



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TÉCNICAS MODERNAS DE
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS.**

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA.

**TECNICAS
MODERNAS
DE
PRODUCCION
DE
AGREGADOS**

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA

PROLOGO

Los presentes apuntes han sido elaborados pensando en su utilización por los estudiantes de Ingeniería Civil, Sección de Construcción, para que con ellos tengan una primera presentación del Equipo de Elaboración de Agregados Pátreos, tanto en lo que se refiere a las Máquinas de Trituración propiamente dichas (quebradoras, trituradoras, molinos), como al Equipo Complementario (cribas, alimentadores, bandas transportadoras, etc.).

Se ha estimado de utilidad, complementar dichos apuntes, con tablas y gráficas de producciones y granulometrías de los tipos de equipo más utilizados, así como con problemas típicos de Selección de Equipo de Trituración y Complementario, el primero de los cuales está resuelto como ejemplo, y los siguientes se dan en calidad de ejercicios de aplicación para el alumno.

México, D. F., abril de 1975

Ing. Pedro Luis Benítez Esperza

CONTENIDO

G! 611298

	PAG.
INTRODUCCION	1
I. AGREGADOS PETREOS	5
II. EQUIPO DE TRITURACION	13
III. EQUIPO COMPLEMENTARIO	37
IV. TENDENCIAS ACTUALES EN LA - SELECCION DEL EQUIPO DE TRITU RACION PARA INTEGRAR GRUPOS - MOVILES:	59
V. EJEMPLO NUMERICO DE CALCULO	81
VI. SELECCION DE LOS ALIMENTADORES	82
TABLAS DE PRODUCCION Y CURVAS GRANULOMETRICAS	103

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La correcta selección del equipo de trituración es uno de los factores, que sin lugar a dudas, influyen más en el buen resultado técnico y económico de las obras civiles de construcción pesada, tales como caminos, aeropuertos, presas, vías férreas, etc.

Es por lo tanto muy importante poder contar con toda la información necesaria para poder plantear correctamente el problema de selección del equipo de trituración y complementario respectivo, y así elegir las máquinas que a partir de un material natural o greña, serán capaces de producir en el tiempo requerido, los agregados pétreos necesarios para la ejecución de la obra en cantidad suficiente y con la calidad adecuada.

AGREGADOS

PETREOS

I. AGREGADOS PETREOS

ESPECIFICACIONES GENERALES

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

Agregados para Concretos Hidráulicos

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

Agregados para Caminos

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

Generalmente se da una tolerancia de \pm 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	Porcentaje de Material que Pasa
3/8"	100
* 4 (4.76 mm)	95 a 100
* 8 (2.38 mm)	80 a 100
* 16 (1.19 mm)	50 a 85
* 30 (0.595 mm)	25 a 60
* 50 (0.297 mm)	10 a 30
* 100 (0.149 mm)	2 a 10

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 de productos sintéticos provenientes de la cocción de horno rotatorio de materiales sílico-aluminosos.

Las rocas se dividen en tres grandes categorías geológicas

- a) Rocas Igneas (Basaltos, granitos, riolitas, andesitas).
- b) Rocas Sedimentarias (caliza, arenisca, dolomitas).
- c) Rocas Metamórficas (esquistos, gneiss, mármol).

Para la extracción y preparación de los agregados, son los factores de dureza y de grado de abrasividad (medido por el porcentaje de sílice), los que importan principalmente para la selección del

equipo.

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

- a) Trabajos preparatorios.
- b) Extracción propiamente dicha.

En efecto, antes de proceder a la extracción del material, es necesario retirar los terrenos constituidos de tierra vegetal, tepalcate, limos y arcillas, etc., realizando las operaciones de despalme y desenraice con escrepas, tractores, arados, etc., hasta dejar abierta a la pedrera 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 del equipo de evacuación del material extraído.

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

Los materiales suaves (pizarra, calizas blandas, lignito, etc.), se extraen por medio de equipos análogos a los empleados para las operaciones 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 permite su manejo con los medios de carga y de 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 medio -- del 20% al 30% de bloques, son demasiado grandes para manejarse con los medios de que se dispone. Es necesario una reducción secundaria de dichos bloques por medio de dinamita (barrenación secundaria o plastas), o por medios mecánicos (pilón o "drop-ball").

La carga se realiza por cargadores frontales sobre neumáticos o sobre orugas y por palas mecánicas y el transporte a la planta de trituración, por camiones de diversas capacidades. En caso de acarreos relativamente cortos, el cargador frontal sobre neumáticos, puede satisfactoriamente realizar la operación de transporte a la planta de trituración.

La preparación de los agregados tiene por objeto transformar el "Material en Greña" proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales, y compuesto de elementos de todas dimensiones, desde bloques grandes hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios, clasificado en las categorías granulométricas requeridas.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con equipo de trituración propiamente dicho y equipo complementario, o sea aquellas máquinas que sin participar directamente en las operaciones de trituración, 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.

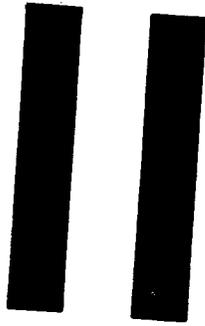
Se describirán someramente los siguientes tipos de equipo:

A: Equipo de Trituración

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)

B: Equipo Complementario

5. Cribas Vibratorias (Horizontales e Inclínadas)
6. Alimentadores (de Delantal, de Plato o Reciprocantes, Vibratorios)
7. Gusanos Lavadores
8. Bandas Transportadoras
9. Elevadores de Cangilones



**EQUIPO
DE
TRITURACION**

II. EQUIPO DE TRITURACION

Las máquinas de trituración más utilizadas en las Obras Civi-
les, emplean los métodos mecánicos de reducción indicados en el
siguiente cuadro :

QUEBRADORA	METODOS DE REDUCCION			
	 Impacto	 Desgaste	 Corte	 Compresión
				
IMPACTO	●			
PULVERIZADOR	●			
MARTILLOS	●	●	●	
RODILLOS	●		●	●
GIRATORIAS	●			●
QUIJADAS	●			●
CONO	●			●

Figura 1

Para decidir cual es el equipo de trituración apropiado para re-
solver un determinado problema de producción de agregados, es ne-
cesario tener en consideración tanto la naturaleza de la materia pri-

ma por procesar, como el trabajo idóneo para cada tipo de trituradora, para poder hacer una selección de equipo técnica y económicamente válida.

Dos de los conceptos básicos que definen el comportamiento y campo de aplicación de los diferentes tipos de quebradoras son: índice de reducción y coeficiente de forma.

10. INDICE DE REDUCCION

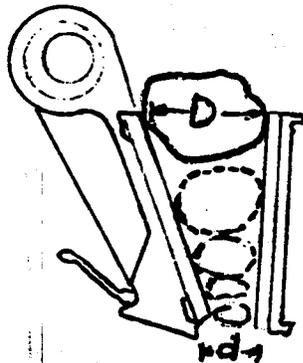


Figura 2

Se define el índice de reducción de una máquina de trituración, a la relación :

$$I_R = \frac{D}{d}$$

entre el tamaño "D" del fragmento de roca a la entrada de la máquina y el tamaño "d" del producto de la trituración a la salida. Dicho índice de reducción varía con cada tipo de trituradora, de acuerdo con la mecánica de su construcción y con los métodos de reducción

por ella utilizados.

2o. COEFICIENTE DE FORMA :

Sea un fragmento de roca, cuya dimensión mayor sea representada por "L" y sea "v" el volumen de dicho fragmento y "V" el volumen de una esfera cuyo diámetro sea "L"

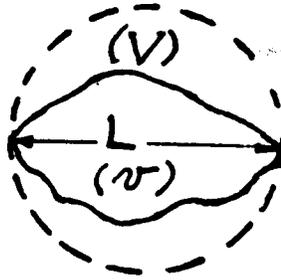


Figura 3

Se define como "Coeficiente de Forma" de dicho fragmento, a la relación :

$$C_f = \frac{v}{V} = \frac{v}{\frac{L^3}{6}}$$

obteniéndose de la aplicación de dicha fórmula los valores promedio siguientes, en los fragmentos más comunes :

Forma de Fragmento	Valor del Coeficiente de Forma:
Esférico	1
Cúbico	$\frac{2}{\pi \sqrt{3}} = 0.37$
Tetraedro Regular	$\frac{1}{\pi \sqrt{2}} = 0.22$
Canto rodado	0.34
Grava triturada	0.22

Lajas	0.07
Agujas	0.01

Los dos últimos tipos de fragmentos (lajas y agujas), generalmente se prohíben por las normas de calidad de control de agregados pétreos, debido a que por su forma, son partículas débiles, con mucha tendencia a fracturarse.

A continuación se expondrán las variedades de equipos de trituración, utilizados hoy en día en la construcción de caminos en particular.

QUEBRADORAS DE QUIJADA

a) TRITURACION PRIMARIA

Definitivamente es la quebradora de quijadas de simple toggle con excéntrico superior (figura 4), la que se utiliza para realizar la primera etapa de reducción de los materiales pétreos, en las plantas móviles camineras, en prácticamente todos los casos, así como en la mayoría de las instalaciones fijas de producción de agregados para la industria de la construcción.

Equipo de mecánica simple, se utiliza en las plantas portátiles, en tamaños que van desde 12" x 36" hasta 42" x 48", con pesos de 5,300 kilogramos hasta 48,000 kilogramos y producciones desde 18 toneladas por hora hasta 840 toneladas por hora, de acuerdo con el tamaño de la máquina, su abertura de salida y la naturaleza geológica

ca del material, alcanzando índices de reducción promedio de ---
 $8 \div 1$

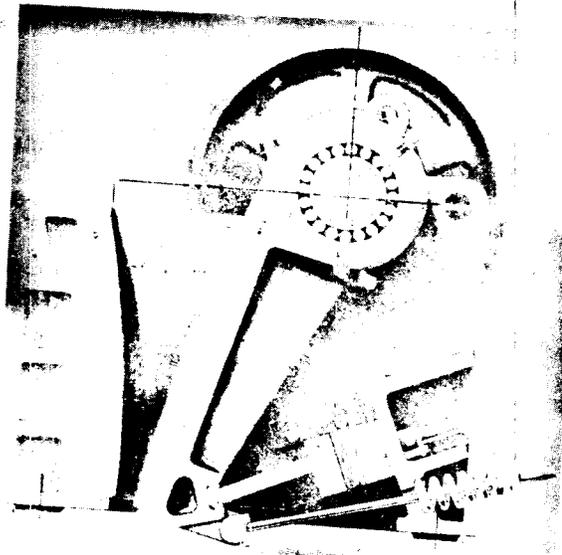


Figura 4

En algún tiempo se utilizaron las quebradoras de quijadas gemelas (figura 5) móviles, pero hoy prácticamente han quedado en desuso debido a su alto costo de adquisición y de operación.

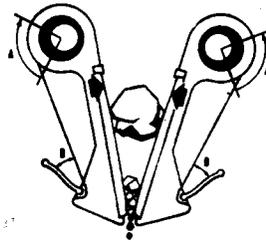


Figura 5

La quebradora de quijadas tipo "Blake" de doble biela y las gi-

ratorias, prácticamente no se utilizan en los grupos móviles primarios de trituración, por ser máquinas muy pesadas y de grandes dimensiones, lo cual hace poco práctico instalarlas en chasis remolques, empleándose fundamentalmente en instalaciones mineras y cementeras.

NOTAS: Las dimensiones de las quebradoras de quijadas se indican por las dimensiones del rectángulo de su boca de admisión (ancho por longitud, generalmente en pulgadas).

Las dimensiones de las quebradoras primarias giratorias se indican por el tamaño de admisión (generalmente en pulgadas) de roca en su alimentación.

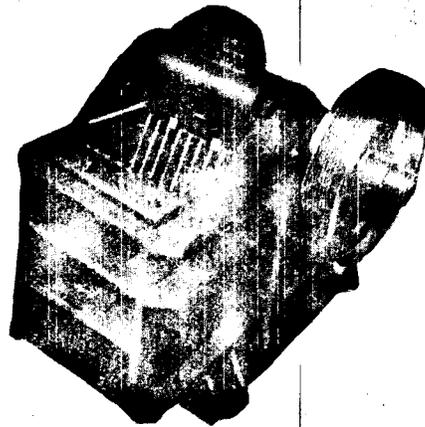
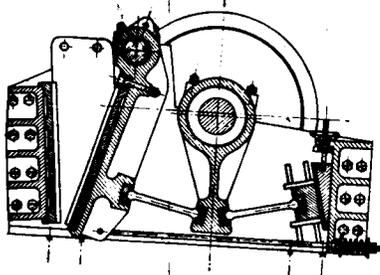


Figura 6

Quebradora de quijadas tipo "Blake" o de "doble togle" o "doble biela", utilizada fundamentalmente para la trituración primaria de minerales extremadamente duros y abrasivos (hematita, taconita, etc.). Muy poco utilizada en el campo de las obras civiles.

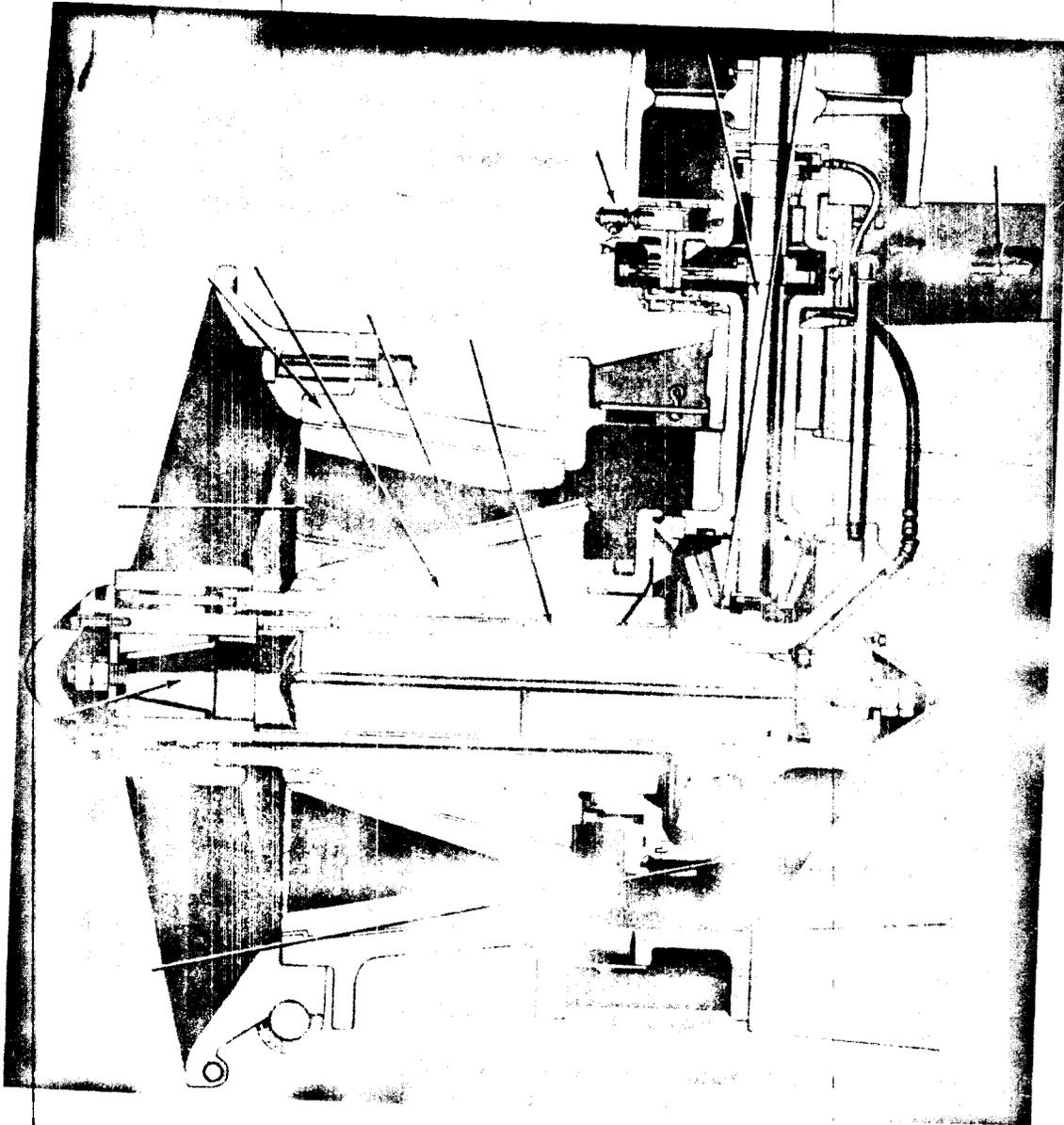


Figura 7. -- Quebradora Giratoria Primaria, utilizada fundamentalmente en las Instalaciones Mineras y Cementeras de muy elevadas producciones. Muy poco utilizada en el campo de las obras civiles.

b) TRITURACION SECUNDARIA Y TERCIARIA

Si bien en la etapa primaria de trituración, desde hace ya muchos años se ha definido a la quebradora de quijadas como el equipo idóneo para las instalaciones de producción de agregados, en lo que respecta a las etapas secundarias y terciarias han existido en los últimos tiempos cambios sensibles en la preferencia de los usuarios de dichos equipos, como se vera a continuación.

Las trituradoras tradicionalmente empleadas para realizar las etapas segunda y tercera de la reducción de los materiales pétreos, han sido las de rodillos, impacto y cono.

TRITURADORAS DE RODILLOS

Este tipo de trituradoras de mecánica simple, utiliza los efectos de compresión y corte para efectuar la reducción de tamaño del agregado pétreo.

En el pasado, era éste el tipo de máquina más popular para realizar trituraciones secundarias y terciarias en las plantas móviles-camineras, y en plantas fijas de producción de agregados para concretos hidráulicos. Hoy en día su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos, como caliza, carbón, yeso, fosfato, etc., debido a que con rocas de alto contenido de sílice, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilíndrica de los rodillos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados, presentando además las li-

mitaciones que se indican en los párrafos siguientes.

El diámetro de los rodillos debe ser de 20 a 30 veces superior al tamaño de los fragmentos en la alimentación (figura 8), para que pueda aprisionarlos y triturarlos.

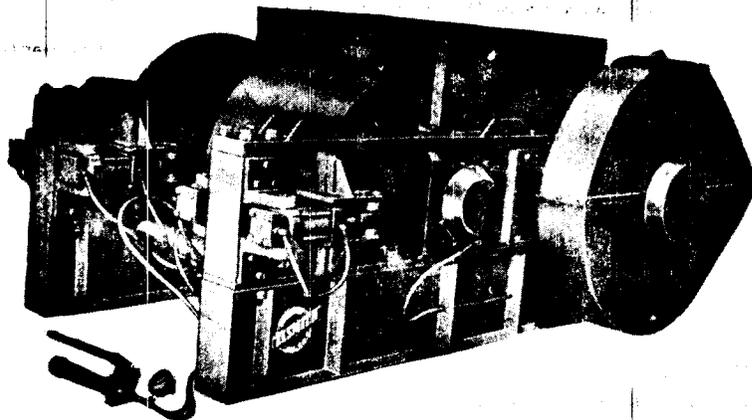


Figura 8

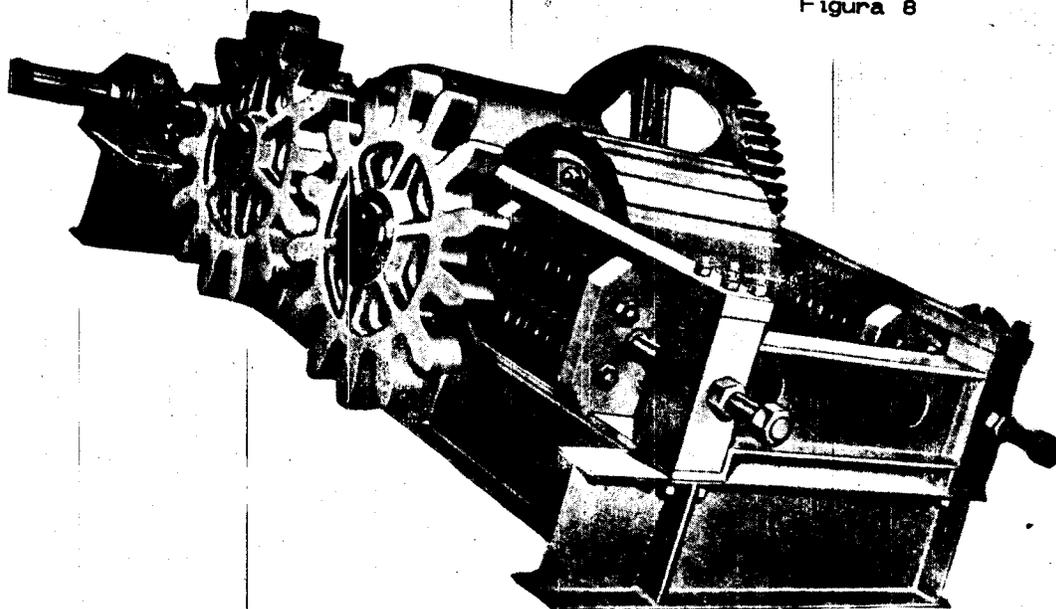


Figura 9

La producción es directamente proporcional al ancho de los rodillos (figura 9), sin embargo, un ancho demasiado grande, provoca un desgaste irregular y rápido, más fuerte en el centro que en los extremos.

El índice de reducción que se logra con estas máquinas es relativamente bajo: 3 - 1 como máximo, debido fundamentalmente a las limitaciones que se tienen en los tamaños de alimentación. Se ha procurado disminuir un poco este inconveniente, introduciendo un tercer rodillo, obteniéndose así una máquina que puede trabajar con mayores índices de reducción, aún cuando más costosa en inversión inicial y en operación (figura 10).

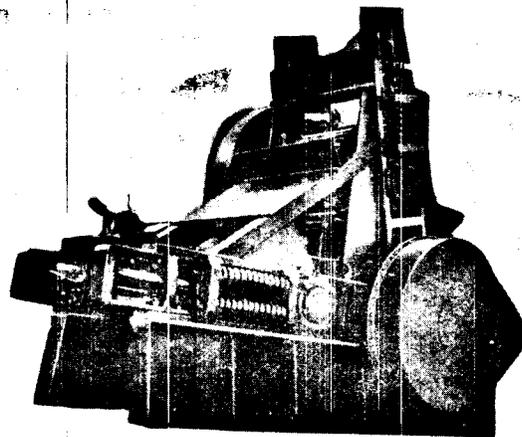


Figura 10

Para disminuir los problemas del alto costo de mantenimiento en dinero y tiempo, en el rectificado de los surcos de desgaste, se han diseñado máquinas de soldadura automática (figura 11) que mitigan un poco estos inconvenientes.

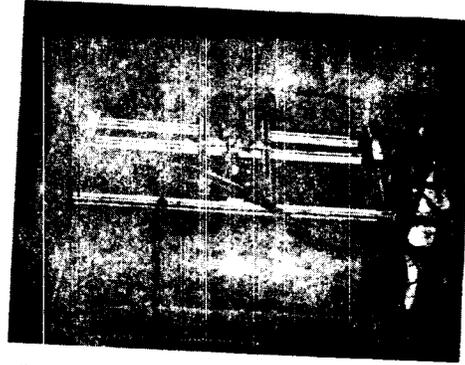


Figura 11

El coeficiente de forma del material triturado en los rodillos, es por regla general bajo, con tendencia a formar muchas lajas encierto tipo de rocas.

Por los motivos anteriormente descritos, en muchas instalaciones de producción de agregados, las trituradoras de rodillos han venido siendo substituidas por otro tipo de máquinas, limitándose su campo de acción al proceso de cierto tipo de rocas suaves y poco abrasivas, como ya se dijo.

TRITURADORAS DE IMPACTO O DE MARTILLOS

Tanto las trituradoras de impacto (figura 12) como las de martillo (figura 13), utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos

de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno o dos rotores que están girando a elevadas revoluciones por minuto. En las trituradoras de martillo con rejilla inferior (figura 13) existen también los efectos secundarios de corte y desgaste de la roca entre el martillo y la rejilla.

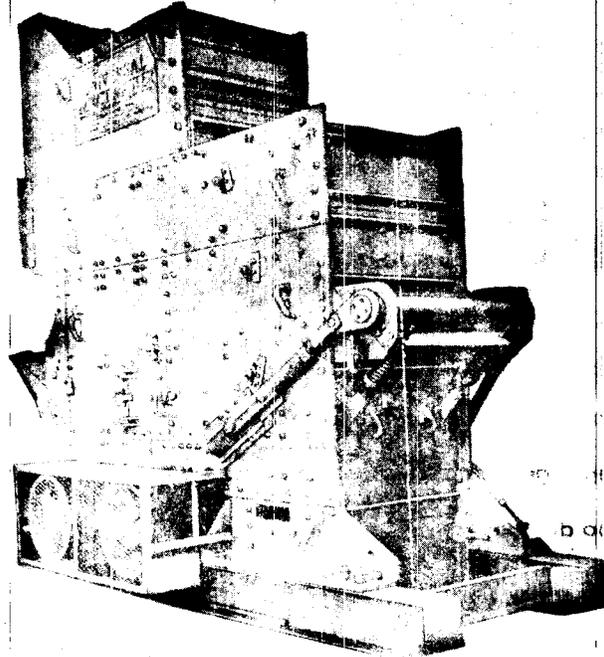


Figura 12A

Trituradoras de Impacto. Vista exterior.

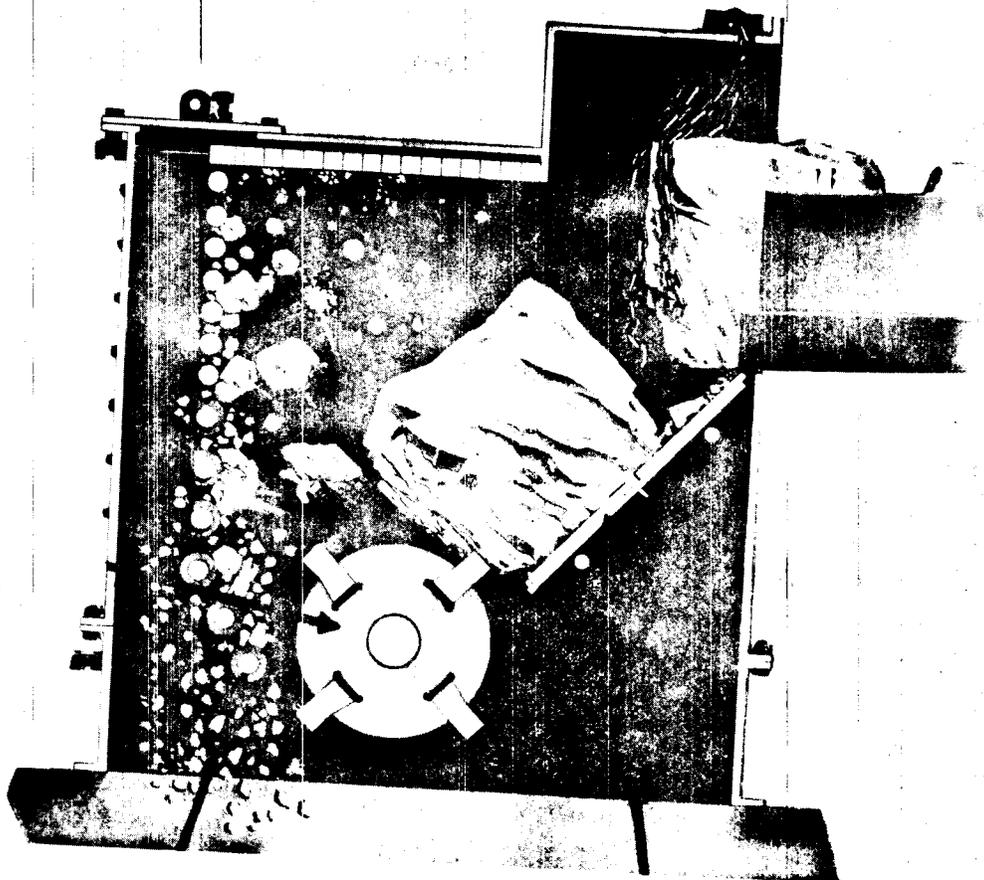


Figura 12B

Trituradoras de Impacto. Corte longitudinal esquemático, --
mostrando su principio de funcionamiento.

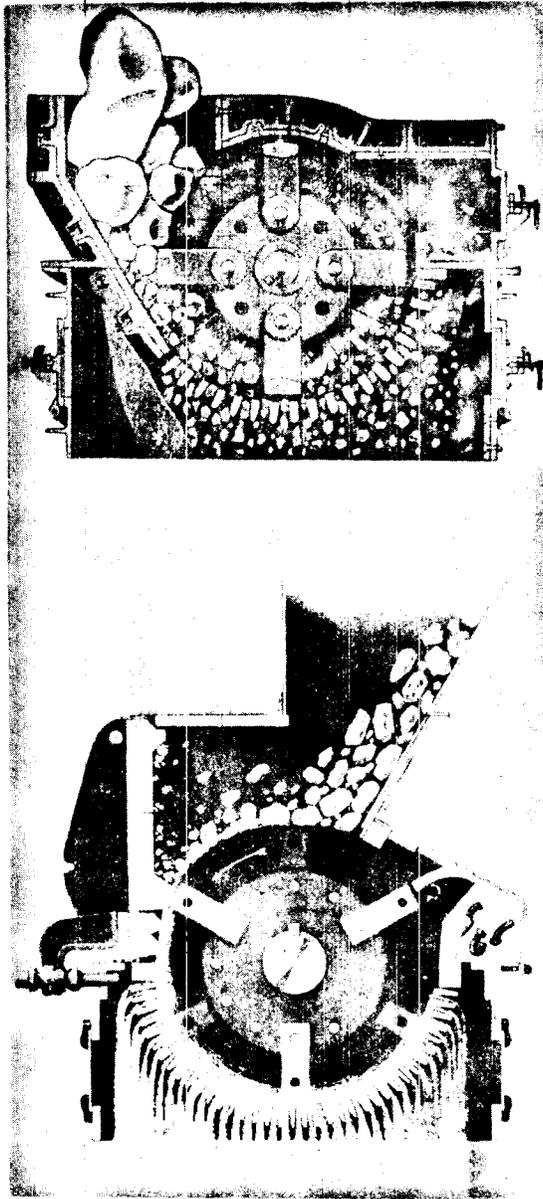


Figura 13

Trituradoras de Martillos, con rotores de cuatro y seis cabe--
zas de percusión.

Con este tipo de máquinas se obtiene un material cúbico de elevado coeficiente de forma, con índices de reducción de $20 \div 1$ y en ocasiones de $30 \div 1$. Desgraciadamente estas máquinas no son adecuadas para procesar rocas con más del 6% de contenido de sílice ($Si O_2$), 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.

TRITURADORAS DE CONO

Este tipo de trituradoras se ha utilizado en las plantas mineras desde hace más de 40 años. En el campo de las obras públicas se ha generalizado su uso a partir de unos 10 años aproximadamente, pues se temía que estas máquinas tuvieran una mecánica muy complicada que necesitará cuidados especiales y personal altamente capacitado para operarlas. La realidad ha demostrado que si bien son unidades robustas de mecánica precisa, los cuidados que requieren en su operación y mantenimiento no son mayores que los que necesitan, por ejemplo, una quebradora de quijadas o una trituradora de rodillos en operación normal.

Presentan este tipo de máquinas una serie de ventajas adicionales, entre las cuales sobresalen las siguientes :

- a) Producciones relativas elevadas con un alto índice de reduc_

ción, que puede llegar a $10 \div 1$.

- b) Utilización completa y regular de sus elementos de desgaste en la cámara de trituración, utilizándose los efectos combinados de compresiones e impactos sucesivos (figura 14), - dando como resultado poco desgaste por abrasión y un producto con muy buen coeficiente de forma.

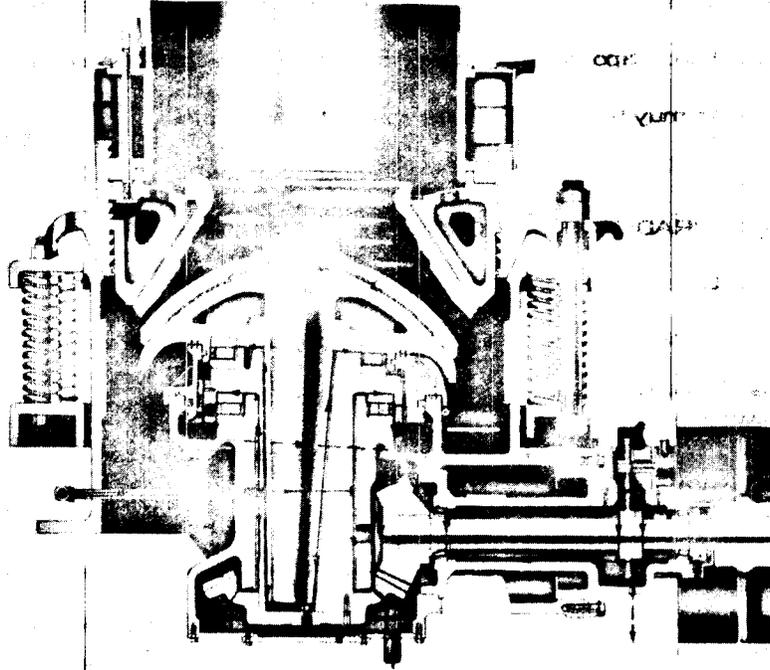


Figura 14

- c) Protección contra fragmentos metálicos (dientes de cucharón de cargador, cabezas de marro, etc.) no triturables, - por un dispositivo a base de resortes en el perímetro de su bastidor (figura 15).

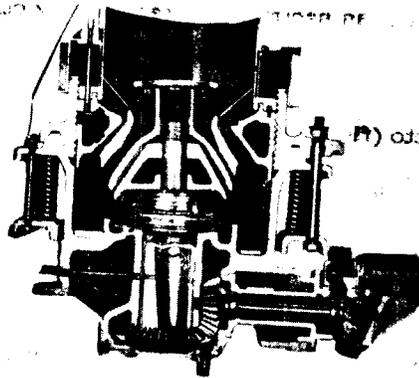


Figura 16

- d) Dimensiones compactas que hacen práctica su instalación — en grupos móviles de trituración.
- e) Costos de mantenimiento muy bajos, por la elevada dura— ción de sus piezas de desgaste.

Los constructores de caminos empezaron en unidades portáti— les los tamaños de 36" (diámetro inferior del cono), que es una má— quina de aproximadamente 11,000 kilogramos de peso, con una pro— ducción de 80 toneladas a una abertura de salida de 1" (para produ— cir material de $1\frac{1}{2}$ "). Posteriormente los grandes volúmenes de ma— teriales requeridos en los nuevos proyectos de autopistas, obligaron a utilizar los tamaños de 48", máquinas de 22,000 kilogramos de — peso y producciones del orden de 170 toneladas por hora de materia— les de $1\frac{1}{2}$ " y hoy en día ya los tamaños de 66" (figura 16), máquinas con peso de 42,000 kilogramos y producción de 275 toneladas por — hora de material de base, tienen bastante demanda entre los gran— des contratistas de caminos.

Las trituradoras de cono se fabrican en modelos especiales para cumplir las etapas secundaria, terciaria y cuaternaria de reducción, modelos que si bien desde el exterior presentan prácticamente el mismo aspecto (figura 17), la geometría de sus cámaras de trituración tiene grandes diferencias, según se trate de una trituradora secundaria (figura 18), terciaria (figura 19) o cuaternaria (figura 20), siendo lógicamente las máquinas que se pueden cerrar a menor dimensión para producir material más pequeño, las que admiten menor tamaño de piedra a la entrada



Figura 16

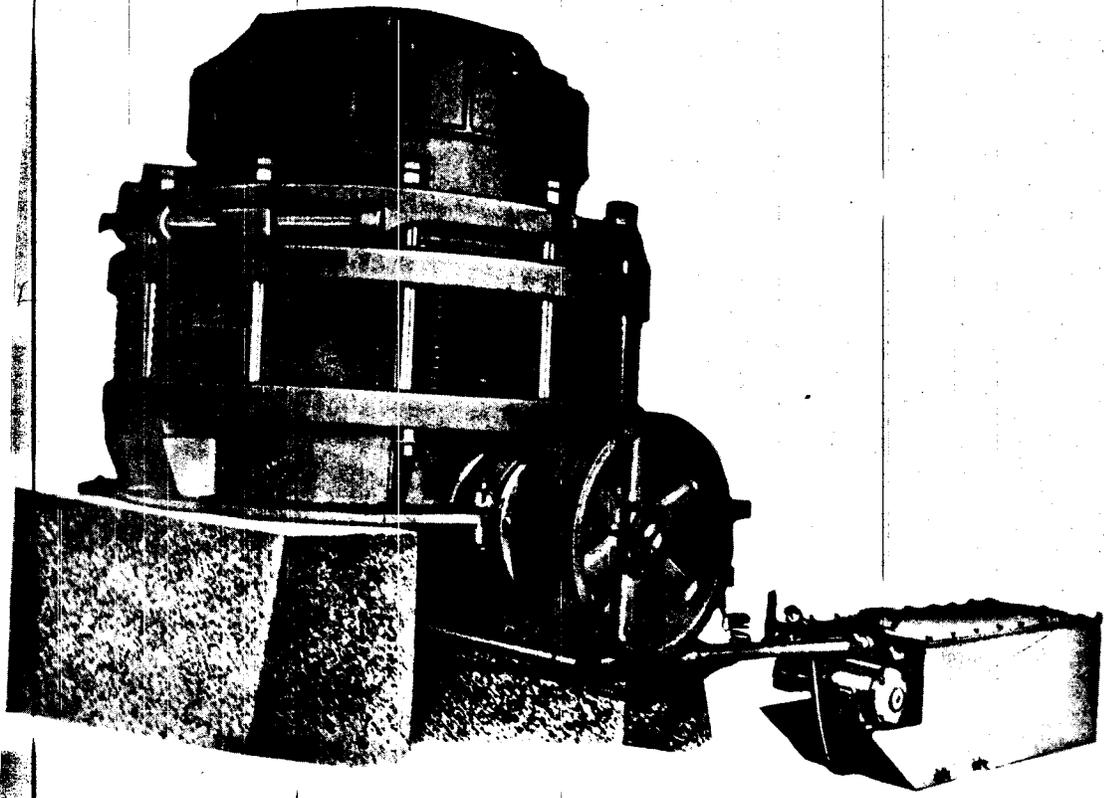


Figura 17

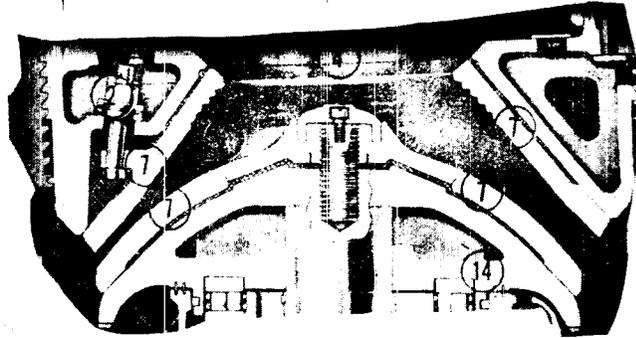


Figura 18

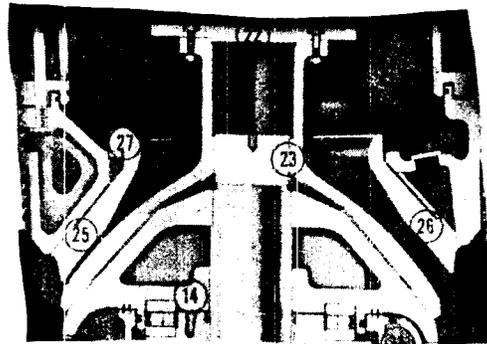


Figura 19

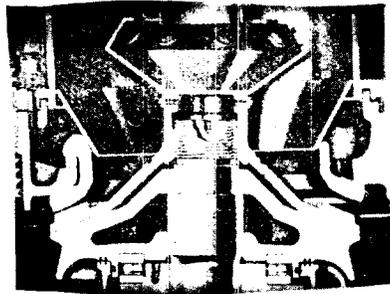


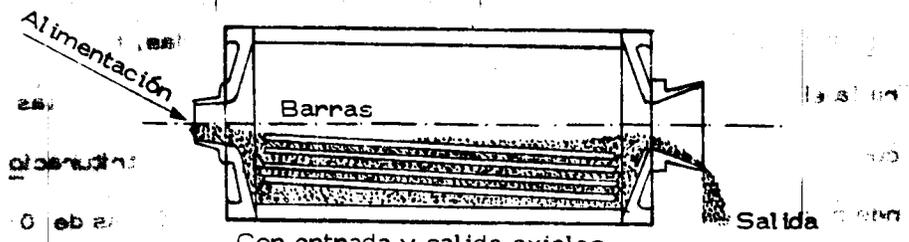
Figura 20

MOLINOS DE BARRAS

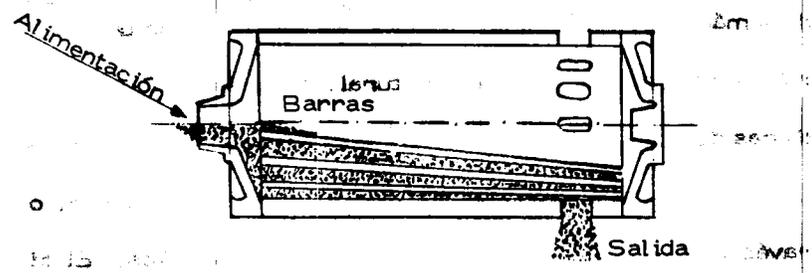
En algunos casos de producción de arenas calibradas, tanto para la elaboración de concretos hidráulicos, como para corregir las curvas granulométricas de los materiales producto de las trituraciones secundarias y terciarias que acusan déficits de partículas de 0 a 2 mm para cumplir con las especificaciones de los materiales de base y carpeta asfálticas para la construcción de caminos, es necesario efectuar una cuarta etapa en la reducción de los materiales pétreos, para lo cual se utilizan básicamente los molinos de barras.

Dichas máquinas están constituidas esencialmente por un tambor cilíndrico de placa de acero estructural, horizontal, y revestido con placas de acero al manganeso para su protección interior, estando accionado bien a través de una corona dentada y un piñón, o bien a través de un tren de neumáticos con ejes horizontales. El cilindro está cargado con barras cilíndricas de acero duro de 2" y 3" de diámetro, de longitud ligeramente inferior a la del cilindro. Estas barras accionadas por la rotación del tubo, ruedan las unas sobre las otras, y su movimiento relativo genera una acción intensa de molienda. Los molinos pueden trabajar por vía húmeda o por vía seca, y según el grado de finura del producto por obtener, existen tres tipos de alimentación y descarga, los cuales se ilustran en la figura 21.

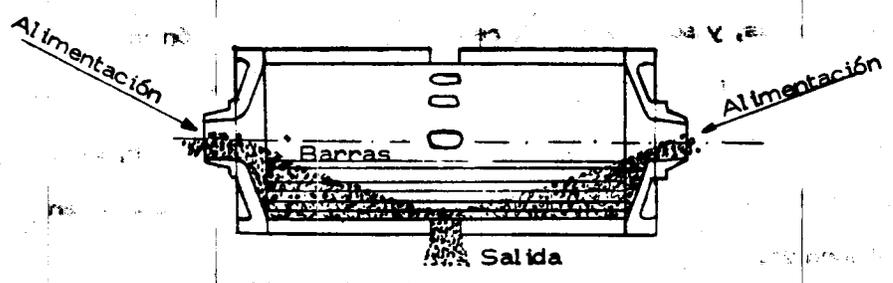
MOLINOS DE BARRAS



Con entrada y salida axiales.
Se obtienen finuras hasta ma-
lla # 50

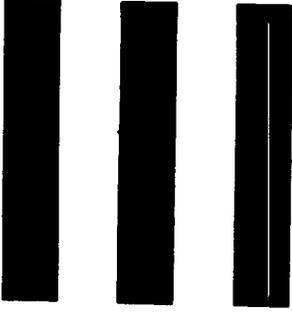


Con entrada axial y salida perif-
érica por un extremo.
Finuras hasta malla # 20



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

Figura 21



EQUIPO

COMPLEMENTARIO

III. EQUIPO COMPLEMENTARIO

81

A) Cribas Vibratorias

Las cribas vibratorias tienen por objeto la clasificación o selección de los materiales pétreos granulares, en diversas categorías de acuerdo con los tamaños especificados. Dichas máquinas se componen de uno, dos o tres pisos de malla de alambre o de placa perforada en orificios cuadrados, rectangulares o redondos, montados en el interior de una caja o bastidor flotante, equilibrado apoyado sobre resortes o suspendido por medio de cables. Las vibraciones son producidas por el efecto de una flecha excéntrica o provista de contrapesos que gira a elevada velocidad, accionada por un motor eléctrico.

La superficie de cribado está constituida en la mayoría de los casos, por mallas cuadradas, siendo las más comúnmente empleadas, las siguientes:

10. Estados Unidos: Norma ASTM

Designación de la malla. (Mallas más usuales)	Claro entre alambres en mm
3"	76
1-1/2"	38
3/4"	19
1/4"	6.3
Número 4	4.75
" 8	2.38

Número	16		1.19
"	30		0.59
"	50		0.297
"	100		0.149
"	200		0.074
"	400		0.037

20. Francia: Norma AFNOR NF-XII-501

	50		50
	20		20
	15		15
	10		10
	5		5
Módulo	37		4
"	35		2.5
"	32		1.25
"	28		0.500
"	25		0.250
"	22		0.125
"	20		0.080
"	17		0.040

30. Inglaterra: Norma BSA-410

	3"		76
	1-1/2"		38
	3/4"		19
	1/4"		6.3
Número	5		3.35
"	10		1.67
"	22		0.699

Número	44	0.353
"	85	0.178
"	100	0.152
"	200	0.076
"	300	0.053

NOTA: En México rigen en la mayoría de los casos las normas — americanas de la ASTM.

Existen cribas vibratorias horizontales con doble mecanismo excéntrico, aconsejables para equipar los grupos móviles y cribas vibratorias inclinadas de mecanismo excéntrico simple, utilizadas en las plantas fijas principalmente. Con ambos tipos se logran — las mismas producciones y eficiencias. Las inclinadas son más — económicas por su excéntrico simple, pero ocupan, para tamaños iguales, un mayor espacio vertical de instalación, que sus homólogos horizontales.

Los tamaños más utilizados (ancho por longitud de la superficie de cribado) en obras civiles son: 4' x 8', 4' x 10', 4' x 12', 5' x 12', 5' x 14', 5' x 16', 6' x 16', en sus versiones de uno, — dos y tres pisos.

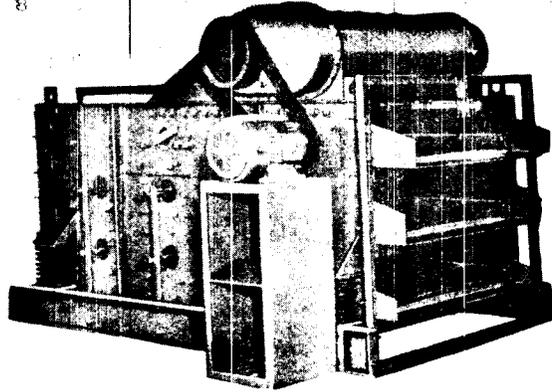


Figura 22

Criba Vibratoria Horizontal de tres pisos.

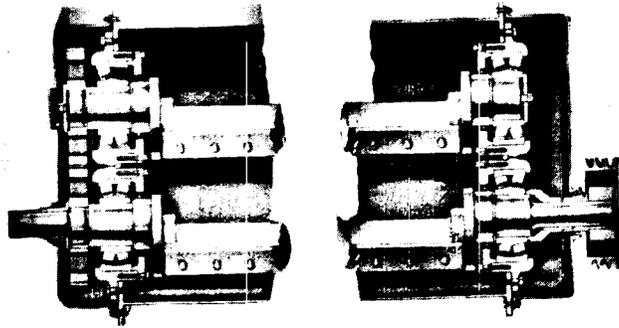


Figura 23

Mecanismo excéntrico doble para Cribas Vibratorias Horizontales.

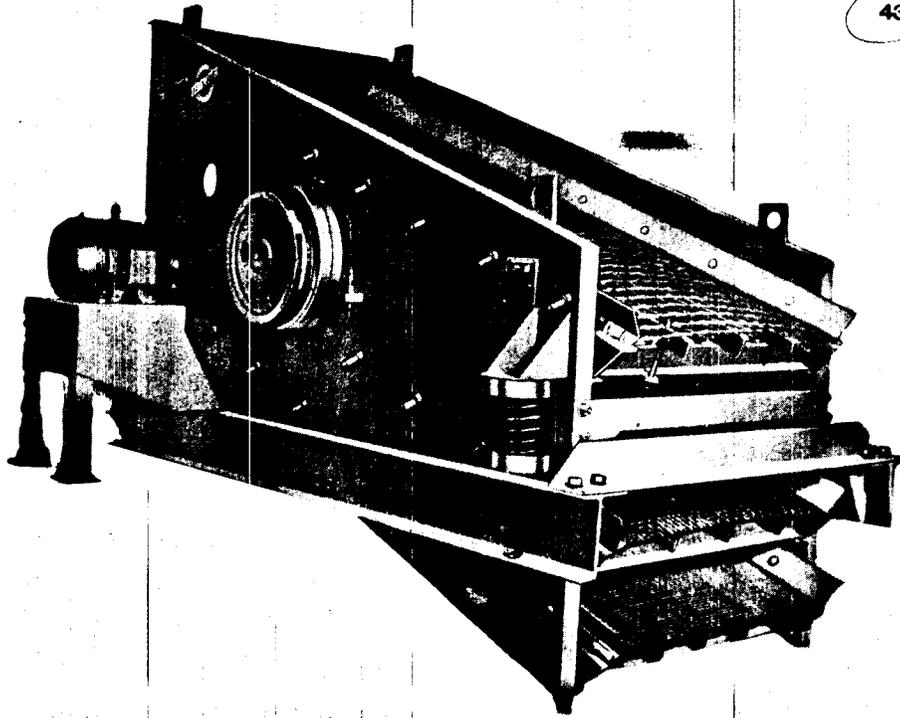


Figura 24
Criba Vibratoria Inclínada de Tres Pisos.

El cribado de agregados para caminos se realiza por vía seca, mientras que el cribado de agregados para concretos hidráulicos se realiza por vía húmeda, equipando para ello a las cribas, con ---- "Flautas de Riego" (figura 25).

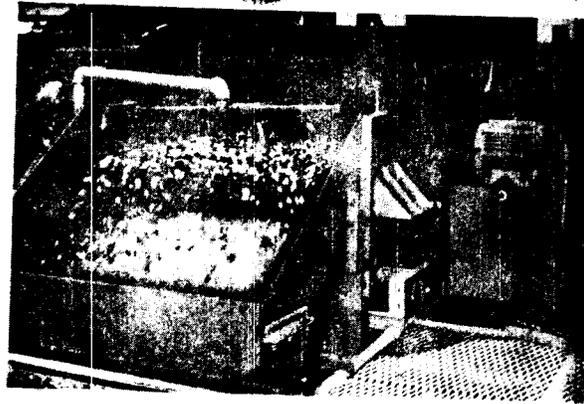


Figura 25

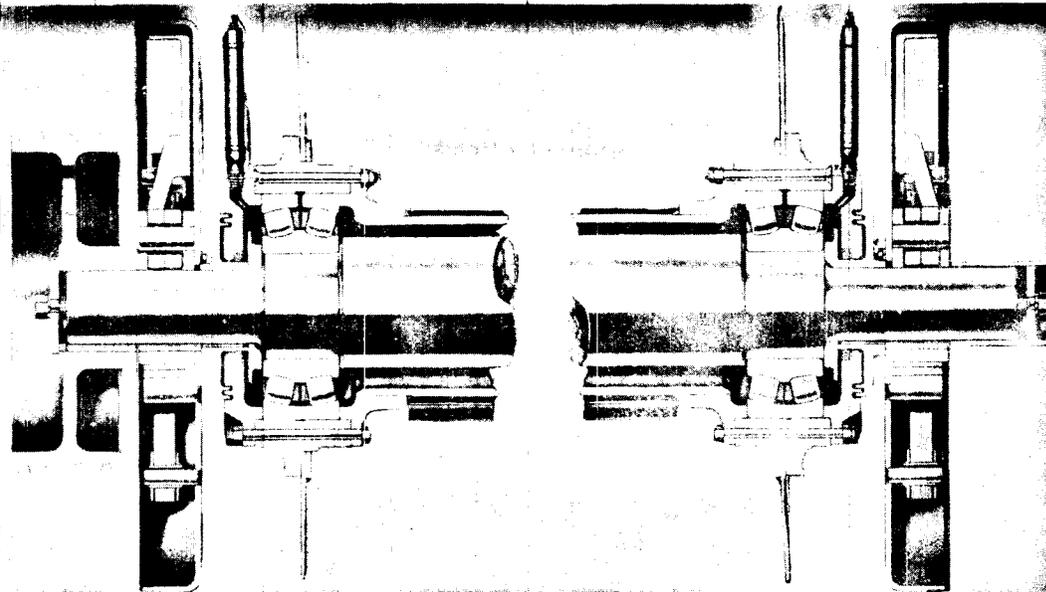


Figura 26

Mecanismo excéntrico simple para Criba Vibratoria Inclinada.

B) Alimentadores

La alimentación del material en graña a la quebradora primaria, puede realizarse por el vaciado directo de los medios de transporte arrojando la roca a la boca de la quebradora, o bien por medio de un equipo especial mecánico o "alimentador", con o sin dispositivo de pre-cribado.

Los tipos más populares de alimentadores son :

- a) Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico. Se compone de paletas metálicas que forman un tablero continuo que se mueve a una velocidad relativamente lenta (3 a 10 metros por minuto), accionado por un sistema de motor eléctrico, reductor, catanas y cadenas. Este tipo de alimentador se recomienda para instalaciones de alta producción donde se manejan grandes bloques de roca, sobre todo en plantas mineras y cementeras.
- b) Alimentador Reciprocante o de Plato. Se compone de una placa metálica rectangular, montada sobre rodillos, animada de un movimiento de vaivén ocasionado por una biela excéntrica. Dicho tipo de alimentador se recomienda para instalaciones pequeñas y medianas que manejan materiales de depósitos de río o de aluvión.
- c) Alimentador Vibratorio con Rejilla (Grizzly) de Pre-Cribado. Se utiliza en instalaciones de mediana y elevada producción para elaborar agregados pétreos para la Industria.

de la Construcción, con la ventaja de que sólo envían a la quebradora primaria el material que requiere la trituración primaria, precribando el material pequeño que pueda contener el material en greña (figura 27).

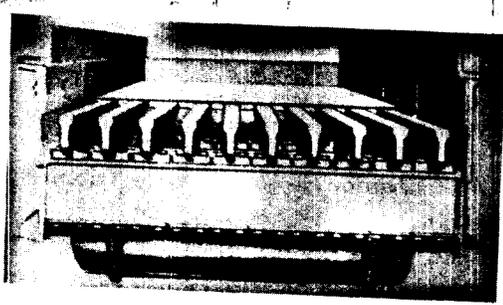


Figura 27

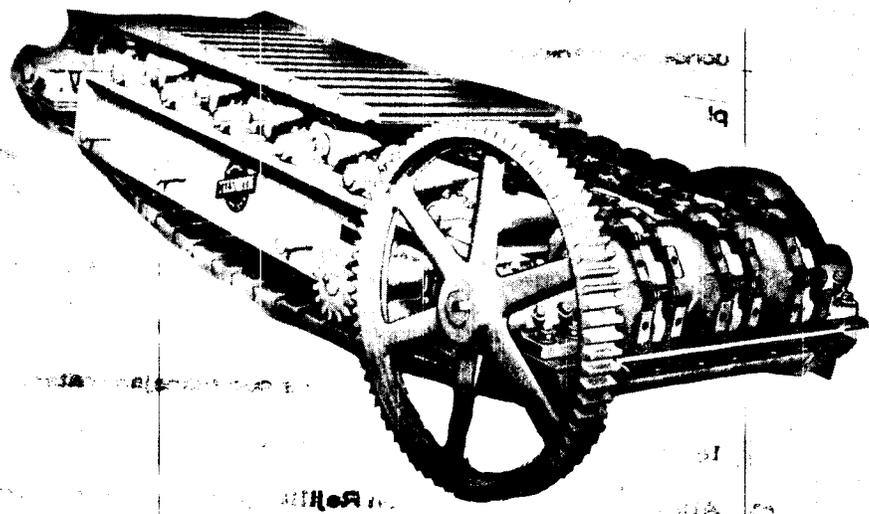


Figura 28

Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico (Tipo Apron). Anchos más utilizados : 36", 42", 48", 54", 60" y 72"

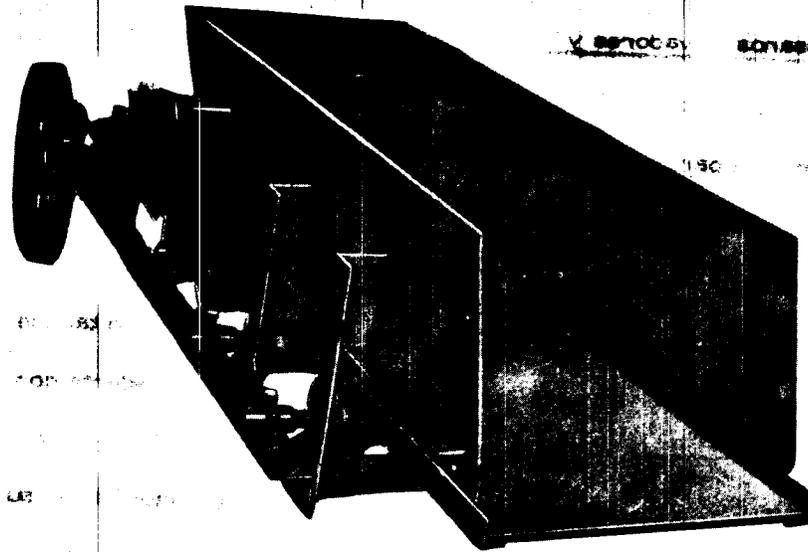


Figura 29

Alimentador Reciprocante o de Plato. Anchos más utilizados:
16", 20", 24", 30" y 36",

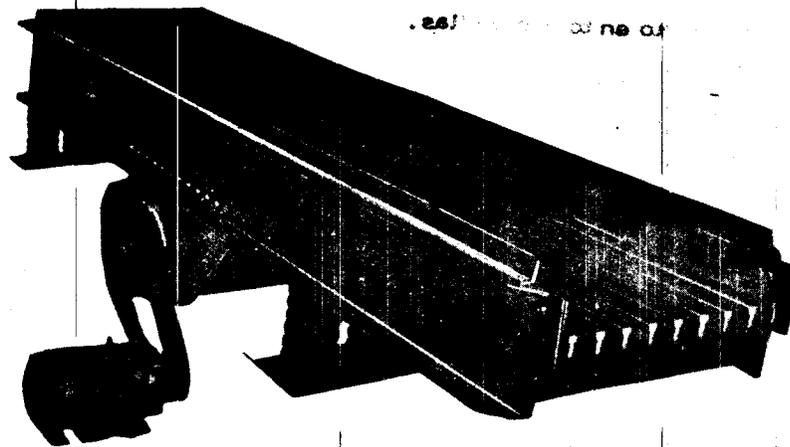


Figura 30

Alimentador Vibratorio con Rejilla de Precibado. Anchos más
utilizados: 36", 42", 48" y 60".

C) Gusanos Lavadores y Desenlodadores

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

Figura 30

de Precipitación

30"

30"

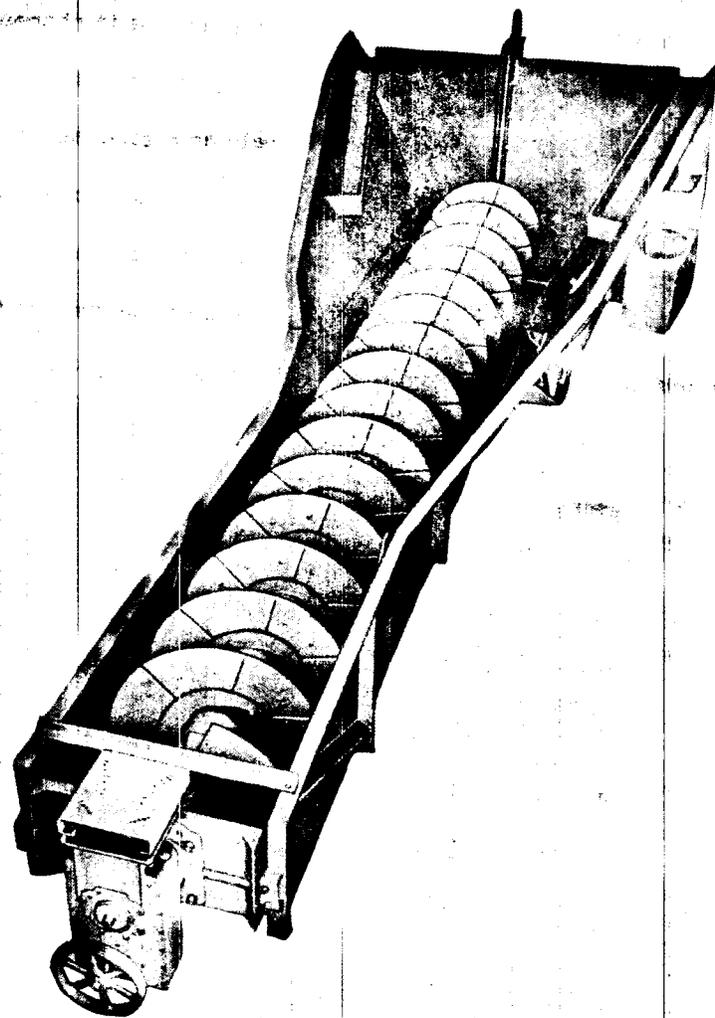


Figura 31

Gusano lavador de espiral simple. Diámetros más usuales :
20", 24", 30", 36", 42" y 48"

Para el lavado enérgico de minerales y de gravas naturales fuertemente contaminadas con arcilla, se emplean los tambores de senlodadores o "Scrübbers", que constan de un cilindro de placa de acero en cuyo interior se montan aspas o paletas metálicas, que mueven el material en su 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 (figura 32 y 33).

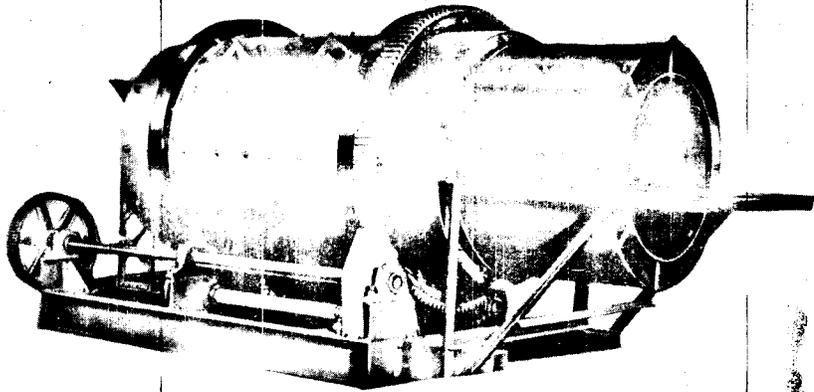


Figura 32

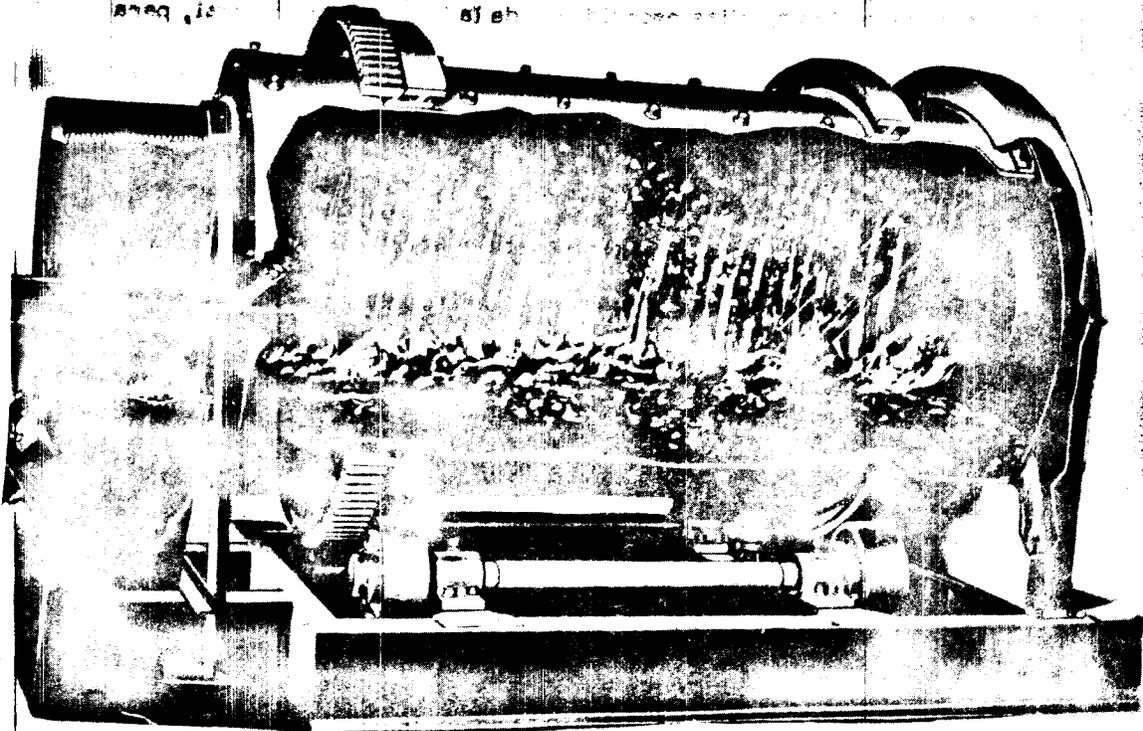


Figura 33

Corte longitudinal de un tambor desenlodador en operación. —
Diámetros más utilizados del tambor: 60", 72", 84", 96" y 114".

D) Transportadores de Banda

Para el manejo de los materiales granulares en las plantas de producción de agregados pétreos se utilizan básicamente las bandas transportadoras, equipo de mecánica simple y de gran eficiencia en el transporte de cualquier tipo de materiales a granel.

Varios tipos de transportadores de banda se han diseñado para

satisfacer las amplias necesidades de la Industria en general, para el manejo de cualquier clase de materiales, pero todos constan de una cinta o banda de hule reforzada con capas de lona o de nylon, -- en anchos de 18", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60", etc., -- montada sobre trenes de tres rodillos uniformemente espaciados y accionada por una polea de cabeza motriz que a su vez es accionada por un moto-reductor eléctrico, que le imprime a la banda una velocidad líneal que va de 100 a 600 pies por minuto en la mayoría de los casos, para transportar de este modo un flujo uniforme de material.

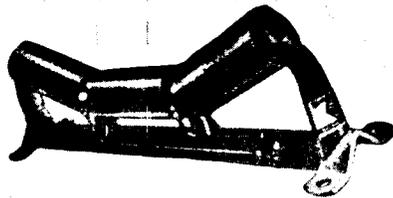


Figura 34

Tren de tres rodillos de carga, lubricables, con inclinación --
 \emptyset 20°.

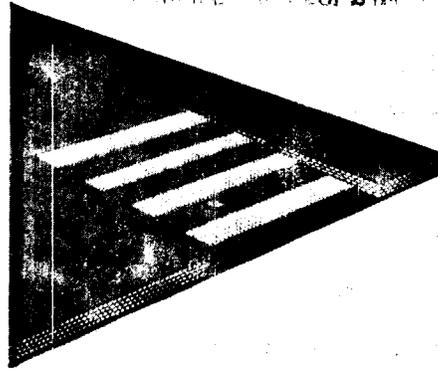


Figura 35

Corte de la banda transportadora, mostrando las capas de lona y hule alternadas.

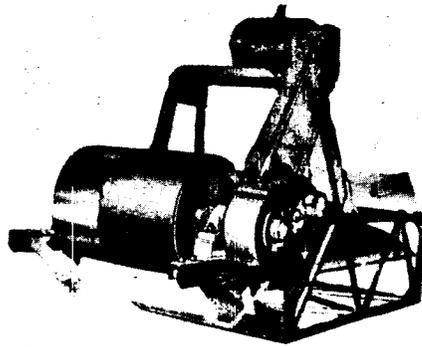


Figura 36

Cabeza motriz de un transportador de banda con su polea de —
cabeza, motor eléctrico, reductor y transmisión a base de bandas —
"V".

La estructura de soporte de los transportadores de banda, es —
de acero estructural tipo celosía para transportadores grandes, o —

tipo viguetas de canal para los transportadores medianos y pequeños.

Para los grupos móviles de trituración existen diseños de bandas transportadoras portátiles, fácilmente transportables, que no necesitan ningún trabajo de cimentación.

Existen sistemas de transporte por medio de bandas, de varios kilómetros de longitud, sobre todo en la Industria minera, por ser un medio económico y eficaz, justificándose ampliamente la relativamente elevada inversión inicial, en el manejo de grandes volúmenes de minerales.



Figura 37

Banda transportadora radial (Stacker) para almacenamiento de agregados en pilas sobre el terreno.

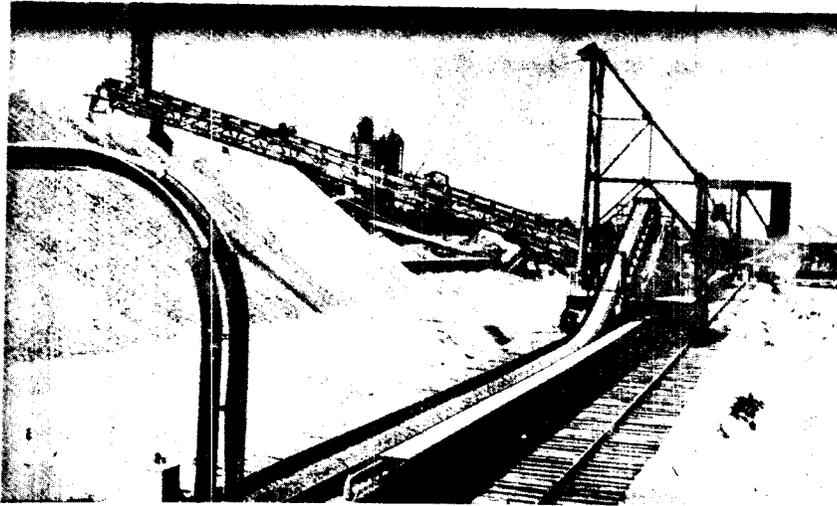


Figura 38

Sistema estacionario de transporte de agregados y almacena-
 miento sobre el terreno, a base de transportadores con puntos de-
 descarga variables a lo largo de su longitud (Tripper).

E) 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 cade-
 nas como la banda están animadas de movimiento líneal, que permi-
 te 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 la cal, -
 cemento, yeso y en minería, en las instalaciones de agregados pé-

treos 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.

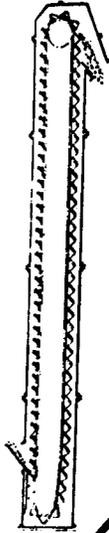


Figura 39
Elevador de Cangilones
montados sobre banda -
tipo continuo.

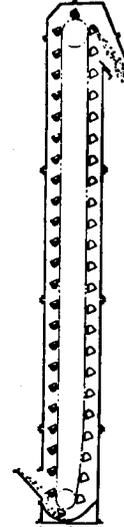


Figura 40
Elevador de Can-
gilonos montados
sobre cadena, ti-
po de descarga -
centrífuga.

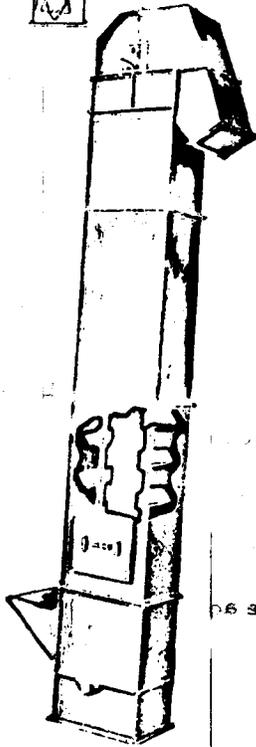


Figura 41
Elevador de Cangilones Vertical, montados so-
bre cadena, cerrado, especial para la eleva-
ción de productos minerales finos y pulvuru-
lentos.

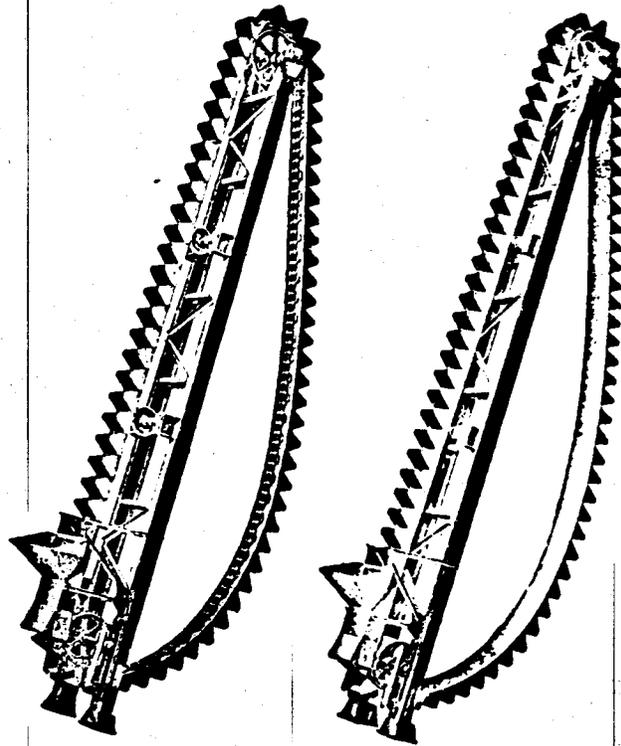


Figura 42

Elevadores de Cargilones montados sobre banda, inclinados, — abiertos, indicados para la elevación y manejo de gravas y arenas de construcción.

IV

TENDENCIAS ACTUALES EN LA SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION

IV. TENDENCIAS ACTUALES EN LA SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION PARA INTEGRAR GRUPOS MOVILES

Se hará especial referencia a los equipos de trituración destinados a elaborar los agregados pétreos necesarios para la construcción de sub-bases, bases, carpetas asfálticas y materiales de sello para la construcción de carreteras y aeropuertos.

Desde hace poco más de 20 años se ha venido observando en todo el mundo, una evolución muy rápida en las técnicas de construcción de caminos, evolución que ha puesto a los contratistas y a los productores de agregados pétreos, frente a problemas completamente nuevos que han ocasionado modificaciones substanciales en el concepto de sus plantas, así como en las técnicas de producción. Dicha evolución parece haber alcanzado a la fecha, un cierto grado de estabilidad.

Los materiales pétreos destinados a formar las diversas capas que constituyen un camino, lógicamente han seguido muy de cerca la evolución de las técnicas de construcción. En efecto, en tiempos pretéritos se utilizaban términos tales como piedra de 2", grava de 3/4", arena a secas, etc., que generalmente definían un producto que era utilizado para todo tipo de trabajos de construcción. Hoy en día la tecnología de la construcción ha cambiado radicalmente. Por ejemplo, el diseño del concreto hidráulico requiere agregados pétreos completamente distintos a los que se necesitan en la construcción de una carretera. Por esta razón el

equipo que necesita cada uno de estos productos, tendrá características peculiares de acuerdo con el tipo de agregados a producir, situación que no prevalecía, por ejemplo: en los años treinta en donde el productor de agregados con una sola quebradora producía un agregado adecuado para todas las necesidades.

Hoy en día una planta moderna, fija o portátil, es mucho más compleja y representa un capital elevado invertido, obteniéndose sin embargo, costos unitarios inferiores al utilizar el equipo idóneo, con producciones elevadas de productos de alta calidad.

Se hará aquí particular referencia al equipo de trituración utilizado en la elaboración de materiales para sub-bases, bases, carpetas y sellos empleados en la construcción de caminos y autopistas.

Las primeras de dichas máquinas (secundarias) producen materiales en el rango de 1" a 3" de tamaño, las terciarias con cámara fina materiales en el rango de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " y las cuaternarias materiales en el rango de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ " de tamaño máximo, en términos generales.

Es de hacer notar, el hecho de que en problemas de trituración total, tanto en los materiales de base (0 - $\frac{1}{2}$ ") como en los de carpeta, se encuentra un déficit de materiales finos abajo de la malla número 10 (2 milímetros aproximadamente). Para hacer que la curva granulométrica quede dentro de especificaciones, es necesario "levantarla" (figura # 43) adicionando finos que bien —

pueden obtenerse a partir de arenas naturales en bancos próximos a la explotación, o bien producirlos artificialmente en un proceso - cuaternario de reducción.

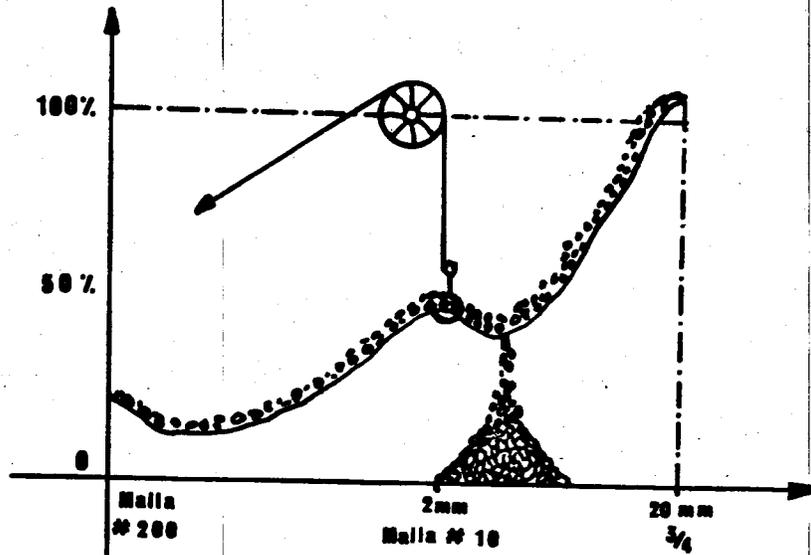


Figura 43

Una mezcla asfáltica será tan buena, como buenos sean los agregados que se emplearon para elaborarla, por lo tanto, el control de calidad para el producto de una planta de asfalto sea del tipo continua o del tipo de bacha, debe empezar por los agregados - pétreos en la alimentación de las mismas (figura 44). Si no se - tienen agregados con la correcta granulometría a la entrada, será imposible obtener un producto de calidad. El problema de la cons - trucción en bases y carpetas para caminos y autopistas, empieza - pues, con el problema de trituración.



Figura 45. Sistema de alimentación de agregados pétreos de cinco tamaños, para una planta de asfalto.

Un problema de trituración quedará correctamente resuelto, - si se cuenta con el equipo idóneo, en cada proceso de reducción es tablecido en la planta.

Se había visto, que en lo que respecta a la trituración primaria, el equipo seleccionado universalmente como el apropiado en todos los casos para integración de los grupos móviles camineros, lo constituyen las quebradoras de quijadas.

Por lo que respecta al equipo secundario y terciario, se puede resumir lo expresado anteriormente, en el cuadro siguiente :

Tipo de Trituradora	Índice de Reducción	Coefficiente de forma del producto.	Grado de abrasividad recomendado de la roca.	Consumo específico de energía
Rodillos	Bajo: $3 \div 1$	Bajo: Muchas lajas	Poco abrasiva	Normal
Martillos e Impacto	Muy alto : $20 \div 1$	Muy bueno	No abrasiva	Muy alto
Conos	Alto: $10 \div 1$	Bueno	Todo tipo de rocas.	Normal

Del examen de la tabla anterior, se deduce que el tipo de trituradora más versátil, capaz de triturar eficientemente y económicamente todo tipo de rocas, cualidad indispensable para los grupos móviles camineros, por la diversidad de bancos en los cuales van a trabajar a todo lo largo de su vida útil, son las trituradoras de cono, que cuentan además con un elevado índice de reducción y dan productos con un buen coeficiente de forma teniendo consumos específicos de energía (kilowatts por tonelada producida) muy razonables.

Por las razones anteriormente expuestas, y una vez roto el "tabú" de que las trituradoras de cono eran máquinas de mecánica complicada y de operación y mantenimiento delicados y complejos, su uso se ha popularizado entre los constructores de caminos y au

topistas, para integrar los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, en un principio en los tamaños de 36" y en la actualidad en los tamaños de 48" y 66", de muy elevada capacidad, - que si bien tienen mayores costos de adquisición, se compensa -- con creces este factor, por los bajos costos de producción que se obtienen y el poco tiempo en el que trituran los volúmenes asignados para cada banco.

El modo de disposición de las máquinas de trituración sobre los chasis-remolque para integrar los grupos móviles ha variado desde el sistema "Dual" preferido hace 25 años aproximadamente, en tiempo de la postguerra, que fue cuando se inició el gran auge de las plantas portátiles o grupos móviles para equipar a los constructores de caminos.

Dicho sistema "Dual", consiste en instalar sobre el mismo -- chasis-remolque, la quebradora primaria de quijadas, la trituradora secundaria de rodillos, la criba vibratoria, la rueda de cangilones de elevación, las bandas de evacuación y recirculación, etc. En las figuras 46, 47 y 48, pueden apreciarse el aspecto exterior de dichos grupos móviles "Dual", y en las figuras 49 y 50 dos --- ejemplos del flujo de materiales en dicho sistema "Dual".

Debido a que dicho dispositivo de arreglo daba unidades de -- grandes dimensiones, muy pesadas, de difícil mantenimiento y operación, en los últimos años se ha adoptado el sistema de grupos - móviles "Unitarios".

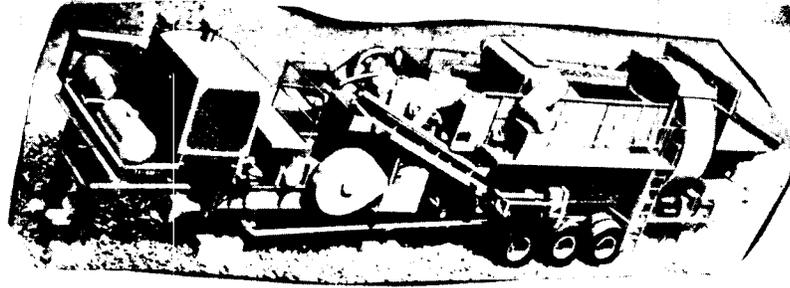


Figura 46

Grupo móvil "Dual" de trituración primaria y secundaria, con quebradora de quijadas, trituradora de rodillos y criba vibratoria horizontal, con rueda de cangilones de elevación.

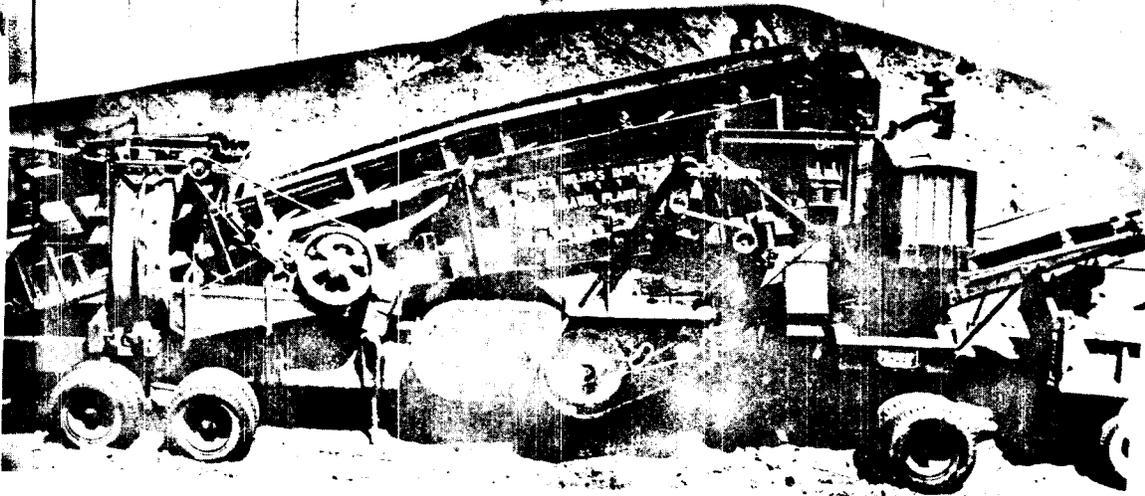


Figura 47

Grupo móvil "Dual", con quebradora de quijadas, trituradora, de rodillos y criba vibratoria inclinada.

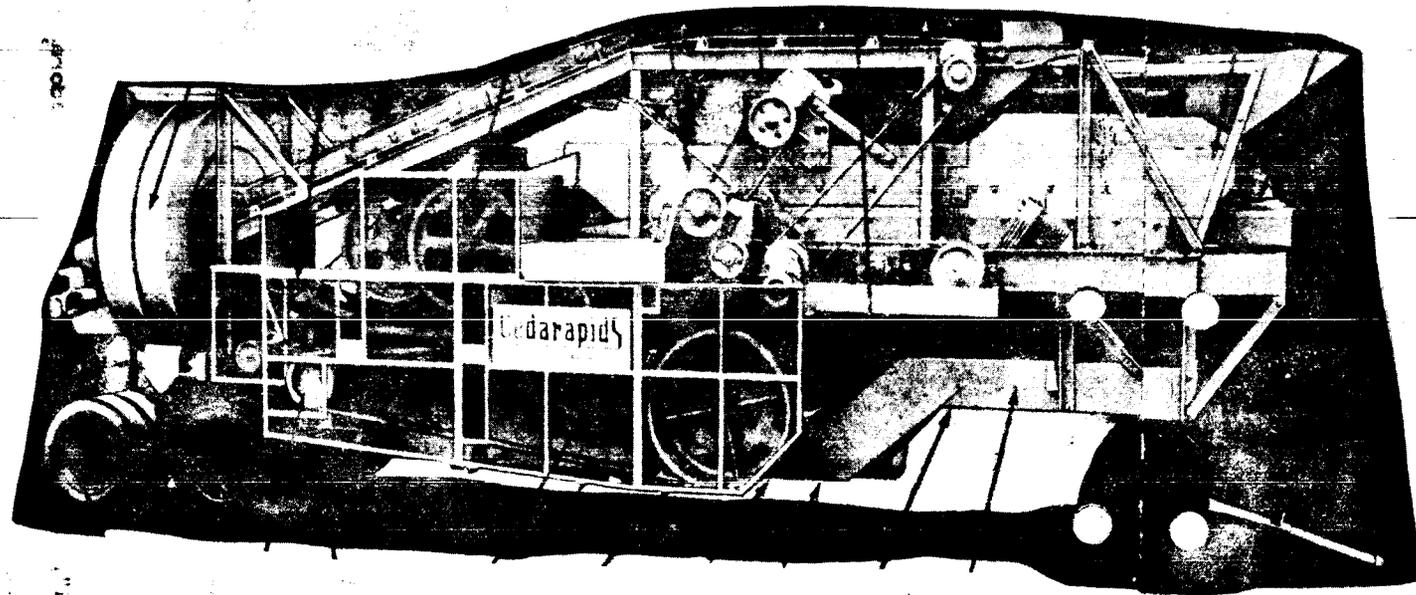


Figura 48

Grupo móvil "Dual" con quebradora primaria de quijadas gemelas (doble quijada móvil)
trituradora de rodillos, criba vibratoria horizontal y rueda de cangilones de elevación.

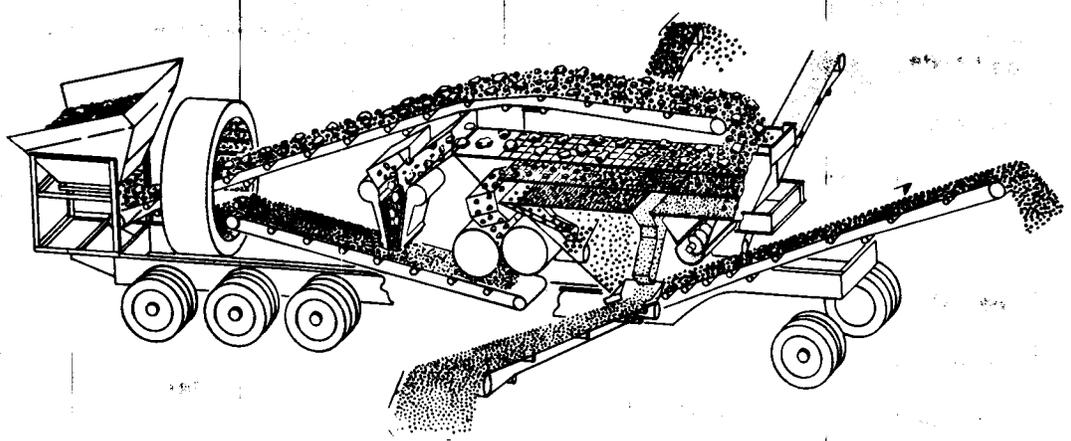


Figura 49

Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", -- con tolva de recepción del material de alimentación, alimentador de plato, con producción de cuatro tamaños de agregados.

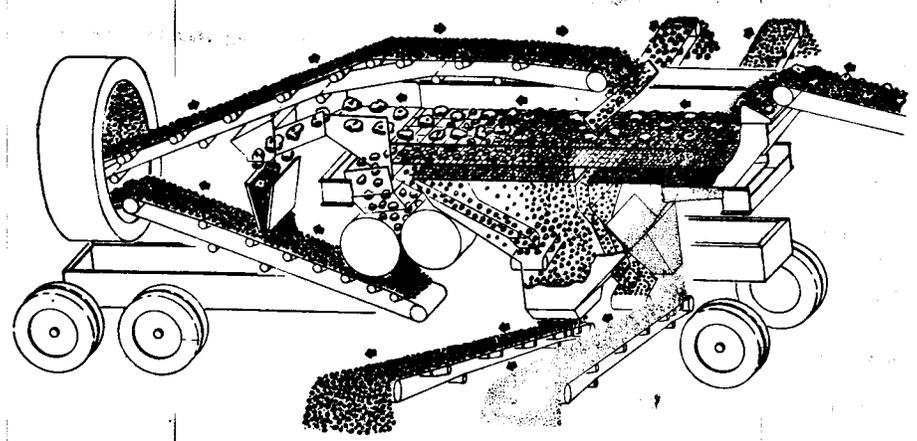


Figura 50

Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", -- con alimentación directa a la criba por medio de un transportador

de banda, o sea que cada unidad portátil realiza una sola función - de trituración, de alimentación o cribado.

Para la integración de dichos grupos móviles "Unitarios", la experiencia ha indicado que la quebradora de quijadas es la máquina más adecuada para realizar la etapa primaria de trituración, - mientras que las trituradoras de cono en sus versiones de cabeza standard y corta, son las máquinas apropiadas para realizar las - etapas secundaria y terciaria de reducción de materiales pétreos.

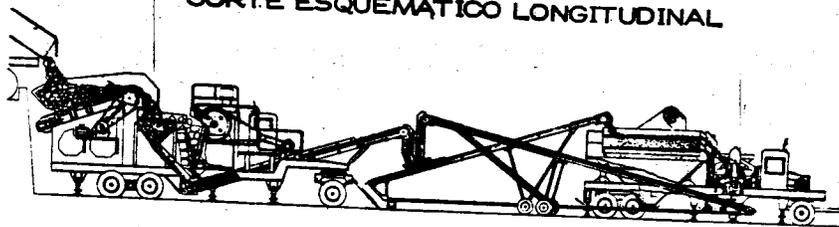
En casos de unidades de muy elevada producción, se prefiere poner los alimentadores y cribas en remolques por separado, con el objeto de no tener unidades de pesos exagerados que hagan muy difícil su transporte por las carreteras ordinarias.

Se procurará trabajar la última etapa de trituración siempre en circuito cerrado, con el objeto de tener un control del tamaño - máximo del producto, así como una mezcla de la fracción triturada con la natural, para tener un agregado homogéneo.

El esquema mostrado en la figura 51, muestra la disposición - típica de un grupo móvil primario y de un grupo móvil secundario de trituración, trabajando a circuito cerrado, con sus respectivas bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento de los productos.

GRUPOS MOVILES DE TRITURACION A CIRCUITO CERRADO

CORTE ESQUEMATICO LONGITUDINAL



FLUJO DE MATERIALES CON PRIMARIO DE QUIJADAS Y SECUNDARIO DE
CONOS

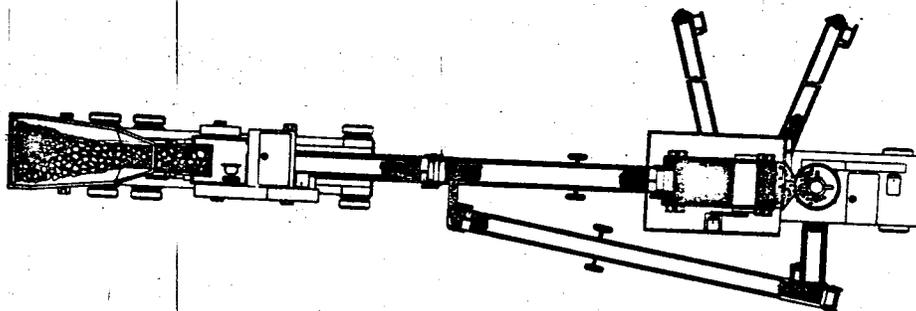


Figura 51

En las figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57 y 58, pueden apreciarse diversos ejemplos de integración de grupos móviles "Unitarios" de alimentación, trituración primaria, secundaria y terciaria, cribado y lavado de materiales pétreos, que es el sistema empleado actualmente en las plantas modernas portátiles de producción de -- agregados.

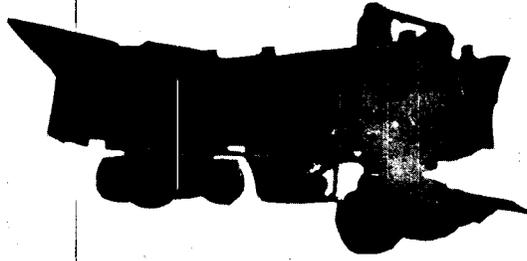


Figura 52

Grupo móvil de alimentación, con alimentador de delantal de
42" x 30".

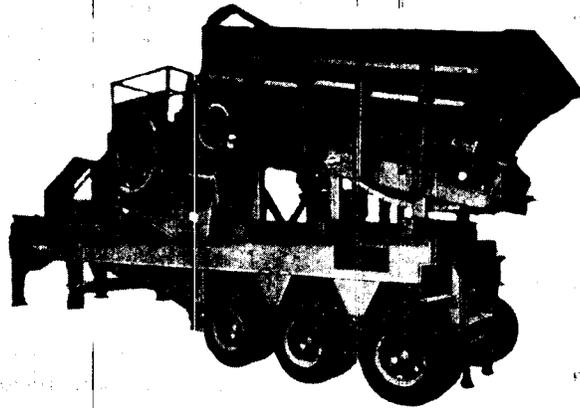


Figura 53

Grupo móvil de trituración primaria con quebradora de quijadas
30" x 42".

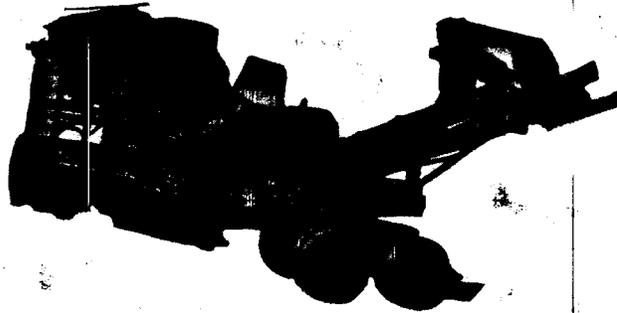


Figura 54

Grupo móvil de cribado y trituración secundaria con criba vibratoria de dos pisos 5' x 12', trituradora de cono 489S (4') trabajando a circuito abierto.

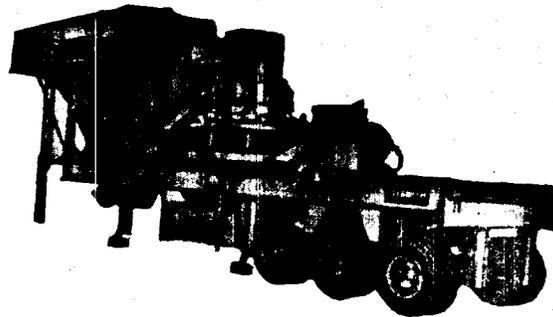


Figura 55

Grupo móvil de cribado y trituración terciaria, con criba vibratoria horizontal de dos pisos 5' x 16', y trituradora terciaria de cono 48FC (4'), trabajando a circuito cerrado.

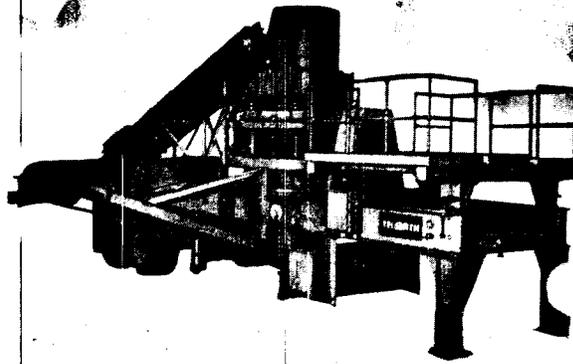


Figura 56

Grupo móvil de trituración secundaria exclusivamente, con —
trituradora de cono 66 S (5½'), trabajando en circuito cerrado.

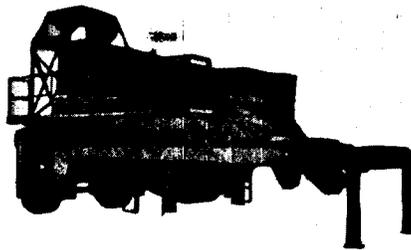


Figura 57

Grupo móvil de cribado por vía seca, equipado con criba vi —
bratoria inclinada de dos pisos 7' x 16'

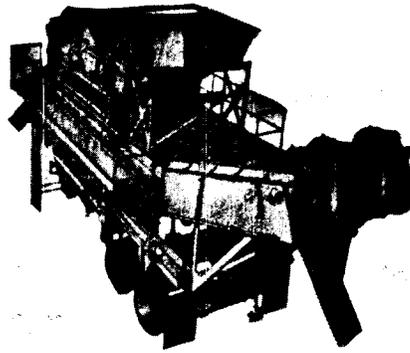


Figura 58

Grupo móvil de cribado y lavado, equipado con una criba vibratoria horizontal 5' x 14' de tres pisos, con flautas de riego, y gusano lavador doble de 30" x 25'.

En la integración de las plantas portátiles modernas de producción de agregados, se procura siempre que sea posible, equipar a las máquinas con motores eléctricos debido a que los motores de combustión interna son muy sensibles a desgastes por los polvos que se producen en este tipo de trabajo.

Si no existe suministro por línea de energía eléctrica, se deberá adquirir un grupo electrógeno que se instalará al abrigo de los polvos producidos, para proporcionar la energía eléctrica requerida por los motores de cada componente de la planta portátil.

Las tendencias actuales entre los grandes constructores de caminos, es la de utilizar equipos de elevadas producciones, sin más limitaciones que su portabilidad, para obtener bajos costos de producción, y poder cumplir con la elaboración de los volúmenes

de agregados especificados, en un plazo de tiempo relativamente corto.

Por lo que respecta a las quebradoras primarias de quijadas, en la actualidad los tamaños preferidos por los constructores de caminos, para los cuales ya existen diseños de unidades portátiles son: 20" x 36", 25" x 40", 30" x 42", 36" x 46" y 44" x 48", cuya producción se balanceará con los tamaños respectivos de las trituradoras secundarias y terciarias de cono: 36" (3'), 48" (4'), 57" (4³/₄') y 66" (5¹/₂').

Las cribas vibratorias más utilizadas, de preferencia horizontales, porque requieren menor espacio vertical de instalación, -- son en sus versiones de dos y tres pisos, las siguientes: 4' x 12', 4' x 14', 5' x 12', 5' x 14', 5' x 16', 6' x 16', 6' x 18', 6' x 20', 7' x 16', 7' x 18', 7' x 20', 8' x 18', 8' x 20' y 8' x 22'. Para los tamaños superiores a 5' x 16', se procurará instalar la criba -- por separado en un chasis-remolque individual, para no tener un grupo móvil secundario o terciario de muy elevados peso y dimensiones.

Ultimamente, ciertos fabricantes de equipo de trituración, -- han diseñado un tipo de criba vibratoria horizontal con excéntrico inferior, la cual instalada en los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, permiten su transporte por carretera, sin -- necesidad de desmontar la criba, o bajarla de su posición de trabajo, para poder pasar los pasos superiores o inferiores que se encuentran en el curso de su trayecto de un sitio de explotación a otro.

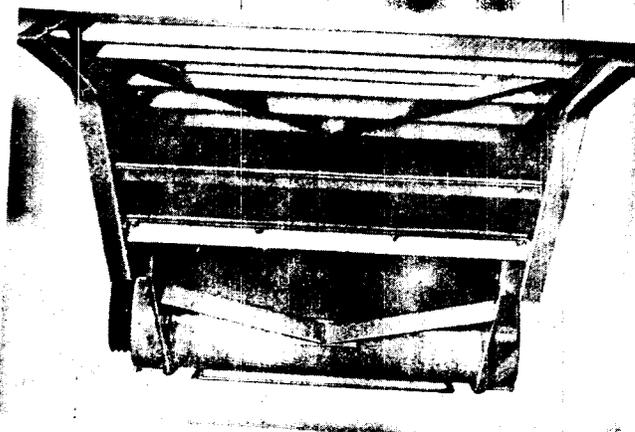


Figura 59

Criba vibratoria horizontal de dos pisos, con el mecanismo -
excéntrico instalado en la parte inferior del bastidor.

Esta cualidad del nuevo diseño de grupos móviles de "bajo per
fil", permite ahorrar tiempo en el cambio de estos equipos, ya que
no se requiere hacer ninguna maniobra adicional de acomodo o des
montaje, estando siempre listo el grupo móvil para su traslado.

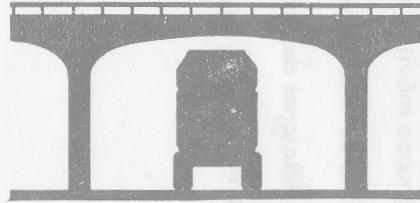


Figura 60

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", trasladándose para explotar un nuevo banco de agregados, con todos sus componentes (criba, trituradora, etc.) en posición de trabajo.

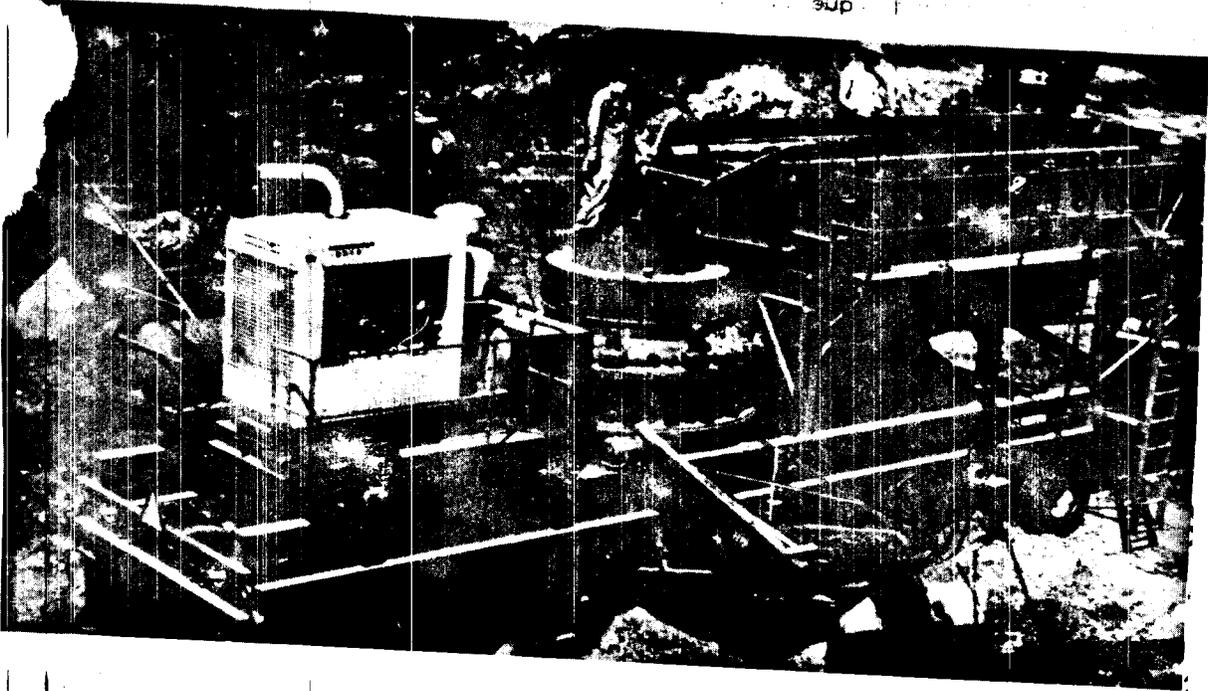


Figura 61

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", en posición de trabajo, pocas horas después de haber llegado de su ubicación anterior, con criba vibratoria horizontal de excéntrico inferior 5' x 16' de dos pisos, y trituradora de cono 48 S (4').

Se pueden establecer de lo expuesto anteriormente, las siguientes :

CONCLUSIONES

10. La evolución en las técnicas de construcción de caminos y autopistas, ha conducido a establecer la utilización de agregados pétreos mucho más elaborados, con controles de calidad más

estrictos que los que se utilizaban anteriormente, situación — que se ha reflejado particularmente en los materiales de base y de carpeta, que tienen hoy en día especificaciones muy rigurosas.

20. Los productores de agregados pétreos han tendido que seguir — muy de cerca la evolución de dichas especificaciones, debiendo adaptar sus equipos a la producción de los agregados de calidad exigidos.

30. Se considera que la trituradora de cono, es la máquina idónea para integrar los grupos móviles secundarios y terciarios, — por sus cualidades intrínsecas y su versatilidad para procesar cualquier tipo de roca.

40. Las tendencias modernas en la constitución de las plantas portátiles de trituración, es la de emplear máquinas básicas cada vez de mayores capacidades, en quebradoras de quijadas — los tamaños de 30" x 42" y 42" x 48" y en trituradoras de cono los tamaños de 48" y 66", capaces de producir del orden de — 350 toneladas por hora de materiales de gase (0 - 1"), a costos de producción reducidos y cumpliendo los programas de — trabajo en corto plazo, con las ventajas inherentes de estos — hechos.

V

**EJEMPLO
NUMERICO
DE
CALCULO**

V. EJEMPLO NUMERICO DE CALCULO

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

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

La ausencia de cualquiera de estas cuatro informaciones básicas puede dar como consecuencia el seleccionar o bien un equipo menor en capacidad del necesario, o bien un equipo de mayor capacidad y por lo tanto mayor costo; siendo en ambos casos los perjuicios técnicos y económicos muy considerables para el usuario.

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

- 1o. Banco de basalto limpio, de dureza media.
- 2o. Tamaño máximo de la roca a la alimentación de 18".
- 3o. Se requiere una producción de 90 toneladas cortas (2000 libras) por hora.
- 4o. Tamaños del producto a la salida :

3/8" - 3/4"

0" - 3/8"

Para elaboración de carpeta asfáltica.

En términos generales, en la etapa primaria de reducción, se reduce la roca natural a un tamaño máximo entre 4" y 10" por medio de una quebradora primaria. En la etapa secundaria, se reducirá el producto de la trituración primaria, a un tamaño entre 1 1/2" y 3". En la trituración terciaria, se reducirá el producto de la trituración secundaria a un tamaño menor de 3/4".

La primera máquina que deberá seleccionarse es la quebradora primaria; siendo el alimentador seleccionado a continuación, de acuerdo con el ancho de la boca de la quebradora primaria.

Haciendo uso de las tablas de capacidades de las quebradoras de quijadas, que es el tipo de quebradora primaria utilizado en los trabajos de ingeniería civil, se ve que una quebradora de quijadas con boca de admisión de 20" x 36", además de admitir sin problemas rocas de 18", tiene una capacidad entre 70 a 125 toneladas por hora (de acuerdo con la dureza del material), a una abertura de salida de 3". Suponemos que para un basalto de dureza media, nos puede dar sin problema 90 toneladas por hora. En caso de materiales blandos (calizas, dolomitas, yeso, carbón), podemos considerar la capacidad máxima indicada de 125 toneladas por hora; mientras que en caso de materiales muy duros y abrasivos (cantos rodados de río, mineral de hierro y trapp), debemos conside -

nar la capacidad mínima indicada de 70 toneladas por hora.

A continuación utilizando la curva granulométrica respectiva, vemos que la quebradora de quijadas 20" x 36", con una abertura de salida de 3" nos da material con un tamaño máximo de 5", anotando para nuestro balance granulométrico, los porcentajes producidos de los tamaños entre 5" y 1 1/2", 1 1/2" y 3/4", 3/4" y 3/8" y 3/8" y 0, anotándolos en la tabla de registro elaborada para tal propósito.

La fracción entre 1 1/2" y 5", requerirá trituración secundaria, para reducirla toda a material menor de 1 1/2". Utilizando la tabla de producción respectiva, seleccionamos una trituradora secundaria de cono modelo 36 S (3'), la cual abierta a 3/4" en la salida, tritura las 55 toneladas por hora de material de 1 1/2" - 5". Utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotan en la tabla de registro los porcentajes y toneladas por hora de los materiales producidos.

Al realizar el balance granulométrico de las etapas primaria y secundaria, se ve que quedan 44.5 toneladas por hora de material entre 3/4" y 1 1/2" que es necesario reducir en una etapa terciaria a material menor de 3/4". Por medio de la tabla de capacidades respectiva, se selecciona para realizar esta reducción, una trituradora terciaria de cono, modelo 36 FC (3'), la cual abierta a 7/16" en la salida produce 44.5 toneladas por hora de material menor de 3/4".

Después de efectuar la cuantificación de los porcentos y toneladas por hora de materiales de $0 - 3/8"$ y $3/8" - 3/4"$ producidos en esta etapa, utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotará el resumen final del producto producido en las tres etapas de reducción.

Se elaborará a continuación el diagrama de flujo (Flow-Sheet) del proceso, haciendo trabajar tanto la quebradora primaria de quijadas $20" \times 36"$ como la trituradora secundaria de conos 36 S (3'), en circuito abierto, y la trituradora de conos terciaria 36 FC (3'), en circuito cerrado, para tener control del tamaño máximo del producto final.

Si se trata de una instalación portátil o móvil, se dispondrán en chasis-remolques separados: alimentador y quebradora primaria de quijadas, criba-scalper y trituradora secundaria, criba de productos y trituradora terciaria, con las bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento necesarias para establecer el flujo de la planta.

La ventaja de disponer el equipo en grupos móviles de "función unitaria", además de tener unidades de más fácil transporte, operación y mantenimiento, es la de contar con grupos móviles autónomos que pueden trabajar por separado; es decir, en caso por ejemplo, de explotación de un banco de agregados naturales de río, pudiera no necesitarse el grupo primario, o el grupo primario y el secundario, solamente necesitándose el grupo terciario, y

por lo tanto, se produciría el material necesario con un costo mínimo; ya que únicamente se utilizaría el equipo que realmente se requiriera de acuerdo con el material natural disponible y el producto que debe elaborarse.

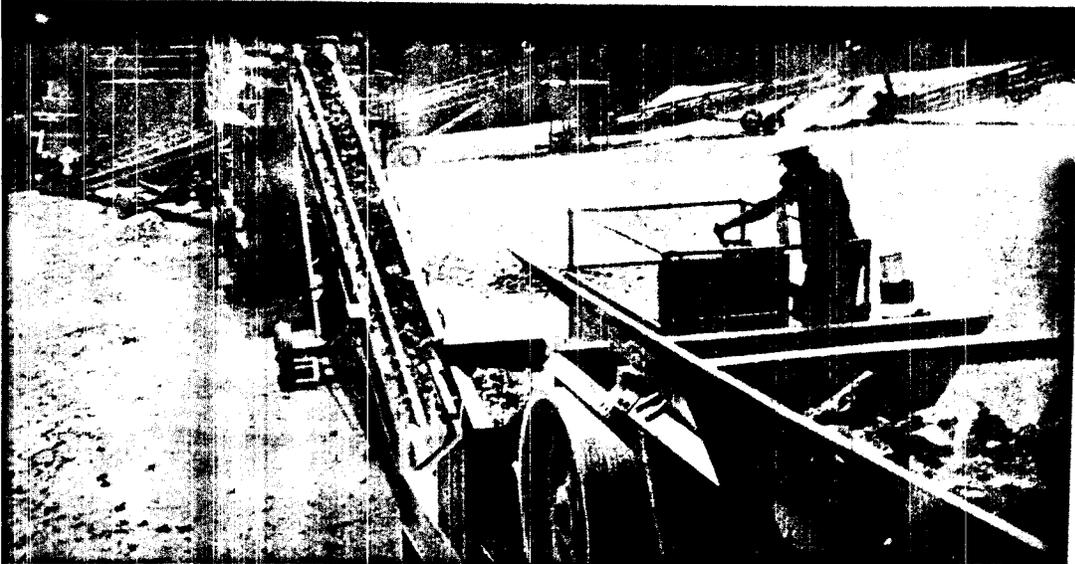


Figura 62. Planta portátil de trituración, con los grupos móviles primario y secundario en circuito abierto, y el grupo móvil terciario en circuito cerrado. Nótese en la parte inferior derecha, la alimentación de roca a la quebradora primaria de quijadas, por medio de un alimentador-grizzle vibratorio. Todas las unidades son accionadas por medio de motores eléctricos.

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 :

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

Fórmula en la cual :

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 criba dedeseada.

D = Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenido en el material alimentado.

E = Factor en función 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 criba de dos o tres pisos, se calculará cada una de las mallas separadamente, y para seleccionar el tamaño de la criba, regirá la malla -- mayor.

En el problema resuelto anteriormente, la hoja de flujo muestra que la criba de productos tiene dos mallas: 3/4" y 3/8" y que trabaja en circuito cerrado.

10. Cálculo de la malla de 3/4"

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{184.5 - 44.5}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada: 1.80 toneladas por hora por pie cuadrado malla de 3/4"

$$B = \text{Para sobretamaño de} = \frac{44.5}{134.5} \times 100 = 33\% : - 0.97$$

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseada: 94% : - 1.00

$$D = \text{Porcentaje de material inferior a 3/8"} = \frac{46.1}{134.5} \times 100 = 34\% : - .88$$

E = Para cribado por vía seca : - 1.00

F = Para el primer piso : - 1.00

Substituyendo estos valores en la fórmula

$$A_{3/4"} = \frac{90}{1.80 \times .97 \times 1.00 \times .88 \times 1 \times 1} = \frac{90}{1.54} = 58 \text{ pies cuadrados}$$

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

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{90.0 - 43.9}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada, malla de 3/8" : 1.19 toneladas por hora por pie cuadrado.

$$B = \text{Para sobretamaño de} = \frac{43.9}{90} \times 100 = 49\% : - 0.90$$

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseado: 94% : - 1.00

D = Porcentaje de material inferior a 3/16" : - 30% : - 0.80

E = Para cribado por vía seca : 1.00

F = Para el segundo piso : 0.90

Substituyendo estos valores en la fórmula :

$$A_{3/8''} = \frac{46.1}{1.19 \times .9 \times 1 \times .8 \times 1 \times .9} = \frac{46.1}{.78} = 59 \text{ pies cuadrados}$$

Puestos que 59 pies cuadrados es mayor que 58 pies cuadrados, en este caso regirá el piso inferior de malla 3/8" para seleccionar el tamaño de la criba.

Se seleccionará una criba vibratoria horizontal de dos pisos, de 5' de ancho por 12' de longitud, con una área efectiva de cribado de: $5' \times 12' = 60$ pies cuadrados.

En la integración de plantas portátiles, se prefiere a las cribas horizontales sobre las cribas inclinadas, debido a que las primeras tienen necesidad de menor espacio vertical de instalación, - cualidad muy importante para el traslado por carretera de los grupos móviles, ya que con las cribas horizontales se obtienen alturas de la unidad sensiblemente menores a las de los mismos grupos móviles equipados con cribas inclinadas.



Figura 63

Planta portátil de trituración y cribado por vía seca, mos —
trándose la descarga de roca del camión a la tolva de recepción —
del grupo primario y las bandas transportadoras portátiles de co—
nexión del grupo primario al secundario, y del grupo secundario —
al terciario.

BALANCE GRANULOMETRICO

TABLA DE REGISTRO

Tamaño de los materiales	Trituración primaria quebradora de quijadas 20" x 36" abierta a 3", produce 90 toneladas por hora		Trituración secundaria tritadora de conos - 36S abierta a 3/4", - produce 55 toneladas - por hora		Resumen de las etapas - primaria y secundaria		Trituración terciaria tritadora de conos - 36 FC abierta a --- produce 44.5 toneladas por hora		Resumen final del producto	
	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h
1 1/2" - 5"	61%	55.0	---	---	---	---	---	---	---	---
3/4" - 1 1/2"	22%	19.7	46%	24.8	46%	44.5	---	---	---	---
3/8" - 3/4"	9%	8.1	27%	14.8	26%	22.9	47%	21.0	49%	43.9
0 - 3/8"	8%	7.2	28%	15.4	25%	22.6	53%	23.5	51%	46.1
S U M A	100%	90.0	100%	55.0	100%	90.0	100%	44.5	100%	90.0

FLUJO DE LA INSTALACION
(FLOW - SHEET)

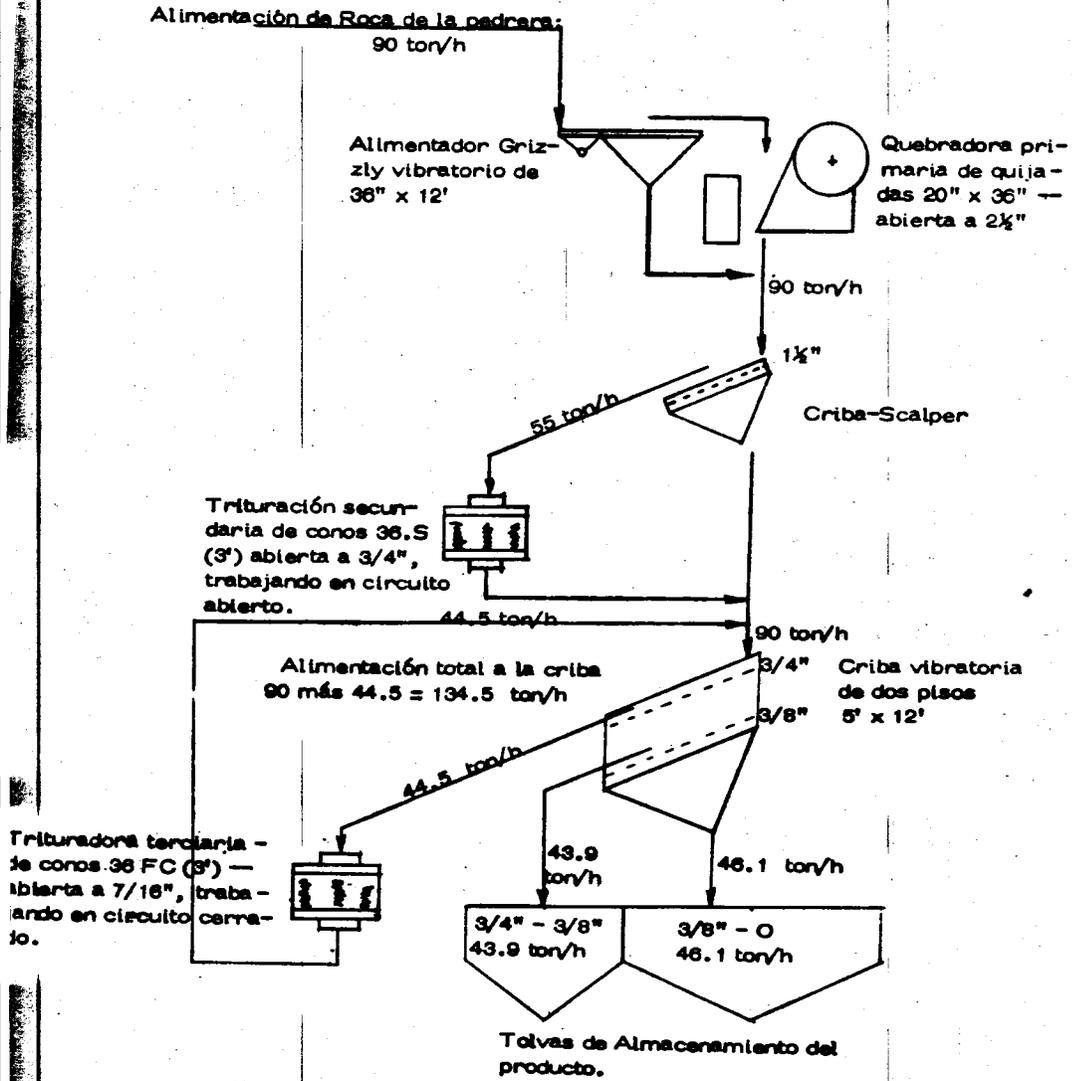


Figura 64

PROBLEMA DE SELECCION DE EQUIPO

Resolver los siguientes problemas de selección de equipo de triburación y cribado, utilizando las tablas y gráficas correspondientes.

PROBLEMA No. 1

Se requiere una producción de 90 ton/hr, siendo los tamaños de los materiales que se necesitan, los siguientes :

Un producto de 1 1/2" a 3/4"

Otro de 3/4" a 3/8"

Y el último de 3/8" a 0

Se trata de un banco de basalto, el cual por medio de voladura de dinamita es fragmentado, obteniéndose un material en "greña" con tamaño máximo de 18".

El tamaño de los materiales es el siguiente :

- 18"	+	5"	80%
- 5"	+	1 1/2"	10%
- 1 1/2"	+	3/4"	4%
- 3/4"	+	3/8"	4%
- 3/8"	+	0	2%

Obtener la solución óptima.

PROBLEMA No. 2

Producción 90 ton/hr

3/4" a 3/8"

0 a 3/8"

El único cambio en este problema con respecto al anterior, es que ahora se requiere el 100% de material menor de 3/4".

Obtener la solución para primaria y secundaria.

PROBLEMA No. 3

Mismos datos que el problema No. 2; pero ahora la solución es para primaria, secundaria y terciaria.

PROBLEMA No. 4

Datos Básicos :

- A) Explotación de un banco de agregados naturales, conglomerado anodésico.
- B) Tamaño máximo a la alimentación de 8" y una granulometría media del banco como sigue:

Tamaño :	Porcentaje :
3" - 8" :-	40%
1 1/2" - 3" :-	20%
3/4" - 1 1/2" :-	12%
1/4" - 3/4" :-	10%
0 - 1/4" :-	<u>18%</u>
Suma :-	100%

- C) Se desea producir material de base 0-1 1/2" para construcción de un camino, necesitándose para cumplir el programa establecido, 225 toneladas métricas por hora de dicho material.
- D) Granulometría del producto : 0-1 1/2", según especificaciones SOP, para material de base.

Se pregunta lo siguiente :

- a) Equipo de trituración necesario para producir el material al ta_

maño y cantidad estipulados. (Seleccionar quebradora de quijadas para la etapa primaria, y trituradoras de cono tipo S y FC, para las etapas secundaria y terciaria respectivamente).

- b) Equipo de cribado necesario para integrar la planta.
- c) Tamaño y tipo del alimentador aconsejable para recibir el material natural en greña (ver la siguiente parte VI).
- d) Establecimiento de la hoja de flujo (Flow Sheet) aconsejable, para el acomodo del equipo (alimentador, trituradoras, cribas) seleccionado, indicando las toneladas por hora y tamaño del material, en cada etapa del proceso de trituración y cribado.

VI

**SELECCION
DE
ALIMENTADORES
DE
ROCA**

VI. SELECCION DE LOS ALIMENTADORES DE ROCA

Datos requeridos para seleccionar un Alimentador :

1. Toneladas por hora que deben ser manejadas, incluyendo alimentaciones máxima y mínima.
2. Peso volumétrico del Material.
3. Distancia a la cual debe transportarse el material.
4. Altura a la cual el material debe de ser elevado.
5. Limitaciones de espacio.
6. Método utilizado para la carga del Alimentador.
7. Características del Material.

Procedimiento seguido para seleccionar un Alimentador :

Etapas 1 : Seleccionar el tipo de Alimentador de acuerdo con el cuadro de "APLICACION DE LOS ALIMENTADORES".

Etapas 2 : Seleccionar el ancho del Alimentador. El ancho puede depender de la quebradora que va a ser alimentada; — por ejemplo, una Quebradora de Quijadas con una determinada boca de admisión; o por el tamaño de la abertura de la Tolva que va a utilizarse. El ancho del Alimentador puede también ser determinado por el tamaño máximo de la roca en la alimentación, o por la profundidad deseada del material y su velocidad de transporte. (ver nota).

Etapa 3 : Verificar la capacidad del Alimentador seleccionado, -
contra las cifras indicadas en las páginas de capacida-
des respectivas (8 a 11).

Etapa 4 : Determinar los HP (caballos de potencia) requeridos -
de las tablas de selección del tipo de Alimentador res-
pectivo (Etapa 1).

Nota : La profundidad para un material con peso volumétrico
de 100 libras por pie cúbico (aproximadamente 1500 --
kilogramos por metro cúbico), puede encontrarse por-
medio de la fórmula siguiente :

$$D = \frac{4 \times \text{TPH}}{W \times \text{FPM}}$$

en la cual :

D = Profundidad en pulgadas.

TPH = Toneladas por hora.

FPM = Pies por minuto a los cuales es alimentado
el material

W = Ancho neto del Alimentador en pies.

APLICACION DE LOS ALIMENTADORES

TIPO DE TRABAJO	TIPO DE ALIMENTADOR RECOMENDADO
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, Pala o Drag. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del Ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo extrapesado con paletas de acero al Manganeso.
Alimentación de una tolva de carga de material no abrasivo. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del Ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo extrapesado con paletas de acero al carbón.
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, Pala o Drag. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 50% del ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo pesado.
Alimentación de una tolva de carga de material no abrasivo. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 30% del ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo Standard

ALIMENTADOR

TIPO DE TRABAJO

Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del ancho del Alimentador.

Alimentador bajo la Quebradora Primaria para proteger a la Banda Transportadora de evacuación.

Alimentador bajo tolvas o pilas de Almacenamiento. El tamaño máximo del Agregado no deberá exceder al 50% del ancho del Alimentador.

Alimentador bajo tolvas o pilas de Almacenamiento. El tamaño máximo del Agregado no deberá exceder al 30% del ancho del Alimentador.

TIPO DE ALIMENTADOR RECOMENDADO

Alimentador Vibratorio de Charola o Alimentador Vibratorio de Rejilla.

Alimentador Vibratorio de Rejilla.

Alimentador recíprocante de Plato.

Alimentador de Banda.

**TABLAS
DE
PRODUCCION
Y
CURVAS
GRANULOMETRICAS**

ESPECIFICACIONES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x36	15x24	15x30	20x36	25x40	30x42	36x46	44x48	50x60
Peso neto	2247	2545	4495	5312	4767	8626	12076	16124	24776	34504	50794	75818
Peso por apertura en Kg.	2361	2724	4699	5575	4994	8989	12530	16560	24857	37954	50739	76726
Peso Volumen en m3	3.25	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	200-250	250-300
Peso de mano. Diámetro X ancho mm	838 x 216	838 x 216	965 x 267	965 x 267	965 x 267	1219 x 318	1219 x 318	1372 x 370	1524 x 370	1676 x 414	1879 x 414	2198 x 432
RPM	350	350	320	320	320	265	265	260	255	235	220	220

* Fabricación nacional actual (mayo '74)

CAPACIDADES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x36	15x24	15x30	20x36	25x40	30x42	36x46	44x48	50x60									
Capacidad en ton/a una abertura de salida de:																					
1/2"	4.8	5.7																			
3/4"	6.8	7.10	13.90	18.27																	
1"	8.1	9.13	17.25	22.33	17.25																
1 1/4"	12.15	15.20	23.34	28.43	25.25	38.57															
2"	14.25	19.26	28.43	36.54	30.45	48.72	45.85														
2 1/2"	17.25	22.33	35.52	43.65	37.55	57.86	58.115														
3"				50.75	43.65	67.100	70.225	110.180													
3 1/2"						76.214	81.45	125.215	140.220												
4"							97.65	140.225	160.24	200.300											
5"								115.200	170.270	180.26	240.340	300.400									
6"									140.240	200.300	220.33	330.500									
7"										165.280	225.375	260.38									
8"											280.430	300.480									
8 1/2"												315.515									
9"													385.585								
9 1/2"														420.640							
10"															480.720						
11"																520.780					
12"																	560.840				
13"																		600.900			
14"																			640.960		
15"																				680.100	
16"																					720.140

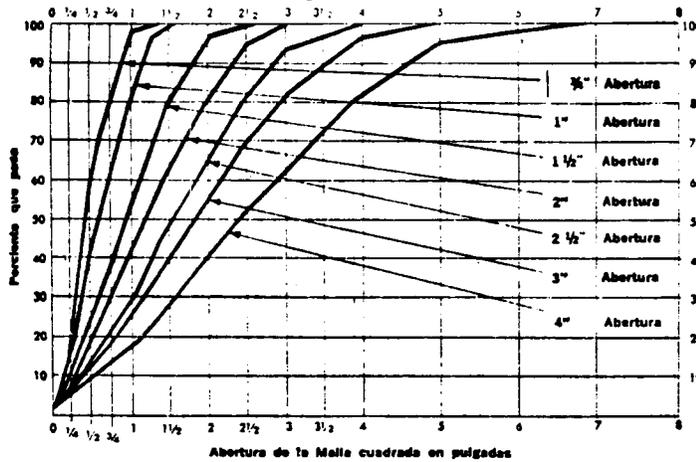
* Capacidad con teje corto

* Fabricación nacional actual (mayo '74)

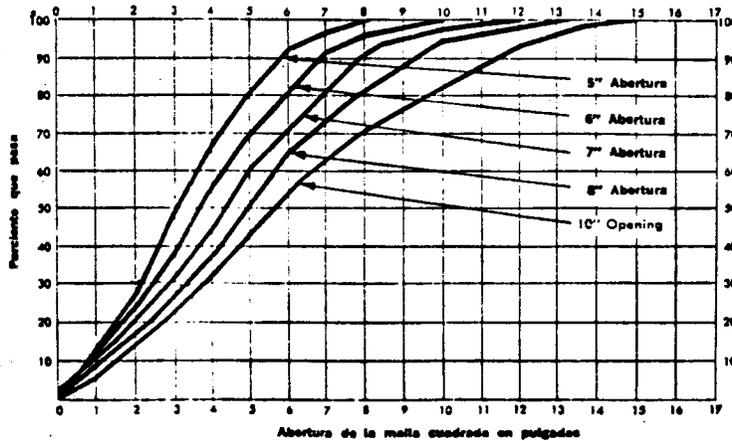
Notas:

- 1.- La potencia requerida varia segun el tamaño del producto elaborado por la quebradora y según la dureza de la roca o mineral procesado.
- 2.- Las capacidades están dadas en toneladas cortas, 907 kg, considerando materiales que pesan 1500 kg por metro cúbico.
- 3.- Donde no se especifique capacidad para una abertura dada, significa que la quebradora no puede operarse económicamente con dicha abertura de salida.

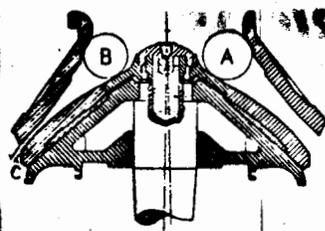
**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO
DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS,
PARA ABERTURAS DE SALIDA
DESDE 3/4" HASTA 4"**



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

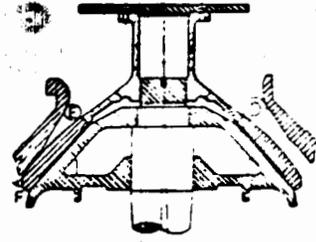


CAPACIDADES DE PRODUCCION



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



Trituradora Terciaria Tipo "FC"

TIPO "S"

Tamaño de la Trituradora y Cierre	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"		4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6"	6 1/2"	7"	7 1/2"	8"	8 1/2"				
24 S (2 pies) Yacht	Grueso Mediano	3 1/4"	2 1/2"	5/8"	17	22	27	32	37	42	47	53						
24S S (2 pies) Yak	Grueso	4 1/2"	4 1/2"	3/4"			27	32	37	42	47	53						
36 S (3 pies) Yacht	Extra Grueso Grueso Mediano	7 1/2" 5" 4 1/2"	6 1/4" 4" 3 1/2"	3/4" 1/2" 1/2"														
36S S (3 pies) Yam	Grueso	7 1/2"	6 1/2"	3/4"														
48 S (4 Pies) Yachon	Extra Grueso Grueso Mediano	8 1/2" 7 1/2" 5 1/2"	7 1/2" 6 1/2" 4 1/2"	3/4" 1/2" 1/2"														
48S S (4 pies) Yacht	Grueso	10"	9"	1"														
66 S (5 1/2 pies) Yachon	Grueso Mediano	11" 9"	10" 8"	1" 3/4"														
66S S (5 1/2 pies) Yachon	Grueso	15"	14"	1 1/2"														

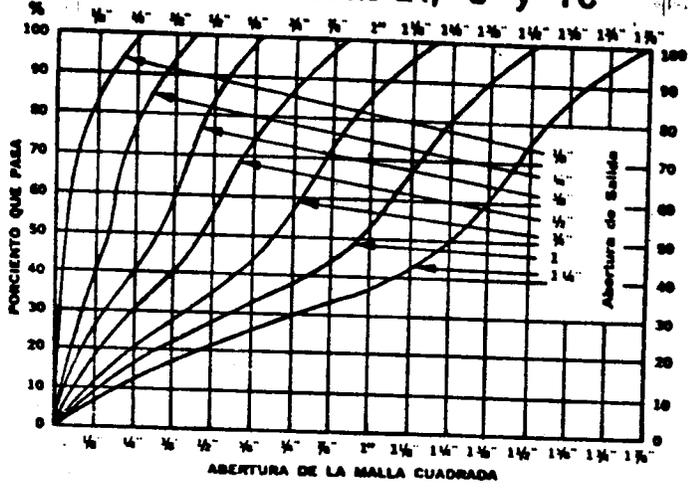
TIPO "FC"

Tamaño de la Trituradora y Cierre	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 1500 kg m ³								
		Lado Abierto "A"	Lado Cerrado "B"		4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6"	6 1/2"			
24 FC 2 pies Yearning	Grueso Mediano Fino	2 1/2" 1 1/2" 1 1/4"	1 1/2" 1 1/4" 1 1/2"	1/2" 3/8" 1/2"	6	8	10	14	20	25	30		
36 FC 3 pies Yaga	Grueso Mediano Fino	3" 2" 1 1/2"	2" 1 1/2" 1"	1/2" 3/8" 1/2"									
48 FC 4 pies Yulo	Grueso Mediano Fino	4 1/4" 3" 2 1/4"	3" 1 1/2" 1"	1/2" 3/8" 1/2"									
66 FC 5 1/2 pies Yuman	Grueso Mediano Fino	8 1/2" 4 1/2" 3"	4" 2 1/2" 1 1/2"	1/2" 3/8" 1/2"									

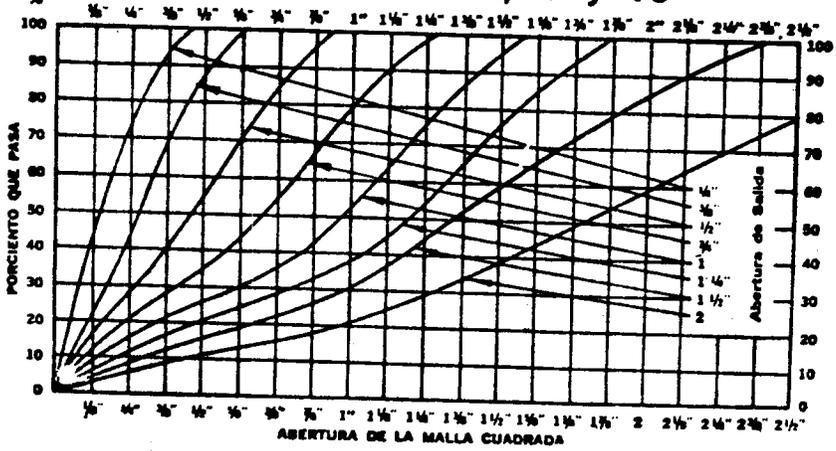
NOTA:
Las capacidades indicadas son promedio, ni máximas ni mínimas, estando basadas en la trituración de roca mineral limpio y seco de 1500 kg./m³, de peso volumétrico y 2.5 de gravedad específica.
Para aberturas menores que las mínimas mostradas, consulte a la fábrica.

CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO:

Trituradoras Modelo 24, "S" y "FC"

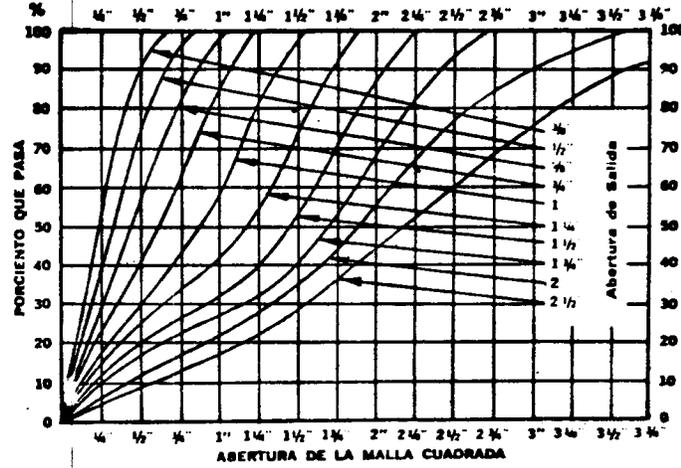


Trituradoras Modelo 36, "S" y "FC"

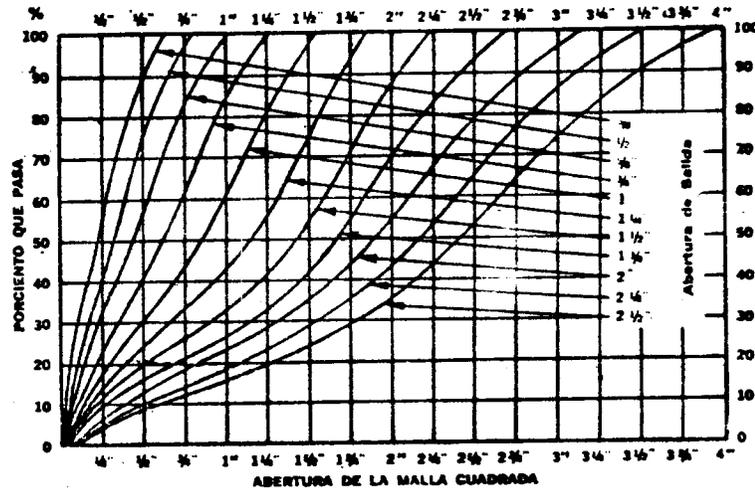


CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO:

Trituradoras Modelo 48, "S" y "FC"



Trituradoras Modelo 66, "S" y "FC"



CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

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

Claro de la Malla Cuadrada	.0116"	.0164"	.0232"	.0328"	.046"	.065"	.093"	1/8"	.131"	.185"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	
Número de Malla	48	36	28	20	14	10	8		6	4															
Arena	.144	.183	.226	.282	.36	.45	.57	.69	.73	.90	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Polvo de Roca	.120	.152	.188	.235	.30	.375	.475	.56	.595	.75	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Polvo de Carbón	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.36	.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	1.98	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	2.89	2.91	3.06	

Usar solo en Cribas de 1 piso

Factor "B" Es función del porcentaje de sobretamaño contenido en la alimentación a la Criba.

Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"	Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"
10%	1.05	85%	.64
20%	1.01	90%	.55
30%	.98	92%	.50
40%	.95	94%	.44
50%	.90	96%	.35
60%	.86	98%	.20
70%	.80	100%	.00
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 1/2", considerar el porcentaje menor a 1/2" 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 o número de la malla)	20	14	10	8	1/8"	6	4	1/2"	5/16"	3/8"	1/2"	3/4"	1" o 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 60 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	

Estos apuntes se terminaron de
imprimir en el mes de Octubre-
de 1982, habiendo estado la --
edición al cuidado del Ing. --
Jorge Humberto De Alba Casta--
eda.

Edición de 1000 ejemplares.