separación.

Por otra parte, si echamos un puñado de arena en - un recipiente de agua en reposo, observaremos que las partículas más gruesas se depositan en el fondo, en tanto que las partículas más finas tardan un tiempo más o menos largo en caer.

No cabe duda de que la primera condición que se -- requiere para utilizar estos métodos es disponer de agua. Esta debe ser limpia y deberá estar exenta de impurezas que puedan causar un efecto perjudicial en el producto acabado.

Hay, pues, que pensar de donde se obtiene el agua, necesaria. Pero también hay que pensar que se hace después - con el agua utilizada. Esta agua suele llevar partículas fi

nísimas de arena, y ocurre a veces, que nos interesa recuperar esos finos. Lo que sucede otras veces es que nos obligan a recuperarlos para eliminarlas del agua antes de entregar ésta a un curso de agua.

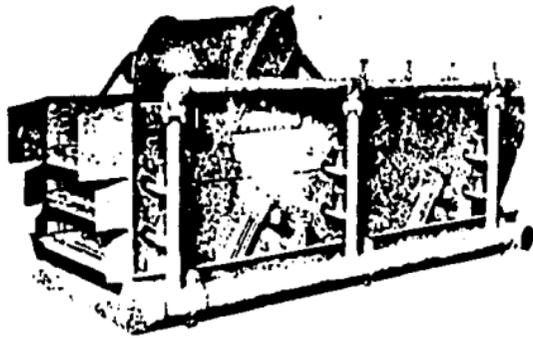
Cuando queramos separar esos finos de agua habrá que esperar a que se sedimenten, pero si ésta sedimentación es más lenta de lo que nos conviene, siempre podemos añadir un agente floculante para acelerar la marcha de las partículas finas hacia el fondo.

Uno de los procedimientos para hacer una clasificación hidráulica es el tamizado en húmedo. En este caso se disponen unos pulverizadores sobre el o los tamices para ayudar a pasar a los elementos más finos.

Ya dijimos que para separaciones en fracciones con tamaños menores de unos 2,5 mm., era inadecuado el tamizado en seco. Entonces para estos tamaños puede ser útil el tamizado en húmedo.

Los chorros de agua deben estar dispuestos de tal forma que cubran completamente el ancho del tamiz para asegurar que no quede ninguna fracción de arena que ha circulado sobre el tamiz de extremo a extremo sin haber estado sometida a la acción del agua.

Sin embargo, este sistema tiene el inconveniente de que cuando la luz de la malla es muy pequeña tampoco el agua pasa fácilmente a través y en este caso lo que se produce es un lavado de la arena sobre el tamiz, y esta arena arrastra a muchos de los finos que tenían que haberse ido con el agua a través del tamiz, sobre todo si la arena tiene gran cantidad de finos que eliminar.



Otro sistema clásico, de lavado de arena o eliminación de finos es el basado en el uso de tornillos de Arquímedes.

Estos aparatos constan de uno o dos tornillos de Arquímedes girando en el interior de un canal inclinado. El extremo inferior de éste canal está ensanchado para proporcionar un espacio adecuado para que se sedimenten las partículas que deben ser retenidas.

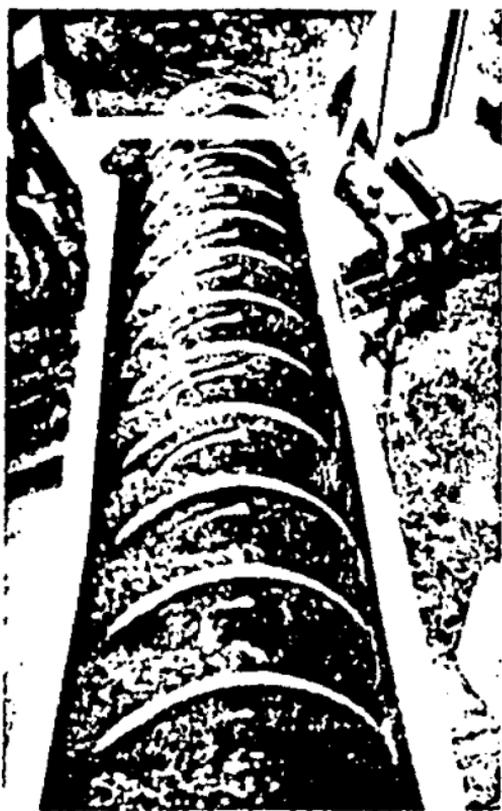
Esta parte ensanchada y que forma como una tolva está provista de unos vertederos para dar salida al agua y a los finos que ésta arrastre.

Los tornillos de Arquímedes arrastran la arena desde provista de finos hasta una boca de descarga situada en el extremo superior del aparato.

Se dispone de varias variables para hacer que se deposite, o que se elimine, hasta un cierto tamaño. Estas son las siguientes:

Si se reduce la velocidad del tornillo se reduce la turbulencia en la tolva y esto permite que se sedimenten partículas más finas. Como puede comprenderse el rendimiento del aparato se reduce en relación directa con la disminución de velocidad.

Como es fácil imaginarse, la arena sale mojada y el contenido de humedad de esta arena dependerá de la longitud del canal que queda por encima del nivel del agua y de su pendiente. Cuanto más largo sea el canal y mayor su pendiente, menor será la humedad de la arena. Por supuesto, esta cantidad de agua que queda en la arena depende también de la naturaleza de ésta, ya que el agua que cuesta más trabajo eli



minar, y que generalmente hace falta un secado para eliminarla, es la que forma una película sobre la superficie de las partículas debido a fuerzas capilares.

Otro factor es la cantidad de agua. Cuanto mayor sea la cantidad de agua, más de prisa circulará ésta y en su recorrido arrastrará partículas de mayor tamaño. Además el agua entra en el aparato por una abertura que hay en el fondo con la cual el agua circula de abajo hacia arriba con un movimiento ascendente que contribuye a la reparación en tamaños.

La tabla 1 da idea del rendimiento y consumo de estos separadores.

La celda cónica termina en una válvula cuya mayor o menor abertura marcará el tamaño frontera. Cuanto más cerrada sea esta abertura, tamaños mayores se eliminarán con el agua.

En la tabla 2 indican las exigencias de agua para algún tipo de estos aparatos.

Se conocen con el nombre de hidrociclones unos aparatos análogos a los separadores neumáticos de los que hemos hablado antes, pero que en vez de funcionar con aire funcionan con agua que lleva en suspensión el material granular que queremos separar. Estos hidrociclones constan de una celda cilíndrica y otra inferior, cónica. A la cilíndrica llega tangencialmente la alimentación y por fuerza centrífuga se realiza la separación deseada concentrándose los gruesos en la celda cónica, y marchándose los finos por la parte superior con el agua.

TABLA No. 1

Un tornillo		Dos tornillos		Capacidad	Agua	Potencia
Diam.	Long.	Diam.	Long.	t/h	m ³ /min	HP
cm	m	cm	m			

Arena comprendida entre 5 mm. y 0,074mm.

50	4,8			30	1,30	5
		50	4,8	60	2,27	10
60	5,8			50	1,88	10
		60	5,8	100	2,72	20
75	6,7			80	2,36	15
		75	6,7	160	3,77	25
90	7,6			125	3,18	30
		90	7,6	250	4,67	30

Arena comprendida entre 2mm. y 0,074 mm.

50	4,8			19	0,66	5
		50	4,8	37	1,13	7.5
60	5,8			29	0,95	10
		60	5,8	59	1,36	15
75	6,7			48	1,18	15
		75	6,7	96	1,88	20
90	7,6			75	1,59	20
		90	7,6	150	2,36	25

TABLA No. 2

Producción	Arena Gruesa	Arena Fina	Agua m ³ /min
m ³ /h	11,5	8,5	0,9
	20,0	15,5	1,6
	32,0	24,0	2,5
	46,0	34,5	3,6

Los clasificadores rotatorios se usan generalmente para eliminar partículas más finas de un determinado tamaño. Están compuestos por un tambor cilíndrico inclinado o no, que gira lentamente sobre su eje y cuyo interior se encuentra la arena y el agua en circulación. En unos tipos de arena y el agua se alimentan por el mismo extremo del tambor y circulan en corrientes paralelas. A pesar de los aditamentos interiores, tales como láminas elevadoras, chapas helicoidales, etc. su eficacia no es excesiva.



Clasificador rotatorio en contracorriente

Mejor eficacia en la separación se obtiene con los clasificadores rotatorios de contracorriente en los que el agua entra por un extremo y la arena por el opuesto, (dibujo anterior). Estos suelen estar dotados de aletas helicoidales que van conduciendo a la arena que se sedimenta hacia la parte superior del tambor desde la que es sacado al exterior.

A veces el tambor tiene en el extremo de descarga de la arena limpia un apéndice cilíndrico o cónico, perforado

para separar el agua de la arena.

Es un hecho perfectamente conocido que, en el vacío, las partículas caen con un movimiento uniformemente acelerado, con un valor de la aceleración independiente de la forma y tamaño de las partículas. Cuando la caída de las partículas se verifica en el seno de un fluido, en nuestro caso el agua, transcurrido cierto tiempo adquieren, por efecto de la resistencia que ofrece ese líquido, una velocidad de régimen llamada velocidad límite, que depende del tamaño de las partículas, y que viene expresada por:

$$V = A \sqrt{(p - p_0) r}$$

en donde p , son las densidades de la partícula y del líquido, respectivamente, r es el radio de las partículas y A es una constante que depende de la densidad del líquido, de la aceleración de la gravedad y del número de Reynolds (es decir, si el descenso se hace en régimen laminar o turbulento).

Como se ve hemos supuesto que las partículas son esféricas.

En caso de que el radio sea muy pequeño y la caída se produzca en régimen laminar (número de Reynolds, muy pequeño también), la velocidad de caída viene definida por la ley de Stokes que tiene por expresión:

$$V = \frac{2g}{9\mu} (p - p_0) r^2$$

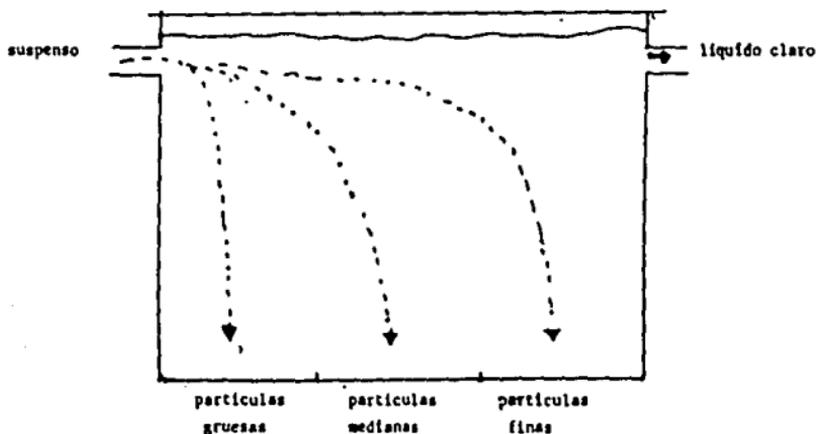
en la que empleamos las notaciones de la fórmula anterior, -- siendo μ la viscosidad del líquido y g la aceleración de la gravedad.

Es claro que si todas las demás condiciones son --

iguales, la velocidad de caída dependerá del radio, menor será la velocidad de caída.

Entonces obtendremos un primer sistema de clasificación componiendo esta velocidad vertical descendente, variable con el tamaño de las partículas, con una velocidad horizontal constante, (gráfica siguiente).

Si en vez de componer estas velocidades verticales, descendentes con la velocidad horizontal constante, las componemos con otra velocidad, también vertical, pero ascendente, "U", producida por un movimiento de este tipo de líquido, la velocidad de caída de las partículas sería la diferencia de las velocidades.



Esquema de la clasificación por caída de las Partículas en el Seno de un Líquido

Cada partícula estaría entonces, animada de una velocidad $V - U$ que, naturalmente, podría ser nula e incluso ne

gativa.

Es decir, aquellas partículas cuya velocidad V sea inferior a la velocidad ascendente del líquido U , serían --- arrastradas por la corriente y sólo se depositarían, más o me-- nos lentamente, aquellas cuya velocidad fuera mayor que la -- del líquido.

Si no queremos hacer tan solo una separación para eliminar las partículas a partir de un tamaño dado, sino que lo que queremos hacer es una verdadera clasificación de la -- arena, necesitaremos disponer de una serie de células de este tipo con velocidades del líquido decreciente para que se va-- yan depositando partículas cada vez más finas.

Existen diversos sistemas de clasificación de arenas basados en este principio que acabamos de describir someramente. No vamos a entrar en el detalle de estos sistemas, basta decir que en unos sistemas de suspensión de arena en -- agua circula por una serie de cámaras enlazadas, tantas como tamaños se puedan obtener, con descarga del material recogido más o menos automatizadas. En otros sistemas el agua entra a media altura pero más abajo que la entrada de la arena y la - descarga de los gruesos y los finos se hace por las partes in-- ferior y superior, respectivamente. En otros sistemas la se-- paración se realiza en un tubo dotado de un estrechamiento. - En fin, cada fabricante ha utilizado el sistema que ha creí-- do más adecuado, de mayor rendimiento y de funcionamiento más económico.

SECADO DE LA ARENA

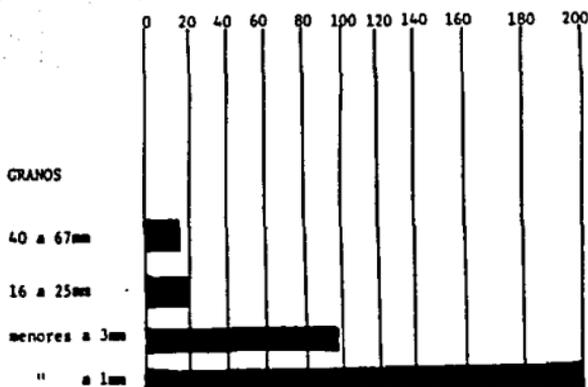
En todos estos sistemas en los que la protagonista de separación es el agua, se produce un problema que hay necesi--

dad de solucionar a tiempo. El problema es que la arena queda totalmente mojada.

Si vamos a utilizar la arena para algún fin en el que se requiera que esté totalmente seca, es inevitable un -- proceso de secado, por muchos inconvenients que tenga.

Si la vamos a usar para fabricar con ella concreto, es fácil que no haya que secarla, operación siempre enojosa y costosa. No parece, a primera vista, que tenga ningún inte--rés secar la arena para después añadir agua otra vez. Pero -- en este caso, lo que sí es indispensable es tener en cuenta -- la cantidad de agua que tiene la arena para descontarla del -- agua de amasado del concreto, pues de los contrario estamos -- aumentado, de forma a veces mounstrosa, la relación agua/ce--mento.

Hemos dicho antes que el agua que es difícil elimi--nar es la que constituye una película sobre la superficie de las partículas adheridas por fuerzas capitales. Hay que sup--ner que esa película de agua tiene un espesor constante; en--tonces, al aumentar la superficie, aumentará la cantidad de -- agua, o lo que es lo mismo al disminuir el tamaño de las par--tículas aumentará la cantidad de agua. Esto puede verse en -- la siguiente figura que indica las cantidades de agua de moja--do para granos redondeados de agregados referidos de un volu--men aparente de un metro cúbico. En ésta se ve que el proble--ma es mucho más agudo para las arenas que para las gravas.



Litros de Agua de Mojado para un
Volumen aparte de $1m^3$.

Queda claro que antes de fabricar concreto hay que determinar la humedad de la arena, para lo cual se dispone de varios métodos de laboratorio y de obra entre los que se cuentan los siguientes:

- Estufa. Método de laboratorio preciso pero a veces largo.
- Balanza CENCO. Método de laboratorio preciso y breve empleándose en la determinación de la humedad aproximadamente tantos minutos como unidades por ciento de agua.
- Sartén. Eliminación del agua mediante combustión de alcohol mezclado con la arena. Es un método de obra que dá buenos resultados.

- Entumecimiento. Métodos de obra basados en que la arena inundada ocupa el mismo volumen que la arena seca, aunque para cantidades de agua intermedias se produzca un entumecimiento.
- Speedy. Método, también de obra basado en la -- reacción del carburo calcico con el agua; se produce acetileno y se mide la presión de éste que está en relación con la cantidad de agua.

Todavía hay algunos métodos más, pero estos son -- los más usuales.

PRECISION DEL SEPARADOR

Vamos a suponer ahora, que ya tenemos realizada la clasificación de la arena. Nos surge, entonces una duda, una incertidumbre. ¿Esta separación es correcta? ¿Nos encontramos en la fracción más fina partículas que pertenece, por su tamaño a la fracción más gruesa? ¿Cuál es la precisión de -- nuestro aparato separador? Estos problemas conducen insensiblemente a este otro: Cuando tenemos que elegir un separador entre varios de diversos tipos, ¿Cuál será el mejor? ¿En qué dato tendremos que fijarnos para acertar en la elección? De cartamos, naturalmente, de este problema, el rendimiento hora -- rio de la instalación y nos fijamos ahora más en la calidad -- de la separación que en la cantidad de material separado.

Si realizamos una separación tomando como tamaño -- frontera uno o cualquier, al que llamaremos D , nos encontrare -- mos con que esta separación no es absoluta y matemática. --- Habrá en efecto, un cierto porcentaje de partículas más finas que D que se encuentran en la fracción de las mayores que de D y viceversa. Es decir, no existe el separador absolutamen -- te perfecto.

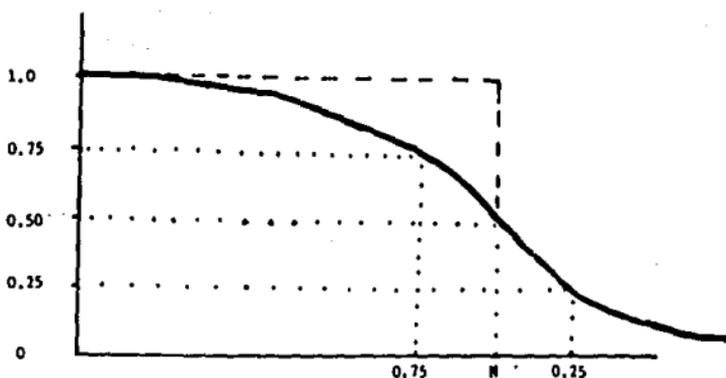
El porcentaje de esas partículas, que pudieramos - llama, "exiliadas", depende de las cualidades del separador y en cierto modo de la granulometría del conjunto de arena que hemos sometido a la sepración.

Las partículas cuyo tamaño es muy próximo al tamaño frontera son las que con más abundancia encontramos en una fracción que no es la que corresponde. O sea, cuanto más rica es la arena inicial en partículas próximas al tamaño frontera mayor será el número de partículas "exiliadas" para un mismo separador.

Se han ideado varios sistemas para juzgar el grado de precisión de un separador, pero no vamos a comentar más -- que uno, que estimo que se adopta perfectamente a nuestro problema, aún cuando fué ideado para la preparación de carbones y minerales de hierro.

Toda partícula que penetra en el separador, tiene una cierta probabilidad de ir a parar a la fracción fina, es decir, a la de dimensión menor de D , y una probabilidad complementaria de ir a parar a la fracción de tamaños mayores de D . La experiencia confirma que estas probabilidades son independientes de la composición de la arena inicial que se trata de reparar.

Con los tamaños de los distintos granos y las probabilidades respectivas se dibuja la llamada curva de Tromp, -- por haber sido Tromp el que utilizó el método por primera vez.



Curva de Tromp

En el eje de las abscisas se sitúan los diversos tamaños de las partículas y en las ordenadas la probabilidad que tienen las partículas de cada tamaño de ir a parar a la fracción de los finos. Naturalmente, para los tamaños próximos a cero la curva se aproximará a la probabilidad 1; para los tamaños muy gruesos la curva se acercará sintóticamente al eje de las abscisas.

Para el tamaño frontera la curva pasará por el valor 0,5 de la probabilidad, y generalmente tiene en ese punto, una inflexión.

Esta curva de Tromp es una de las características fundamentales de un separador y podremos juzgar de su grado -

de precisión sin más que mirar a la curva.

En efecto, para un separador perfecto la curva será una línea quebrada, dibujada de trazos en la figura, para el tamaño frontera encontraremos un segmento vertical. Para un separador imperfecto en el que todos los tamaños van al azar a una u otra fracción, la curva será una horizontal por la ordenada 0,5 (en punto y raya, figura anterior).

Un mismo separador puede servir para efectuar separaciones con diferentes tamaños frontera, sin más que pequeñas variaciones de regulación. Pues bien, para cada ajuste, para cada tamaño frontera corresponderá una curva de Tromp distinta que marcará la mayor o menor eficacia de ese separador en un intervalo de tamaños determinados.

Aceptamos que esta curva, característica de cada separador es un criterio magnífico para juzgar su grado de precisión. Sin embargo, manejar y comparar curvas puede ser incómoda e incluso dudosa su interpretación. Por otra parte tampoco es frecuente poner unas curvas en un pliego de condiciones. Hace falta un número deducido de la curva que nos caracterice a ésta y sea más fácil de manejar.

Suelen usarse dos números que dan mucha idea de la perfección de un separador.

Por una parte el llamado coeficiente de dispersión que viene dado por el cociente de los diámetros correspondientes a las probabilidades de 0,25 y de 0,75. Para un separador perfecto este coeficiente de dispersión será la unidad. Al ir empeorando el separador el coeficiente irá aumentando y llegará a tener un valor infinito para el separador totalmente ineficaz.

También existe el llamado coeficiente de imperfec--
ción que viene dado por la diferencia de los diámetros corres--
pondientes a las probabilidades de 0,25 y de 0,75 dividida --
por el doble de diámetro frontera. Para el separador perfec--
to será nulo e irá aumentando al ir reduciéndose el grado de
perfección del aparato.

Para fijar una escala de valores podemos indicar -
que para los separadores más perfeccionados este coeficiente
de imperfección suele tener un valor de 0,10 a 0,20; para los
hidrociclones, puede ser de 0,30 en tanto que para los torni--
llos de Arquímedes se eleva a valores del orden de 0,50 a ---
0,70.

ALMACENAJE DE LA ARENA

Poco espacio nos queda para hablar del almacena---
miento de arena, pero no terminaremos sin decir dos usos que
si bien son sobradamente conocidos, son también de indudable
interés.

Uno de ellos es que la salida de un silo de arena
húmeda es dificultoso, incluso más difícil que si la arena -
está francamente mojada. Esta dificultad se aumenta cuanto -
más fina es la arena.

Otro es que si queremos que la arena compuesta de
varias fracciones que hemos separado previamente, debemos --
disponer un silo independiente para cada fracción y componer
la arena total en el momento de utilizarla. Si componemos la
arena antes de ensilada y la almacenamos en un silo una vez -
que tiene la granulometría deseada, no podemos de ninguna ma--
nera garantizar que las diversas fracciones que vayamos sacan--
do del silo tengan esa misma granulometría. Nuestra experien--

cia es que se separa por tamaños de manera arbitraria. Tal vez una agitación neumática pueda atenuar este defecto si la arena está perfectamente seca.

LOS AGREGADOS Y EL CONCRETO

Queremos insistir en la importancia que tienen los agregados en el concreto y su repercusión en las características de éste.

En concretos ordinarios, de los que estamos acostumbrados a tratar a diario, la granulometría de los agregados no tiene una influencia decisiva. Según datos ingleses, la variación de la resistencia que cabe esperar, para estos concretos, por variaciones de la granulometría, puede llegar a ser hasta de un 20%.

Sin embargo, cuando se trata de concreto de alta resistencia, de concreto de elevada compacidad, de concreto que se sale de lo corriente de todos los días, la influencia de la granulometría es enorme y principalmente la granulometría de la arena. En estos casos se aconseja siempre que al estudiar la dosificación se cuiden muchísimo los finos y se adapte la curva de composición lo más posible a la curva de referencia adoptada, principalmente en un tramo inferior, es decir, en el que se refiere a los elementos de menor tamaño que forman parte del citado concreto.

Hay ocasiones en que para ajustarse a una curva de referencia no hay más remedio que clasificar la arena en diversos tamaños y recomponerla después.

Hemos tratado de exponer algunos de los procedimientos que hay para ello y celebraremos que estas deshilvanau

das ideas sean de utilidad para alguien.

EJEMPLO PRACTICO

Para que el constructor de obras de ingeniería, -- pueda seleccionar adecuadamente el equipo necesario para la -- producción de agregados pétreos, es indispensable que por lo -- menos tenga los siguientes datos fundamentales:

- 1) Naturaleza geológica de la roca.
- 2) Tamaño máximo de la alimentación de la trituradora primaria, y en caso de ser una trituradora parcial, la granulometría media del banco de -- agregados naturales.
- 3) Producción requerida en toneladas hora.
- 4) Granulometría del producto a la salida (dimen-- siones y porcentajes).

La ausencia de cualquiera de estas cuatro informa-- ciones básicas, pueden dar como consecuencia el seleccionar, o bien un equipo menor en capacidad del necesario, o bien un --- equipo de mayor capacidad y por lo tanto, mayor costo, siendo en ambos casos los perjuicios técnicos y económicos muy consi-- derables para el usuario.

Con ayuda de tablas de producciones y curvas granu-- lométricas elaboradas por los fabricantes de este tipo de equi-- po; se resolverá el siguiente problema de selección de equipo de trituración y cribado.

- 1) Banco de basálto limpio, de dureza media.
- 2) Tamaño máximo de la roca a la alimentación de 18".

3) Se requiere una producción de 100 toneladas cortas (907 kg).

4) Tamaños del producto a la salida.

1½" a 3/4"

3/4" a 3/8"

3/8" a 0

En términos generales, en cada etapa primaria de reproducción, se reduce la roca natural a un tamaño máximo entre 4" y 10" por medio de una trituradora primaria (quijadas).

En la etapa secundaria, se reducirá el producto de la trituración primaria, a un tamaño entre 1½" y 3".

La primera máquina que deberá seleccionarse es la quebradora primaria; siendo el ambientador seleccionado posteriormente de acuerdo con el ancho de la boca de la quebradora primaria.

Haciendo uso de las tablas de capacidades de las quebratorias de quijadas, que es el tipo de quebradora primaria utilizada en los trabajos de ingeniería civil, se ve que una quebradora de quijadas con boca de admisión de 36" y 20", además de permitir sin problemas rocas de 18" tiene una capacidad entre 70-125 toneladas por hora (de acuerdo con la dureza del materia); a una abertura de salida de 3" suponemos que para un basalto de dureza media, nos puede dar sin problema 100 toneladas por hora.

A continuación utilizando la curva granulométrica respectiva vemos que la quebradora de quijada 20" X 36", con una abertura de salida de 3" nos da material con un tamaño máximo de 5" anotando para nuestro balance granulométrico, los porcentajes producidos de los tamaños entre 5" y 1½", 1½" y 3/4", 3/8" y 3/8" y 0, anotándolos en la tabla de registro --

elaborada para tal propósito.

La fracción entre $1\frac{1}{2}$ " y 5", requerirá trituración secundaria, para reducirla toda a material menor de $1\frac{1}{2}$ ". Utilizando la tabla de producción respectiva, seleccionaremos una trituradora secundaria de cono modelo 36 s (3^F), la cual abierta a $3/4$ " en la salida, tritura las 60 toneladas por hora de material de $1\frac{1}{2}$ " a 5".

Utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotan en cada tabla de registro los porcentajes y toneladas por hora de los materiales producidos.

Al realizar el balance granulométrico de las etapas primaria y secundaria, se vé que quedan 27 toneladas de material entre $3/4$ " y $1\frac{1}{2}$ ".

Por medio de la tabla, de capacidades respectiva, se selecciona.

Después de efectuar la cuantificación de los porcentajes y toneladas por hora de materiales de 0 a $3/8$ ", $3/8$ " a $3/4$ " y $3/4$ " a $1\frac{1}{2}$ " producidos en ésta etapa, utilizando la curva granulométrica respectiva. Se anotará el resumen final del producto producido en las dos etapas de reducción.

Se elaborará a continuación el diagrama de flujo del proceso, haciendo trabajar tanto la quebradora primaria de quijadas 20" x 36" como la trituradora secundaria de conos 36s (3^r) en circuito abierto).

Si se trata de una instalación portátil o móvil, se dispondrán en chasis-remolque separados.

La ventaja de disponer el equipo en grupos móviles

de función unitaria, además de tener unidades de más fácil --- transporte, operación y mantenimiento, es la de contar con --- grupos móviles autónomos que pueden trabajar por separado; es decir, en caso por ejemplo de explotación de un banco de agregados naturales de río, pudiera no necesitarse el grupo primario, o el primario y el secundario solamente necesitándose un grupo terciario, por lo que se producirá el material necesario con un costo mínimo, ya que únicamente se utilizaría el equipo que realmente se quiera de acuerdo con el material natural disponible y el producto que deba elaborarse.

Para el cálculo de la criba, con el auxilio de la tabla de factores, elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipo se aplicará la fórmula siguiente:

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{\text{alimentación menos sobretamaño}}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

Fórmula en la cual:

- A = Capacidad específica de la malla en ton/hora por pie cuadrado de malla.
- B = Factor en función del porcentaje sobre tamaño en la alimentación de la criba.
- C = Factor en función del porcentaje de la eficiencia de cribado deseada.
- D = Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenido en el material alimentado.
- E = Factor en función a la abertura de la malla; cuando se criba por vía seca se tomará este factor igual a la unidad.
- F = Factor en función del orden que tenga la malla calculada en la criba. Se calculan separadamente y se toma la malla mayor.

La hora de flujo muestra que la criba de productos tiene dos mallas, 3/4" y 3/8" y que trabaja en circuito abierto.

Cálculo de la malla 3/4"

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{124.2 - 24.2}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

En donde:

A = Para grava triturada 1,8 ton/hr. por pie cuadrado, de malla 3/4".

B = Para sobre tamaño de: $\frac{24.2}{124.2} \times 100 = 19.5\% = 1.0/5$

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseada 44% = 1.00

D = Porcentaje de material inferior a 3/8":

$$\frac{26.8}{124.2} \times 100 = 21\%$$

E = Para cribado por vía seca = 1.00

F = Para el primer piso = 1

Sustituyendo valores en la forma general:

$$A \text{ 3/4"} = \frac{100}{1.8 \times 1.015 \times 1 \times .72 \times 1 \times 1} = \frac{100}{1.31} = 76 \text{ pies}^2$$

Para la malla 3/8" del segundo piso el cálculo será de:

$$A \text{ 3/8"} = \frac{100 - 49}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada; malla de 3/8" = 1.19 ton/hr. por pie cuadrado.

B = Para sobre tamaño de $\frac{24.2}{51} \times 100 = 47.5\% = .91$

C = Porcentaje de eficiencia del cribado 94% = 1

D = Porcentaje de material inferior a 3/8" = $\frac{26.8}{51} \times 100 = 52.5\%$

E = Para cribado por vías seca = 1.00

F = Para el segundo piso = .90

$$A \text{ 3/8"} = \frac{51}{.91 \times 1 \cdot .14 \times 1 \times 1 \cdot .25 \times .9 \times 1} = \frac{51}{1.21} = 42 \text{ pies}$$

Puesto que 76 pies cuadrados es mayor que 42 pies cuadrados, regirá el piso superior de malla 3/4" para seleccionar el tamaño de la criba.

Se seleccionará una criba vibratoria horizontal de dos pisos de 6' x 13' = 78 pies cuadrados.

Se optó por una criba de dos pisos ya que el material triturado según las especificaciones de las trituradoras en la primaria se obtendrá agregado hasta de 1 1/2" y el material de mayor tamaño pasará a la secundaria, obteniéndose de ésta - un agregado de tamaño máximo de 1 1/4" que cumple con nuestro requisito.

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

Factor A : Capacidad especifica en toneladas cortas por hora que pasan a través de un pie cuadrado de malla, basados en una eficiencia del 95%, con un sobretamaño en el material alimentado del 25%.

Ciara de la malla cuadrada	.0116	.0164	.0232	.0328	.046	.065	.093	1/8	.131	.185	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	
Número de malla	48	35	28	20	14	10	8		6	4														usar solo cribas de un solo piso
Arena	.144	.183	.226	.282	.36	.45	.57	.69	.73	.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polvo de roca	.170	.152	.188	.235	.3	.375	.475	.56	.595	.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polvo de carbón	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.36	.43	.45	.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grava de Río											1.08	1.4	1.68	1.94	2.16	2.36	2.56	2.9	3.2	3.7	4.05	4.3	4.6	
Piedra Trituradora											.68	1.19	1.4	1.6	1.8	1.96	2.12	2.4	2.68	3.1	3.38	3.6	3.86	
Carbón											.68	.88	1.04	1.21	1.36	1.48	1.6	1.83	2	2.3	2.53	2.6	2.91	

Factor B : Es función del porcentaje de sobretamaño contenido en la alimentación a la criba

Porcentaje de sobretamaño	FACTOR B	Porcentaje de sobretamaño	FACTOR B
10%	1.05	85%	.64
20%	1.01	90%	.55
30%	.98	92%	.50
40%	.95	94%	.44
50%	.90	96%	.35
60%	.86	98%	.20
70%	.80	100%	.00

EFICIENCIA DESEADA	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	FACTOR "C"; Una separación perfecta o eficiente del 100% no es económica. En la práctica se usa un 94% de eficiencia.
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

FACTOR "C"	2.1	1.7	1.55	1.4	1.25	1.1	1.05	1	.95	.9
------------	-----	-----	------	-----	------	-----	------	---	-----	----

CANTIDAD EN LA ALIMENTACION MENOR A LA MITAD DE LA MALLA	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Este factor es necesario considerando especialmente el porcentaje menor al tamaño de la malla. Ej. mat de 1/2" considerar el porcentaje menor a 1/4".
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	---

FACTOR "D"	.55	.7	.8	.1	1.2	1.4	1.8	2.2	3.0	---
------------	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

CRIBADO POR VIA HUMEDA

Tamaño de la abertura de la malla	20	24	10	8	1/8	6	4	1/4	5/16	3/8	1/2	3/4.	1 ó más
-----------------------------------	----	----	----	---	-----	---	---	-----	------	-----	-----	------	---------

FACTOR "E"	1.1	1.5	2	2.25	2.5	2.5	2.5	2.25	2	1.5	1.3	1.2	1.10
------------	-----	-----	---	------	-----	-----	-----	------	---	-----	-----	-----	------

EL CRIBADO POR VIA HUMEDA ABAJO DE MALLA Nº 20 NO SE RECOMIENDA POR EL MODULO DE FINURA Y ESTA SE ADHIERENCIA A LA MALLA, SI SE CRIBA POR VIA SECA SE UTILIZARA UN FACTOR E = 1.

PISO	SUPERIOR	SEGUNDO	TERCERO PARA UNA CRIBA DE PISO "F" = 1
FACTOR "F"	1.00	.90	.75

CAPACIDADES DE LAS TRITURADORAS DE QUIJADAS.

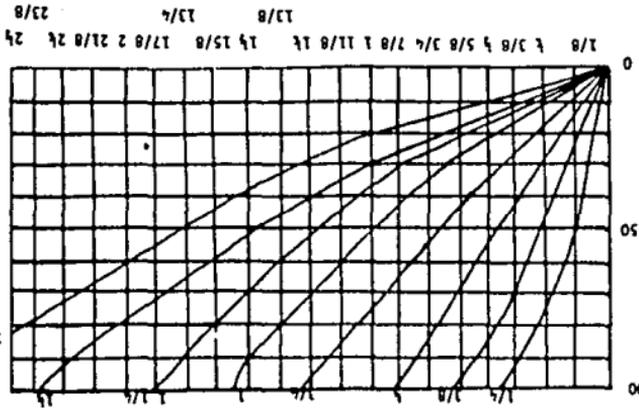
TAMAÑO	10 x 16	10 x 21	10 x 30	12 x 36	15 x 24	20 x 36	25 x 40	30 x 42	36 x 46
$\frac{1}{8}$	4- 6	5- 7							
$\frac{3}{4}$	6- 8	7-10	13-20	18-27					
1	8-11	9-13	17-25	22-33	17-25				
$1\frac{1}{2}$	10-15	15-20	23-34	29-43	25-35	38- 57			
2	14-20	19-26	29-43	36-54	30-45	48- 72	45- 85		
$2\frac{1}{2}$	17-25	22-33	35-52	43-65	37-55	57- 86	58-105		
3				50-75	43-65	67-100	70-125	110-180	
$3\frac{1}{2}$						76-114	80-145	125-210	140-220
4							90-165	140-225	160-240
$4\frac{1}{2}$							115-200	170-270	190-280
5							140-240	200-320	220-330
$5\frac{1}{2}$							165-280	225-375	260-380
6								260-430	300-480

CAPACIDADES DE PRODUCCION TRITURADORAS DE CONO

TIPO "S"

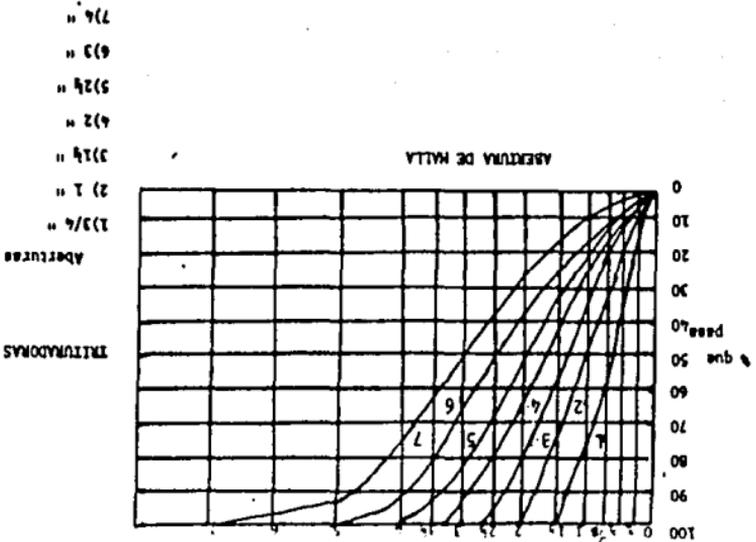
Tamaño de la trituradora	Tipo de tazón	Abertura de admisión		Abertura de descarga recomendada	Capacidades en Ton. a la abertura									
		lado abierto A	lado cerrado B		1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	
24 s	grueso	3 1/4	2 1/4	3/8	17	22	27	32	37	42	47	53	--	
	mediano	2 1/4	17/8	1/4										
245 s	grueso	45/8	41/8	1/2			27	32	37	42	47	53	--	
36 s	extra grueso	11/8	6 1/4	3/4	36	41	56	71	77	83	89	105		
	grueso	5	4	1/4										
	mediano	4 1/4	33/4	3/8										
367 s	grueso	73/4	63/4	3/4					71	77	83	89	105	
48 s	extra grueso	8 1/4	7 1/4	3/4			85	110	135	155	170	185	200	
	grueso	7 1/4	1/2	3/4										
	mediano	57/8	43/4	1/4										
489 s	grueso	10	9	1						170	185	200		
66 s	grueso	11	10	1				200	235	275	320	365		
	mediano	9	8	3/4										

ABERTURA DE MALLA



TRITURADORA
36 "S" Á "M3C"

ABERTURA DE MALLA



TRITURADORAS DE QUIJADAS

Aberturas

1) 3/4 "

2) 1 "

3) 1 1/4 "

4) 2 "

5) 2 1/4 "

6) 3 "

7) 4 "

Eficiencia deseada	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	Factor "C"; Una separación perfecta o eficiente del 100% no es económica. En la práctica se usa un 94% de eficiencia
Factor "C"	2.1	1.7	1.55	1.4	1.25	1.1	1.05	1	.95	.9	
Cantidad en la alimentación menor a la mitad de la malla	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Este factor es necesario -- considerando especialmente el porcentaje menor al tamaño de la malla. Ej. mat d. ½" considerar el porcentaje menor a ¼".
Factor "D"	.55	.7	.8	1	1.2	1.4	1.8	2.2	3.0	---	

CRIBADO POR VIA HUMEDA

Tamaño de la abertura de la malla	20	24	10	8	1/8	6	4	¼	5/16	3/8	½	3/4	1 0 más
Factor "E"	1.1	1.5	2	2.25	2.5	2.5	2.5	2.25	2	1.5	1.3	1.2	1.10

El cribado por vía húmeda abajo de malla # 20 no se recomienda por el módulo de finura y esta se adheriría a la malla. Si se criba por vía seca se utilizará un factor E = 1.

Piso	Superior	Segundo	Tercero	Para una criba de Piso "F" = 1
Factor "F"	1.00	.90	.75	

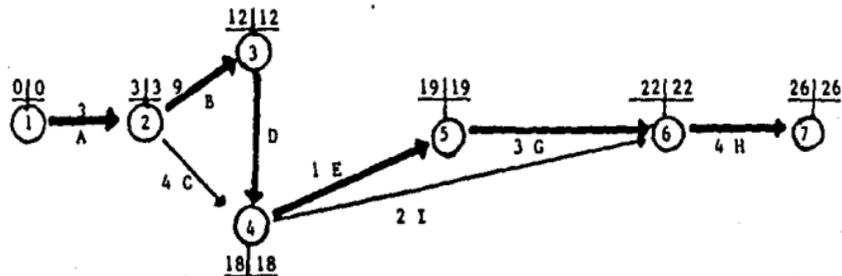
BALANCE GRANULOMETRICO TABLA DE REGISTRO

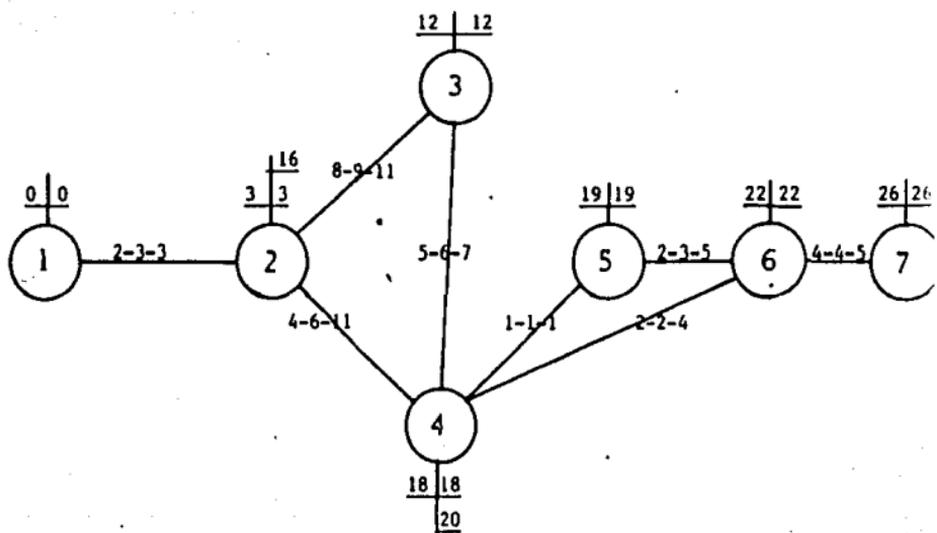
Tamaño de los materiales	Trituración primaria quebradora de quijadas 20" x 36" abierta a 3", produce 100 toneladas por hora.		Trituración Secundaria trituradora de conos - 36s abierta a 3/4", -- produce 60 toneladas - por hora.		Resumen final del producto	
	%	ton/hr.	%	ton/hr.	%	ton/hr
1½" - 5"	60%	60	---	---	---	---
3/4" - 1½"	22%	22	45%	27	49%	49
3/8" - 3/4"	8%	8	27%	16.2	24.2%	24.2
0 - 3/8"	10%	10	28%	18.8	26.8%	26.8
SUMA	100%	100	100%	60	100%	100

ACTIVIDAD	DURACION (D)	INICIACION	INICIACION	TERMINACION	TERMINACION	TOTAL FLOTANTE (TF)
		PRIMERA (IP)	MAS TARDIA (IMT)	PRIMERA (TP)	MAS TARDIA (TMT)	
A	3	0	0	3	3	0
B	9	3	3	12	12	0
C	4	3	16	7	20	13
D	6	12	12	18	18	0
E	1	19	19	20	20	0
F	2	18	20	20	22	2
G	3	22	22	25	25	0
H	4	26	26	28	28	0

$$TP = D + IP \quad TF = IMP - IP$$

$$TMT = D + IMP$$



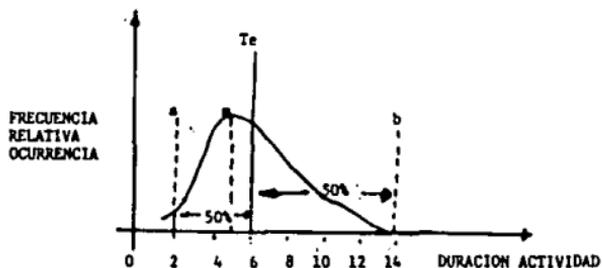


te = Tiempo esperado

$$te = \frac{a^a + 4m + b}{6}$$

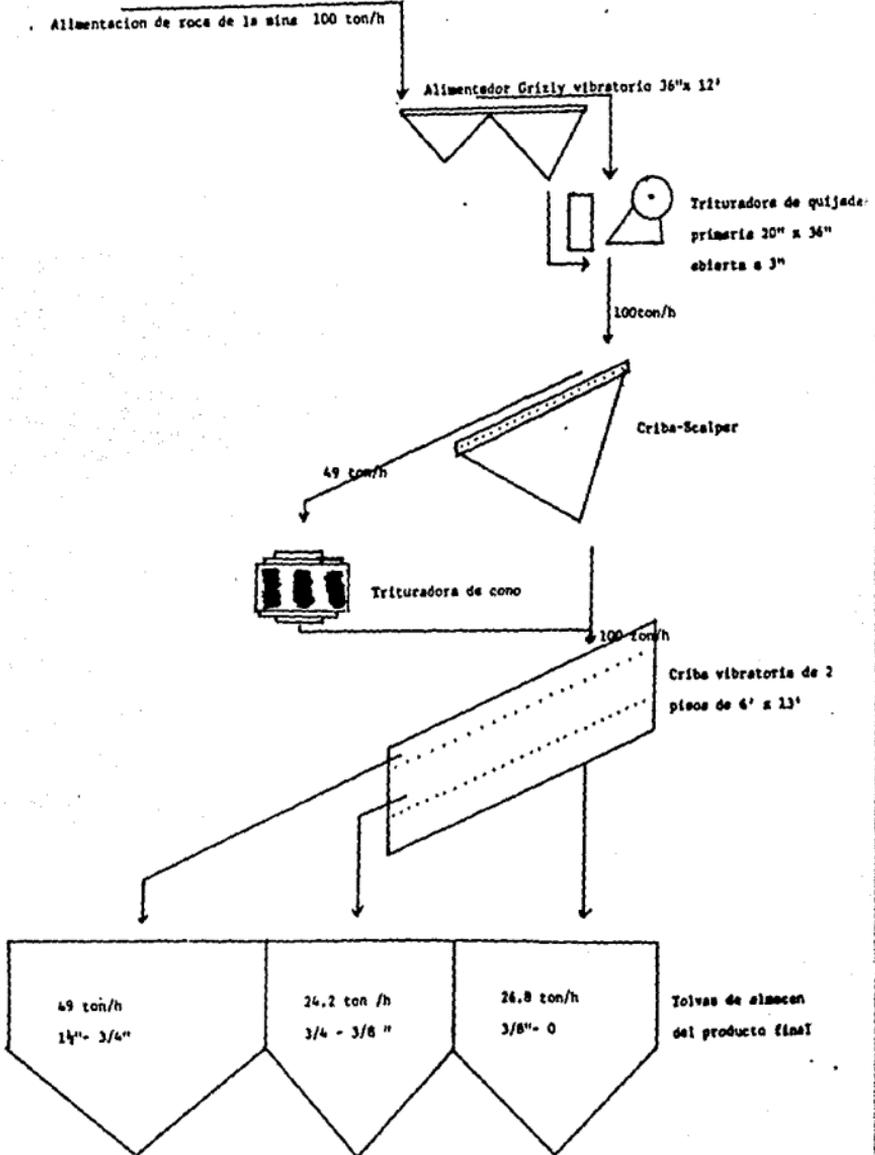
conde a $\underline{\underline{L}}$ m $\underline{\underline{L}}$ b

Según la curva de distribución



Actividad	te	Varianza
1,2	$2+4(3)+3/6 = 28$	$(3-2/6)^2 = 0.02$
2,3	$8+36+11/6 = 9.1$	$(11-8/6)^2 = 0.25$
2,4	$4+24+11/6 = 6.5$	$(7-5/6)^2 = 0.11$
3,4	$5+24+7/6 = 6$	$(7-5/6)^2 = 0.11$
4,5	$1+4+1/6 = 1$	$(1-1/6)^2 = 0$
4-6	$2+8+4/6 = 2.3$	$(4-2/6)^2 = 0.11$
5-6	$2+12+4/6 = 3$	$(4-2/6)^2 = 0.11$
6-7	$4+16+5/6 = 4.1$	$(5-4/6)^2 = 0.02$

FLUJO DE LA INSTALACION



$$Z = \frac{IP - PI}{\sum (T^2 P_i)}$$

IP = Iniciación programada

PI = Tiempo real de terminación

$$Z = \frac{26.5 - 26}{0.02+0.25+0.11+0.11+0.02} = 0.7$$

Suponiendo que en 26.5 minutos, se efectuara el -- proceso, la probabilidad de realizarlo en este tiempo es aplicable sin ninguna medida de apresuramiento si nosotros calculáramos el tiempo.

En 27 minutos sería desperdiciar mano de obra y maquinaria, inversamente si acortamos el tiempo a 25 minutos o menos, sería pedir más, de lo posible a la mano de obra y maquinaria.

Como regla sencilla las probabilidades entre 0.4 y 0,6 se consideran como un equilibrio razonable de riesgo. Para valores mayores de 0.6 puede haber gastos excesivos de recursos; para valores menores de 0.4 existe peligro de que los recursos insuficientes causan un retraso.

BIBLIOGRAFIA

- HAND BOOK OF MINERAL DRESSING, de Arthur F. Taggart.
- TRANSPORTI MECCANICI, de Vittorio Zignol.
- METODO, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION, de Peurifoy.
- STEPHENES ADAM SON MFG. PO.
- LINK BELT COMPANY.
- ALLIS CHALMERS.
- NORDBERG.
- DEISTER
- HEWITT ROBINS
- A. VIAN Y J. OCON. Elementos de Ingeniería química. Madrid 1961
- F. ARREDONDO Y A. ALAMAN. Estudio de Materiales. Tomo IV Madrid, 1963.
- J. FRITSCH. Fines in concrete mixes. Water Power, agosto 1960.
- R. RUEGG. Instalaciones de molienda para la industria del cemento. Cemento-Hormigón, julio 1964.

- J.R. HOSKING Measurement of factors affecting Screening -- efficienc. The Guarry Managers' Journal, julio 1961.
- G.J. BROWN Principles and practice of crushing and screening 4. The Guarry Managers' Journal, julio 1963
- G.J. BROWN. Principles and practice of crushing and ----- screening-5. The Guarry Managers' Journla. julio 1963.
- ANONIMO. Correction of the grain-size distribution of ---- natural sands. The Reaz Technique. Cement. Lime and --- Gravel, julio 1955.
- W.A. RUNDQUINST. Sand Washing, Classifying equipment. Rock Products, noviembre 1958.
- ANONIMO. Carrillas técnicas del hormigón. Humedad de los áridos. I.E.T.C.C.