

Nº 35
2EJ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS Y SELECCION DEL EQUIPO PARA LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
ROBERTO ESPINO LARA
SERVANDO ESTRADA SERRANO
HILARIO GARCIA ESTRADA
JESUS ALVARO MORENO CASAS
JOSE RAUL RAMOS LARIOS



MEXICO, D. F.

1992

FALLA DE ORIGEN



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.

INDICE

	Pág.
CAPITULO I.- INTRODUCCION	1
a) TIPOS DE AGREGADOS	1
b) OBTENCION DE LOS AGREGADOS	1
c) EQUIPOS DE TRITURACION	3
d) EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	3
e) MEDIDA DE LOS FRAGMENTOS	3
f) REQUERIMIENTO DEL EQUIPO DE TRITURACION	4
CAPITULO II.- EQUIPO DE TRITURACION	5
a) QUEBRADORA DE QUIJADA	5
b) QUEBRADORA GIRATORIA	7
c) QUEBRADORA DE RODILLOS	9
d) MOLINOS DE BARRAS O BULAS	10
e) TRITURADORAS DE IMPACTO O DE MARTILLOS	14
CAPITULO III.- EQUIPO COMPLEMENTARIO	15
a) CRIBADO	15
b) ALIMENTADORES DE TABLERO METALICO	19
c) BANDAS TRANSPORTADORAS	22
d) TOLVAS	30
e) GUSANOS LAVADORES Y DESENLADORES	31
f) ELEVADORES DE CANGILONES	32
CAPITULO IV.- PLANTAS DE TRITURACION	33
a) DESCRIPCION	33
b) INSTALACIONES FIJAS	33
b1) UBICACION	33
b2) RECEPCION DE LOS MATERIALES A TRATAR	36
b3) ELECCION DE LOS EQUIPOS	39
b4) ALMACENAJE DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS	43
b5) SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES	46
b6) SEGURIDAD E HIGIENE DEL PERSONAL	48
c) INSTALACIONES MOVILES	49
CAPITULO V.- SELECCION DEL EQUIPO ADECUADO	54
a) GENERALIDADES	54
b) EJEMPLO DE SELECCION DE EQUIPO	54
b1) TRITURACION PRIMARIA	55
b2) TRITURACION SECUNDARIA	56
b3) MOLIENDA	57
b4) SELECCION DEL ALIMENTADOR PARA LA TRITURACION PRIMARIA	57
b5) CALCULO DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS	59
b6) CALCULO DE LAS CRIBAS	60
b7) CALCULO DE ALMACENAMIENTOS DEL MATERIAL	62

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
a) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
b) TABLAS DE CAPACIDADES Y ESPECIFICACIONES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS	67
c) TABLAS DE CAPACIDADES DE TRITURADORAS SECUNDARIAS Y TERCIARIAS DE CONO	69
d) CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO	70
e) TABLAS DE VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS EN BANDAS	73
f) TABLAS PARA LA SELECCION DE RODILLOS	74

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

a) TIPOS DE AGREGADOS

Los agregados pétreos son fragmentos duros y resistentes, libres de materiales contaminantes de acuerdo a las siguientes especificaciones granulométricas (materiales más utilizados en obras civiles).

Agregados para concretos hidráulicos:

Arena:	0	a	1/4"
Grava #1:	1/4"	a	3/4"
Grava #2:	3/4"	a	1 1/2"
Grava #3:	1 1/2"	a	3"
Grava #4:	3"	a	6"

Agregados para caminos:

Material de Sub-Base:	0	a	2"
Material de Base:	0	a	1 1/2"
Material de Carpeta:	0	a	3/4"
Material de Sello:	3/16"	a	3/8"

Generalmente se da una tolerancia de 5% tanto en sobre-tamaño como en sub-tamaño, existiendo normas estrictas para la composición granulométrica interna de las arenas para elaborar concretos hidráulicos (norma ASTM C33-61T), como sigue:

Malla número	% de Material que pasa
3/8"	100
#4 (4.76mm.)	95 a 100
#8 (2.38mm.)	80 a 100
#16 (1.19mm.)	50 a 85
#30 (0.595mm.)	25 a 60
#50 (0.297mm.)	10 a 30
#100 (0.149mm.)	2 a 10

b) OBTENCION DE LOS AGREGADOS

La materia prima (material en greña) para la producción de agregados pétreos, se obtiene de bancos de roca o de yacimientos de agregados naturales de río o de depósitos de aluvión, conglomerados, etc., fundamentalmente. En mucha menor proporción, de escorias de alto horno, así como productos sintéticos provenientes de la cocción de horno rotatorio de materiales silico-aluminosos.

Las rocas se dividen en tres grandes categorías geológicas:

- I.- Rocas ígneas (basaltos, granitos, riolitas y andesitas)
- II.- Rocas sedimentarias (Caliza, arenisca y dolomitas)
- III.- Rocas metamórficas (esquistos, gneiss y mármol)

Para la extracción y preparación de los agregados, son los factores de dureza y de grado de abrasividad, los que importan principalmente para la selección del equipo.

La extracción de las rocas a cielo abierto, tiene dos series de operaciones:

- 1.- Trabajos preparatorios.
- 2.- Extracción propiamente dicha.

Antes de proceder a la extracción del material, es necesario retirar los terrenos constituidos de tierra vegetal, tepetate, limos, arcillas, etc., realizando las operaciones de despalme y desentrañe con tractores, escrapas, arados, etc., hasta dejar abierto el banco de material con su frente de ataque en uno o varios pisos, con las terrazas respectivas para permitir la evolución de las máquinas de perforación, del equipo de carga y el equipo de evacuación del material extraído.

La extracción puede realizarse manualmente (en desuso), por medios mecánicos y por explosivos.

Los materiales suaves (pizarra, calizas, lignito, etc.), se extraen por medio de equipos similares a los utilizados para la operación de despalme.

El caso más general, es la extracción por medio de explosivos, con los cuales se dislocan los bancos de roca y se obtiene una fragmentación en bloques de un tamaño tal, que se permita su manejo con los medios de carga y transporte disponibles, así como su entrada a la boca de la quebradora primaria.

En muchas ocasiones, a pesar de las precauciones tomadas en las tronadas masivas de los bancos de roca, un porcentaje aproximado de 25% de los bloques son demasiado grandes para manejarse con los medios disponibles, haciéndose necesaria una reducción secundaria de dichos bloques por medio de dinamita o por medios mecánicos (moneo).

La carga se realiza con cargadores frontales sobre neumáticos o sobre orugas, retroexcavadoras o palas mecánicas y el transporte a la planta de trituración, por medio de camiones de diversas capacidades, generalmente de los conocidos como fuera de carretera. En caso de acarreo relativamente cortos, el cargador frontal sobre neumáticos puede realizar la operación del acarreo a la planta de trituración.

La preparación de los agregados tiene por objeto transformar el material en gréña proveniente del banco de agregados naturales, y compuesto de elementos de todas dimensiones, desde los bloques grandes hasta elementos finos e impurezas de limo y arcillas, en materiales limpios clasificados en categorías granulométricas requeridas.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con el equipo de trituración y el equipo complementario, que son indispensables para realizar los procesos necesarios para transformar el material en greña o natural en material útil que reúna ciertas especificaciones. Por lo que respecta al equipo de trituración, desgraciadamente hasta la fecha no se ha diseñado una máquina universal que en un solo paso o etapa, convierta el material natural en agregados útiles, sino que dicha transformación se deberá realizar en varios pasos o etapas de acuerdo con el material natural disponible y con las especificaciones que deban cumplirse.

Como parte del presente trabajo, se describirán someramente los siguientes tipos de equipo:

c) EQUIPOS DE TRITURACION.

- 1.- Trituradoras primarias (quijadas y giratorias).
- 2.- Trituradoras secundarias (de cono, rodillos, martillos e impacto).
- 3.- Trituradoras terciarias.
- 4.- Molinos (de barras y de bolas).

d) EQUIPOS COMPLEMENTARIOS.

- 1.- Cribas vibratorias (horizontal e inclinada).
- 2.- Alimentadores (de mandil, de plato o reciprocantes vibratorios).
- 3.- Gusanos lavadores.
- 4.- Bandas transportadoras.
- 5.- Elevadores de cangilones.

e) MEDIDA DE LOS FRAGMENTOS

Los métodos para medir las dimensiones y apreciar la forma de los fragmentos son muy variados, la longitud (L), el ancho (d), el espesor (e), de un fragmento son los de un paralelepípedo rectangular de volumen mínimo que lo circunscribe. Cuando se hable de la dimensión de un fragmento sin otra precisión, en general debe pensarse que se trata de su "diámetro medio", o sea el diámetro de la esfera del mismo volumen.

Aunque hay que mencionar que algunas plantas producen fragmentos en forma de laja y dicen ser de cierto diámetro, pero si llega a caer de canto pasaría por la malla con toda facilidad.

Definición de los agregados de acuerdo con su dimensión.

Se dice que un agregado es de la categoría D-d (por ejemplo: 3/4" a 1/4"), si es retenido menos del 10% en la abertura D y pasa menos del 10% en la abertura d.

Para cuantificar la forma del agregado se acepta en relación a sus dimensiones y su volumen "V", que se conoce como coeficiente volumétrico de la partícula, y es igual a:

$$C = \frac{V}{\frac{3}{d} / 6}$$

V= Volumen de la partícula

d= Su mayor diámetro

Generalmente el ensayo se realiza con 250 gramos de fragmentos mayores a 1/4".

f) REQUERIMIENTO DEL EQUIPO DE TRITURACION

Por la naturaleza de este tipo de trabajo, los fabricantes de equipos de trituración están obligados a proporcionar máquinas que satisfagan las siguientes condiciones:

- 1.- Producción máxima del equipo considerado
- 2.- Abertura de admisión máxima compatible con el tamaño de la máquina
- 3.- Coeficiente de reducción máximo (relación entre los tamaños de la entrada y a la salida de la quebradora)
- 4.- Forma cúbica del material triturado
- 5.- Fuerza motriz necesaria mínima posible
- 6.- Simplicidad de la mecánica del equipo
- 7.- Seguridad de su funcionamiento
- 8.- Dimensiones compactas
- 9.- Facilidades de montaje y desmontaje de las piezas de desgaste
- 10.-Facilidades de manejo y mantenimiento
- 11.-Producción óptima de la quebradora
- 12.-Monto de inversión inicial

Los ingenieros y técnicos de las empresas constructoras de equipo de trituración y molienda, tratan como consecuencia, obtener con las máquinas que han diseñado, las mejores condiciones de utilización posible. Sin embargo, en este dominio de la técnica, cada problema tiene una solución particular de acuerdo con la naturaleza del material triturado. El equilibrio y rentabilidad de una instalación completa, estará en función de la calidad del estudio técnico que se haya efectuado.

CAPITULO II.- EQUIPO DE TRITURACION

a) QUEBRADORA DE QUIJADA

Esta máquina es muy utilizada como trituradora primaria. Trabaja permitiendo que la roca fluya hacia las quijadas, una de las cuales es fija, mientras que la otra es móvil, la distancia entre las quijadas disminuye a medida que la roca viaja hacia abajo por efecto de la gravedad y de la quijada móvil, hasta que al final pasa a través de la abertura inferior. La quijada móvil es capaz de ejercer una presión lo suficientemente alta para triturar la roca más dura.

Tiene como elementos fundamentales: la muela fija (1), la muela móvil (2), la flecha con su excéntrico (3), que imprime el movimiento oscilatorio de la quijada y que va unida al volante de regulación (4), el pisto de empuje (5), que sirve de apoyo y al mismo tiempo de fusible, pues por ser el elemento de menor resistencia, es el que se rompe cuando se introduce entre las rocas un cuerpo excesivamente duro, evitando así averías graves en la quebradora. El resorte de tensión (6), y la cuña de regulación (7), que sirve para variar la separación de la parte inferior de las muelas y por lo mismo el tamaño del material obtenido.

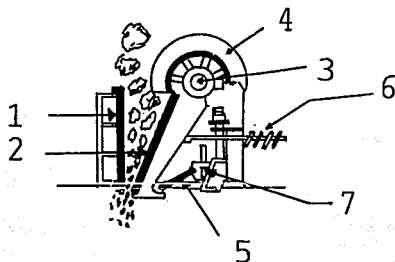


FIG. 1.- QUEBRADORA DE QUIJADA.

La quebradora de doble toggle (tipo Blake), trabaja con doble articulación. La quijada móvil está suspendida de una flecha montada sobre baleros en el marco de la quebradora. La operación de triturado se efectúa haciendo girar una flecha excéntrica, que hace subir y bajar la biela que mueve las dos articulaciones, a medida que la biela levanta las dos articulaciones se ejerce una alta presión cerca de la parte inferior de la quijada oscilante, cerrando parcialmente la abertura entre las dos quijadas. Esta operación se repite al girar la flecha excéntrica.

Las placas de las quijadas, están fabricadas con acero manganeso, y pueden quitarse, cambiarse y en algunos casos voltearse. Las quijadas pueden ser lisas, o en el caso que la roca tienda a partirse en lajas, pueden utilizarse quijadas acanaladas que generalmente son las utilizadas para reducir el lajamiento. La quijada oscilante puede ser recta o curva, para reducir el peligro de que se atasquen las rocas.

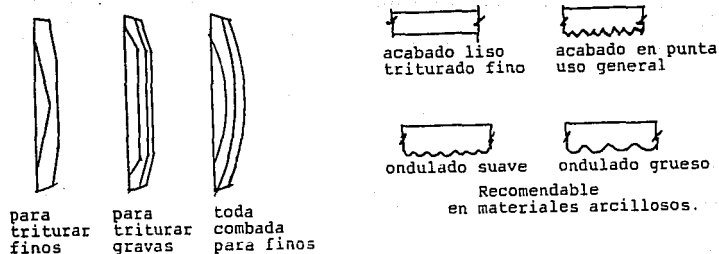


Fig. 2.- TIPOS DE MUELAS.

En las quebradoras de simple toggle, y de una sola articulación se le da a la quijada móvil un movimiento vertical y horizontal. Este tipo de quebradora se utiliza con bastante frecuencia en las plantas de trituración portátiles debido a su tamaño compacto, su peso ligero y a su construcción razonablemente sólida. La capacidad de la quebradora de una sola articulación usualmente es menor que la unidad de tipo Blake o doble toggle.

Cuando se utiliza la quebradora de quijada como primario, el tamaño puede determinarse a partir de la capacidad de alimentación en cuyo caso la capacidad de la quebradora puede ser de importancia secundaria. En la operación de la quebradora de quijada se debe de tener una abertura superior de cuando menos 2" más que el tamaño máximo de la roca con que se va a alimentar.

b) QUEERADORA GIRATORIA

Las quebradoras rotativas están constituidas por una nuez cónica animada de un movimiento excéntrico en el interior de una pared fija cilíndrica o cónica.

La nuez recibe un movimiento de rotación. El eje sobre el cual está armada, suspendido por su extremidad superior, recibe su movimiento en su extremidad inferior por un excéntrico accionado por el motor. El material a romper, introducido en la abertura anular superior, baja por su propio peso entre la pared fija y el cono y ahí es triturado. La pared fija está revestida de paredes de desgaste llamadas "TAZÓN" y la nuez también lleva un revestimiento de placas m.dles de acero de gran resistencia (acero manganeso).

Estas placas de desgaste pueden ser lisas o acanaladas. En el primer caso se obtienen más granos finos.

La producción de una quebradora de este tipo varía con la magnitud del orificio de salida, que puede ser regulado entre ciertos límites. La velocidad de rotación puede también variar en función de la dureza de la roca; su aumento produce mayor desgaste. El ángulo de las paredes de la cóncava fija y la nuez puede variar desde algo menos de 20 grados para las rocas duras hasta 25 ó 26 grados para las rocas blandas. La alimentación mecánica de la quebradora exige prever un margen entre la máxima dimensión a romper y el ancho de la abertura; sin embargo para producciones reducidas se puede permitir que los bloques o trozos mayores se carguen a mano.

El coeficiente de reducción de los bloques tratados es por lo general de 4 a 5, pudiendo alcanzar 6 ó 7, con una reducción de la producción. El promedio de las dimensiones de los productos obtenidos es superior a la dimensión del orificio de salida, la cual se denomina regulación y corresponde a la posición de la mayor distancia entre el tazón y la nuez, esta anomalía aparente se explica por el hecho de que los elementos no son cúbicos ni esféricos y pueden deslizarse a lo largo de su mayor dimensión a través del orificio de salida.

La técnica de la trituradora giratoria ha adelantado mucho en los últimos años y comprende por ejemplo la adopción de engranaje bajo presión. Estos equipos se utilizan en particular en las producciones muy grandes cuando se exige la obtención de un producto fino.

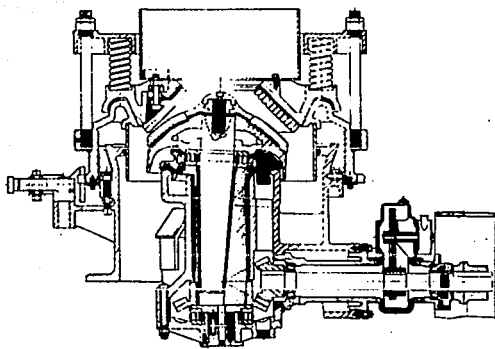


Fig.- 3 QUEBRADORA GIRATORIA.

c) QUEBRADORA DE RODILLOS

Las quebradoras de rodillos están constituidas por dos rodillos lisos o acanalados que giran paralelamente en sentido contrario y cuya distancia es regulable según el tamaño del material por obtener. La velocidad de rotación es de 40 a 100 r.p.m. Los rodillos lisos gradúan bien y son económicos, a pesar de que la producción sea mucho menor. El diámetro de los rodillos debe ser más o menos 20 veces el diámetro del material por producir; pero el tamaño máximo de las partículas a triturar se determina de la siguiente manera:

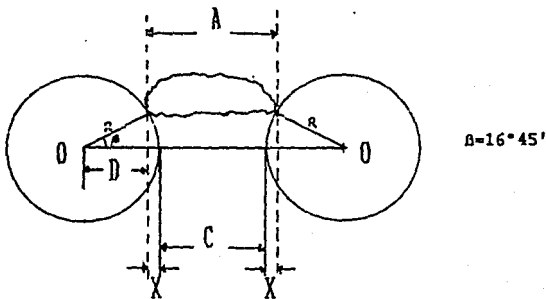


Fig. 4.-QUEBRADORA DE RODILLOS.

R = Radio de los rodillos

B = Angulo de trituración

D = $R \cos B$ = $0.975 R$.

A = Tamaño máximo de la alimentación

C = Ajuste de los rodillos (tamaño del producto terminado)

X = $R - D$ = $R - 0.975R$

A = $2X + C$

PRODUCCION TEORICA DE UNA QUEBRADORA DE RODILLOS EN M3/HORA

TAMANO MAXIMO DEL MATERIAL (PULG.)	54X24	40X22	30X24	30X18	24X16
1/4	18	13	11	9	7
1/2	36	26	23	18	14
3/4	54	39	36	27	21
1	72	53	48	36	28
1 1/4	90	66	60	46	35
1 1/2	108	79	71	55	42
2	144	106	80	73	58
2 1/2	180	134	92		
3	215	162			
4	285				

Estas producciones están basadas en el tamaño triturado y no en la apertura de la quebradora. Se basa en circuito cerrado y en el material con peso de 1600 kg/m³. La alimentación debe ser la suficiente para llenar los rodillos, pero no debe sobrecargarse. Las capacidades pueden variar en más o menos dependiendo de la clase de material.

Es indispensable en las quebradoras de rodillos conocer la relación de trituración necesaria para el tamaño deseado y poder operar correcta y económicamente.

Si una quebradora de rodillos está produciendo agregado terminado, la reducción no deberá ser mayor de 4, sin embargo, si se emplea la quebradora de rodillos para preparar la alimentación de otra quebradora más fina, la relación de reducción puede ser hasta de 7.

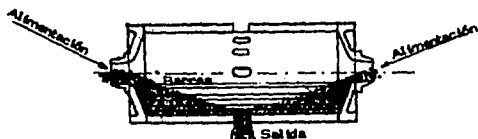
La protección contra los trozos de hierro se obtiene por el armado de los cojinetes de los rodillos que permiten así un distanciamiento momentáneo de los rodillos, con el objeto de evitar una rotura.

d) MOLINOS DE BARRAS O BOLAS

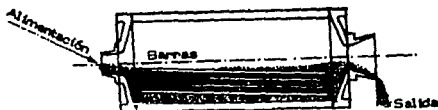
Estos molinos se emplean para producir agregado fino, como la arena, a partir de rocas que han sido trituradas a tamaños adecuados por otra clase de equipo de trituración. Si se utiliza la roca triturada como agregado grueso, la arena manufacturada a partir de la misma roca llenara las especificaciones.

Un molino de barras (Fig. 5) es un cascarón de acero forrado en el interior con una dura superficie de acero manganeso para evitar el desgaste, equipado con un soporte adecuado con una chumacera en cada uno de sus extremos, con un engrane motriz en uno de ellos. Trabaja con su eje en posición horizontal. Está cargado con barras de acero, cuyas longitudes son ligeramente inferiores a las del molino. La roca triturada, que se alimenta a través de una tolva en uno de sus extremos, fluye a la descarga en el otro extremo. A medida de que gira lentamente el molino, la roca está sujeta constantemente al impacto de las barras en movimiento, que produce la molienda deseada. Los molinos pueden operarse en seco o con agua.

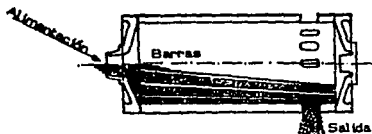
El tamaño de un molino de barras está especificado por el diámetro y la longitud del cascarón.



Con doble entrada axial y salida periférica por la parte media. Finuras hasta malla # 4



Con entrada y salida axiales. Se obtienen finuras hasta malla # 50



Con entrada axial y salida periférica por un extremo. Finuras hasta malla # 20

Fig. 5.- MOLINOS DE BARRAS.

Un molino de bolas, que utiliza bolas de acero en vez de barras para suministrar el impacto necesario y moler la piedra, producirá agregados finos con tamaño de granos menores que los producidos por los molinos de barras.

En la gran variedad del equipo destinado a la trituración y molienda de materiales pétreos, el molino de barras parece ser el que beneficia más a las nuevas técnicas de preparación de agregados para carreteras. En efecto, mientras que las investigaciones sobre la capacidad de los concretos asfálticos no había dado a conocer la importancia de la granulometría interna de las greñas y el porcentaje de finos (partículas de menos de 80 micras), el molino de barras se utiliza fundamentalmente en la preparación de minerales y en las obras civiles en la preparación de arenas calibradas para la elaboración de concretos hidráulicos.

En la actualidad, el molino de barras es ya en muchos países europeos, uno de los eslabones más importantes en la cadena de las máquinas previstas para la reducción de los materiales destinados a la construcción de carreteras.

Se utiliza básicamente para:

- I.- La fabricación de arenas especiales para concretos asfálticos con una fuerte proporción de finos.
- II.- Para enriquecer los agregados destinados a carpetas -- asfálticas.
- III.- La producción de arenas destinadas a elaborar concretos -- hidráulicos.

En los dos primeros casos se opera siempre por vía seca, en el tercero usualmente por vía húmeda. En efecto, si los finos (0-0.08 mm.), son necesarios para los concretos asfálticos, éste debe ser eliminado en los concretos hidráulicos. Utilizando la vía húmeda, o sea moliendo bajo agua, puede operarse una separación por un sistema apropiado para obtener la arena especificada por el usuario, eliminando los finos nocivos.

La vía seca permite la utilización de dos modalidades en la evacuación del producto: la salida periférica extrema y la salida axial. En un proceso por vía húmeda, generalmente se adopta el sistema de doble alimentación extrema con salida periférica central. (Fig. 5). Tanto en los molinos de bolas como en los de barras, se procura utilizar los cuerpos de molienda con el diámetro más pequeño compatible con la resistencia de las partículas por triturar, para mejorar así la eficiencia de la molienda (multiplicando la superficie de contacto) y disminuir la fatiga y el desgaste del molino.

En la mayoría de los casos, se pueden utilizar inicialmente barras de 2" y 3", y al ir avanzando el trabajo se añadirán solamente barras de 3". Las barras tienden a romperse cuando el desgaste ha disminuido su diámetro a 25 o 30 mm., y es necesario ir las retirando paulatinamente, ya que en caso contrario, las barras rotas reducen la eficiencia del molino. Las barras se elaboran generalmente en acero duro al carbón o laminadas en caliente. El desgaste de las barras varía, de acuerdo con la dureza del material molido y con el grado de finura deseado, en un rango que se puede considerar entre 100 y 1000 gramos por tonelada métrica procesada. El desgaste de las placas de blindaje (forros), varía en las mismas condiciones entre 20 y 200 gramos por tonelada (la quinta parte del desgaste de las barras).

Las barras del molino operan como cribas, reteniendo los fragmentos gruesos de la zona de alimentación, y permitiendo a los fragmentos finos avanzar hacia la salida. Esto se confirma por el hecho de que si se alimenta el molino con partículas demaciado gruesas, éstas permanecen mucho tiempo en la zona de entrada, provocando un desgaste excesivo de las barras en esta región.

Entre las numerosas aplicaciones de los molinos de barras sobresalen por su importancia las siguientes:

1.- La preparación mecánica de minerales. En este ejemplo el molino de barras tiene un papel importante como molino preparador o molino intermedio. Cuando la textura de los minerales complejos permite la liberación de ciertos elementos ricos desde la etapa de la molienda previa, los molinos de barras constituyen un preparador muy bueno con vistas a la concentración gravimétrica posterior.

2.- En la fabricación de arena triturada para concretos hidráulicos se ha reconocido desde hace ya algún tiempo, que la composición granulométrica de una buena arena para elaborar concreto hidráulico debe sujetarse a especificaciones muy estrictas. Estos límites fueron definidos en los Estados Unidos por las normas de "US CORPS OF ENGINEERS".

3.- La elaboración de finos para la corrección granulométrica de los materiales destinados a bases y carpetas asfálticas en carreteras de gran circulación.

En los últimos años, se ha venido observando en varios países europeos, la utilización de los molinos de barras, con muy buenos resultados para la fabricación de elementos finos por vía seca destinados a actuar como productos de corrección en los materiales para base y carpetas para la construcción de caminos.

La práctica de la utilización de los molinos de barras fue introducida en las pedreras y explotaciones de materiales pétreos sin mucho entusiasmo, debido a que es un equipo muy pesado, con muchas fallas mecánicas de difícil traslado. Hace relativamente poco tiempo fue introducido al mercado, el molino con su cuerpo cilíndrico montado sobre neumáticos, solución que presenta numerosas ventajas, permitiendo además una instalación fácil y rápida y un traslado sin dificultad. En su lugar de instalación no necesita ningún trabajo de cimentación, puesto que bastan algunas piezas de madera colocadas en un suelo compacto para soportar su carga sin dificultad.

La granulometría del producto a la salida, puede sujetarse variando los siguientes parámetros: cantidad del material a la alimentación, número de barras en el interior del molino y tiempo de estancia del material en el interior del cilindro.

A título indicativo se dan las producciones que generalmente especifican los fabricantes en este tipo de equipo, en los tamaños generalmente normalizados, para un producto de salida de 0 a 6 mm., y con una grava de alimentación de 3/4".

Modelo de 1.30 m. de diám. por 3.20 m. de long.: 10 a 12 T/h.

Modelo de 1.60 m. de diám. por 3.50 m. de long.: 15 a 18 T/h.

La naturaleza de los agregados tratados, influye de una manera determinante en los rendimientos de este tipo de equipo, razón por la cual es necesario conocerla con bastante precisión, se necesitarán hacer ensayos previos en un molino de laboratorio.

e) TRITURADORAS DE IMPACTO O DE MARTILLOS

Tanto las trituradoras de impacto como las de martillo, utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno de los rotores que están girando a elevadas revoluciones por minuto. En las trituradoras de martillo con rejilla interior existen también los efectos secundarios de corte y desgaste de la roca entre el martillo y la rejilla.

Con este tipo de máquina se obtiene un material cúbico de elevado coeficiente de forma, con índices de reducción de 20 a 1 y en ocasiones de 30 a 1. Desgraciadamente estas máquinas no son adecuadas para procesar rocas con más del 6 % de contenido de sílice, por el fuerte desgaste que sufren sus martillos y barras de impacto, con los materiales pétreos abrasivos; siendo aconsejable su empleo para tratar calizas, dolomitas, yesos, asbestos y en general todo tipo de minerales no abrasivos, pues de lo contrario se elevan muy fuertemente sus costos de operación.

CAPITULO III.- EQUIPO COMPLEMENTARIO

a) CRIBADO

Las cribas, ya sean horizontales, inclinadas, Grizzly o vibratorias, toman grandes cargas, las esparcen y estratifican rápidamente, usando cada pulgada de la superficie de la malla para obtener el máximo de selección, tanto en la separación preliminar, el dimensionamiento, el lavado o acabado con unidades portátiles o estacionarias.

Construidas con marcos fuertemente reforzados, las camas de las cribas se ajustan firmemente y sin holgura, evitando el desgaste por soldadura. La reposición de las mallas se hace fácilmente.

El tiro, velocidad, pendiente y superficie de cribado de las mallas se establecen en la fábrica para cada función.

Debido a las incertidumbres propias de las operaciones de cribado, es necesario hacer alteraciones en el campo. Los datos que siguen sirven como guía de cómo hacer ajustes para mejorar el funcionamiento de cribado.

1.-El análisis de la alimentación de la criba se obtiene probando la muestra de las curvas del producto triturado o de los registros de la planta de producción.

2.-Peso por metro cúbico del material que va a cribarse.

3.-Se determina si el cribado se va a hacer en seco o con aspersor de agua.

4.-Contorno de apertura de la malla, es decir, si van a ser circulares, cuadradas o rectangulares.

5.-Si se trata de cribado seco, ¿qué contenido de humedad hay? ¿si existe contenidos de limo?

6.-Tamaño de las aperturas de las camas y si se requiere dimensionamiento normal o específico.

7.-Eficiencia requerida de cribado.

8.-Alimentación total de la criba, incluyéndose cualquier carga circulatoria de la trituradora en toneladas por hora.

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

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

- A= Capacidad específica de la malla en toneladas por hora por pie cuadrado de malla
- B= Factor en función del porcentaje de sobretamaño en la alimentación a la criba.
- C= Factor en función del porcentaje de la eficiencia de cribado deseado.
- D= Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenida en el material alimentado.
- E= Factor en función de 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. En la actualidad, se utilizan cribas de uno, dos y tres pisos. En caso de cribas de dos o tres pisos, se calculará cada una de las mallas separadamente, y para seleccionar el tamaño de la criba, registrará la malla mayor.

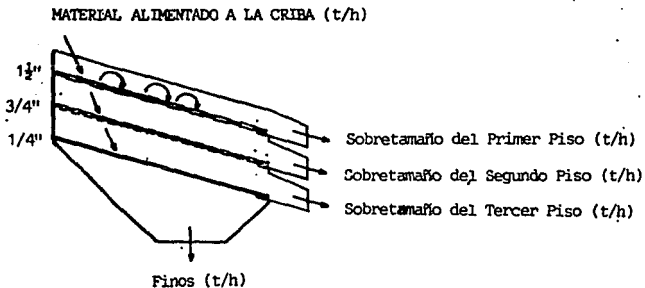


Fig.- 6 CRIBA VIBRATORIA INCLINADA DE TRES PISOS

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

FACTOR "A": CAPACIDAD ESPECIFICA EN TONELADAS CORTAS POR HORA QUE PASAN A TRAVES DE UN PIE CUADRADO DE MALLA, BASADOS EN UNA EFICIENCIA DEL 95%, CON UN SOBRETAMAO EN EL MATERIAL ALIMENTADO DEL 25%.

Clase de la Malla Cuadrada	.0118"	.0164"	.0232"	.0328"	.0468"	.065"	.091"	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"	5"	
Número de Malla	48	35	28	20	14	10	8		6	4															Usar sólo en Cribas de 1 pie
Arena	.144	.183	.226	.282	.38	.45	.57	.69	.73	.90	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polvo de Roca	.120	.152	.188	.235	.30	.375	.475	.58	.595	.75	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polvo de Carbón	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.38	.43	.45	.57	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Grava de Río	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.08	1.40	1.68	1.94	2.16	2.36	2.56	2.90	3.20	3.70	4.05	4.30	4.65	4.90		
Piedra Triturada	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.88	1.19	1.40	1.60	1.80	1.95	2.12	2.40	2.68	3.10	3.38	3.60	3.86	4.07		
Carbón	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.68	.88	1.04	1.21	1.36	1.48	1.60	1.83	2.00	2.31	2.53	2.69	2.91	3.02		

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%	.84
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
80%	.70		

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

Eficiencia deseada	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	Factor "C": Una separación perfecta o eficiencia del 100% no es económica. En la práctica del cribado de agregados, se acepta una eficiencia del 94%.
Factor "C"	2.10	1.70	1.55	1.40	1.25	1.10	1.05	1.00	.95	.90	

Cantidad en la alimentación menor de la mitad de la malla de cribado	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Este factor es necesario considerarlo cuidadosamente cuando se esté cribando un material con alto contenido de arena o roca fina. Por ejemplo, si se está cribando a $\frac{1}{2}$ ", considerar el porcentaje menor a $\frac{1}{4}$ " en la alimentación
Factor "D"	.55	.70	.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.20	3.00	---	

CRIBADO POR VIA HUMEDA

Tamaño de la Abertura de la malla (Pulgadas e número de la malla)	20	14	10	8	1/8"	6	4	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	3/4"	1" ó más
Factor "E"	1.10	1.50	2.00	2.25	2.50	2.50	2.50	2.25	2.00	1.50	1.30	1.20	1.10

El cribado por vía húmeda abajo de la malla # 20, no se recomienda. Si se criba por vía seca, se utilizará un factor "E" igual a 1. Un cribado por vía húmeda significa el utilizar de 5 a 10 galones por minuto de agua por cada yarda cúbica de material producido por hora, o sea que por cada 50 yardas cúbicas por hora de material, se necesitarán de 250 a 500 galones por minuto de agua.

Piso	Superior	Segundo	Tercero	Para una criba de un piso, se usará un factor "F" igual a 1. Para una criba de dos o tres pisos, para el cálculo de cada piso, se utilizará el factor "F" indicado correspondiente.
Factor "F"	1.00	.90	.75	

b) ALIMENTADORES DE TABLERO METALICO

Los alimentadores son mecanismos mediante los cuales se transportan materiales grandes que reciben el material en greña, y van a una reja vibratoria de cribado o bien directamente sobre una trituradora. Asegura un flujo uniforme de los agregados para toda la planta y un gasto de salida constante; son unidades autónomas montadas sobre estructuras pesadas.

Siendo éstos empleados para trabajos muy duros en agregados; están constituidos por charolas eslabonadas de acero manganeso, que es un acero resistente a la abrasión producida por los materiales, y al impacto que provocan las rocas al ser vaciadas por el camión. Cuenta con una serie de ruedas que van guiadas sobre un riel y dos catarinas, una loca y otra motriz, siendo esta última impulsada por una cadena unida a un reductor que da una velocidad adecuada para el desalojamiento del material.

Comprende de una tolva de alimentación del material en greña, que es depositado por los camiones, siendo esta tolva con capacidad suficiente para recibir la carga de un camión y tener un remate de materiales, que quede de la descarga de otro camión, las charolas que deben de tener la característica de ser onduladas, para lograr un mejor agarre del material al ser transportado.

Los alimentadores para trabajo normal igualmente fuertes, pero con un peso mayor, tienen también charolas dobles de acero, usándose también para plantas portátiles. Siendo de un ancho de 36" a 72", para trabajo pesado, pudiendo transportar de 50 a 800 toneladas por hora. Y para trabajo mediano con ancho de 4" a 48", regulando una producción de 25 a 350 Ton./h.

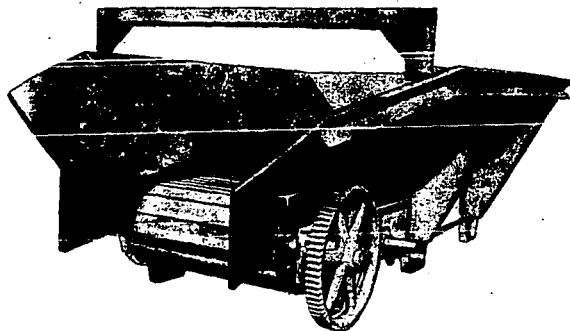


Fig.- 7 ALIMENTADOR DE MANDIL O DE
TABLERO MECANICO (APRON FEEDER)

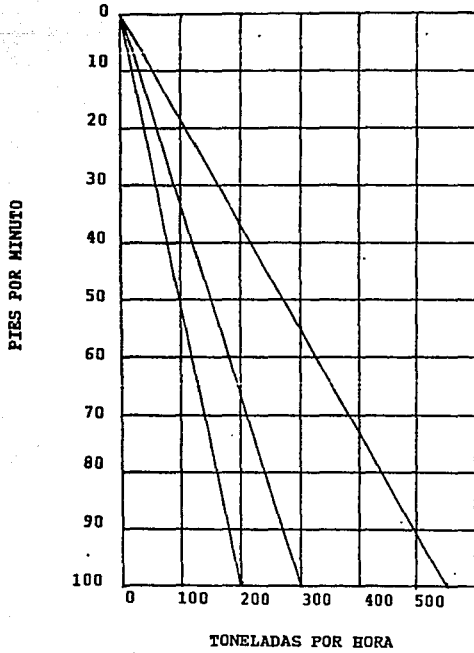
Tamaño mínimo del alimentador. Ancho x Longitud	Longitud máxima en pies	Capacidad en TPH para 25 PPM	H.P. REQUEPIDOS PARA LAS LONGITUDES STANDARD.										Carga muy pesada. Mandil fabricado en fundición de acero al manganeso		Carga pesada. Mandil fabricado en placas de acero formadas	
			6'	9'	12'	15'	18'	21'	24'	27'	30'	Peso del alimentador de long. mínima (Lbs).	Peso por pie adicional (Lbs).	Peso del alimentador de long. mínima (Lbs).	Peso por pie adicional (Lbs).	
24" x 6'	15'	150	1½	2	3	3	--	--	--	--	--			4565	465	
30" x 6'	18'	234	2	3	3	5	5	--	--	--	--			4975	500	
36" x 9'	21'	338	--	3	3	5	5	5	--	--	--	11215	780	9860	665	
42" x 9'	21'	459	--	5	5	7½	7½	10	--	--	--	11885	830	10365	695	
48" x 12'	27'	600	--	--	7½	7½	10	10	15	15	--	15605	865	13215	720	
54" x 12'	27'	759	--	--	10	10	15	15	20	20	--	17290	945	14740	770	
60" x 15'	30'	937	--	--	--	15	15	20	20	20	25	24250	1120	20650	910	
72" x 15'	30'	1350	--	--	--	15	20*	20*	20*	30*	30*	31470	1580	22790	1075	
84" x 18'	30'	1838	--	--	--	--	20	30*	30*	40*	40*	**	**	**	**	

TABLA DE CAPACIDADES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ALIMENTADORES DE MANDIL O DE TABLERO METALICO

*.- Potencia total con dos motores eléctricos

**.- Tamaño disponible únicamente en fundición de acero al carbón

ALIMENTADORES DE
TABLERO METALICO



C. BANDAS TRANSPORTADORAS

Como su nombre lo indica, están constituidas por bandas o correas sin fin, sostenidas y movidas de un modo adecuado y dispuestas para transportar sobre ellas los agregados.

Las bandas son de lona, caucho, hule reforzado o flejes de acero, estas últimas se utilizan también para el paso de materiales a través de hornos, cuando se trata de materiales a los que se quiere disminuir su humedad. Los transportadores de bandas se adaptan a una gran variedad y cantidad de materiales, reduciéndose de poca energía y sirviendo al transporte de cuerpos sólidos a poca y gran distancia. El costo inicial de la instalación comparado con otro tipo de transportadores suele ser elevado, pero prácticamente este factor no es decisivo, ya que por su vida útil y rapidez de transportación de los cuerpos sólidos, se reduce de manera muy grande.

El ancho de las bandas varía entre 12" y 60" y el número de rodillos guarda cierta dimensión con el ancho. Los rodillos están capacitados de modo que entre ellos no se produzca deformación alguna de la banda. Dicho espacio varía entre 1.50 m. para las bandas estrechas y de 1.00 m. en el caso de las bandas más anchas. Los rodillos de retorno, en la parte inferior de la estructura del transportador son espaciadas a intervalos mayores que los destinados a soportar la banda de carga. Los rodillos suelen llevar bujes o baleros, siendo estos últimos los que requieren de menor potencia.

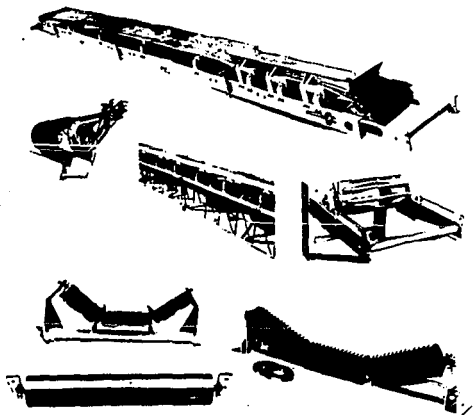


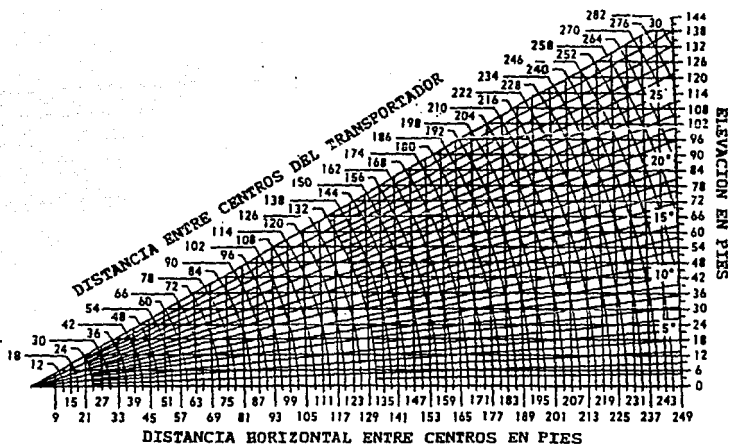
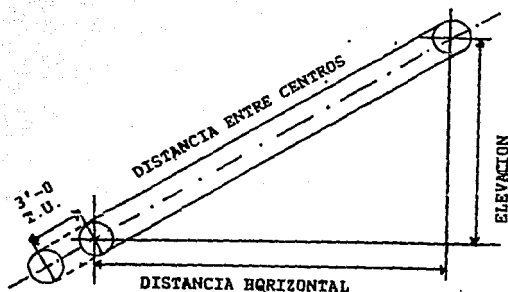
Fig. - 8 DETALLES DE BANDA TRANSPORTADORA

CAPACIDADES MAXIMAS DE LA BANDA

Ancho de la banda en pulgadas	Angulo de inclinación de la artesa en grados	CAPACIDAD MAXIMA DE LA BANDA EN TON/H. (1)					Tamaño máximo del material en pulgadas	
		Angulo de sobrecarga (2)					Tamaño uniforme	Mezclado con 50% de finos (3)
		5°	10°	20°	25°	30°		
18	20	--	--	50	56	63	4	4
	35	No recomendable						
	45	No recomendable						
24	20	--	--	96	108	120	5	7
	35	--	102	122	132	142	5	7
	45	106	115	132	140	170	5	7
30	20	--	--	157	175	195	6	10
	35	--	167	200	215	232	6	10
	45	175	187	215	230	244	6	10
36	20	--	--	230	260	290	7	12
	35	--	248	295	318	343	7	12
	45	258	278	318	340	360	7	12
42	20	--	--	320	360	400	8	14
	35	--	344	408	442	475	8	14
	45	358	386	440	470	500	8	14
48	20	--	--	430	480	530	10	16
	35	--	457	540	645	630	10	16
	45	475	510	584	623	660	10	16
54	20	--	--	547	612	678	11	18
	35	--	585	693	750	806	11	18
	45	608	655	748	797	845	11	18
60	20	--	--	680	762	844	12	20
	35	--	730	863	933	1000	12	20
	45	758	815	930	992	1050	12	20

(1) Todas las capacidades están en función para un peso del material de 100 libras/pie³ y para una velocidad de la banda de 100 ppm. Para otros materiales, para obtener sus capacidades equivalentes hay que multiplicar los valores de la tabla $\times \frac{\text{Lb/pie}^3}{100}$

TABLA DE INCLINACION DEL TRANSPORTADOR



CARACTERISTICAS VOLUMETRICAS DE MATERIALES COMUNES

MATERIAL	TAMAÑO Y ESTADO	PESO Lb/pie ³	ANGULO DE SOBRECARGA EN GRADOS	ANGULO MAXIMO DE TRANSPORTE EN GRADOS
Acido Fosfórico		60		
Alúmina		50-65		12
Alumbre	pedazo	55		
Asbesto	roca pequeña	81	20	
Asbesto	partícula	22		
Cenizas	secas	35	25	22
	húmedas	45		27
	produce gas húmedo	78		
Asfalto	triturado	45		
	pavimentación	80		
Bagazo		5		
Cebada		40		15
Barita	pedazo, 1/2" - 3"	130-150		
	polvo	110-130		
Basalto	1/2"- 3"	85-110		
	polvo	80-90		
Bacha	crystal	85-90		22
Baukita	apiñado	75-85	20	
Pulpa de remolacha	seca	12-15		
	húmeda	25-45		
Bentonita		50		
Hueso	carbonizado	25		
Harina de hueso		55		
Bórax	1/2"-3"	55-65		
	polvo	45-50		

Ladrillo, loseta	duro	125		
Ladrillo, loseta	blando	100		
Carburo de calcio	polvo	70		
Cemento	portland	75-85	25	20
	clinker	80-95	20	18
		90		
Creta, tiza	1/2"-3"	70-85		
	polvo	65-75		
Carbón		45		
Arcilla	partícula	60		20
	fina seca	100-120		22
Hulla, carbón de piedra	color carbón	52-57		
	gran tamaño	52-58	12	16
	tamaño domés- tico	52-56		16
	muy pequeño	50-54		18
Carbón de piedra	bituminoso	43-52	20	18
	abundado	43-50	22	22
	pulverizado	30-37		18
	lignito	45-55		22
Coque	del horno	25-30	15	20
	brisa establo	25-35 50		22
Concreto	fraguado	110		12-30
	fresco	110-150		12
Mineral de cobre	triturado	120-150		
Criolita	1/2"-3"	90-105		
	polvo	75-90		
Desperdicio	crystal	80-100		20

Polvo de carbón		45-50		20
Dolomita	triturada	100		22
Tierra	de mina	70-80	15-30	20
	húmeda	100-110	30	22
Feldespató	1/2"-3"	80-95		18
	polvo	75-80		
Pescado	crudo	52-56		
	harina	40		
Flourspató	1/2"-3"	95-120		
	polvo	85-95		
Arena fundida	suelta	80-90		
	apisonada	100-110		
Tierra de batán	seca	30-40		
	grasosa	60-65		
Basura	normal	30		
	doméstica	50		
Cristal	roto	80-100		
Granito	1/2"-3"	80-95		
	polvo	75-80		
Grava	seca	90-100	15-25	15-20
	húmeda	100-120		15-20
Grava y arena (mezcladas)	húmeda	100-130		
	1/2"-3"	70-80		15-21
Yeso	polvo	60-70		23
Ilmenita		140-160		
Mineral de hierro	1/2"-3"	130-145	20	22
	polvo	105-120		25
Caolín	arcilla	65		20
Plomo	blanco	250-260		
Piedra caliza	suelta	100		
	apiñada	90	25-30	20
	fina	80-85		20
		27		

Manganeso	oxido	120		
Mármol	sólido, compacto	165		
	suelto	100		
Mica	1/2"-3"	85-95		
	polvo	75-80		
Mortero	húmedo	150		
Concha de ostra		62		
Turba	sólida seca	30		
	suelta seca	20		
Petróleo (combustible)		35-40		
Roca fosfórica	suelta quebrada	75	25	15
	húmeda quebrada	85		
	granular	95		
Brea		72		
Plástico	polvo	30-40		
Sal potásica	silvestre	80		
Piedra pómez	tierra	40		
Cuarzo	1/2"-3"	80-95		
	polvo	70-80		
Roca	triturada	125-145		21
	ordinaria	56	10	20
	finá	75	15	11
Arena	húmeda	110-130	20-30	22
	seca	90-110	10-20	15
Escama	laminadero	125		
Pizarra		85-100	25	20
Sinterizado		125		
Granulado	granular seco	60-65	12	18
	granular húmedo	90-100		22

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Pizarra, esquistoso	1/2"-3"	85-95	15	20
Pizarra, esquistoso	polvo	70-80		15
Cenizas de sosa	encendidas	30-65	17	20
	densas		22	20
Azúcar	en forma de cono	25		
	en bruto	55-65		
	refinada	55		
Sulfuros	sólido	125		
	1/2"-3"	75-90	20-25	20
	polvo	65-75		
Talco	1/2"-3"	85-95		
	polvo	75-80		
Roca ígnea (basalto)		105		
	polvo	95		
Cásped	seco	30		
Madera (astillas)		12-25	7	25
Zinc	triturado	150-160		22
	concentrado	75-80		
	óxido	10-30		

d) TOLVAS

Las tolvas se hacen de placa de acero estructural que sirven para confinar o bien almacenar materiales del producto de la trituración.

Las características de las tolvas dependen del trabajo a que estén sometidas, como un ejemplo de ellas, es la tolva de recepción de material, que estará sometida a un trabajo muy pesado, por lo que hay necesidad de reforzar y poner placas de bastante espesor para evitar que la acción abrasiva y el impacto de los materiales la dañen. Las tolvas que sirven para almacenar los materiales clasificados, estarán sometidas a un trabajo mas moderado, debido a que los que ya están reducidos por efecto de la trituración y por ende la caída de estos y el impacto producido es muy leve. Pero hay que tener en cuenta que el transporte de los materiales es por gravedad por lo que la inclinación de cualquier pared debe ser mayor de 45° , ya que si fuera de ángulo menor, no deslizaría debido al ángulo de reposo del mismo, y quedaría estacionado produciendo estancamientos.

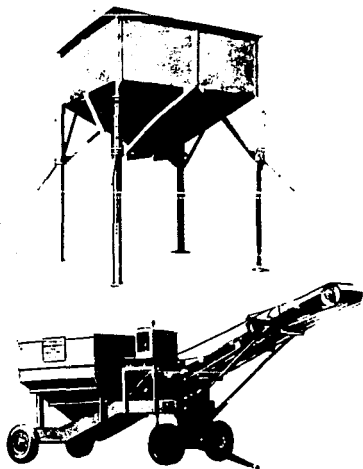


Fig.- 9 TOLVAS

e) GUSANOS LAVADORES Y DESENLIDADORES

En la producción de agregados pétreos por vía húmeda, fundamentalmente para la elaboración de concretos hidráulicos, son indispensables los gusanos lavadores de tornillo de Arquímedes. Se componen de un recipiente de plata metálica cuya parte inferior por regla general se ensancha para formar un tanque de clasificación con un vertedor para desalojar el agua excedente con los limos y arcillas disueltas en ella. En el interior del cuerpo gira lentamente una espiral longitudinal accionada en su extremidad superior por un motor eléctrico con reductor de velocidad. El gusano lava impurezas (limos, arcillas, materia orgánica, etc.). Las arenas naturales y trituradas, escurriéndolas del agua excedente y evacuándolas por su parte antero-superior para su almacenamiento en tolvas.

Para el lavado enérgico de minerales y de gravas naturales fuertemente contaminadas de arcilla, se emplean los tambores o "scrubbers", que constan de un cilindro de placa en cuyo interior existe asimismo un dispositivo de riego de agua a presión para realizar en el interior del tambor el lavado de los agregados. A la salida el agua sucia se escurre por los orificios del cilindro de evacuación.

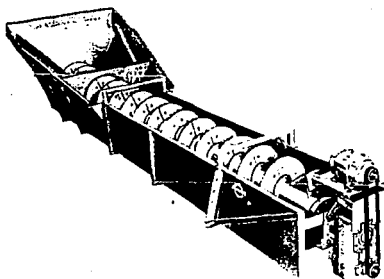


Fig.-10 GUSANO LAVADOR

f) ELEVADORES DE CANGILONES

Es un tipo de equipo de elevación de materiales a granel, que consiste básicamente en una serie de botes o cangilones montados bien sobre cadenas o bien sobre una banda de hule. Tanto las cadenas como la banda están animadas de movimiento lineal, que permite la elevación de los materiales recogidos por los cangilones en la tolva de recepción situada en la parte inferior del elevador.

Si bien es un equipo muy utilizado en las industrias de cal, cemento, yeso y la minería, en la industria de los agregados pétreos se ha visto muy disminuida su utilización, con el desarrollo de los transportadores de banda, que en muchos casos sustituyen ventajosamente a los elevadores de cangilones.

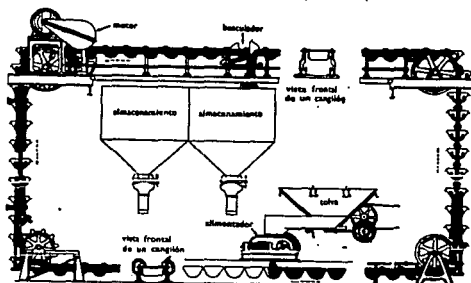


Fig.-11 ELEVADORES DE CANGILONES

CAPITULO IV.- PLANTAS DE TRITURACION

a) DESCRIPCION

Las plantas de trituración pueden ser fijas o móviles. Los dos tipos utilizan los equipos de que hemos hablado en los capítulos anteriores a los que hay que añadir los que aseguran el transporte o enlace entre las diversas etapas de fragmentación y cribado, alimentación de energía o de agua, la recepción de los materiales a tratar, el almacenaje de los productos terminados y los dispositivos de seguridad mecánica y del personal.

Se puede admitir que las instalaciones móviles no son más que un caso particular de las instalaciones fijas y que las consideraciones generales que estudiamos a continuación para estas últimas son válidas en conjunto para las instalaciones móviles, cuya finalidad y tipo veremos.

b) INSTALACIONES FIJAS

La concepción de planta de trituración fija es función de los gastos principales siguientes:

- 1) La situación de la instalación
- 2) La forma de recepción de los materiales a tratar
- 3) Los productos terminados a obtener que condicionan de particular la importante cuestión de la elección de equipos
- 4) El almacenaje de los productos terminados
- 5) La seguridad de las instalaciones
- 6) La seguridad e higiene del personal

b1) UBICACION

La situación de las instalaciones influye en la concepción del conjunto. En primer lugar, cuando es posible montar la instalación a media ladera, se consigue mediante el empleo de la gravedad evitar movimientos mecánicos de los materiales entre los diferentes escalones. En el esquema de la fig.13 representamos el principio de una instalación de este tipo. Por el contrario, la obligación de montar la instalación en terreno llano conduce a la utilización de un elevador de cangilones, banda transportadora, después de la recepción en el tipo vertical (esquema de la fig.14) o varios equipos de transporte en el caso del tipo horizontal (esquema de la fig.12)

Por otra parte, puede convenir realizar en lugares diferentes la trituración primaria y las etapas inferiores de fragmentación, por razones de transportes, por ausencia de agua o energía, por dificultades de transporte o alojamiento del personal en el lugar de extracción.

Si, por ejemplo, la cantera no cuenta con agua suficiente (para el lavado) o hay escasez de energía, puede interesar limitarse en cantera al fraccionamiento primario y el precribado, realizando el resto de las operaciones en la proximidad del lugar de utilización que reúna mejores condiciones (presa, puerto). Esta disposición evita, cuando la cantera está alejada del lugar de utilización, el transporte a distancia de productos de grandes dimensiones, limita el personal de explotación y sobre todo de conservación, necesario en cantera y permite la constitución de acopios después del fraccionamiento primario. Esta última consideración debe tenerse en cuenta pues, por una parte, en cantera se dispone en general de espacio para estos acopios y se puede lograr de esta forma una regulación que corrija las paradas de la extracción debidas al mal tiempo.

Esta regulación permite además limitar a un turno el trabajo de fraccionamiento primario en cantera con equipos de potencia conveniente cuando la producción de los productos terminados para las etapas inferiores de la fragmentación y cribado exige dos.

La decisión se realizara después de un estudio económico teniendo en cuenta las inversiones y gastos de explotación de ambos casos.

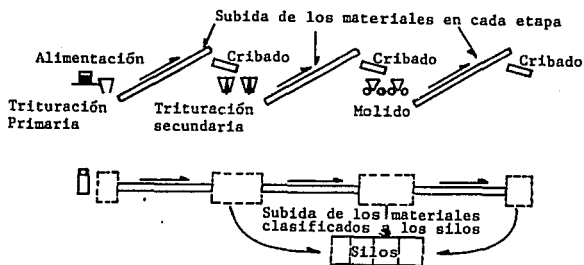


Fig.-12 ESQUEMA DE UNA INSTALACION DE TIPO HORIZONTAL

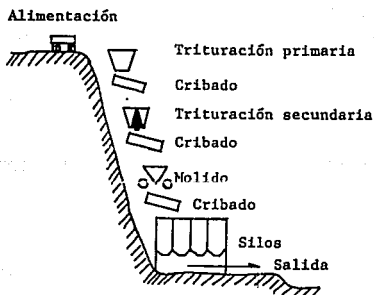


Fig. 13 ESQUEMA DE UNA INSTALACION A MEDIA LADERA.

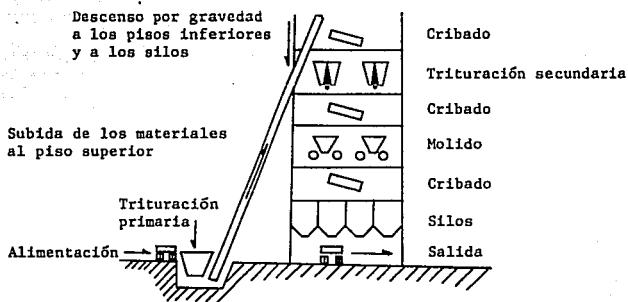


Fig. 14 ESQUEMA DE UNA INSTALACION DE TIPO VERTICAL.

b2) RECEPCION DE LOS MATERIALES A TRATAR

Cuando la instalación debe admitir materiales que comprenden elementos grandes (2 ton. y más) cargados por grandes palas mecánicas, debe prestarse especial atención a la recepción.

Recordemos que la abertura de la trituradora primaria debe estar de acuerdo con la capacidad del cucharón de la pala mecánica que carga en cantera pero, por prudente que se sea en las previsiones, pueden presentarse algunos elementos de forma no cúbica en condiciones tales que su mayor dimensión no sea admisible en la trituradora.

El vaciado de un camión o de un vagón de gran capacidad puede, por otra parte, crear a la entrada una acumulación de materiales que produzca el atasco de la trituradora y su detención por bloqueo.

En casos semejantes se debe vaciar la trituradora, operación que inmoviliza (a veces hasta durante varias horas) y por otra parte la instalación es costosa en sí. Por esta razón, una instalación bien concebida debe comprender a su entrada un alimentador a lo largo del cual se dispersen los materiales, lo que evita el atascamiento. Los elementos de forma y dimensiones anormales quedan aislados y pueden eliminarse.

Para esto último, el obrero encargado de la recepción puede inmovilizar el alimentador interrumpiendo la corriente quitando después el bloque indeseable mediante una pinza suspendida de un pórtico por encima del alimentador.

Los grandes alimentadores a que nos referimos no son del tipo normal de los que acompañan a la etapas inferiores en productos divididos, como los distribuidores de sacudidas, alimentadores de correa o de aire comprimido. Se trata de grandes aparatos de tablero mecánico (placas articuladas) de anchura que varía de 600 a 2400 mm. y longitud que va desde 2400 a 6000 mm. (se han construido algunos de 15 m. de longitud) de pesos que van de 3 a 50 toneladas y que exigen una fuerza motriz instalada de 3 a 20 CV según el ritmo de alimentación, la magnitud de los elementos admitidos y la fuerza y capacidad de las máquinas de transporte.

Damos el esquema (Fig. 7) y un cuadro de características de alimentadores de este tipo.

CARACTERISTICAS DE LOS ALIMENTADORES DE TABLERO ARTICULADO

	600	800	1000	1250	1400	1600	2000	2400
Anchura útil del tablero en mm...	600	800	1000	1250	1400	1600	2000	2400
Longitud normal de eje a eje en mm.	2420	2860	3600	4200	4200	4500	4500	6000
Peso, en kg.....	3000	4650	8200	13500	14500	23500	28700	50000
Motor, 2 CV.....	3	4	6	7	8	10	12	18
Paso de la cadena, en mm.....	220	220	300	300	300	450	450	450
Peso de una placa aislada, en kg...	15	30	85	140	155	340	490	1000

- 1 Longitud normal. La longitud puede alcanzar hasta 15 m. para los equipos más importantes.
- 2 Para alimentador horizontal. La potencia debe aumentarse según la inclinación y longitud del tablero.

INSTALACION DE FABRICACION DE AGREGADOS

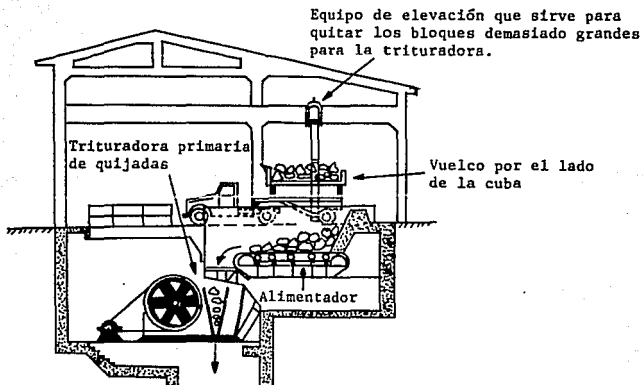


Fig.-15 ALIMENTACION DE UNA TRITURADORA PRIMARIA CON TOLVA PARA VERTIDO LATERAL.

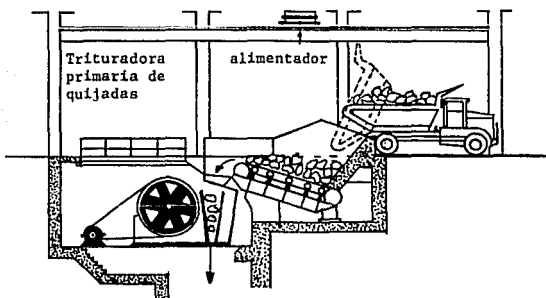


Fig.-16 ALIMENTACION DE UNA TRITURADORA PRIMARIA CON DESCARGA TRASERA.

Las figuras 15 y 16 representan los esquemas de los dispositivos de recepción aplicados a una trituradora de mandíbulas, el primero para vertido lateral de los camiones y el segundo para vertido de frente.

A veces se amortigua la caída de grandes bloques sobre el alimentador mediante una pantalla de grandes cadenas marinas suspendidas a la entrada.

Observemos que la misión de alimentación antes del fraccionamiento primario puede ser desempeñada a veces convenientemente por cribas provistas de discos debidamente reforzados.

b3) ELECCION DE LOS EQUIPOS.

La elección de los equipos de fragmentación y cribado, así como su coordinación en el conjunto de la instalación, esta condicionada evidentemente, en primer lugar, por la granulometría de los diferentes tipos que deben obtenerse.

En cuanto al cribado, hemos dado en el capítulo anterior, para cada tipo de equipo datos suficientes para orientar la elección. No ocurre lo mismo con los equipos de fragmentación, que son esenciales en el rendimiento de una instalación, tanto se trate del tipo de cada uno de ellos, como de su coordinación en el conjunto, y sobre cuya elección creemos debemos insistir.

La adaptación de una instalación a un caso determinado por elección correcta de sus elementos es, efectivamente, fundamental. El éxito, tanto financiero como técnico de la construcción de obras importantes de concreto, por ejemplo, cuya ejecución puede exigir varios años, está condicionado a menudo, de entrada, por la concepción de la instalación de fabricación de agregados y nunca se presta cuidado suficiente a su estudio. Este estudio debe realizarse con la colaboración de los proveedores especializados que compiten entre sí, pero debe ser objeto de un examen crítico muy completo para eliminar lo que estas proposiciones puedan tener de tendencioso en el plano comercial. Así, un proveedor especializado en la fabricación de trituradoras giratorias les encontrará todo tipo de ventajas en todos los casos, mientras que otro más interesado en los molinos de cilindros los preferirá a priori a los de otro tipo.

Por otra parte, existe una tendencia excesiva a contentarse con el examen de algunos kilos de materiales a tratar o con una sola muestra para hacer la elección de un equipo. Solamente ensayos realizados con varias toneladas (especialmente cuando se trata de arena) pueden permitir una previsión válida de los rendimientos y las granulometrías que se obtendrán.

Los proveedores deben tener una estación de ensayo y los ensayos deben ser seguidos por el ingeniero encargado de realizar el proyecto de la instalación.

Por otra parte hay que observar que por mucho que se afine en estos ensayos, siempre existirán errores en los rendimientos granulométricos produciéndose excesos de ciertos tipos y defectos de otros, lo que produce la necesidad de preveer una recirculación de ciertos productos.

La producción de elementos planos, en proporción inadmisibles, puede conducir a proveer ciertos equipos que trabajen en autotrituración sobre su criba en circuito cerrado, a menos que este defecto pueda paliarse mediante parrillas de eliminación de los elementos planos.

Teniendo en cuenta estos datos generales, examinaremos cuanto pueda ayudar a orientar la elección de los equipos de trituración.

Nos limitaremos al caso de los productos rocosos duros y semi-duros destinados a la fabricación de agregados, prescindiendo de los productos blandos o friables, que puedan tratarse con equipos especiales como los de cilindro único dentado.

En el fraccionamiento primario la elección esta limitada a las trituradoras giratorias y las de quijadas.

Para la trituración propiamente dicha entran en competencia las trituradoras de percusión lo mismo que para la fabricación de gravilla.

Por último, para el molido y pulverización pueden considerarse varios tipos de aparatos:

- Molinos de cilindros dobles lisos.
- Molinos giratorios.
- Molinos de cilindros segmentados.
- Molinos de barras.
- Molinos de bolas.

FRACCIONAMIENTO PRIMARIO.

La discusión entre las trituradoras giratorias y las de quijadas está en pie desde hace mucho tiempo. Para orientarse pueden tenerse en cuenta las consideraciones siguientes:

1.- MAGNITUD DE LOS BLOQUES A ADMITIR. Se sabe que la carga a mano (de que no nos ocupamos aquí) puede realizarse con bloques de los que los mayores están comprendidos entre 20 y 30 Kg. no superando las dimensiones máximas los 300 mm.

En túnel, las palas cargadoras no mueven bloques que sobrepasen en general los 100 Kg. siendo la dimensión máxima del orden de 1200 mm.

En cantera, con palas que llegan normalmente hasta 4 Yd³, o sea, 3 m³, puede ser necesario admitir bloques cuya máxima dimensión alcance los 2000 mm.

En estos dos últimos tipos de explotación se plantea la cuestión de la abertura de la trituradora que puede condicionar su elección.

Al estudiar los tipos de trituradoras de quijadas y giratorias hemos insistido en la forma de la abertura de admisión de cada uno de ellos, observando que la abertura rectangular de las trituradoras de quijadas era más accesible que la de las giratorias, de forma anular dividida en dos segmentos por el travesaño de apoyo. Añadiremos que la relación de los pesos de las trituradoras giratorias y de las de quijadas que pueden admitir bloques de 1 m³ es del orden de 2 a 1.

Por consiguiente, puede decirse que siendo iguales las demás circunstancias, si basta utilizar una trituradora de quijadas con una abertura de entrada conveniente para lograr el rendimiento impuesto, ésta será seguramente la de adquisición más económica.

2.- PRODUCCION . Para la misma abertura de entrada y, por consiguiente, con pesos en relación de 2 a 1, la producción está sensiblemente en la misma relación. Lo importante es saber si es necesario hacer inversiones correspondientes a una producción,

doble de la necesaria, caso que puede presentarse, por ejemplo cuando se quiere realizar el fraccionamiento primario en turno único triturando en dós.

3.-CONSUMO DE FUERZA MOTRIZ. Las trituradoras giratorias consumen en general menos fuerza motriz que las de quijadas por tonelada producida. La eficiencia es del orden del 20%. En cuanto se refiere a la potencia normal instalada, es necesario utilizar para las trituradoras de quijadas motores de potencia doble de la potencia media efectiva consumida mientras que en las giratorias basta un incremento del orden del 60%.

4.- NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS A TRATAR. Las trituradoras giratorias son más adecuadas para productos duros y abrasivos, no adhesivos o poco adhesivos. Las trituradoras de quijadas pueden utilizarse, según su tipo para materiales secos, húmedos o adherentes.

5.- COEFICIENTE DE REDUCCION. Hemos definido este coeficiente anteriormente, es ligeramente más elevado en las trituradoras giratorias que en las de quijadas.

EQUIPOS	COEFICIENTES PARA LOS MODELOS CORRIENTES	
	MAS PEQUEÑOS	MAS GRANDES
TRITURADORAS DE QUIJADAS	7	5
TRITURADORAS GIRATORIAS	7	6

6.- CONSERVACION.- Es difícil dar aquí indicaciones exactas ya que el comportamiento de las piezas de desgaste varía considerablemente con la naturaleza de los productos tratados y especialmente su abrasividad.

En general, la sustitución de piezas es más fácil en las trituradoras de quijadas. Para obtener una idea real es necesario referirse a instalaciones existentes o, a falta de estos datos, comprobar con prudencia los de los proveedores en competencia.

7.- SEGURIDAD .- En las trituradoras de quijadas los dispositivos de seguridad que hemos mencionado pueden ser bastante eficaces, ya se trate de piezas de ruptura (bielas de seguridad) o de dispositivos de fricción que liberen los volantes en caso de sobrecarga.

En las grandes trituradoras giratorias destinadas al fraccionamiento primario no existen actualmente, que nosotros sepamos, dispositivos de seguridad verdaderamente eficaces y es necesario confiar en un exceso de solidez de los elementos en cuestión o en una protección en la admisión de la que hablaremos más adelante.

A este particular, y especialmente cuando existe el riesgo de recibir grandes elementos metálicos, la trituradora de quijadas tiene ventajas indudables.

Recordemos incidentalmente que algunos modelos pequeños de trituradoras giratorias comprenden dispositivos mecánicos u oleoneumáticos relativamente eficaces.

De cuanto antecede se deduce que la elección de un equipo para fraccionamiento primario exige gran atención y debe ser objeto de un estudio muy completo.

TRITURACION Y FABRICACION DE GRAVA. Después de una trituration primaria conveniente la comparacion entre los tres tipos normales de equipos (giratorios, de quijadas y de impacto) no está influenciada en general por la abertura de la admision.

Las trituradoras giratorias, especialmente para produccion de grava, tienen las ventajas que hemos indicado anteriormente al hablar de la eleccion de los equipos para trituration primaria.

Los equipos de impacto vuelven a ser preferidos netamente, sobre todo cuando debe evitarse la produccion de elementos planos utilizando ciertas rocas. Efectivamente, en estos equipos el choque entre los elementos tratados produce un efecto suplementario de autotrituration favorable a la eliminacion de los elementos planos. Tienen un coeficiente de reduccion en general más elevado de los equipos giratorios o de quijadas como lo demuestra el cuadro siguiente.

EQUIPOS	COEFICIENTES DE REDUCCION EN LOS MODELOS CORRIENTES	
	MAS PEQUEROS	MAS GRANDES
Trituradoras secundarias de quijadas	7	6
Trituradoras secundarias giratorias	5	7
Trituradoras girogravilladoras	10	5
Equipos de percusion	20	5

En cambio, sólo admiten correctamente bloques cuya máxima dimension no sobrepase el cuarto del diámetro de la parte giratoria.

Los martillos son particularmente sensibles al desgaste tendiendo a formarse rápidamente un bisel en el lugar del choque lo que hace descartar frecuentemente los equipos de martillos para el tratamiento de rocas que contienen más del 10% de sílice.

Como se ve, los datos para eleccion de equipos de esta etapa de trituration son menos categóricos que en la etapa de trituration primaria. Se imponen los ensayos de que hemos hablado al principio de este capítulo, en tonelaje suficiente de los materiales a tratar.

MOLIDO Y PULVERIZACION

Recordemos que hemos clasificado bajo estas denominaciones la produccion de arenas (molido) y de filler o polvo (pulverizacion).

En este punto francamente si no se realizan ensayos pueden producirse muchas sorpresas. El ensayo es indispensable especialmente para la parte fina de las arenas.

Por consiguiente, nos limitaremos a algunas observaciones de orden general dejando a los ensayos la decision definitiva.

Observemos en primer lugar que los molinos de cilindros dentados son recomendables especialmente para materiales friables.

En principio, el coeficiente de reducción de los diversos tipos de equipos utilizados es el siguiente:

EQUIPOS	COEFICIENTE DE REDUCCION PARA LOS MODELOS CORRIENTES	
	MAS PEQUEROS	MAS GRANDES
Molinos de cilindros lisos	3	2
Molinos de tipo giratorio (symons)	5	10
Molinos de barras	40	30
Molinos de bolas	55	50

En los molinos de cilindros lisos el espesor de los trozos admitidos no debe sobrepasar en principio $1/22$ del diámetro de los cilindros.

b4) ALMACENAJE DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS

Las especificaciones exigen, para ciertos concretos de calidad, hasta 5 tipos de agregados que darán por mezcla la granulometría deseada.

Para amortiguar ciertas irregularidades de la producción es necesario prever un almacenaje variable según los casos para dar a la fábrica de agregados una autonomía suficiente.

Cuando el volumen a almacenar es importante, la construcción de silos es excesivamente costosa y es preferible almacenar el montón al aire libre mediante transportadores de bandas.

Estos almacenes se efectúan en ciertos casos bajo cobertizos abiertos.

La retirada de los materiales se realiza, por ejemplo, mediante un túnel con compuerta que permite el ensilado de los productos en silos separados con dispositivos de vaciado apropiados para las máquinas de transporte previstas.

A veces es necesario calentar las tolvas de arena para poder efectuar su vaciado en tiempo de heladas. En este caso se emplean habitualmente tuberías de agua caliente dispuestas en serpentín en el interior de la tolva en las proximidades del orificio de vaciado.

Cuando el hielo se presenta sólo con carácter de episódico basta con utilizar hogueras encendidas durante la noche debajo y alrededor de la parte baja de las tolvas.

Señalaremos igualmente la estación de calentamiento de arenas utilizada en Serre-Ponçon (Fig.17). Se envía a través de una tubería de gran diámetro aire calentado mediante un quemador de fuel oil a la parte inferior de las tolvas de almacenaje. El aire se conduce a través de tuberías que atraviesan verticalmente

las arenas almacenadas. Todas las zonas situadas por encima de la compuerta de vaciado de la tolva son también inaccesibles al hielo y la arena fluye sin dificultad.

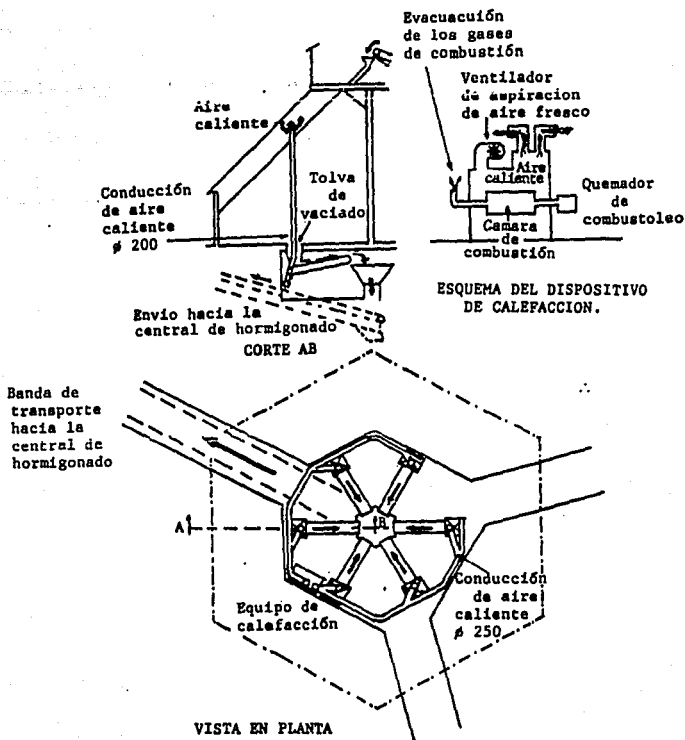


Fig.-17 INSTALACION DE CALENTAMIENTO DE ARENAS.

En el esquema de la fig.-18 hemos representado un almacenaje al aire libre de cuatro tipos de agregados con recogida bajo el acopio. La arena se almacena en silos.

Vertido de los materiales en el extremo de los transportadores.

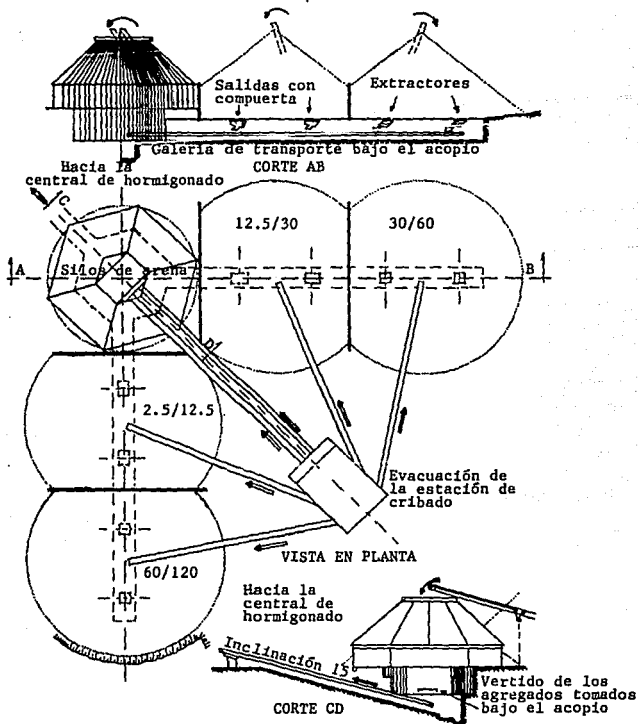


Fig.-18 INSTALACION DE ALMACENAJE DE AGREGADOS

b5) SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES

Nos referimos aquí a la seguridad mecánica de las instalaciones.

Contando ya con la protección clásica contra sobretensiones de los equipos eléctricos, es necesario tener en cuenta también el peligro de los goteos y el polvo que conducirá a blindar ciertos motores.

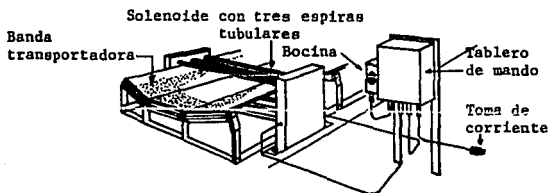


Fig.-19 DETECTOR DE PIEZAS METALICAS
(MAGNETICAS O NO MAGNETICAS)

Finalmente, existe un peligro especial en las instalaciones de trituración el de la admisión en el circuito de alimentación de productos metálicos, como dientes de palas metálicas, bocas de útiles de perforación, tornillos de vagones, etc.

Hemos indicado que cada equipo (trituradora, molino) debe tener su propio dispositivo de seguridad, observándose; sin embargo, que hasta ahora no conocemos ninguno plenamente eficaz para los grandes modelos de trituradoras giratorias.

Estos dispositivos individuales pueden completarse mediante equipos instalados en los lugares convenientes del circuito de distribución.

Se utiliza, por ejemplo, como se indica en la figura 19, un gran solenoide de tres espiras tubulares recorridas por una corriente eléctrica continua y que rodea la banda transportadora de los materiales a tratar. El paso de una pieza metálica provoca en el solenoide una variación de corriente registrada por un aparato electrónico que pone marcha en una señal sonora y al mismo tiempo detiene el motor que mueve la banda transportadora. La pieza de esta forma localizada se retira a mano.

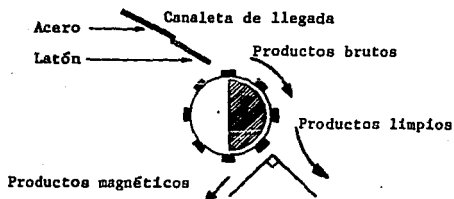


Fig.20 SEPARADOR MAGNETICO

Este procedimiento, que tiene la ventaja de aplicarse a piezas metálicas de cualquier naturaleza, sean o no magnéticas, como, por ejemplo, acero al manganeso de los dientes de pala, no asegura la separación automática.

Cuando sólo son de tener materiales féreos se puede recurrir a la separación magnética.

Los productos a clasificar (fig.20) son conducidos por una canaleta de alimentación por encima de un cilindro provisto de barras que gira alrededor de un sistema electromagnético fijo semicircular.

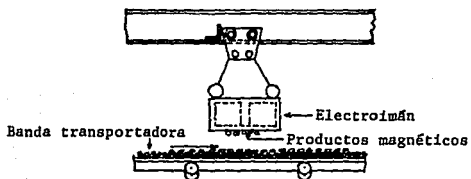


Fig.21 SEPARADOR MAGNETICO

Las barras sólo están magnetizadas en la mitad de la circunferencia del cilindro. Los elementos férricos son arrastrados en la rotación del cilindro y las barras les hacen abandonar la zona magnetizada.

También se pueden utilizar electroimanes montados simplemente sobre carretón por encima de la banda transportadora (fig.20) o mejor entre los dos ramales de un transportador de banda auxiliar como se indica en la figura 22.

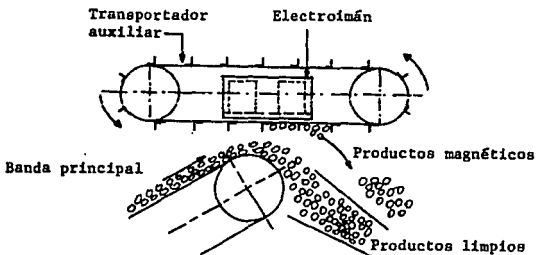


Fig.22 SEPARADOR MAGNETICO

Añadiremos que los dos procedimientos (separación magnética y detección de piezas no magnéticas) pueden combinarse pudiendo hacerse pasar los materiales primeramente sobre un transportador de cilindro magnético que elimine automáticamente la mayor parte de las piezas metálicas magnéticas.

Los materiales así tratados son recogidos a continuación por una banda transportadora sobre la que actúa un cuadro detector que detiene automáticamente el conjunto de las dos bandas cuando a través del cuadro pasa una pieza metálica magnética o no.

De esta forma el detector completa la acción del cilindro magnético evitando las detenciones demasiado frecuentes provocadas por piezas magnéticas de pequeña importancia eliminadas automáticamente sin detención de la instalación por el cilindro.

Recordemos en fin la atención que debe prestarse a las vibraciones que ocasionan ciertos equipos que pueden averiarse sus uniones a sus macizos de cimentación de concreto o las estructuras metálicas que los soportan especialmente cuando se producen fenómenos de resonancia que pueden evitarse mediante estructuras de forma especial.

b6) SEGURIDAD E HIGIENE DEL PERSONAL

En la fábrica constituida por una instalación de preparación de agregados debe añadirse a los dispositivos clásicos de protección del personal contra accidentes los necesarios contra el peligro de la silicosis, imponiéndose la eliminación del polvo.

En las instalaciones pequeñas puede bastar carenar las cribas planas o regarlas e instalar un dispositivo de ventilación en el pasillo de recogida bajo los silos.

En las grandes instalaciones debe realizarse la eliminación del polvo utilizando procedimientos a que nos hemos referido en el capítulo anterior, debiendo confiarse entonces el estudio a una casa especializada.

ESQUEMA DE UNA INSTALACION COMPLETA DE FABRICACION DE AGREGADOS

En la pag.52 indicamos de forma esquemática una instalación que utiliza los diferentes elementos que acabamos de estudiar. Se trata de un esquema teórico que puede adaptarse a un caso concreto por supresión de ciertas partes inútiles o una concepción diferente de la articulación del conjunto.

c) INSTALACIONES MOVILES

A menudo conviene construir instalaciones móviles susceptibles de tratar los productos de canteras escalonadas a lo largo de un trazado de carretera o ferroviario a construir.

Algunas obras alejadas de canteras provistas de instalaciones fijas, pero situadas en cambio en la proximidad de yacimientos rocosos utilizables (puentes, pistas de aviación) y en las que sólo se utilizan cantidades limitadas de agregados pueden justificar así el empleo de instalaciones móviles.

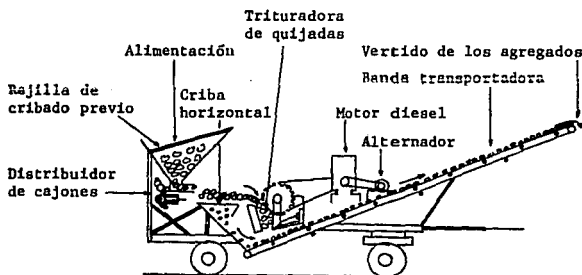


Fig.-23 TRITURADORA DE QUIJADAS MOVIL

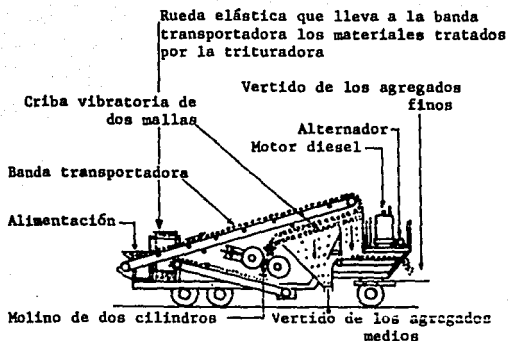
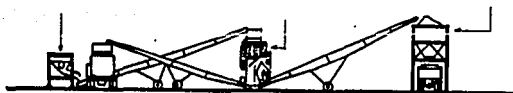


Fig.-24 MOLINO MOVIL DE DOS CILINDROS

En estas instalaciones se intentará prever equipos del tipo menos pesado. La instalación se descompondrá en elementos desplazables sobre remolque de llantas que cumplan las condiciones de dimensión y peso planteadas por el Código de la Circulación

Estos elementos se asociarán en el lugar de empleo mediante transportadores -en general de bandas- unidos a cada elemento -en este caso provistos de un dispositivo articulado que permite replegarlos durante el transporte- o libres y móviles sobre llantas. En cada elemento se prestará especial atención a las transmisiones secundarias, a las que en general se deben la mayor parte de las paradas.

Tolva de alimentación Criba de cuatro mallas Tolva de 22 m³



VISTA AB

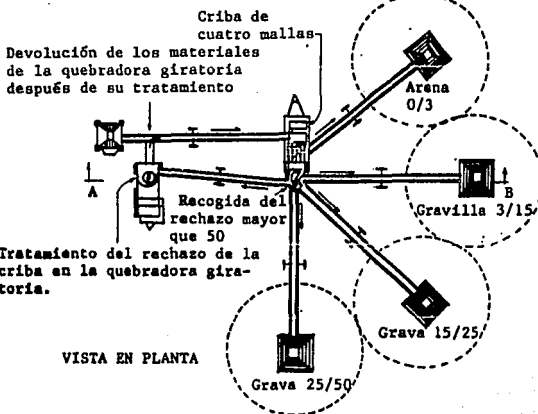


Fig.-25 CONJUNTO DE UNA INSTALACION MOVIL DE FABRICACION DE AGREGADOS PARA MATERIAL EXTRAIDO DE UNA GRAVERA CON DIMENSION MAXIMA DE 120 MM.

Estas condiciones secundarias serán siempre que sea posible eléctricas, poseyendo cada equipo secundario (criba, transportador) un motor eléctrico protegido contra el polvo mediante un dispositivo adecuado.

El motor diesel soportado por el elemento destinado a la trituración primaria arrastrará mediante correa de tipo TexRop a esta trituradora y un generador que proporcione energía eléctrica al motor de los equipos secundarios.

El motor diesel estará provisto de filtros eficaces contra el polvo.

En posición de trabajo todos los elementos remolcados se montarán sobre gatos para asegurar la estabilidad del conjunto de la instalación.

El elemento que soporta a la trituradora primaria puede diseñarse según el esquema de la fig.24 trabajando en circuito abierto.

El elemento que soporta el molino puede ser del tipo de la fig.25 que trabaja en circuito cerrado.

Asociando tolvas sobre patines y transportadores de banda sobre llantas en número conveniente a los elementos funcionales principales (trituradoras, molinos) pueden conseguirse instalaciones potentes que dan toda la gama de productos clasificados.

En el esquema de la fig.26 aparecen cuatro tolvas de 22 m³, cada una de las cuales corresponde a un tipo diferente de productos.

En este caso los materiales a tratar se extraen de una gravera cuya granulometría es bastante amplia. La instalación comprende un elemento funcional que asegura el tratamiento de materiales suficientes a 50 mm. siendo el anillo máximo de alimentación de 120 mm. Para admitir productos de tamaño superior puede añadirse una etapa primaria.

CAPITULO V.- SELECCION DEL EQUIPO ADECUADO

a) GENERALIDADES

Con el propósito de poder seleccionar adecuadamente el equipo de trituración, cribado y transporte indispensables en la producción de agregados pétreos, es necesario contar con, por lo menos los siguientes cuatro datos fundamentales:

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

El desconocimiento de cualquiera de estas cuatro informaciones fundamentales tendría como consecuencia el seleccionar un equipo inadecuado, con lo cual se elevaría irremediablemente el costo, ya sea en el caso de seleccionar un equipo de capacidad menor a la requerida, con lo que se tendría un excesivo desgaste y un elevado costo de mantenimiento, o en el caso contrario, una selección de equipo de tamaño mayor, con lo cual el costo de adquisición y operación sería muy elevado, además no se utilizaría la capacidad total de dicho equipo, acarreado por juicios técnicos y económicos al usuario.

b) EJEMPLO DE SELECCION DE EQUIPO

Con la ayuda de tablas de producciones y curvas granulométricas elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipos, se resolverá el siguiente problema, a modo de ejemplo, de selección de equipo de trituración, cribado y transporte.

Para tener un problema definido, propongamos que se trata de la construcción de la cortina de concreto hidráulico de una presa con los siguientes datos generales:

- a) Naturaleza geológica de la roca: Ignea, granito medio.
- b) Tamaño máximo de la roca en la alimentación: 76 cm. (30")
- c) Producción horaria deseada:
720 000 Ton. en un año, 12 meses por año, 25 días por mes,
3 turnos diarios con 20 horas de trabajo por día, y 80 %
de eficiencia.

Producción horaria requerida:

$$\frac{720\ 000}{12 \times 25 \times 20 \times 0.80} = 150 \text{ Ton/ hora.}$$

d) Granulometría especificada para conseguir consumo mínimo de cemento:

Arenas:	0"	a	1/4"	=	24 %	36.0
Grava:	1/4"	a	3/4"	=	16 %	24.0
Grava:	3/4"	a	1 1/2"	=	13 %	19.5
Grava:	1 1/2"	a	3"	=	20 %	30.0
Grava:	3"	a	6"	=	27 %	40.5

100 %						150.0

Nota: La última columna es calculada tomando en cuenta la producción horaria deseada.

b1) TRITURACION PRIMARIA

Se requiere producir 150 toneladas por hora, con un tamaño máximo de admisión en la trituradora de 75 cm. (30")

En el catálogo de trituradoras de quijada, con admisión de 30" para la capacidad requerida tenemos que una trituradora de 25X40" con abertura de salida de 3 1/2" con un motor de 125 H.P. Nos da una capacidad de 125 a 210 Ton./hora, con lo cual cubrimos las necesidades requeridas de producción para el material que estamos manejando que es granito regular. De las curvas granulométricas se observa que con esta máquina y abertura de 3 1/2" se obtendrá la siguiente producción horaria:

Tamaño	Porcentaje	Ton./hora
0" a 1/4"	6	9
1/4" a 3/4"	11	16.5
3/4" a 1 1/2"	19	28.5
1 1/2" a 3"	37	55.5
3" a 6"	27	40.5

Haciendo una comparación con la demanda requerida, se tiene:

Tamaño	Demanda (Ton./H.)	Producción primaria	Superavit	Deficit
0" a 1/4"	36.0	9.0	---	27.0
1/4" a 3/4"	24.0	16.5	---	7.5
3/4" a 1 1/2"	19.5	28.5	9.0	---
1 1/2" a 3"	30.0	55.5	25.5	---
3" a 6"	40.5	40.5	---	---

Totales	150.0	150.0	34.5	34.5

Por lo tanto, se deberán triturar las 34.5 Ton./hora de excedentes para subsanar el déficit de material más fino, por lo que se tendrá una trituración secundaria.

b2) TRITURACION SECUNDARIA

Recurriremos en esta ocasión al catálogo de las trituradoras de cono para una producción de 34.5 Ton./hora y tamaño máximo de admisión de 3", vemos que podemos utilizar una trituradora modelo 36FC, con tipo de tazón grueso, que admite las 3" de tamaño máximo en la entrada y que nos dá con una abertura de salida de 3/8", una producción horaria de 42 toneladas, con lo que cubrimos las necesidades del problema.

De las curvas granulométricas obtenemos los siguientes datos:

Tamaño	Porcentaje	Ton./ hora
0" a 1/4"	43	14.84
1/4" a 3/4"	57	19.66

Totales	100	34.50

Haciendo un resumen de lo obtenido en la primera y segunda etapas de trituración tenemos:

Tamaño	Requeri- mientos	1ª etapa	(+)	(-)	2ª etapa	(+)	(-)
0 - 1/4"	36.0	9.0	--	27.0	14.84	--	12.16
1/4 - 3/4"	24.0	16.5	--	7.5	19.66	12.16	--
3/4 - 1 1/2"	19.5	28.5	9.0	--	--	--	--
1 1/2 - 3"	30.0	55.5	25.5	--	--	--	--
3 - 6"	40.5	40.5	--	--	--	--	--
<hr/>							
Totales	150.0	150.0	34.5	34.5	34.5	12.16	12.16

Por lo tanto será necesario mandar a una tercera etapa el excedente de material de 1/4" a 3/4", para subsanar el déficit en el material más fino.

b3) MOLLIENDA

Se requiere producir 12.16 Ton./ hora de material cuya granulometría está comprendida entre 0" a 1/4", del capítulo IV de los molinos de barras vemos que el modelo de 1.6 metros de 0 por 3.5 metros de longitud tiene una producción de 15 a 18 toneladas por hora con lo que tenemos un margen de seguridad. De esta forma lograremos balancear los requerimientos especificados en un principio.

b4) SELECCION DEL ALIMENTADOR PARA LA TRITURACION PRIMARIA

Se hará un análisis de los diferentes tipos de alimentadores, ya vistos en el capítulo anterior, con el fin de seleccionar el adecuado para una alimentación de 150 Ton./hora.

a) DE TABLERO MECANICO

Se tiene de tablas:

Tamaño mínimo del alimentador	Longitud (pies)	Capacidad en (Ton./ hora)
(1) 24" X 6'	15	150
(2) 30" X 6'	18	234

de aquí, tomando en cuenta que el primer alimentador se encontraría trabajando al límite de su capacidad, se deberá seleccionar la segunda opción con lo cual se obtendrá un margen de seguridad razonable, se tienen de tablas los siguientes datos:

H.P. requeridos para las longitudes estandar

Longitud	6'	9'	12'	15'	18'
H.P.	2	3	3	5	5

Este alimentador funciona para carga pesada, con mandil fabricado en placas de acero formadas.

Seleccionando el alimentador con una longitud de 12 pies, tendríamos:

Tamaño del alimentador	Capacidad en Ton./H.	H.P. requeridos
30" X 12'	234	3

Peso del alimentador: 3620 Kg.

Con lo cual aseguraríamos la producción y evitaríamos saturar en determinado momento el alimentador.

b) ALIMENTADOR RECIPROCANTE O DE PLATO

Seleccionando para el mismo dato de capacidad requerida de 150 Ton./Hr. Tenemos las siguientes opciones:

Tamaño del alimentador	Capacidad Ton./Hr.	Potencia H.P.	Peso de equipo kgs.	Volumen m ³
(1) 30"X5'6"	55-220	3	990	4.81
(2) 30"X5'6"	55-220	5	1453	4.81
(3) 36"X6'	75-300	7.5	1861	7.07

De los datos anteriores, se tienen como principales opciones el (1) y el (3); aunque el (1) es el más económico, tiene limitado el volumen y la capacidad de recepción de rocas, por lo que para evitar una saturación en la recepción del material en greña se seleccionaría el equipo (3), aunque este es más costoso en adquisición y mantenimiento.

c) ALIMENTADOR VIBRATORIO (GRIZZLY).

De la tabla de capacidades, no se recomienda para una capacidad de 150 Ton/Hr., ya que el más pequeño, de 36"X12' está fabricado para un rango de capacidad de 325-975 Ton/Hr. y usa un motor eléctrico de 15 H.P. por lo que resultaría incosteable.

Evaluando las anteriores opciones, se recomienda utilizar un alimentador de tablero mecánico de 30"X12' para 234 Ton./Hr. utilizando un motor de 3 H.P.

b5) CALCULO DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS.

De la trituradora primaria a la criba de 3".
Se hará el cálculo para una capacidad de transporte en la banda de 150 Ton./Hr. de granito medio de tamaño máximo de 6" con un peso volumétrico de 90 Lbs./Pie³ (1442 Kg./M³), con un ángulo de sobrecarga en las bandas de 30 grados y un ángulo máximo de transporte de 18 grados.

Buscando en la tabla de capacidades máximas de las bandas. Para una banda de 24" de ancho con un ángulo de inclinación de artesa de 20 grados y ángulo de sobrecarga de 30 grados, nos da una capacidad máxima de 120 Ton./Hr. Para un tamaño máximo de agregados de 5" a 7" este valor de 120 Ton./Hr., se modificará por las características de peso volumétrico del material (90 Lbs./Pie³) y velocidad de la banda recomendada, se recomienda una velocidad máxima de banda de 300 Pies/Min., pero dado que esto aumenta demasiado la capacidad de la banda, se utilizará la banda con una velocidad de 250 Pies/Min., con lo cual nos da:
 $120 \times 0.9 \times 2.5 = 270 \text{ Ton./Hr.}$

Por otra parte teniendo como dato que la planta trabajará 20 horas al día, se obtiene de tablas un factor de servicio para condiciones específicas de aplicación, al que llamaremos "A" con un valor de 15, y sabiendo que el peso volumétrico del material es de 90 Lbs./Pie³ y de tamaño máximo de 6", se obtiene un factor debido al tipo de material, al que llamaremos "B", con un valor de 58, de ahí, multiplicando el factor "A" por el factor "B", obtendremos un factor denominado "C", que aplicaremos en la tabla de selector de series de rodillos, entonces "A" x "B" = "C", tenemos

$$15 \times 58 = 870 \text{ de ahí } C = 870$$

Y conociendo que la velocidad a utilizar en las bandas será de 250 Pie/Min., se obtienen rodillos de la serie "R" de 5" de diámetro, con estos datos de la tabla de espaciamiento entre rodillos se obtendrá un espaciamiento entre rodillos de carga lateral de 4'3" y un espaciamiento entre rodillos de retorno de 10'0".

Del mismo modo para la banda que va de la criba scalper a la criba vibratoria de tres mallas, la cual transportará 109.5 Ton./Hr. tenemos:
Para el mismo ancho de banda (24") con 20 grados de ángulo de inclinación de la artesa y 30 grados de ángulo de sobrecarga:
Capacidad de la banda: 270 Ton./Hr.
Velocidad de la banda: 250 Pie/Min.
Espaciamiento entre rodillos laterales: 4'3"
Espaciamiento entre rodillos de retorno: 10'0".

Para todas las restantes bandas teniendo en cuenta que ninguno transportará más de 55.5 Ton./Hr. y solo se tendrán tamaños máximos de agregado de 3", se utilizarán bandas de 18" de ancho con un ángulo de inclinación de artesa de 20 grados para un ángulo de sobrecarga de 30 grados, con lo cual de la tabla de capacidades máximas de bandas tenemos:
Capacidad máxima: 63 Ton./Hr. para velocidad de 100 Pie/Min.
Conociendo el peso volumétrico del material y que la velocidad máxima recomendada es de 250 Pie/Min. tenemos:

$$63 \times 0.9 \times 2.5 = 141.75 \text{ Ton./Hr.}$$

$$Y \text{ como el factor } C = 15 \times 43.2 = 648$$

Tenemos que: los rodillos serán de las series "N" ó "Q" con un diámetro de 4", con un espaciamento entre rodillos de carga lateral de 5'0" y un espaciamento en los rodillos de retorno de 10'0".

b6). CALCULO DE LAS CRIBAS.

Criba scalper de 3":

Se utilizará la siguiente fórmula:

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

A = Capacidad específica de la malla en toneladas por hora por pie cuadrado de malla; para este caso A = 3.60.

B = Factor en función del porcentaje de sobretamaño en la alimentación de la criba; para este caso:

$$40.5 / 150 \times 100 = 27 \% \text{ ---- } B = 0.99$$

C = Factor en función de la eficiencia de cribado deseada; para este caso, para una eficiencia de 94 %, C = 1.00

D = Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenido en el material alimentado; para este caso el porcentaje menor que 1 1/2" es 53.5/150 X 100 = 36% ----- D = 0.92

E = Factor en función de la abertura de la malla en cribado por vía húmeda; cuando se criba por vía seca se tomará este factor igual a la unidad ----- E = 1.00

F = Factor en función del orden que tenga la malla calculada en la criba. En caso de varios pisos en la criba se seleccionará el tamaño de la malla mayor. En este caso se tomará F = 1.00

$$\text{Area de 3"} = \frac{150 - 40.5}{3.60 \times 0.99 \times 1.0 \times 0.92 \times 1.0 \times 1.0} = 33.39 \text{ pie}^2$$

Se selecciona la criba de tamaño 3" X 6' X 6'

Cálculo de la criba vibratoria horizontal de 3 pisos con mallas de 1 1/2", 3/4" y 1/4".

Cálculo de la malla de 1 1/2"

Factor A = 2.68

Factor B: 55.5/156.16 X 100 = 36 % ----- B = 0.96

Factor C: para una eficiencia de 94 % -- C = 1.00

Factor D: porcentaje menor que 3/4" = 72.16/156.16X100= 46 %
D = 1.32

Factor E = 1.00

Factor F: para malla superior ----- F = 1.00

$$\text{Area de } 1/2'' = \frac{156.16 - 55.5}{2.68 \times 0.96 \times 1.0 \times 1.32 \times 1.0 \times 1.0} = 29.6 \text{ pie } 2$$

segundo piso criba de 3/4"

Factor A = 1.80

Factor B = $28.5/100.66 \times 100 = 28\%$ ----- B = 0.98

Factor C: para una eficiencia del 94 % -- C = 1.00

Factor D: porcentaje menor que 3/8" (suponemos que la mitad de 3/4 a 1/4" es de 3/8") $54.08/100.66 \times 100 = 54\%$
D = 1.21

Factor E: por ser vía seca ----- E = 1.00

Factor F: por ser el segundo piso ----- F = 0.90

$$\text{Area de } 3/4'' = \frac{100.66 - 28.5}{1.80 \times 0.98 \times 1.0 \times 1.21 \times 1.0 \times 0.90} = 37.56 \text{ pie } 2$$

Tercer piso criba de 1/4"

Factor A = 0.88

Factor B: $36.16/72.16 \times 100 = 50\%$ ----- B = 0.90

Factor C: para una eficiencia del 94 % ----- C = 1.00

Factor D: porcentaje menor que 1/8" (suponemos que la mitad de 1/4 a 0" es 1/8") $18/72.16 \times 100 = 25\%$
D = 0.75

Factor E: por ser vía seca E = 1.00

Factor F: por ser tercer piso F = 0.75

$$\text{Area de } 1/4'' = \frac{72.16 - 36.16}{0.88 \times 0.90 \times 1.0 \times 0.75 \times 1.0 \times 0.75} = 80.80 \text{ pie } 2$$

Se tomará el área mayor de las tres calculadas = 80.80 pie 2

Se escogerá el área comercial de 9' X 9'

b7) CALCULO DE ALMACENAMIENTOS DEL MATERIAL

A) Para material de 3" a 6", se necesitan almacenar 40.5 ton./H.

Para la producción del concreto, tomando como dato de inicio el almacenar material para tres días, con lo cual se previene cualquier eventualidad en el paro de la trituradora primaria, ya sea por reparación mayor o cualquier accidente se tendría:

40.5 toneladas por hora, trabajando tres turnos de 20 horas al día nos daría 2430 toneladas en tres días, dado el peso volumétrico del material de 1442 Kg./m³, resultaría que es necesario almacenar un volumen de 1685.16 m³.

Como el ángulo de reposo del material es de 30 grados y la fórmula del volumen del cono es:

$V = 1/3(3.1416)r^2 h$, se tiene que: $h = \text{Sen } 30 \text{ grados } r$, de ahí

$V = 1/3(3.1416)r^2 (0.5r)$, despejando el radio (r) nos da que:

$$r = [6V/3.1416]^{1/3}$$

entonces $r = 14.764 \text{ m.}$ y $h = 7.382 \text{ m.}$

Resumiendo: Almacen de agregados de 3" a 6"

Volumen a almacenar: 1685.16 m³

Diámetro de la pila de almacenamiento: 29.528 m.

Altura de la pila: 7.382 m.

Peso de la pila: 2430 toneladas

B) Para material de 1 1/2" a 3"

Almacenamiento: 30 toneladas por hora, de ahí 1800 toneladas en tres días. Siguiendo el mismo procedimiento que en A, nos da:

Volumen a almacenar: 1248.26 m³

Diámetro de la pila: 26.716 m.

Altura de la pila: 6.679 m.

C) Para material de 3/4" a 1 1/2"

Almacenamiento de 19.5 ton./h., 1170 toneladas en tres días.

Volumen a almacenar 811.37 m³

Diámetro de la pila: 23.14 m.

Altura de la pila: 5.78 m.

D) Para material de 1/4" a 3/4"

Almacenamiento de 24 ton./h., 1440 toneladas en tres días.

Volumen a almacenar: 998.61 m³

Diámetro de la pila: 24.80 m.

Altura de la pila 6.20 m.

E) Finalmente para material fino de 0" a 1/4"

Almacenamiento de 36 ton./h., 2160 toneladas en tres días.

Volumen a almacenar: 1497.92 m³

Diámetro de la pila: 28.38 m.

Altura de la pila: 7.10 m.

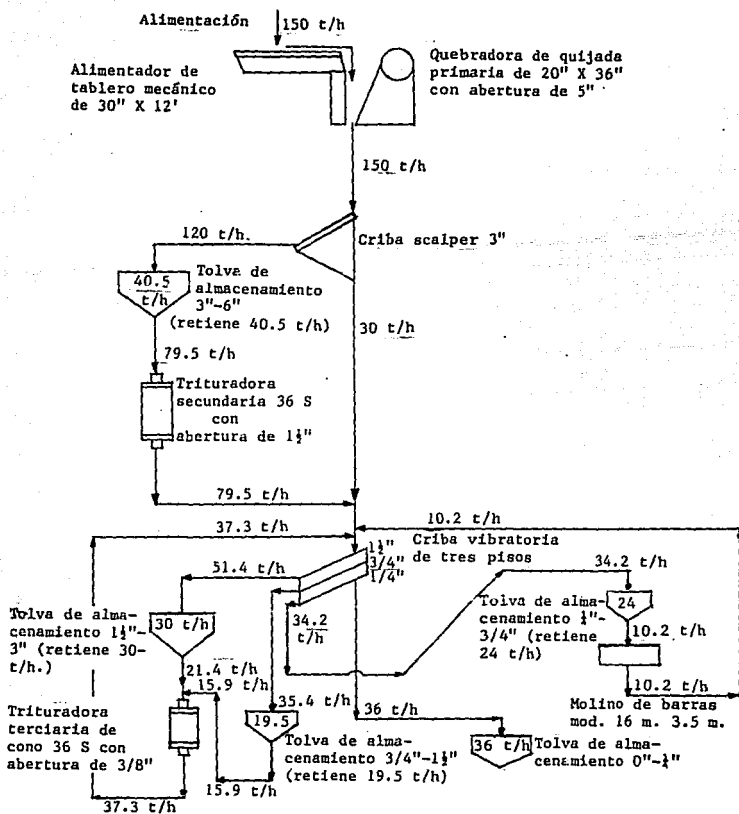


Fig.-27 Diagrama de flujo de la instalación.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De lo expresado en los capítulos anteriores, se hace evidente que con el fin de optimizar la solución de un problema de selección de equipo de trituración y equipo complementario se deberá tener en cuenta algunos aspectos esenciales como son:

- 1.- El tipo de roca a triturar
- 2.- El uso que tendrá la roca
- 3.- Granulometría que se requerirá
- 4.- Cantidad requerida
- 5.- Ubicación de la planta

Con los datos anteriores se deberá seleccionar el alimentador, así como los equipos de trituración propiamente dichos, de estos, como se ha podido observar para la trituración primaria será casi siempre seleccionada una quebradora de quijada, ya que generalmente dará un rendimiento mayor con un costo menor o similar al de cualquier trituradora de otro tipo, tomando en cuenta sus costos de mantenimiento y operación, así como su mayor resistencia al impacto de bloques de gran tamaño, de la misma forma que resultará también generalmente más práctico y económico utilizar trituradoras, ya sea de cono o giratorias, para las etapas secundarias y terciaria, ya que los materiales a triturar son de volúmenes menores y con alimentación más controlada.

La selección del equipo de cribado dependerá esencialmente de la cantidad del material por utilizar, así como de la granulometría requerida para el uso al que se destinará, utilizando normalmente cribas de varios niveles del tipo vibratorio en las plantas con requerimientos de diversos tipos de tamaño de material.

Para la selección del equipo complementario, como son bandas, canchilones, camiones, cargadores, tolvas, etc. es recomendable y conveniente ejecutar previamente un diagrama de flujo de la instalación, con el fin de ordenar previamente la secuencia de trituración y cribado para evitar, sin lugar a error, cualquier recirculación innecesaria del material, así como el debido almacenamiento de los materiales. En este concepto será necesario contemplar la cantidad necesaria de material por utilizar, tomando en cuenta un excedente con el cual se evitará paros inadvertidos en el suministro o entrega de material por cualquier motivo ocasionado por falla de algún equipo o paro por mantenimiento correctivo en los mismos, se deberá también tomar en cuenta la distancia de la planta a los bancos de rocas, así como la disponibilidad de terreno de la instalación.

Se debe recordar que para el correcto funcionamiento de toda la planta de trituración será necesario mantener un programa permanente de mantenimiento preventivo a los equipos, tomando en cuenta reemplazar periódicamente las piezas que por su uso se deterioran más frecuentemente cuidando de tener en algún almacén dichas refacciones, por lo que se recomienda el uso de las instalaciones por periodos diarios de entre 16 a 20 horas de trabajo, para dedicar de 4 a 8 horas diarias para el mantenimiento de los equipos y reemplazo de piezas desgastadas.

Tambien es importante el tomar en cuenta el uso de equipos de proteccion para los trabajadores, como son el uso de cascos, mascarillas de proteccion de polvo, botas, guantes, etc.

Es indispensable contar con un area de seguridad, para guardar los explosivos, dado lo delicado de su manejo, por lo que se debe contar con personal calificado para su correcto uso, con el fin de evitar accidentes que pongan en peligro la planta y los trabajadores, dicho lugar debe cumplir con los dispositivos de seguridad que dicta la Secretaria de la Defensa Nacional.

Otro factor muy importante es apegarse a los reglamentos y disposiciones, que para efecto de la prevencion de la contaminacion dicte la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia.

b) TABLAS DE CAPACIDADES Y ESPECIFICACIONES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

CAPACIDADES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x38	15x24	15x38	20x26	25x40	30x47	36x48	44x48	50x50			
Capacidad en ton/s una abertura de salida de:															
1/2"	4.6	5.7													
3/4"	4.8	7.15	11.75	18.57											
1"	8.11	9.13	17.75	27.33	17.35										
1 1/2"	10.15	15.70	27.34	39.47	25.75	18.57									
2"	14.70	19.86	39.47	56.56	30.45	48.77	45.45								
2 1/2"	17.29	22.95	35.52	43.85	27.35	57.86	58.105								
3"				50.75	45.85	67.100	70.125	110.180							
3 1/2"						76.124	80.145	125.210	145.270						
4"							90.165	140.275	185.285	200.300					
5"							115.200	170.270	190.285	240.380	300.450	420.435			
6"							140.240	200.270	220.330	280.420	335.500	480.700			
7"							165.280	225.270	240.385	320.480	380.550	505.780			
8"								260.430	300.480	350.525	404.610				
8 1/2"									385.585	447.670	590.810				
9"										400.610	480.770	600.800			
10"										420.650	520.785	635.840			
11"											540.815	715.725			
12"												780.770			
13"													800.770		
14"														850.800	
15"															1020.840
16"															

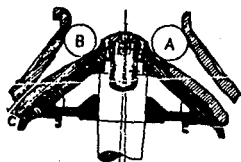
Palabra Clave:

* Capacidad con tecla cerrada

ESPECIFICACIONES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x36	15x24	15x38	20x36	25x40	30x42	36x46	44x48	50x60
Peso neto	2247	2565	4495	5312	4767	8626	12076	16124	24176	34504	50394	75818
Peso para exportación en Kg.	2361	2724	4699	5575	4994	8989	12530	16560	24857	37954	50939	76726
Peso volumen en m ³	3.26	3.68	4.81	5.24	4.67	10.19	14.16	16.28	25.49	31.15	45.76	59.47
Potencia requerida, en HP	10-15	15-20	15-25	40-50	30-40	50-60	75-100	100-125	125-150	150-200	150-200	250-300
Poleas de mando. Diámetro X ancho mm	838x216	838x216	965x267	965x267	965x267	1219x318	1219x375	1372x375	1524x375	1676x406	1829x432	1981x432
RPM	350	350	320	320	320	265	265	260	255	235	220	220

c) TABLAS DE CAPACIDADES DE TRITURADORAS SECUNDARIAS Y TERCIARIAS DE COND.

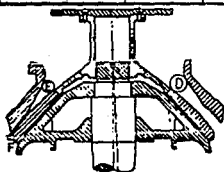


Trituradora Secundaria
Tipo "S"

Los diagramas y tablas muestran los lados abiertos y cerrados en la alimentación y el cerrado en la descarga de los materiales

TIPO "S"

Tamaño de la Trituradora y Clave	Tipo de Tazón	Abertura de Admisión		Abertura de Descarga mínima recomendada	Capacidades en toneladas cortas por hora, a la abertura de descarga "C" indicada, para materiales que pesen 1,500 kg/m ³													
		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"	2"	2 1/2"			
24 S (2 pica) Yacht	Grueso Mediano	3 1/4" 2 1/2"	2 3/4" 1 7/8"	3/8" 1/4"	17	22	27	32	37	42	47	53						
245 S (2 pica) Yak	Grueso	4 5/8"	4 1/8"	1/2"			27	32	37	42	47	53						
36 S (3 pica) Yaid	Extra Grueso Mediano	7 1/8" 5" 4 1/2"	6 1/4" 4" 3 3/4"	3/4" 1/2" 3/8"	36	41	56	71	77	83	89	105	110					
367 S (3 pica) Yam	Grueso	7 3/4"	6 3/4"	3/4"					71	77	83	89	105	110				
48 S (4 pica) Yaupon	Extra Grueso Grueso Mediano	8 1/2" 7 1/2" 5 7/8"	7 1/2" 6 1/2" 4 3/4"	3/4" 3/4" 1/2"	85	110	135	155	170	185	200	215	230					
489 S (4 pica) Yawi	Grueso	10"	9"	1"						170	185	200	215	230				
66 S (5 1/2" pica) Yaupon	Grueso Mediano	11" 9"	10" 8"	1" 3/4"						200	235	275	320	365	410	455		
6614 S (5 1/2" pica) Yap	Grueso	15"	14"	1 1/2"										365	410	455		



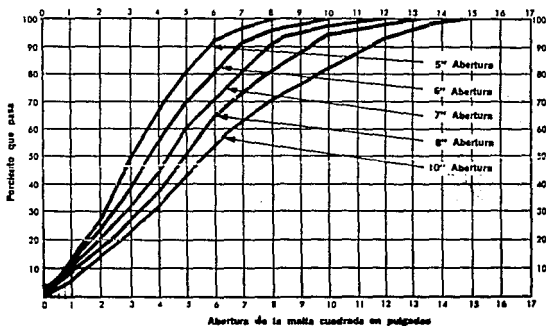
Trituradora Terciaria
Tipo "FC"

TIPO "FC"

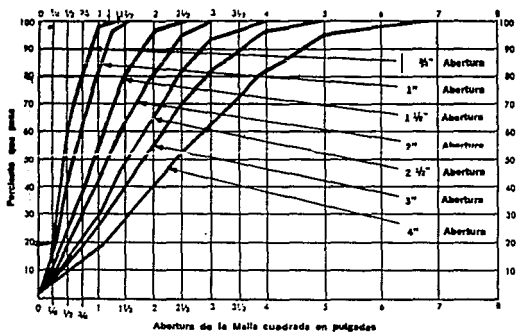
Tamaño de la Trituradora y Clave	Tipo de Tazón	Abertura de Admisión		Abertura de Descarga mínima recomendada	Capacidades en toneladas cortas por hora, a la abertura de descarga "F" indicada, para materiales que pesen 1500 kg/m ³												
		Lado Abierto "D"	Lado Cerrado "E"		1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"					
24 FC 2 pica Yearning	Grueso Mediano Fino	2 1/2" 1 3/4" 1 5/16"	1 7/8" 1 1/8" 1/2"	1/4" 3/16" 1/8"	6	8	10	14	20	25	30						
36 FC 3 pica Yuga	Grueso Mediano Fino	3" 2" 1 3/4"	2" 1 1/8" 3/4"	5/16" 1/4" 3/16"	22	32	42	52	62	72	80						
48 FC 4 pica Yule	Grueso Mediano Fino	4 1/4" 3" 2 1/4"	3" 1 7/8" 1"	3/8" 5/16" 1/4"			55	80	105	130	155	180					
66 FC 5 1/2" pica Yuman	Grueso Mediano Fino	5 3/4" 4 1/2" 3"	4" 2 1/2" 1 1/8"	1/2" 3/8" 3/8"	95	140	180	215	250	280							

d) CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO.

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS, PARA ABERTURAS DE SALIDA DESDE 5" HASTA 10"

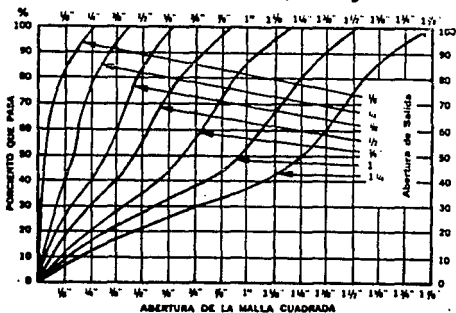


ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS, PARA ABERTURAS DE SALIDA DESDE 3/4" HASTA 4"

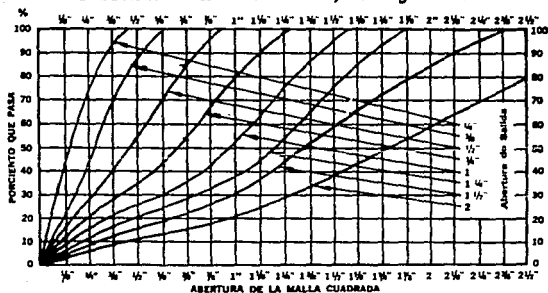


CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO EN LAS TRITURADORAS DE CONO

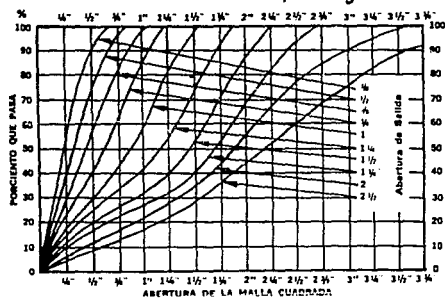
Trituradoras Mod.24, "S" y "FC"



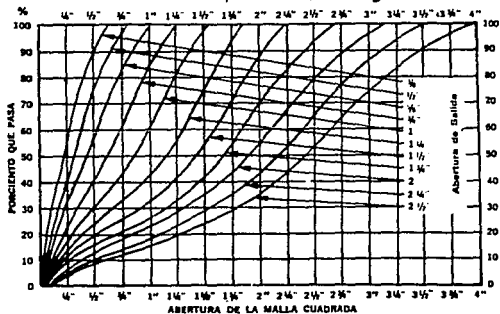
Trituradoras Mod.36, "S" y "FC"



Trituradoras Mod.48, "S" y "FC"



Trituradoras Mod.66, "S" y "FC"



e) TABLA DE VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS DE BANDAS.

M A T E R I A L			VELOCIDAD DE LA BANDA (PPH)								
			ANCHO DE LA BANDA								
CARACTERISTICAS		EJEMPLO	18"	24"	30"	36"	42"	48"	54"	60"	
Los fragmentos son del Tamaño máximo recomendado (1)	No abrasivo	Carbón de piedra, tierra	350	400	450	500	550	600	600	600	
	Semi-abrasivo	Grava, cascajo	300	350	400	450	500	550	550	550	
	Altamente abrasivo	Roca, mineral	250	300	350	400	450	500	500	500	
Los fragmentos son de $\frac{1}{2}$ del tamaño máximo recomendado (1)	No abrasivo	Carbón de piedra, tierra	400	450	500	550	600	650	700	750	
	Semi-abrasivo	Grava, cascajo	350	400	450	500	550	600	650	700	
	Altamente abrasivo	Roca, mineral	300	350	400	450	500	550	600	650	
Granular 1/8" - 1/2"		Arena, grano, astilla	400	500	600	700	800	900	900	900	
Finos aerados		Cemento, cenizas	200 - 300								
Transporte con descarga Móvil			200								

(1) Ver la Tabla 1, columna correspondiente a "Tamaño Máximo del Material en pulgadas"

f) TABLAS PARA SELECCION DE RODILLOS.

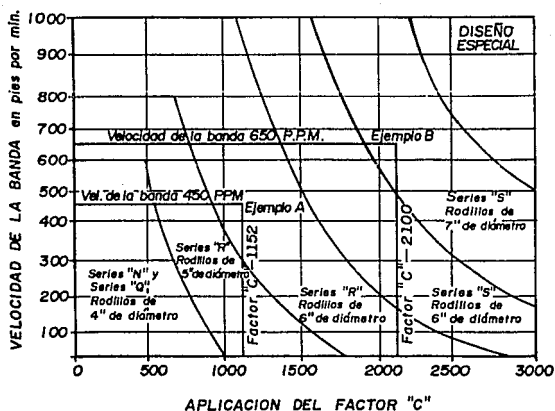
FACTOR DE SERVICIO "A" PARA RODILLOS

Tipos de Servicios	Factor "A"
<p>1.- OPERACION INTERMITENTE</p> <p>a) Menor que 6 horas por día</p> <p>b) Instalaciones temporales portátiles</p> <p>c) Carga temporal</p> <p>d) Transporte de materiales con peso mayor a 120 lb/pie³.</p>	<p>6</p> <p>6</p> <p>12</p> <p>15</p>
<p>2.- OPERACION CON UN TURNO</p> <p>a) Operando de 6 a 9 horas por día</p> <p>b) Tamaño graduado con material hasta 80 lb/pie³ inclusive</p> <p>c) Tamaño graduado con material hasta 120 lb/pie³ inclusive</p> <p>d) Tamaño grad. con mat. mayor de 120 lb/pie³ de peso.</p> <p>e) Cualquier tamaño del material pero limitado por el ancho de la banda</p>	<p>9</p> <p>9</p> <p>12</p> <p>15</p> <p>15</p>
<p>3.- OPERACION CON DOS TURNOS</p> <p>a) Operando de 10 a 16 horas por día</p> <p>b) Cualquier tamaño del material pero hasta 100 lb/pie³ de peso inclusive.</p> <p>c) Tamaño grad. con mat. mayor a 100 lb/pie³ de peso.</p> <p>d) Cualquier tamaño del material, pero limitado por el ancho de la banda</p>	<p>12</p> <p>12</p> <p>15</p> <p>15</p>
<p>4.- OPERACION CONTINUA</p> <p>a) Operando más de 16 horas por día, todos los materiales</p>	<p>15</p>

FACTOR DE MATERIAL "B".

Tamaño máximo del material en pulgadas	FACTOR "B"						
	Peso volumétrico del material, en Lb/pie ³						
	50	75	100	125	150	175	200
4	24	36	48	60	72	84	96
6	32	48	64	80	96	112	128
8	40	60	80	100	120	140	160
10	48	72	96	120	144	168	192
12	56	84	112	140	168	196	224
14	64	96	128	160	192	224	256
16	72	108	144	180	216	252	288
18	80	120	160	200	240	280	320

SELECTOR DE SERIES



ESPACIAMIENTO ENTRE RODILLOS

Ancho de la Banda en pulgadas	ESPACIAMIENTO NORMAL RECOMENDADO						
	Rodillos de carga lateral						Rodillos de Retorno.
	Peso volumétrico del material, en Lb/pie ³						
	30	50	75	100	150	200	
18	5'-6"	5'-0"	5'-0"	5'-0"	4'-6"	4'-6"	10'-0"
24	5'-0"	4'-6"	4'-6"	4'-0"	4'-0"	4'-0"	10'-0"
30	5'-0"	4'-6"	4'-6"	4'-0"	4'-0"	4'-0"	10'-0"
36	5'-0"	4'-6"	4'-0"	4'-0"	3'-6"	3'-6"	10'-0"
42	4'-6"	4'-6"	4'-0"	3'-6"	3'-0"	3'-0"	10'-0"
48	4'-6"	4'-0"	4'-0"	3'-6"	3'-0"	3'-0"	10'-0"
54	4'-6"	4'-0"	3'-6"	3'-6"	3'-0"	3'-0"	10'-0"
60	4'-0"	4'-0"	3'-6"	3'-0"	3'-0"	3'-0"	10'-0"

BIBLIOGRAFIA:

- TECNICAS MODERNAS EN LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS.
FUNDEC A.C. ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA.

- CONSTRUCTION, PLANNING, EQUIPMENT AND METHODS.
Mc. GRAW-HILL. ROBERT F. PEURIFOY

- TRATADO DE PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CONSTRUCCION
OBRAS DE FABRICA Y METALICAS.
REVERTE. PAUL GALABRU.

- CATALOGOS Y MANUALES DE TELESMTIH, NORDBERG Y PETIBONE
UNIVERSAL.