

2eje.

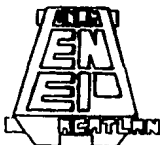


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"**

**"SELECCION DEL TIPO DE PLANTA PARA LA  
PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS DEL  
TRAMO PLAN DE BARRANCAS DE LA  
CARRETERA GUADALAJARA-TEPIC"**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
**FERNANDO ALARCON LOPEZ**



1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

SR. FERNANDO ALARCON LOPEZ  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.  
P R E S E N T E :

DE ACUERDO A SU SOLICITUD PRESENTADA CON FECHA 10 DE SEPTIEMBRE DE 1990, ME COMPLACE NOTIFICARLE QUE ESTA JEFATURA DEL PROGRAMA TUVO A BIEN ASIGNARLE EL SIGUIENTE TEMA DE TESIS: "SELECCION DEL TIPO DE PLANTA PARA LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS DEL TRAMO PLAN DE BARRANCAS DE LA CARRETERA GUADALAJARA-TEPIC", EL CUAL SE DESARROLLARA COMO SIGUE:

- INTRODUCCION.  
I.- GENERALIDADES.  
II.- PLANEACION.  
III.- CARRETERA "PLAN DE BARRANCAS".  
IV.- BANCOS DE MATERIALES.  
V.- EQUIPOS DE TRITURACION.  
VI.- SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION.  
VII.- SISTEMAS DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRITURACION.  
CONCLUSIONES.

ASI MISMO FUE DESIGNADO COMO ASESOR DE TESIS EL SR. ING. RAYMUNDO CUESTA LEDEZMA.

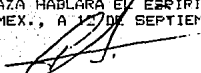
PIDO A USTED TOMAR NOTA QUE EN CUMPLIMIENTO DE LO ESPECIFICADO EN LA LEY DE PROFESIONES, DEBERA PRESTAR SERVICIO SOCIAL DURANTE UN TIEMPO MINIMO DE SEIS MESES COMO REQUISITO BASICO PARA SUSTENTAR EXAMEN PROFESIONAL, ASI COMO DE LA DISPOSICION DE LA DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES EN EL SENTIDO DE QUE SE IMPRIMA EN LUGAR VISIBLE LOS EJEMPLARES DE LA TESIS, EL TITULO DE TRABAJO REALIZADO EN ESTA COMUNICACION DEBERA IMPRIMIRSE EN EL INTERIOR DE LA TESIS.

SIN MAS POR EL MOMENTO, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.



ENEP-ACATLAN  
JEFATURA DEL  
PROGRAMA DE INGENIERIA

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA Y ESCRIBIRÉ"  
ACATLAN, EDO. DE MEX., A 12 DE SEPTIEMBRE DE 1994

  
ING. CARLOS ROSALES AGUILAR  
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**A MIS PADRES**

Margarita y Martín, por su comprensión, cariño, consejos y apoyo en todo momento para la culminación de un comienzo como futuro profesionalista.  
**GRACIAS.**

**A MIS HERMANOS**

Leobardo, Juan Antonio, Oscar, Martín y Graciela, por su apoyo, afecto, consejos y todos aquellos días que hemos convivido.  
**GRACIAS.**

**A LETICIA**

Por su ayuda, entendimiento y simpatía.  
**GRACIAS.**

#### **A MI ALMA MATER**

La E.N.E.P. ACATLAN, en donde obtuve los conocimientos básicos para mi formación académica.

**GRACIAS.**

#### **A MI ASESOR Y MAESTRO**

Ing. Raymundo Cuesta Ledezma, por su conocimiento, experiencia, consejos e información para la realización de este trabajo.

**GRACIAS.**

#### **A MI MAESTRO DE SEMINARIO**

Ing. Pedro Luis Benitez Esparza, por su ayuda e información para la iniciación de este trabajo.

**GRACIAS.**

#### **A MIS MAESTROS DE CLASE**

Ing. Justiniani  
Ing. Presbítero  
Ing. Salazar  
Ing. Alvarez  
Ing. Bravo  
Lic. Rebeca  
Ing. Bueno  
Ing. Gonzalez  
Ing. Rodriguez  
Ing. Arce L.  
Ing. Araceli  
Ing. Salvador  
Ing. Perusquia  
Ing. Anzures  
Ing. Sanchez  
**GRACIAS.**

**A MIS COMPAÑEROS**

Por su amistad a lo largo de la carrera.

**GRACIAS.**

**A DIOS**

Por prestarme la vida para ser alguien de provecho.

**GRACIAS.**

Y a todas las personas omitidas que me apoyaron en su momento.

**GRACIAS.**

# I N D I C E

	PAGINA
<b>INTRODUCCION</b> . . . . .	1
<b>CAPITULO PRIMERO. GENERALIDADES</b>	<b>5</b>
1.1 Clasificación de las carreteras . . . . .	6
1.1.1 Por su aspecto administrativo . . . . .	6
1.1.2 Por su aspecto técnico . . . . .	7
1.1.3 Por su transitabilidad . . . . .	8
1.1.4 Por su capacidad . . . . .	8
1.1.5 De acuerdo a la finalidad que cubrirá y al lugar en donde se ubicará . . . . .	8
<b>CAPITULO SEGUNDO. PLANEACION</b>	<b>11</b>
2.1 Socio - económico . . . . .	12
2.2 Físico - geográfico . . . . .	13
2.3 Político . . . . .	13
2.4 Tránsito . . . . .	13
2.5 Evaluación económica . . . . .	14
2.6 Localización del proyecto " Plan de Barrancas " . . . . .	15
<b>CAPITULO TERCERO. CARRETERA " PLAN DE BARRANCAS "</b>	<b>23</b>
3.1 Normas generales y especificaciones de carreteras que se tomaron en cuenta . . . . .	24
3.2 Características de la autopista " Plan de Barrancas " . . . . .	25
3.3 Características del pavimento del proyecto " Plan de Barrancas " . . . . .	30
<b>CAPITULO CUARTO. BANCOS DE MATERIALES</b>	<b>45</b>
4.1 Localización de bancos . . . . .	46
4.2 Tipos de materiales en cada banco . . . . .	48
4.3 Explotación de bancos . . . . .	51
4.4 Ensayes necesarios de laboratorio . . . . .	55
<b>CAPITULO QUINTO. EQUIPO DE TRITURACION</b>	<b>59</b>
5.1 Generalidades . . . . .	60
5.2 Conceptos básicos . . . . .	62
5.2.1 Efectos mecánicos . . . . .	62
5.2.2 Indice de reducción . . . . .	64
5.2.3 Coeficiente de forma . . . . .	67

5.2.4	Proceso de producción de los agregados pétreos . . . . .	67
5.3	Equipo disponible por etapa de trituración . . . . .	70
5.3.1	Trituración primaria . . . . .	71
5.3.1.1	Quebradora de quijadas . . . . .	71
5.3.1.2	Quebradora giratoria . . . . .	88
5.3.2	Trituración secundaria . . . . .	92
5.3.2.1	Trituradora de cono tipo " S " . . . . .	92
5.3.2.2	Trituradora de rodillo doble . . . . .	99
5.3.2.3	Trituradora de impacto . . . . .	107
5.3.3	Trituración terciaria . . . . .	113
5.3.3.1	Trituradora de cono tipo " FC " . . . . .	113
5.3.3.2	Trituradora de rodillo triple . . . . .	116
5.3.3.3	Trituradora de martillos . . . . .	118
5.3.4	Trituración cuaternaria . . . . .	127
5.3.4.1	Trituradora de cono tipo " VFC " . . . . .	127
5.3.4.2	Molino de barras . . . . .	129
5.3.4.3	Molino de bolas . . . . .	131
5.4	Equipo complementario . . . . .	136
5.4.1	Tolva . . . . .	136
5.4.2	Alimentadores . . . . .	141
5.4.2.1	De mandil o de tablero metálico . . . . .	142
5.4.2.2	De placas reciprocantes o de plato . . . . .	143
5.4.2.3	Vibratorio con o sin rejilla "grizzly" . . . . .	146
5.4.2.4	De banda . . . . .	149
5.4.2.5	Selección de los alimentadores . . . . .	151
5.4.3	Cribas . . . . .	154
5.4.3.1	Criba vibratoria inclinada . . . . .	156
5.4.3.2	Criba vibratoria horizontal . . . . .	162
5.4.3.3	Criba giratoria (Trommel) . . . . .	165
5.4.3.4	Capacidad de las cribas vibratorias . . . . .	168
5.4.4	Equipo de lavado y desenlodadores . . . . .	169
5.4.4.1	Rastrillos . . . . .	169
5.4.4.2	Gusano lavador . . . . .	169
5.4.4.3	Flautas de riego . . . . .	171
5.4.4.4	Tambor desenlodador (Scrubber) . . . . .	172





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

Una carretera, es un camino de comunicación y un medio de transporte, y cuya construcción debe resistir y mantener adecuadamente el tránsito de vehiculos (automóviles, autobuses y camiones de carga).

Debido al incremento de uso de dichos vehiculos durante los últimos años, en la red carretera mexicana, no solamente trae consigo la construcción de un moderno y nuevo medio de transporte (o si lo permite el actual, su ampliación) que satisfaga el incremento de tránsito, sino que también trae como consecuencia un aumento en las cargas, lo cual implica que el pavimento del camino estará sometido a condiciones de trabajo cada vez más rigurosas.

Esta situación destaca la necesidad de tener un diseño que adopte ciertas normas para los aspectos de resistencia, seguridad y uniformidad, entre otros. La mayor parte de esas normas se deben a la experiencia de muchos años, y de las cuales se han establecido ciertas fórmulas. Pero éstas siempre están sujetas a modificaciones, ya que los caminos están asociados íntimamente con la superficie del terreno.

El pavimento, dentro de los aspectos importantes de resistencia y deformabilidad, juega un papel esencial dentro de la técnica moderna del diseño y construcción de caminos, el cual gira en torno al orden de ideas siguientes, tales que, conducen a normar la selección de cada una de las capas del pavimento flexible:

La superficie de rodamiento se logra mediante una carpeta bituminosa relativamente delgada, de alto costo y alta calidad, pero entre ella y la terracería se interpone un sistema de varias capas de materiales seleccionados cuya calidad, por lo común, va disminuyendo con la profundidad, congruentemente con los niveles de esfuerzos producidos por el tránsito, que sigue una ley en ese mismo sentido decreciente. En rigor, el problema de dimensionamiento consistiría, en principio, en hacer variar el espesor y la calidad de los materiales empleados en cada capa de manera que coincidan las dos leyes.

El material empleado en cada capa de pavimento proviene de los diferentes tipos de suelos encontrados en la naturaleza, de preferencia en los lugares específicos denominados bancos de material, empleándolos en forma

de gravas, arenas, arcillas, etc., materiales todos que se agrupan bajo el nombre genérico de agregados.

Sin embargo por sí solos, en forma natural, no llegan a satisfacer — las características de calidad requerida. Por lo tanto será necesario someterlos a un proceso de obtención, entre los que es común la trituración y el cribado.

La primera produce efectos favorables en la resistencia y en la deformabilidad, pues dá lugar a partículas de aristas vivas entre las que es importante el efecto de acomodo estructural, que es una de las fuentes de resistencia, a la vez que favorece la deformabilidad. Con la segunda se llega a satisfacer un requisito granulométrico prefijado.

Una granulometría adecuada no solamente beneficia la resistencia, sino que también, permite alcanzar mayor compacidad con los procesos de compactación y es favorable desde el punto de vista de los procesos de ruptura de granos.

El efecto de la trituración y el cribado no ha sido suficientemente valorado, de tal manera que estas operaciones se aprecian únicamente porque contribuyen a lograr una granulometría adecuada, pero olvidándose más los efectos beneficiosos antes mencionados y que pueden tener repercusiones muy importantes tanto sobre la resistencia como sobre la deformabilidad.

En el presente trabajo de tesis se selecciona el tipo de planta de — trituración más conveniente para la producción de agregados pétreos para — pavimento del proyecto denominado " Plan de Barrancas " de la carretera — Guadalajara - Tepic, apegándose a las normas para los tamaños recomendados para caminos.

Sin embargo, además, se exhiben algunos de los estudios previos, de — forma general y de manera sucinta, que se llevan a cabo en las etapas de — una carretera.

Tomando como base la importancia que representan las carreteras, en — el capítulo primero, se establece una clasificación de acuerdo a varios aspectos los cuales facilitarán una visualización de la carretera a seleccionar según la necesidad requerida del lugar al que ha de proporcionársele — un camino de enlace, para su comunicación y/o beneficio.

En el capítulo segundo se establece el lugar donde será proyectada la

obra, de acuerdo a las condiciones que prevalecieron para su estudio, con lo cual, permitirá determinar las características más sobresalientes de la zona, de tal manera que se conozcan los efectos más importantes para su aprovechamiento. Posteriormente se evalúa, es decir, se comparan las alternativas posibles de acuerdo a una escala de valores, estableciendo los patrones de comparación que se utilizaron, conforme a la función principal - que cumplirá la carretera a construir.

Dentro del capítulo tercero, se presentan las características más importantes de modo conciso, sin considerar su diseño, que resultaron de un estudio anterior (la planeación), con las que contará la nueva carretera; dando lugar a aquellas que por las necesidades requeridas para la realización del presente trabajo de tesis se tomaron más en cuenta, apegándose a las normas generales y especificaciones que se establecen para caminos, -- dando con ello entre otras ventajas un tránsito cómodo, fácil y seguro para el usuario. Dentro de las más importantes se encuentra el pavimento flexible, en las cuales se describen las particularidades de sus componentes.

Debido a la importancia que tienen los sitios de los que han de salir los suelos y rocas que formarán el pavimento en cada una de sus capas, en el capítulo cuarto, se exponen los aspectos fundamentales que ayudan a elegir los mejores bancos de préstamo entre todos los disponibles.

Los suelos y rocas aprovechables tendrán necesariamente que ser tratados, para ello en el capítulo quinto, se conocerá: algunos conceptos básicos en que se basa la maquinaria; el equipo más usual y disponible que hay en el mercado por etapas de trituración con el fin de describir cada uno -- de ellos y dar sus características principales de sus componentes así como los usos recomendables en la construcción para la producción de agregados pétreos; y los factores que influyen para su empleo.

Uno de los factores que intervienen para una buena selección del equipo más adecuado, son las cantidades de obra que se manejarán según las necesidades requeridas en el proyecto " Plan de Barrancas " las cuales, en el capítulo sexto, se determinarán para cada una de las capas que integran al pavimento. Dichos factores son el punto de partida del análisis de selección para proponer el equipo idóneo que cumple con las necesidades de producción de los agregados pétreos.

Para tener un control de trituración, en el capítulo séptimo, se defi

ne la importancia que tienen los sistemas de control como lo son, el control de producción y el control de costos; los cuales permiten definir si lo que se ha estimado y las metas definidas se están ejecutando correctamente, facilitando de ser necesario, tomar decisiones para llevar a buen término lo planeado, es decir, corregir las deficiencias que originan diferencias entre lo estimado y lo real, teniéndose así, un buen control de la producción y de los costos que se originan por llevar a cabo ésta obra.

## CAPITULO PRIMERO

### GENERALIDADES

## 1.1 CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS.

Las carreteras constituyen un medio de comunicación, con las siguientes características: adecuado diseño geométrico, resistencia necesaria para evitar fallas y hundimientos, visibilidad suficiente, buena adherencia entre la superficie de rodamiento de los vehículos y la del pavimento, permitiendo de esa manera, una eficiente circulación de vehículos de un modo fácil, cómodo y seguro.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) elaboró un plan con objeto de definir las metas a alcanzar en cuanto a expansión y mejoramiento de la red de carreteras, con el cual se han derivado programas de inversión los cuales han tomado en cuenta lineamientos que normaron el criterio a seguir, entre los que se encuentran los siguientes:

1. Conservar en buen estado la red existente, para asegurar un servicio eficaz y permanente.
2. Terminar al ritmo adecuado, las obras iniciadas, buscando obtener los beneficios previstos.
3. Construir nuevas carreteras que sirvan a poblaciones menos incommunicadas, e incorporar nuevas zonas potencialmente productivas.
4. Construir las obras que mejoran el sistema carretero actual cuya demanda así lo requiere. Como es el caso de libramientos, ampliaciones, autopistas, etc., sujetos a una modificación radical de sus características geométricas, por haber sido realizadas con los lineamientos y experiencia propias de la época en que se construyeron.

En México se tienen varias clasificaciones de carreteras, y en la práctica vial las tres primeras clasificaciones, que a continuación se mencionan, coinciden con las dadas en otros países, éstas son:

### 1.1.1 POR SU ASPECTO ADMINISTRATIVO.

Esta clasificación se basa según la dependencia que se encarga de la construcción y conservación de la carretera:

- A) CARRETERA FEDERAL. El costo total de construcción y conserva—

ción esta a cargo de la Federación.

- B) **CARRETERA ESTATAL.** El costo total de construcción está a cargo de la Federación y del Estado, en donde la aportación es a razón del 50% cada uno; el Estado se encarga de la conservación, a través de las juntas locales de caminos.
- C) **CARRETERA VECINAL o RURAL.** Su construcción está a cargo de la Federación, del Estado y de los particulares beneficiados, con una aportación de la tercera parte cada uno; la conservación - la lleva a cabo la Federación y el Estado, a través de las juntas locales de caminos.
- D) **CARRETERA DE CUOTA.** Su construcción está a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, siendo recuperable la inversión, por medio de las cuotas de peaje.

#### 1.1.2 POR SU ASPECTO TECNICO.

Permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, - ya que toma en cuenta el volumen de tránsito, el cual se define como el número de vehículos que transitan por una carretera en determinado tiempo, - siendo la unidad principal el tránsito diario promedio anual (T.D.P.A.) sobre el camino al final del periodo económico del mismo (10, 15 o 20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas:

Tipo de camino	Para un T.D.P.A.
A <sub>4</sub>	5 000 - 20 000
A <sub>2</sub>	3 000 - 5 000
B	1 500 - 3 000
C	500 - 1 500
D	100 - 500
E	hasta 100



### 1.1.3 POR SU TRANSITABILIDAD.

En general, corresponde a las etapas de construcción, y son:

- A) CARRETERA PAVIMENTADA. Cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento, ya sea flexible (de concreto asfáltico o de tratamiento superficial) o rígido (de concreto hidráulico).
- B) CARRETERA REVESTIDA. Cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- C) CARRETERA DE TERRACERIA. Cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante, y es transitable en tiempo de secas.

### 1.1.4 POR SU CAPACIDAD.

Aunque la capacidad del camino está ampliamente cubierta en la clasificación técnica, la práctica común que no se adentra en los detalles técnicos, las divide en:

- A) AUTOPISTA (de cuatro o más carriles).
- B) CAMINO DE TRES CARRILES.
- C) CAMINO DE DOS CARRILES.
- D) BRECHA.

### 1.1.5 DE ACUERDO A LA FINALIDAD QUE CUBRIRA Y AL LUGAR EN DONDE SE UBICARA.

Habiendo definido los objetivos, se puede determinar si la inversión de la obra se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o si inicia un proceso de incorporación a la economía del país:

- A) CARRETERA DE FUNCION SOCIAL. Es un camino necesario que se construye debido a la concentración de habitantes en una zona, aunque no sea un lugar de gran potencial económico.

- B) **CARRETERA DE PENETRACION ECONOMICA.** Es un camino que se construye en zonas con un gran potencial económico, y por tanto, - provocando un aumento en la producción.
- C) **CARRETERA EN ZONAS EN PLENO DESARROLLO.** Es el camino que se - construye con el objeto de disminuir los costos de transporte, obteniendo además beneficios como: menor contaminación, mayor seguridad para el peatón, etc.; y de otros cuantificables como lo son: ahorros en costos por operación (tracción) y en tiempo de recorrido, y en otras ocasiones en costos provocado por accidentes.



El estudio de la Planeación, consiste en un análisis técnico, el cual define las características sobresalientes de la zona en donde se ubicará la obra. Para ello, considera todos los factores que intervienen de tal modo que se consideren los efectos más importantes para su aprovechamiento.

Dicho estudio agrupa los siguientes puntos:

1. Socio-económico (necesidad económica).
2. Físico-geográfico (localización posible).
3. Político (necesidad política).
4. Tránsito (volumen de tránsito).

## 2.1 SOCIO - ECONOMICO.

Un estudio Socio-económico permite analizar las actividades de la población; conociendo así, el número de habitantes en cada actividad para obtener el nivel de vida. Para ello, y basado en censos de población, se analiza la tendencia de crecimiento y la distribución de la población.

Las actividades económicas actuales pueden ser: la agricultura, determinando la producción, si es tierra de temporal o de riego, qué área de cosecha existe y su posible desarrollo; la ganadería y la forestal, determinando la producción respectiva; los servicios públicos, determinando su existencia y posible crecimiento; la minería, determinando la producción y posible desarrollo.

Las actividades económicas potenciales pueden ser: industrial, conociendo el valor de la producción y que importante es la zona como centro de producción; comercial, determinando los centros consumidores, las necesidades de la población y posible crecimiento; turístico, determinando la importancia de la zona como centro turístico actual y futuro.

Por otra parte, se determinan los enlaces carreteros necesarios entre los diferentes polos de concentración de la producción y los centros consumidores. De ese modo, se podría tener un esquema de enlace que permite determinar las proposiciones de carreteras deseables en relación con las actividades económicas.

Lo anterior permite observar el progreso que se tendría por el mejoramiento alcanzado al impulsar y orientar el desarrollo económico y social -

de la zona. Así, al incrementar la producción agrícola, ganadera, forestal o minera, no solo se conseguiría reducir los precios de los insumos, sino también permitiría aumentar la comercialización de algunos productos, creando una importante participación del transporte.

## 2.2 FISICO - GEOGRAFICO.

Un estudio Físico-geográfico, tiene por objeto analizar los recursos naturales que constituyen la riqueza de la zona y la localización de los aspectos más importantes que conllevan a la posible ubicación de la obra.

Dichos recursos naturales son los siguientes:

- A) HIDROLOGIA. Conocer como son las aguas de la superficie terrestre, analizar el volumen de agua, con lo que se podrá determinar las estructuras de drenaje necesarios.
- B) OROGRAFIA. Determinación de la fisiografía general de la zona.
- C) GEOLOGIA. Conocer y determinar la naturaleza del terreno, de los materiales que lo componen y de su formación, así como de su situación actual, y la posible localización de bancos de préstamo de material, de la zona en estudio.
- D) TOPOGRAFIA. Determinación de las particularidades que presenta la superficie del terreno, en la zona abarcada.
- E) CLIMA. Determinación de los fenómenos meteorológicos de la zona.

## 2.3 POLITICO.

Un estudio Político, permite analizar la participación política que tiene el gobierno federal, ya que ayuda en forma económica a la construcción del camino.

## 2.4 TRANSITO.

Un proyecto de carretera satisfecerá un tránsito actual y un tránsito

futuro, el que estará en función del incremento que se estima sea el más probable, y basado en los aforos de tránsito que se realizan. Por lo tanto, dicho tránsito es un dato necesario que permite determinar características del camino a construir, como lo es el número de carriles, y aunado con la topografía del terreno y la función de la carretera, la velocidad de proyecto.

Cuando es un camino nuevo, conviene basarse en estudios de origen y destino, definiendo el tránsito de largo itinerario y el tránsito local de terminando con ello las ventajas que traerá a las vías existentes como lo es la eliminación de congestionamientos, prever el incremento de vehículos que circularán, etc..

Realizado el estudio de Tránsito, en donde se determina el tránsito diario promedio anual (T.D.P.A.), la composición del tránsito (A: automóviles, B: autobuses, C: camiones de carga), y aunado con los estudios económicos, se lleva a cabo una evaluación económica que determina la conveniencia de la construcción de un nuevo camino. El tipo de carretera necesaria lo determina el resultado de tránsito y de la topografía del lugar.

## 2.5 EVALUACION ECONOMICA.

Una realizado el estudio de planeación para la localización de la carretera, es necesario evaluarlo, es decir, calificarlo y compararlo con las alternativas posibles de acuerdo a una escala de valores, estableciendo los patrones de comparación que se utilizan, permitiendo de ese modo de finir con mayor precisión cual obra resulta más benéfica a la población, y así poder justificar una inversión determinada.

Es evidente la necesidad de conocer la función principal que cumplirá la carretera a construir, con lo que se determina el parámetro que se usa para comparar las diferentes alternativas.

Comúnmente se emplean los parámetros siguientes para medir el impacto económico que se presenta por la construcción de una nueva carretera:

1. Criterio de satisfacción de necesidades (carreteras de función social).
2. Criterio de productividad

(carreteras de penetración económica).

### 3. Criterio de rentabilidad.

(carreteras para zonas en pleno desarrollo).

Ahora bien, dado que la evaluación económica se encuentra fuera del objetivo central del presente trabajo, únicamente se presenta un resumen de las alternativas que se consideraron dentro del proyecto "Plan de Barrancas", y que tomaron como base el criterio de rentabilidad, estableciéndose de ese modo el llamado índice de rentabilidad.

En dicho índice, se involucraron por un lado los beneficios por ahorros en costo por tracción y en tiempo de recorrido; y por otro lado, los costos de inversión, conservación y reconstrucción posible durante la vida útil del proyecto que se consideró de 15 años.

## 2.6 LOCALIZACION DEL PROYECTO " PLAN DE BARRANCAS ".

El proyecto que se estudió se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Guadalajara Jalisco, entre los paralelos 20° 59' y 21° 03' de latitud norte y los meridianos 104° 03' y 104° 17' al oeste del meridiano de Greenwich, comunicando a los municipios de Tequila Jalisco e Ixtlán del Río o Nayarit, y que forma parte del tramo Guadalajara-Tepic, y éste a su vez, de la carretera federal México-Nogales.

A) OROGRAFIA. La zona estudiada se aloja en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transmexicano presentando en ésta área una orografía de relieves de poca consideración a montañoso.

B) GEOLOGIA. La zona se encontró representada por manifestaciones sísmicas, de tipo riolítico e ignimbrítico de edad pliocuaternaria con una orientación noroeste-sureste. Las rocas que representaron la zona son rocas ígneas extrusivas de composición ácida y una proporción mínima por rocas ígneas intrusivas de igual composición; siendo las primeras riolitas, balsalto, tobas, todas ellas presentaron diferentes grados de alteración y fracturamiento; así como suelos de tipo residual y transportados, siendo los primeros, arenas limosas, arenas arcillosas, y los segundos, arcillas, limos arcillosos y arcillas con arena.

C) TOPOGRAFIA. El terreno a lo largo del cual se desarrolló el camino

de proyecto estudiado, presentó una topografía que varió de lomerío de suave pendiente (20%) a lomerío de fuerte pendiente (40%) y terreno sensiblemente plano (10%).

D) **HIDROLOGIA.** El río de mayor importancia que arena la región es el río Grande con gran cantidad de afluentes entre los que destacaron los arroyos: El Pilareño, El Ocoite, Las Becerras, Tepeguaje; y otros arroyos de importancia como son: La Calera, Seco, Platanal, Guamuchil, San Nicolás, Santo Tomás, La Minita, Salsiguedes y Las Tranquitas, con un curso general sureste a noroeste.

E) **CLIMA.** El clima de la región fué semicálido por su temperatura y sub-húmedo por su grado de humedad, con una precipitación máxima anual de 240 mm., y una temperatura promedio de 22°C presentando su régimen de lluvias en verano.

F) **DRENAJE.** El drenaje superficial fue del tipo dendrítico cuyas principales corrientes formaron los cauces de los arroyos que drenaron la zona de proyecto, sobresaliendo los arroyos: San Nicolás, Guamuchil, Platanal, Santo Tomás, La Minita, Hegal y Las Tranquitas.

Conocidas las rutas posibles con mayor detalle en el reconocimiento - realizado al proyecto " Plan de Barrancas ", se consideraron cuatro alternativas siguientes (figura 2.1) con las características geométricas posibles, y de entre ellas, la elección de la localización del proyecto; así mismo se muestra un resumen del costo por tracción y del costo por tiempo de recorrido en cada alternativa.





	<u>Alternativa A</u>	<u>Alternativa B</u>
Tipo de carretera	A 4	A 4
Longitud total	28.250 Km.	26.310 Km.
Velocidad de proyecto (pond.)	70 K.P.H.	70 K.P.H.
Ancho de corona	2 de 10.50 m.	2 de 10.50 m.
Curvatura máxima	11°	11°
Pendiente máxima	5.0 %	5.5 %

	<u>Alternativa C</u>	<u>Alternativa D</u>
Tipo de carretera	A 4	A 4
Longitud total	26.690 Km.	26.260 Km.
Velocidad de proyecto (pond.)	70 K.P.H.	70 K.P.H.
Ancho de corona	2 de 10.50 m.	2 de 10.50 m.
Curvatura máxima	11°	11°
Pendiente máxima	5.0 %	5.5 %

A L T E R N A T I V A ( A )

---

T.D.P.A. = 8 600	COSTO (VEH./KM. TERR. PLANO)
A = 59 % = 5 074	A = 14.375
B = 3 % = 688	B = 43.742
C = 33 % = 2 838	C = 35.585
LONGITUD REAL = 28.250 KM.	
LONGITUD VIRTUAL = A = 48.275 KM.	
	B = 58.462 KM.
	C = 76.956 KM.
VELOCIDAD DE OPERACION = 70 KM./HR.	
TIEMPO DE RECORRIDO = 24.214 MIN.	

COSTO POR TRACCION:

A = 5 074 x 14.375 x 48.275 x 365	= 1 285.208 MILLONES
B = 688 x 43.742 x 58.462 x 365	= 642.175 MILLONES
C = 2 838 x 35.585 x 76.956 x 365	= 2 836.708 MILLONES
	<b>\$ 4 764.091 MILLONES</b>

COSTO POR TIEMPO:

A = 5 074 x 0.403 x 365 x 3.5 x 200.00	= 523.187 MILLONES
B = 688 x 0.403 x 365 x 25 x 130.00	= 329.367 MILLONES
C = 2 838 x 0.403 x 365 x 1 x 130.00	= 54.346 MILLONES
	<b>\$ 906.900 MILLONES</b>

COSTO ANUAL DE OPERACION: \$ 5 670.991 MILLONES

A L T E R N A T I V A ( B )

---

T.D.P.A. = 8 600 VEH.	COSTO. (VEH./KM. TERR. PLANO)
A = 59 % = 5 074 VEH.	A = 14.375
B = 8 % = 688 VEH.	B = 43.742
C = 33 % = 2 838 VEH.	C = 35.585

LONGITUD REAL : 26.310 KM.

LONGITUD VIRTUAL : A = 44.912 KM.

B = 54.957 KM.

C = 72.158 KM.

VELOCIDAD DE OPERACION : 70 KM./HR.

TIEMPO DE RECORRIDO : 22.551 MIN.

COSTO POR TRACCION :

A = 5 074 x 14.375 x 44.912 x 365	= 1 195.676 MILLONES
B = 688 x 43.742 x 54.957 x 365	= 603.675 MILLONES
C = 2 838 x 35.585 x 72.158 x 365	= 2 659.847 MILLONES
	\$ 4 459.198 MILLONES

COSTO POR TIEMPO :

A = 5 074 x 0.3758 x 365 x 3.5 x 200.00	= 487.255 MILLONES
B = 688 x 0.3758 x 365 x 25 x 130.00	= 306.746 MILLONES
C = 2 838 x 0.3758 x 365 x 1 x 130.00	= 50.613 MILLONES
	\$ 844.614 MILLONES

COSTO ANUAL DE OPERACION : \$ 5 303.812 MILLONES

A L T E R N A T I V A ( C )

---

T. D. P. A. = 8 600 VEH.	COSTO (VEH./KM. TERR. PLANO)
A = 59 % = 5 074 VEH.	A = 14.375
B = 8 % = 688 VEH.	B = 43.742
C = 33 % = 2 838 VEH.	C = 35.585

LONGITUD REAL : 26.690 KM.

LONGITUD VIRTUAL : A = 45.076 KM.

B = 55.126 KM.

C = 72.034 KM.

VELOCIDAD DE OPERACION : 70 KM./HR.

TIEMPO DE RECORRIDO : 22.877 MIN.

COSTO POR TRACCION :

A = 5 074 x 14.375 x 45.076 x 365	= 1 200.042 MILLONES
B = 688 x 43.742 x 55.126 x 365	= 605.531 MILLONES
C = 2 838 x 35.585 x 72.034 x 365	= 2 655.277 MILLONES
	\$ 4 460.850 MILLONES

COSTO POR TIEMPO :

A = 5 074 x 0.3813 x 365 x 3.5 x 200.00 =	494.298 MILLONES
B = 688 x 0.3813 x 365 x 25 x 130.00 =	311.181 MILLONES
C = 2 838 x 0.3813 x 365 x 1 x 130.00 =	51.345 MILLONES
	\$ 856.824 MILLONES

COSTO ANUAL DE OPERACION : \$ 5 317.674 MILLONES

A L T E R N A T I V A ( D )

---

U. D. P. A. = 8.600 VEH.	COSTO (VEH./KM. TERR. PLANO)
A = 59 % = 5.074 VEH.	A = 14.375
B = 8 % = 688 VEH.	B = 43.742
C = 33 % = 2.838 VEH.	C = 35.585
LONGITUD REAL : 26.260 KM.	
LONGITUD VIRTUAL : A = 44.781 KM.	
B = 55.403 KM.	
C = 73.775 KM.	
VELOCIDAD DE OPERACION : 70 KM./HR.	
TIEMPO DE RECORRIDO : 22.509 MIN.	

COSTO POR TRACCION :

A = 5.074 x 14.375 x 44.781 x 365	= 1.192.139 MILLONES
B = 688 x 43.742 x 55.403 x 365	= 608.574 MILLONES
C = 2.838 x 35.585 x 73.775 x 365	= 2.719.452 MILLONES
	\$ 4.520.215 MILLONES

COSTO POR TIEMPO :

A = 5.074 x 0.3751 x 365 x 3.5 x 200.00	= 486.347 MILLONES
B = 688 x 0.3751 x 365 x 25 x 130.00	= 306.175 MILLONES
C = 2.838 x 0.3751 x 365 x 1 x 130.00	= 50.519 MILLONES
	\$ 843.041 MILLONES

COSTO ANUAL DE OPERACION : \$ 5.363.256 MILLONES

## CAPITULO TERCERO

### CARRETERA " PLAN DE BARRANCAS "

El trazo óptimo que presentó el proyecto " Plan de Barrancas ", no sólo fue aquel que se adaptó a la topografía, sino que también, se basó en el tipo y volumen de tránsito previsto durante la vida útil del camino, de la velocidad de proyecto, así como de otros factores tomadas en cuenta como son: división de propiedades, cruces en ríos, intersecciones con carreteras o ferrocarriles, condiciones para un buen drenaje, tipo de suelo, buscar el menor movimiento de tierras, con los que quedaron afectados finalmente los alineamientos horizontal y vertical.

Entendiendo por alineamiento horizontal, a la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, y que está integrado por tangentes y curvas horizontales.

Por alineamiento vertical, a la proyección sobre un plano vertical — del desarrollo del eje de la subcorona, a cuyo eje se le denomina subrasante, y que está compuesto por tangentes y curvas verticales.

De ese modo, se realizó una combinación entre ambos alineamientos, ya que uno y otro se complementaron.

### 3.1 NORMAS GENERALES Y ESPECIFICACIONES DE CARRETERAS QUE SE TOMARON EN CUENTA.

Existen normas que permitieron examinar en forma adecuada, la selección de ruta del proyecto " Plan de Barrancas " de acuerdo a la necesidad requerida; algunas de las cuales se mencionan a continuación:

1. La seguridad al tránsito, que deberá ofrecer el proyecto, es la — condición de mayor preferencia.
2. La topografía condiciona de manera muy significativa los grados de curvatura y la velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad se tomará en cuenta en todos los casos para su aplicación respectiva.
4. El alineamiento será tan direccional como sea posible, de acuerdo con la topografía.
5. El uso de las curvas y tangentes se recomienda y limita para condiciones específicas, respectivamente.

Las normas geométricas de las carreteras clasificadas por su aspecto



técnico, varían según las características topográficas que atraviesen, y - consideran los siguientes tipos de terreno:

- A) PLANO. Aquel cuyo perfil presenta pendientes longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal es casa o mila.
- B) LOMERIO. Aquel cuyo perfil longitudinal exhibe en sucesión cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor de cuarenta y cinco por ciento.
- C) MONTAÑOSO. Aquel que tiene pendientes transversales mayores de cuarenta y cinco por ciento, caracterizado por accidentes topográficos notables.

La clasificación del terreno, se define no solamente por la configuración topográfica general, sino por las características que el terreno imprime a la carretera, tanto por lo que se refiere a su geometría, como a la magnitud de sus movimientos de tierra.

Por otra parte, la definición de términos, así como la especificación de los mismos y de las mismas normas que se tomaron en cuenta, se hallan - contenidas en el libro de Normas del Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).

La figura 3.1 muestra algunos de los términos que se consideraron para su construcción, y así mismo, la tabla 3.1 muestra un resumen de las características recomendadas para carreteras.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOPISTA " PLAN DE BARRANCAS ".

La carretera actual que comunica al occidente del país, tuvo un T.D.-P.A. de 8 600 vehículos en 1984 y condiciones topográficas muy desfavorables. Lo anterior, llevó al diseño y construcción de un nuevo proyecto alterno al camino actual; con cuatro carriles de circulación y una mejor geometría de construcción, se lograron considerables ahorros en tiempo de recorrido y en costo de operación (tracción), y se eliminó el riesgo que implica circular por la carretera actual ya bastante saturada y con problemas en su vialidad en sus dos carriles de circulación.

El proyecto " Plan de Barrancas " construido como camino de cuota del

### SECCION TRANSVERSAL PARA CARRETERA TIPOS A4

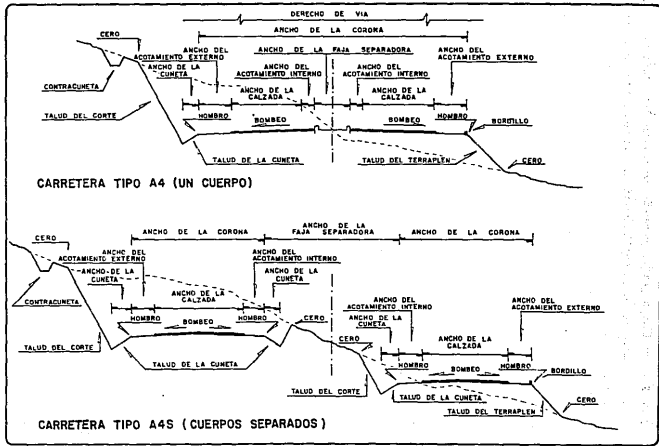


FIG. 3.1

CONCEPTO	T I P O D E C A R R E T E R A																															
	E				D				C				B		A																	
T.P.D.A. EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	HASTA 100				100 a 500				500 A 1500				1500 A 3000				MAS DE 3000															
MONTAÑO	-				-				-				-				-															
LINDRO	-				-				-				-				-															
PLANO	-				-				-				-				-															
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/hr	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	100	225	270	315	180	225	270	315	300	405	450	225	270	315	300	405	450	495	270	315	300	405	450	495	
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	55	425	375	17	11	7.5	55	425	375	275	11	7.5	55	425	375	275	
CURVAS	K	CRESTA	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	12	14	20	31	43	57
		VALLE	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37
VERTICALES		LIMITE SUPERIOR	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60
PENDIENTE SOBREPASADORA	%	9	7	-	-	-	8	6	-	-	-	6	5	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-		
PENDIENTE MAXIMA	%	13	10	7	-	-	12	9	6	-	-	8	7	5	-	-	7	6	4	-	-	-	-	6	5	4	-	-	-	-		
ANCHO DE CALZADA	m	4.0	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	7.0	-	-	-	-	-	-	7.0	-	-	-	-	-	-		
ANCHO DE CORONA	m	4.0	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	7.0	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	-	-		
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	2.5	3.0 EXT.	3.0 EXT.	3.0 EXT.	3.0 EXT.	3.0 EXT.	3.0 EXT.		
ANCHO DE FALSA SEPARADORA CENTRAL	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≥ 1.0	≥ 1.0	≥ 1.0	≥ 1.0	≥ 1.0	≥ 1.0		
ROMBO	%	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-		
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-		

TABLA 3.1 CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS CLASIFICADAS POR SU ASPECTO TECNICO

sub-tramo Tequila Jalisco-Ixtlán del Río Nayarit, en una primera etapa, se consideró la construcción de un cuerpo de 11.00 m. de corona y en una segunda etapa otro cuerpo separado para integrar cuatro carriles de circulación (dos carriles por cada sentido).

Dicho camino de cuatro parte del Km. 89+100 ad. con origen en Guadalajara Jalisco, del tramo actual Guadalajara-Tepic, para incorporarse nuevamente a ésta en el Km. 125+520 ad. que es igual al Km. 118+140 at. del proyecto, ver figura 2.1 del capítulo anterior.

Cabe aclarar y hacer mención de que, el objetivo principal que se pretende alcanzar, con la exposición del presente trabajo, abarca únicamente la parte correspondiente a " Plan de Barrancas ", es decir, del Km. 100+000 ad. al Km. 118+140 at. que es igual al Km. 125+520 ad. del camino anterior, ver figura 3.2; por lo que, del Km. 89+100 ad. al Km. 100+000 ad., es una parte adicional a dicho proyecto.

Algunas características notables del proyecto son las siguientes:

	PROYECTO	CARRETERA ACTUAL
Tipo de carretera	: AUTOPISTA	
Número de carriles	: CUATRO	DOS
Ancho de corona	: 21.00 m.	7.00 m.
Ancho de carpeta	: 2 x 7.60 m.	
Ancho de acotamientos	: 2 x 2.50 m.	
Ancho de faja separadora central	: 0.80 m.	
Grado máximo de curvatura	: 7.50 °	
Pendiente máxima	: 6 %	
Topografía	: MONTAÑOSA	
Inicia en el Km.	: 100+000.00	100+000.00
Termina en el Km.	: 118+140.00	125+520.00
Longitud total	: 18 140.00 m.	25 520.00 m.
Velocidad media de operación	: 70 Kph	40.00 Kph
Tiempo de recorrido	: 16 min.	39 min.
Distancia acortada	: 7 380.00 m.	
Ahorro en tiempo	: 23 min.	



Como datos complementarios al proyecto se tienen los siguientes: se requirió la construcción de siete puentes con una longitud total de 663.04 m., un paso a desnivel para ferrocarril, dos entronques, una caseta de peaje y 52 obras de drenaje.

Por otra parte, se estimó que el 90% del T.D.P.A. circulará por la nueva autopista y el 10% restante por la carretera actual, y conformado por el siguiente tipo de vehículos: A, automóviles; B, autobuses; y C, camiones.

### 3.3 CARACTERISTICAS DEL PAVIMENTO DEL PROYECTO " PLAN DE BARRANCAS ".

El tipo de pavimento que se empleó en la construcción del proyecto -- fué del tipo flexible o de asfalto, por ser el de uso común en la práctica vial mexicana.

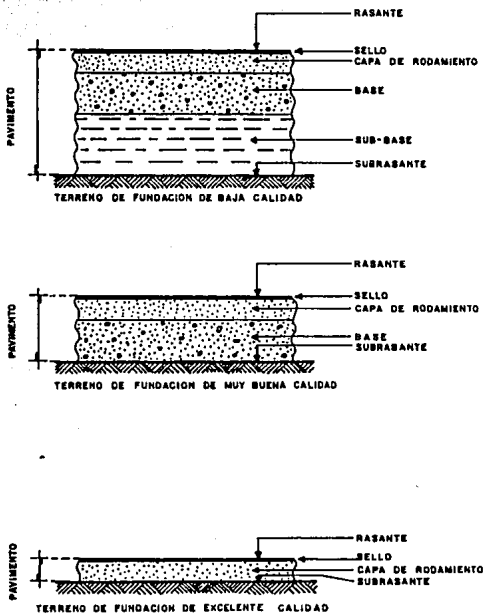
**PAVIMENTO FLEXIBLE.** Comportándose como una estructura que descansa sobre la terracería, es un sistema compuesto por dos o más capas diferentes de materiales apropiados: sub-base, base, carpeta y sello, comprendidas entre el nivel de subrasante y el nivel de rasante, teniendo cada una de ellas su función específica.

Su desempeño en conjunto es la de proporcionar, por un lado, una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados y, por otro lado, resistencias a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, y así como el de soportar y transmitir adecuadamente a la subrasante los esfuerzos producidos por las cargas concentradas impuestas por el tráfico, y presentar cierta flexibilidad para adaptarse a ciertas fallas de la base y sub-base que pudieran ocurrir.

Por lo tanto, el pavimento es la superestructura de la carretera que hace posible un tránsito libre de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía posible previstos en el proyecto.

En la figura 3.3 se muestran secciones de pavimento flexible, para diferentes clases de subrasante.

A) **TERRENO DE FUNDACION o TERRACERIA.** Es aquel que está integrado por el cuerpo de terraplén, por una capa de subrasante y, en ocasiones, por --



**SECCIONES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, PARA  
DIFERENTES CLASES DE SUBRASANTES**

FIG. 3.3

una capa de transición entre las anteriores, y que después de realizar el movimiento de tierras (desmonte, despalme y limpieza general) se dispone sobre el terreno natural.

Una vez compactado el terreno de fundación, funciona como soporte del pavimento, y en consecuencia, tiene las secciones transversales y pendientes respectivas especificadas de acuerdo con el proyecto de terracerías correspondiente.

B) SUB-BASE. La capa sub-base es la porción de la estructura de pavimento flexible entre la capa de subrasante y la capa de base, y se construye directamente sobre la primera. Tiene como funciones:

- a) Aumentar económicamente la resistencia del pavimento arriba de la provista por los suelos de la subrasante.
- b) Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- c) Servir de transición entre el material de la base, generalmente granular grueso y de textura abierta, y el de la subrasante, que tiende a ser mucho más fino y plástico; actúa como filtro de la base y evita la intrusión de grano fino de la subrasante dentro de la capa de base o impide su incrustación de ésta en la primera.
- d) Actúa como dren, por un lado, para desalojar el agua que se filtra desde arriba evitando la acumulación de líquido dentro de la estructura de pavimento, y por otro lado, controlar e impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de las capas freáticas cercanas o de otras fuentes a través de la terracería; protegiendo al pavimento contra los hinchamientos.
- e) Proveer una plataforma de trabajo para equipo de construcción o para subsecuentes capas de pavimento en los cortes de roca de un camino, antes de quedar pavimentado.

La sub-base es una capa compactada de material granular; comúnmente se distingue del material de base por requerimientos menos estrictos de la especificación para resistencia, tipo de agregados y gradación.

Dicho material debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soportar



te que el terreno de fundación. El material granular de la sub-base puede ser: arena, grava, granzón, escoria de los altos hornos, o residuos de material de un banco de préstamo. En algunos casos, se puede emplear para — sub-base el material de la subrasante mezclado con granzón, cemento, etc., para su estabilización.

Algunos requisitos para el material empleado en sub-base:

1. Las zonas en la que se desarrolla la curva granulométrica del material empleado, son las mismas zonas señaladas para base.
2. La curva granulométrica promedio se muestra en la gráfica 3.1.
3. La relación del porcentaje en peso que pase la malla # 200 al que pase la malla # 40 no excederá de 0.65 .
4. El tamaño máximo del material se limita a 50.8 mm. (2").
5. El equivalente de arena del material será 20 como mínimo.
6. Su valor relativo de soporte estándar será de 30% o 50% mínimo.
7. El grado de compactación será del 95%.

Por otro lado, la sub-base puede omitirse, si la parte de la estructura requerida de pavimento es relativamente delgada, o si el material de la subrasante es de alta calidad, sin problema de humedad.

Los espesores de la capa son variables, pero suele considerarse 12 o 15 cm. como la dimensión mínima constructiva.

C) BASE. La capa de base es la porción de la estructura de pavimento flexible inmediatamente debajo de la capa superficial. Se construye sobre la capa de sub-base, o si ésta no se usa, sobre el terreno de fundación ( terracería), directamente en la subrasante. Tiene como funciones:

- a) Proporcionar en todo tiempo una resistencia estructural para — absorber las cargas impuestas por los vehículos estacionados o en movimiento, y transmitir uniformemente los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas, a la capa inferior de sub— base y/o a la subrasante, para que no excedan su resistencia — estructural de éstas.
- b) Drenante, siendo capaz de eliminar fácil y rápidamente el agua que llegue a infiltrarse a través de la capa superficial, así como de impedir radicalmente la ascensión capilar del agua proveniente de las capas inferiores.

En general, las especificaciones para materiales de base son conside—



rablemente más estrictas que las de los materiales de sub-base en los requerimientos para resistencia, estabilidad, dureza, tipo de agregados y gradación.

Dicho material debe ser granular, de preferencia grueso y con un bajo contenido de partículas finas, de plasticidad baja. El agregado pétreo puede ser:

- Natural y no tratado como: conglomerado, tepetate, grava, arenas de río, areniscas, etc..
- Natural y tratado como: guijarro, escoria, grava, arena, etc..
- Mezcla o combinación de estos materiales.

Además, el agregado puede usarse tratado o no tratado con aglomerantes estabilizadores como cemento portland, asfalto o cal.

Algunos requisitos para el material empleado en base:

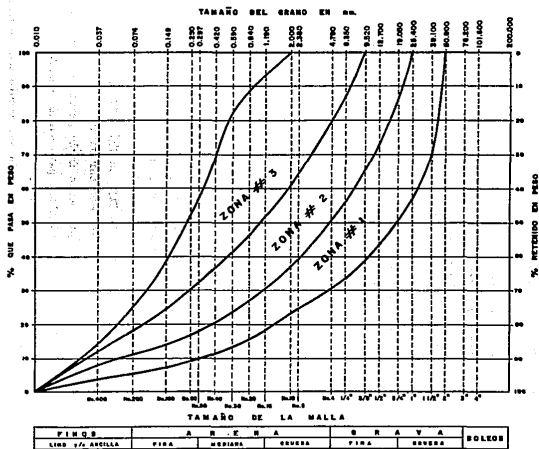
1. La granulometría del material quedará comprendida en cualquier zona de la gráfica 3.2, siendo preferente la zona uno o dos.
2. La curva granulométrica promedio se muestra en la gráfica 3.3.
3. La relación de porcentaje en peso que pase la malla # 200 al que pase la malla # 40 no excederá de 0.65 .
4. El tamaño máximo del agregado se fija en 50.8 mm. (2") en material natural y no tratado, y en 38.1 mm. (1 1/2") en material natural y tratado.
5. El límite líquido del material será de 30% como máximo.
6. El equivalente de arena será 30 o 50 como mínimo.
7. El valor relativo de soporte estándar será de 50% u 80% mínimo, y llega a ser del 100%.
8. El grado de compactación se fija en 95% a 100%.
9. La afinidad con el asfalto debe ser buena, fijando un 25% como máximo desprendimiento (por medio de la prueba de agitado).

Los espesores de la capa son variables, pero suele considerarse 12 o 15 cm. como la dimensión mínima constructiva.

El material friccionante que cumple satisfactoriamente los requerimientos de resistencia y deformabilidad, cumplirá también casi seguramente los requerimientos mínimos de permeabilidad.

Por lo anterior, en la base, conviene utilizar material triturado que aumentan su ángulo de rozamiento y por consiguiente aumenta su estabilidad.

## CURVAS PARA BASE HIDRAULICA ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 3.2



Es por ello, que las características de agregado pétreo para la capa de base y las subsecuentes, exigen que el material se someta a un verdadero proceso de fabricación para su obtención, entre los que es común la trituración, el cribado, y en ocasiones, el lavado.

De ahí parte el objetivo central del presente trabajo, el Seleccionar una Planta de Trituración adecuada que produzca el agregado pétreo para pavimento, apegándose a los tamaños recomendados para caminos.

D) CAPA SUPERFICIAL o CAPA DE RODAMIENTO. Es la porción de la estructura de pavimento flexible que se construye sobre la capa de base. Tiene - como funciones:

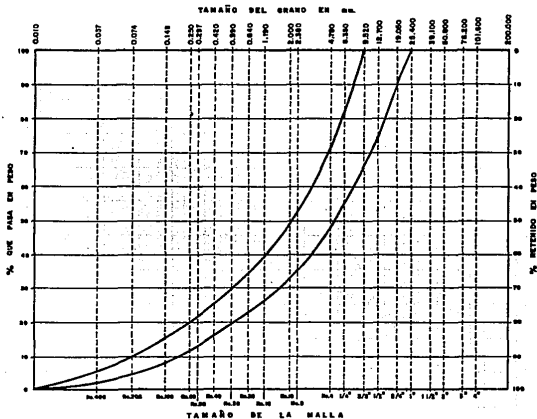
- a) Proporcionar una superficie de rodamiento firme y durable, capaz de resistir fracturas y desmoronamientos sin llegar a ser inestable por la ampliación directa de las cargas del tráfico, y por las condiciones del clima; lisa y uniforme, que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
- b) Evitar que la capa de base se desgaste o se desintegre por la transmisión de esfuerzos resultantes del tránsito de vehículos, contribuyendo en cierto modo, a aumentar la capacidad de soporte del pavimento, en especial si su espesor es apreciable.
- c) Limitar en lo posible, la cantidad de agua superficial que se infiltra en las capas inferiores del pavimento llegándolas a - saturar parcial o totalmente, y por consiguiente disminuir su capacidad para soportar cargas.

La capa de rodamiento consta de una mezcla de agregado pétreo y de material bituminoso dando lugar a lo que se le conoce como CARPETA ASFALTICA. Por lo tanto, la función de la carpeta depende de la obtención de una mezcla con la óptima gradación de agregado pétreo y porcentaje de aglutinador bituminoso.

Algunos requisitos para el agregado pétreo empleado para carpeta as-fáltica:

1. La granulometría del material quedará comprendida en la zona - de la gráfica 3.4 .
2. La curva granulométrica promedio se muestra en la gráfica 3.5.
3. No se emplea agregado con más del 35% en peso, de fragmentos - en forma de lajas.

## CURVAS PARA CONCRETO ASFALTICO ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

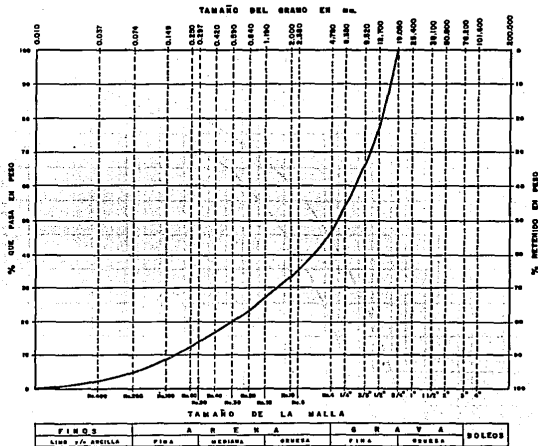


GRAFICA 3.4

# MATERIAL PETREO PROMEDIO PARA CONCRETO ASFALTICO

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

40



GRAFICA 3.5



4. Evitar el empleo de agregado que contenga materia orgánica.
5. No es recomendable más del 20% de fragmentos suaves.
6. Emplear agregados secos o cuando más con una humedad igual a la de absorción del material utilizado.
7. El tamaño máximo no será mayor de las 2/3 partes del espesor de la capa.
8. Tener suficiente resistencia para soportar equipo de compactación.
9. El desgaste (método Los Angeles) no será mayor del 40% .
10. La absorción será igual o menor que 5% .
11. La densidad aparente será igual o mayor que 2.3 .
12. La contracción lineal (para concreto asfáltico) será igual o menor que 2% .
13. Buena adherencia con el asfalto, cumpliendo una de las siguientes especificaciones:
  - a) Desprendimiento máximo por fricción, 25% .
  - b) Cubrimiento máximo con asfalto inglés, 90% .
  - c) Pérdida máxima de estabilidad, por inmersión en agua, 25% .
14. El agregado pétreo debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

La utilización de carpeta de concreto asfáltico de gran espesor es cada vez mayor, ya que influyen mucho en el comportamiento esfuerzo-deformación de toda la sección resistente del camino.

De ese modo, la exposición directa a las cargas del tránsito y la indeformabilidad necesaria para el buen servicio implican que la carpeta requiera un material que posea "cohesión", y es el producto asfáltico que liga el agregado pétreo el que la proporciona, en el caso de carpeta bituminosa.

E) SELLO o CAPA DE DESGASTE. Se coloca encima de la capa de rodamiento, para dar un acabado final al pavimento, y cuya función es:

- a) Sellar la superficie, impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración posible de las aguas de lluvia.
- b) Proteger la carpeta asfáltica contra la acción abrasiva y desgaste, producidas por las ruedas de los vehículos, como son: - la fricción y esfuerzo durante las operaciones de arranque, -

traslado y frenaje; las producidas por las fuerzas centrífugas; los impactos; etc..

- c) Resistir la acción de los agentes del intemperismo.
- d) Tener una textura adecuada para permitir un rodamiento seguro y cómodo, y un frenaje apropiado sin deslizamiento.
- e) Tener un color apropiado que evite los reflejos del sol durante el día o de las luces artificiales durante la noche.

La curva granulométrica del material se muestra en la gráfica 3.6 .

En lo que se refiere al pavimento de la autopista " Plan de Barrancas ", en la figura 3.4 se exhiben las características de las Secciones Transversales Tipo y sus dimensiones respectivas, derivadas de acuerdo al Proyecto de Pavimento. Estas son secciones representativas de la longitud total considerada (18.140 Km.), ya que debido a lo accidentado del terreno, éstas secciones varían.

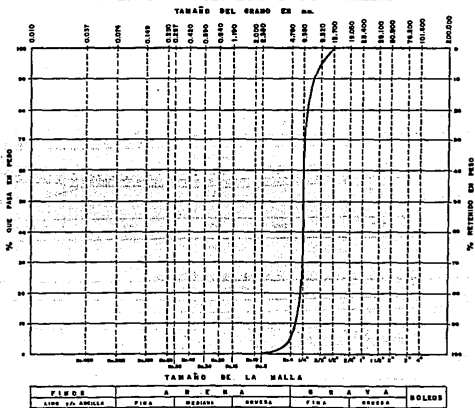
En dichas secciones se puede observar la ausencia de la capa sub-base. Esto obedeció a que el material que conformaría la capa subrasante, se consideró de muy buena calidad; lo que contribuyó a tener las funciones de una sub-base, sin serlo en realidad; aún cuando el material, para una subrasante, tenga requerimientos menos estrictos de la especificación para resistencia, tipo de agregados y gradación para una sub-base.

Más sin embargo, en las dos primeras secciones transversales tipo de la figura 3.4, se considera una capa de transición entre el cuerpo del terraplén y la capa subrasante. Lo anterior se debió a que, por la muy buena calidad del material para subrasante, se haría necesario ahora disponer de un material intermedio entre aquel y el de terraplén, para que no se incrustara material fino en el de buena calidad, con el fin de no ver disminuida su función estructural y drenante.

Por otro lado, en la sección transversal intermedia de la misma figura, se aprecia un " escalonamiento ". Lo anterior obedeció a que, cuando el terraplén se hallara contra una pendiente pronunciada del terreno, es posible que existiera un deslizamiento del mismo; para evitar dicho acontecimiento, se hizo necesario " escalonar " el terraplén por medio de la construcción de pendientes planas entre cada una de las capas del mismo.

# MATERIAL PETREO TIPO 3-E PARA RIEGO DE SELLO

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 3.6

## SECCIONES TRANSVERSALES TIPO

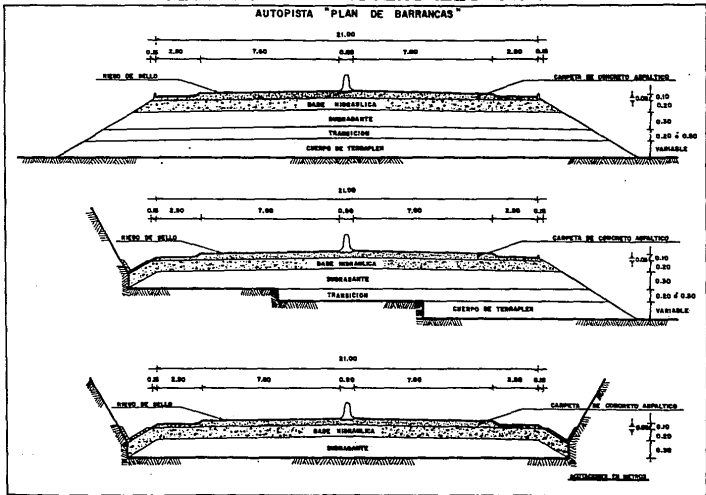


FIG. 3.4

## CAPÍTULO CUARTO

### BANCOS DE MATERIALES

#### 4.1 LOCALIZACION DE BANCOS.

Localizar un banco de material es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelo o roca que pueda emplearse en la construcción de una determinada parte de una carretera, satisfaciendo las especificaciones de calidad y los requerimientos de volumen del caso.

Más aún, ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores - entre todos los disponibles, en varios aspectos que se interrelacionan, como son:

1. En lo que se refiere a la calidad del material extraíble, según el uso a que se dedicará.
2. Ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y económicos.
3. Ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo del material a la obra, ya que la repercusión en los costos es de las más importantes.
4. Ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, y así como requerir el mínimo tratamiento.
5. Estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a - problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

Aunado a lo anterior, del primer aspecto se desprende lo siguiente: - de entre dos materiales posibles para un cierto uso podría existir una diferencia en la calidad técnica, cuando se hallan en estado natural; pero - esa diferencia podría anularse o aún invertirse si el peor material recibe un tratamiento adecuado, se estabiliza de alguna manera o si, tal vez, un material que no era originalmente apropiado ahora resulta utilizable, porque el proyecto se modificó.

Un proyecto de una carretera carecería de sentido si no se le enfoca como un conjunto que comprenda los bancos de material disponibles y la utilización que de ellos pretenda hacerse; ya que entre todo el conjunto de bancos que se vean factibles, habiéndose probablemente excluido otros tantos por algún o algunos inconvenientes obvios, se desarrollan las líneas -

de opción en estrecha vinculación con el proyecto.

El reconocimiento terrestre es indispensable en la búsqueda y localización de bancos de material, bien sea que se utilice como único método de detección o como complemento de un estudio de fotointerpretación. En él se define no solo la posibilidad de la explotación, sino también el grado de dificultad de la misma, los problemas que pudieran acarrear el agua superficial o subterránea, los volúmenes disponibles, las facilidades legales, etc..

Es necesario localizar bancos para terracería, para subrasante, para sub-base y base, para carpeta y sello, y más aún también para la elaboración de concreto hidráulico, de piedra para mampostería u otros especiales. Un mismo banco puede proporcionar material para varios de esos usos, sometiendo dicho material a diferentes tratamientos.

Los bancos para terracería conviene fijarlos no demasiado espaciados, para evitar distancias de acarreo excesivas; la separación óptima está, allí donde se alcance el equilibrio de costo entre el acarreo por un lado, y el costo del despalle y preparación del banco por el otro. Las distancias que resultan no suelen exceder los 5 Km. entre bancos, aunque podría haber casos especiales en que esas distancias sean mucho mayores, sobre todo en zonas agrícolas, en que los costos de afectación son muy altos.

Además de la condición anterior, se logrará homogeneidad en longitudes significativas, para evitar que las estructuras y espesores de las capas de pavimento suprayacentes varíen con demasiada frecuencia. Las distancias comunes entre bancos pueden extenderse en este caso hasta 10 Km. .

Para sub-base y base, además del requisito anterior, los materiales están condicionados en forma importante por el tratamiento mecánico que requerirán para satisfacer las normas de calidad mismos que, además, necesitan de la instalación de equipo especial y plantas complejas, que no conviene mover mucho. Las distancias entre bancos son más espaciadas, llegando a alcanzar espacios del orden de 50 Km. .

Los bancos para terracería en general abundan y son fáciles de localizar, pues para ese fin sirven casi todos los materiales que sean económicamente explotables (excepto los suelos MH, CH y OH, con límite líquido mayor que 100% y suelos  $P_t$ ). Aparecen dichos materiales excluidos en llamu—

ras lacustres, zonas de inundación, depósitos de delta, grandes planicies aluviales y costeras y otras zonas, en donde abundan los depósitos muy fi nos.

Los bancos para subrasante suelen encontrarse en cerros aislados bajos y extendidos, en formaciones de roca muy alterada, en zonas limocarenosas de los depósitos de ríos, en zonas de depósito volcánico de naturaleza piroclástica, como conos cineríticos o tobáceos, en horizontes arenosos de formaciones estratificadas extensas, etc. .

El material para sub-base y base suele encontrarse en playones y márgenes de ríos, en frentes y cantiles rocosos, cerros relativamente elevados y de pendiente abrupta, etc. .

El material para concreto asfáltico o hidráulico se obtienen casi siempre por trituración, a partir de formaciones rocosas sanas. La mampostería se obtiene de formaciones rocosas fracturadas o de recolección superficial.

**TIPOS DE BANCO DE MATERIAL.** Las fuentes más típicas de aprovisionamiento de materiales para los usos anteriores son:

- a) **PRESTAMO LATERAL.**
- b) **COMPRESION LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL.**
- c) **BANCOS ESPECIFICOS.**

#### 4.2 TIPOS DE MATERIALES EN CADA BANCO.

**A) DEPOSITO DE RIO (ALUVION).** Es común que el aluvión esté formado por materiales muy variados, debido a que el agua a lo largo del curso tiene ocasión de erosionar materiales muy diferentes. La capacidad del agua para transportar sedimentos depende de la velocidad de la corriente y de su gasto.

Es posible encontrar boleas y gravas en el curso alto, gravas y arenas en el medio (siendo ésta zona muy apropiada para la búsqueda de estos bancos), y limos y arcillas en el bajo y en la desembocadura, ya que si el régimen se hace muy lento en ésta, se forma un delta, con predominio de dichos sedimentos.

Si el río no es susceptible de sufrir crecientes violentas en periodi



cidad corta, prevalecerá el esquema de depósito anterior. Si tiene crecientes importantes relativamente poco espaciadas en el tiempo, es posible encontrar sedimentos más gruesos en las zonas más bajas, especialmente en — los meandros, en las llanuras de inundación o en las terrazas fluviales ve cinas, lugares en donde la velocidad, aún en creciente extraordinaria, ten drá a disminuir.

B) DEPOSITOS DE PIE DE MONTE. En las zonas en que las serranías se unen con las planicies de costa es muy frecuente encontrar sistemáticamente de trecho en trecho dichos depósitos, que son grandes formaciones de arenas limosas y gravas, inclinadas y ondulantes, dejadas por los ríos, que bajan y pierden velocidad al entrar en la planicie.

C) DELTA. Es común que cuando el río entra al lago tienda a depositar en la orilla los sedimentos más gruesos que aún trae en suspensión dependiendo el tamaño del régimen anterior del río, es por ello que los lagos actúan como depósitos de sedimentación para las corrientes que a ellos llegan. De ese modo, es frecuente que la desembocadura del río en el lago forme una delta más o menos importante, en el que será posible encontrar arenas o limos y arcillas.

D) DEPOSITO LACUSTRE. En México es relativamente frecuente encontrarlos en lugares donde el correspondiente lago ha desaparecido desde hace mucho tiempo, dando lugar a zonas muy problemáticas, tanto desde el punto de vista de cimentación de caminos, como de localización de bancos de materiales apropiados.

E) DEPOSITO EOLICO (LOES). El origen del loes suele estar en depósitos glaciares o en zonas desérticas, a partir de los cuales sobrevino el transporte del viento; el loes primario está formado por partículas de limo tal como el viento las depositó, sin ninguna alteración química posterior, en tanto que en el loes secundario ha habido ya alteración química, generalmente por el agua.

Los loes son buenos y abundantes bancos para material de terracería, pero pueden presentar problemas de rebote elástico cuando se usan en la capa subrasante, por lo que no conviene aceptarlos para éste fin sin pruebas especiales.

Se encuentran en amplias extensiones y depósitos profundos, en las zonas cubiertas por ellos no suelen aparecer otros materiales, por lo que és

tos se buscan o fuera de la formación o en cerros no cubiertos; por su — gran porosidad, las aguas superficiales se infiltran, de manera que en las zonas de loes, sobre todo primarios, tampoco habrá arroyos susceptibles de proporcionar gravas o arenas.

F) MEDANO DE ARENA. Es una formación eólica típica, fuente obvia de — éste material, aunque la cantidad que puede obtenerse no está muchas veces en correspondencia con la calidad, pues la arena resulta demasiado uniforme para muchos usos.

G) DEPOSITO GLACIAR. Aún cuando en México sean escasos, son otra fuente posible de material para construcción. Puede ser formado directamente — por el hielo en movimiento o por las aguas del deshielo. En general, en el primer caso, es un depósito muy heterogéneo que adquiere la forma de un — conjunto de boleos, empacados en una matriz arenó-arcillosa. En el segundo caso, su naturaleza es mucho más parecida a un depósito fluvial, si bien — la capacidad de arrastre de gruesos es en los glaciares, mayor.

H) SUELOS RESIDUALES. Son fuente frecuente de aprovisionamiento de material, cuya clase varía mucho de acuerdo con la naturaleza de la roca madre y el grado de alteración sufrido.

En general, las rocas sedimentarias producen suelos muy arcillosos, — exceptuando las rocas muy silíceas. Las rocas ígneas pueden producir suelos arenosos o arcillosos dependiendo de lo seco o húmedo que sea el am— biente de alteración; las rocas de naturaleza ácida tienen mayor tendencia a producir suelos granulares, en tanto que las de naturaleza básica devie— nen casi siempre en arcillas.

Dependiendo del tamaño predominante, dichas formaciones residuales — pueden ser fuente de abastecimiento de material para terracería o subrasan— te. En general, para subrasante, se eliminarán fragmentos de roca más o me— nos intemperizada, mayores que 7.5 cm. De algunos suelos residuales prove— nientes de rocas muy silíceas o poco alteradas, es posible obtener mate— rial para sub-base y base, especialmente si son tratados con cemento o cal, o sometidos a procesos de lavado eliminando sus finos, o a trituración parcial que elimine los tamaños mayores que los convenientes.

I) FORMACIONES ROCOSAS SANAS. Son fuente evidente donde quiera que a— parezcan, exceptuando aquellas cuya naturaleza arcillosa no las hace ade— cuadas para su uso en pavimentación. Estos materiales serán triturados to—

talmente y, en algunos casos, sujetos a tratamiento especial para mejorar alguna característica específica, por ejemplo, su afinidad con el asfalto. En su explotación, se evitarán las zonas alteradas o la contaminación con arcilla que rellene fracturas o grietas, llegando en tal caso al lavado para eliminar esos materiales indeseables.

#### 4.3 EXPLOTACION DE BANCOS. .

La explotación de bancos de roca o suelo se lleva a cabo utilizando - determinado equipo con características y usos bien establecidos por la experiencia previa de construcción. La selección de equipo adecuado será función de tres factores fundamentales:

1. La disponibilidad de equipo.
2. El tipo de material por atacar.
3. La distancia de acarreo del material.

Establecida la clase de equipo, su tamaño es sobre todo función del volumen de la obra por ejecutar, del tiempo en que dicha obra debe realizarse y del espacio disponible para las maniobras.

En la actualidad existe maquinaria sumamente diversificada, cuya utilización conjunta y racionalmente programada permite una explotación muy eficiente y económica, sin embargo, no siempre se dispone de parques de maquinaria especializada. Lo común es que el proceso de explotación de bancos se realice con base en algunos equipos tradicionales, de uso diverso y utilización frecuente.

El uso que se hace de TRACTORES PESADOS con arado (desgarradores) para fragmentar el material hasta un grado tal que pueda ser removido por el propio tractor o por otra máquina, evitando así operaciones de barrenación y uso de explosivos que siempre son más lentas y costosas, es cada vez mayor. Es utilizado así mismo como máquina excavadora y empujadora, por efecto de su cuchilla frontal; limitada la primera acción en general a no más de 50 cm.; para éste trabajo se recurre al tractor de orugas, y el de llantas neumáticas para maniobras de remolque de equipo de transporte a distancias cortas (150 m. para los primeros y 2 500 m. para los segundos). La figura 4.1 muestra algunas de las operaciones que suele exigir la prepara-

ción de un banco, que incluye: a) desmonte, b) despalse y limpieza superficial y, c) preparación y afloje del material con arado, para facilitar las maniobras de carga.

Las ESCREPAS, auto-propulsadas y auto-cargables, se emplean más cuando la naturaleza del material permite su operación, ya que resultan ser equipos más rápidos y versátiles, tanto en el manejo con el material como a la distancia a que es económico efectuar el acarreo. La figura 4.2 muestra: a) una escarpa auto-cargable y, b) una vagoneta para el transporte del material, la cual es cargada en una maniobra adicional.

Por su parte, el CARGADOR FRONTAL, bien sea montado sobre orugas o sobre llantas, es también de uso frecuente. Los primeros son más potentes y capaces de trabajar con fragmentos de roca más grandes o en terrenos más duros, pero los segundos son más rápidos en las idas y venidas y sobre todo en los giros, a lo que se llama un ciclo de trabajo. Los acarreoos muy cortos, de menos de 100 m., se realizan directamente con el cargador. La figura 4.3 esquematiza el trabajo de un cargador frontal en la explotación de un banco, muy utilizado en la práctica constructiva de caminos.

Una PALA MECÁNICA exige frentes de ataque bien definidos y de volúmenes abundantes, de tal manera que no sea trasladada con frecuencia. La gran mayoría opera sobre orugas, lo que permite que se adapten a cualquier tipo de terreno, aún en pendientes considerables, conservando siempre buena estabilidad; las que operan sobre llantas tienen mucha mayor capacidad de traslación, pero son inferiores en cualidades como las anteriores.

La figura 4.4 muestra la explotación con pala mecánica; la cuchara normal se usa para: a) cargar material rocoso o suelo, b) cuando están en frentes verticales o amontonados, los materiales. La operación con draga de arrastre se utiliza para: c) recoger material cuando está a nivel inferior que la máquina o cuando está bajo el agua. La almeja (no ilustrada) es útil cuando en una mezcla de abundantes fragmentos de roca y suelo, se desea seleccionar los primeros para su utilización.

El transporte del material suele hacerse en los caminos casi univer-

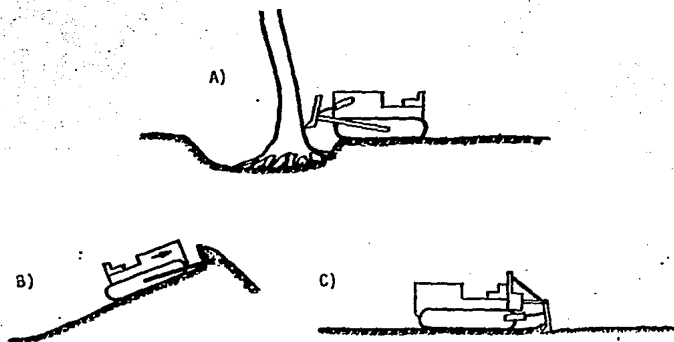


FIG. 4.1 UTILIZACION DEL TRACTOR

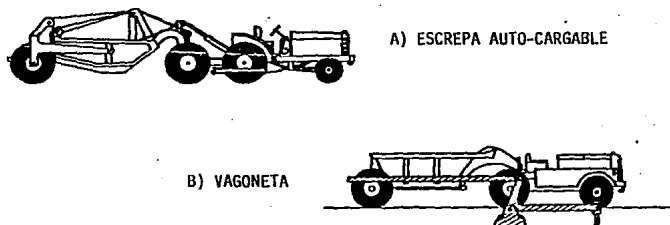


FIG. 4.2

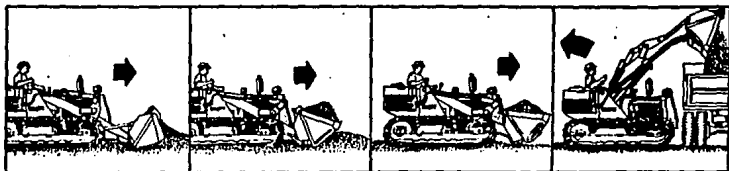
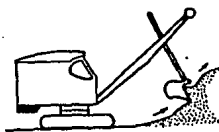
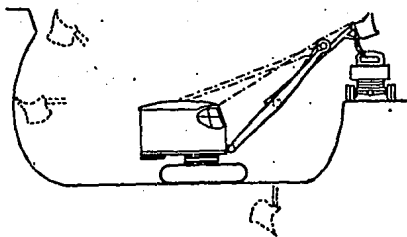


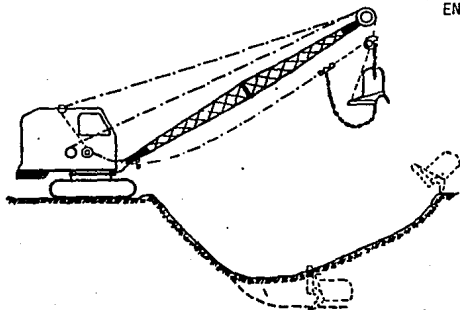
FIG. 4.3 CICLO DE TRABAJO DE UN CARGADOR FRONTAL



A) PALA MECANICA  
(OPERACION NORMAL)



B) PALA MECANICA (OPERACION  
EN FRENTE VERTICAL)



C) DRAGA DE ARRASTRE

FIG. 4.4

sálmente en CAMION DE VOLTEO. Se exceptúan los acarrees muy cortos o los - demasiado largos; en los primeros, como se mencionó, pueden utilizarse vagonetas jaladas por tractor de llantas u otros elementos similares, en tanto que en los acarrees muy largos, el ferrocarril o el transporte fluvial o marítimo suelen ser más económicos.

En la explotación de bancos es de importancia establecer una relación adecuada entre la capacidad de las máquinas removedoras y excavadoras y los elementos de transporte, evitando así costosas interferencias o tiempos ociosos. Es conveniente que la capacidad de la caja de los vehículos sea un múltiplo entero de la capacidad del elemento que excava o carga.

La tabla 4.1 muestra en resumen el equipo con el que más frecuentemente se trabaja para la explotación de bancos de material para caminos, así mismo, el equipo de transporte usual, dependiendo del tipo de material y - de la distancia de acarreo, respectivamente.

#### 4.4 ENSAYES NECESARIOS DE LABORATORIO.

Los bancos de material han de muestrearse para conocer en el laboratorio las características que interesan para definir su uso y autorización. No existe fijación alguna en el número de sondeos que es necesario realizar en un caso dado. Es preferible limitarse en cada caso a las características específicas del banco en estudio, teniendo muy en cuenta las condiciones geológicas locales, los frentes que han de atacarse, etc. .

En bancos para terracerías es común realizar análisis granulométricos, límites de plasticidad, pruebas de compactación, cálculo del coeficiente - de variación volumétrica, todo lo cual suele requerir muestras entre 50 Kg. y 100 Kg. como mínimo. Se trata sencillamente de clasificar al suelo y conocer sus características en cuanto a compactación.

En materiales para pavimento, además de las pruebas anteriores, se sujetan en general a pruebas de valor relativo de soporte (V.R.S.) o similares, de acuerdo con el método de diseño que se pretenda utilizar. Se exceptúan las pruebas que en relación con los asfaltos se realizan a una carpeta, por considerarlas fuera del objetivo del capítulo.

TIPO DE MATERIAL	DESPALME Y LIMPIEZA (SI SE REQUIERE)	PREPARACION DEL BARCO	EXCAVACION Y CARGA		TRANSPORTE		
			tamaño máximo (m)	capacidad	distancia (m)	capacidad	
Roca sana (superficialmente alterada)	Tractor de orugas con cuchilla frontal inclinable	Barrenación y tronado de acuerdo al tipo de roca y al tamaño máximo por obtener	$0.75 < x < 2.00$	Pala mecánica	menos de 150	Volquete o camión	
			$0.30 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	150 a 2 500	Vagóneta o camión	
			$0.075 < x < 0.30$	Pala mecánica o cargador frontal	2 500 a 100 000	Remolque o camión	
Roca alterada (no superficialmente muy alterada)	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable	Barrenación y tronado, secarificación y momeo o solo secarificación	$0.30 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	menos de 150	Volquete o camión	
			$0.075 < x < 0.30$	Pala mecánica o cargador frontal	150 a 2 500	Vagóneta o camión	
					más de 2 500	Remolque o camión	
Roca muy alterada (suave y fragmentosa superficialmente)	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable o escarpe balada con tractor de orugas	Secarificación y momeo o solo secarificación	$0.075 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	menos de 150	Volquete o camión	
					150 a 2 500	Vagóneta o camión	
					más de 2 500	Remolque o camión	
Aluviones	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable	Secarificación y momeo	$0.30 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	menos de 150	Volquete o camión	
			$0.075 < x < 0.30$		150 a 2 500	Vagóneta o camión	
	Draga	Ninguno	Ninguno	$x < 0.075$	Draga de arrastre o de almeja	más de 2 500	Remolque o camión
				$x < 0.075$	Escarpe	menos de 150	Escarpe balada con tractor de orugas o motoescarpe
	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable o escarpe balada con tractor de orugas	Secarificación	Ninguno	sobre el N.A.F.	Escarpe	150 a 2 500	Escarpe balada con tractor neumático o motoescarpe
Arenas, limos y arcillas	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable	Secarificación cuando compacto, cementado o duro	$x < 0.005$	Pala mecánica Motoelevadora Cargador frontal	menos de 150 150 a 2 500 más de 2 500	Volquete o camión Vagóneta o camión Remolque o camión	
						escarpe balada con tractor de orugas o motoescarpe	
	Escarpe balada con tractor de orugas o motoescarpe tractor	Secarificación cuando compacto, cementado o duro	Ninguno	$x < 0.005$	Escarpe	menos de 150	Escarpe balada con tractor de orugas o motoescarpe
							150 a 2 500
	Draga de arrastre o de almeja	Ninguno	Ninguno	$x < 0.005$	Draga de arrastre o de almeja	menos de 150	Camión
Draga marina	Ninguno	Ninguno	bajo el N.A.F.	Draga marina	150 a 2 500	Vagóneta o camión	
					Condiciones hidráulicas al tambor de sedimentación		

TABLA 4.1 EQUIPO COMUN PARA EXPLOTACION DE BANCOS Y TRANSPORTE DE MATERIALES



Las pruebas anteriores se requieren con más prontitud y en mayor número en materiales para pavimento, que para terracería. Mientras que una granulometría de material para la segunda muchas veces no va más allá de la separación de las porciones de grava, arena y finos; para la primera, requiere la curva completa de granulometría. Así mismo, los análisis de compactación y valor relativo de soporte se efectúan con mayor intensidad en la subrasante y capas de pavimento que en otras partes más bajas del terraplén.

En bancos de material para pavimentación es frecuente que se distinga un conjunto de pruebas dentro de una etapa de estudio preliminar, y de otras que se lleven a cabo posteriormente con carácter definitivo, ya que permitirá seleccionar las zonas más prominentes dentro de un banco dado o establecer racionalmente alternativas de uso entre varios bancos análogos.

La tabla 4.2 presenta de un modo general el tipo de pruebas que se realizan a los distintos materiales provenientes de los bancos, según el uso que de ellos pretenda efectuarse.

Las pruebas anteriores están divididas en tres tipos:

- a) Las de clasificación.
- b) Las que tienen por objeto establecer la calidad de los materiales que, entre otras cosas, permitan establecer si se cumplen las normas mínimas que se establezcan.
- c) Las de diseño própiamente dicho.

## PRUEBAS DE LABORATORIO

TERRACERIAS	CLASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites de plasticidad.</li> <li>- Granulometría.</li> </ul>
	CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso volumétrico máximo.</li> <li>- A veces, Valor Relativo de soporte.</li> </ul>
CAPA SUBRASANTE	CLASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites de plasticidad.</li> <li>- Granulometría.</li> </ul>
	CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso volumétrico máximo.</li> <li>- Valor Relativo de Soporte.</li> <li>- Expansión.</li> <li>- Equivalente de Arena.</li> </ul>
	DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación de Valor Relativo de Soporte (método del Cuerpo de Ingenieros, U.S.A.), o bien;</li> <li>- Pruebas de Hveem, o bien;</li> <li>- Pruebas Triaxiales de Texas.</li> </ul>
BASE Y SUB-BASE	CLASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites de plasticidad.</li> <li>- Granulometría.</li> </ul>
	CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso volumétrico máximo.</li> <li>- Valor Relativo de Soporte.</li> <li>- Equivalente de Arena.</li> <li>- Expansión.</li> </ul>
	DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se desea hacer un diseño estructural por capas, deberá realizarse las pruebas indicadas para la capa subrasante.</li> </ul>
CARPETA ASFALTICA	CLASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites de plasticidad.</li> <li>- Granulometría.</li> </ul>
	CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas de desgaste y/o alterabilidad.</li> <li>- Equivalente de Arena.</li> <li>- Expansión.</li> <li>- Afinidad con el asfalto.</li> <li>- Pruebas para definir la forma de los agregados.</li> </ul>
	DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de Marshall, o bien;</li> <li>- Pruebas de Hveem.</li> <li>- El contenido óptimo de asfalto puede determinarse también por el método C.K.E.</li> </ul>

TABLA 4.2 PRUEBAS DE LABORATORIO PARA SUELOS PROVENIENTES DE BANCOS, SEGUN SU UTILIZACION

## CAPITULO QUINTO

### EQUIPO DE TRITURACION

## 5.1 GENERALIDADES.

El proceso de obtención de los agregados pétreos consiste en transformar el "material en greña" proveniente, en el caso de ésta tesis, de un banco de materiales natural, y que está compuesto desde bloques grandes — hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios y clasificados en los tamaños granulométricos requeridos en la etapa de proyecto del tramo " Plan de Barrancas " de la carretera Guadalajara-Tepic.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con equipo de trituración propiamente dicho y equipo complementario, es decir, aquellas máquinas que sin participar directamente en las operaciones de trituración, son indispensables para realizar los procesos necesarios en la transformación del "material en greña" o natural, a material útil que reuna ciertas especificaciones de dicho tramo de carretera.

Por lo que respecta al equipo de trituración, hasta la fecha no se ha diseñado una máquina universal que en una sola etapa, convierta el material natural en agregados pétreos útiles, sino que dicha transformación se realiza en varias etapas de acuerdo con el material natural disponible y con las especificaciones que deben cumplirse ya que, en la práctica, no puede ajustarse una trituradora para reducir el tamaño de una piedra a la centésima parte del tamaño original, pero la fragmentación que se logra en el proceso de trituración llega a producir partículas de dicho tamaño.

A las trituradoras de una planta de producción de agregados pétreos, ya sea móvil o estacionaria, se les denomina trituradoras o quebradoras — primarias y trituradoras de reducción o secundarias, terciarias, cuaternarias, etc., de acuerdo con la etapa de trituración que llevan a cabo.

De ese modo, una trituradora primaria recibe el material directamente del banco de préstamo y produce la primera reducción en tamaño. Con la producción de la quebradora primaria se alimenta a la trituradora secundaria, que reduce aún más el tamaño, y así progresivamente. Esto es, una parte — del material del banco de préstamo pasa a través de dos o más trituradoras, cada una de las cuales representa una etapa en el proceso de trituración, antes de ser reducida a la finura necesaria.

Aún cuando no existe una clasificación rígida de las trituradoras, el cuadro 5.1 muestra los usos más comunes de este tipo de máquinas para las

ETAPA DE TRITURACION	TAMAÑO DE REDUCCION	EQUIPO UTILIZADO
PRIMARIA	DE GREÑA A 12" - 4"	* Quebradora de quijadas * Quebradora giratoria
SECUNDARIA	DE 12" - 4" A 3" - 1"	* Trituradora de cono " S " * Trituradora de rodillo doble * Trituradora de impacto
TERCIARIA	DE 3" - 1" A 3/4" - 1/4"	* Trituradora de cono " FC " * Trituradora de rodillo triple * Trituradora de martillos
CUATERNARIA	DE 3/4" - 1/4" A MENOR DE 1/4"	* Trituradora de cono " VFC " * Molino de barras * Molino de bolas

CUADRO 5.1 EQUIPO DE TRITURACION

diferentes etapas de trituración con su respectivo tamaño de reducción aproximado. De manera similar, el cuadro 5.2 muestra el equipo complementario con sus respectivos tipos, indispensable en los procesos de transformación del material natural.

## 5.2 CONCEPTOS BASICOS.

### 5.2.1 EFECTOS MECANICOS.

Todas las máquinas de trituración a que hace referencia el cuadro 5.1 tienen como común denominador la reducción de tamaño de un material pétreo; para ello se le aplican esfuerzos a la piedra hasta provocar su ruptura o falla a través de efectos mecánicos tales como: desgaste, impacto, corte y compresión.

El desgaste es la división o reducción producida por fricción. Es más efectiva con el material desmenzable y no abrasivo (de bajo contenido de sílice). La acción de desgaste es muy útil cuando se desea material de finura máxima.

El impacto es el golpe instantáneo y agudo producido por un martinete sobre el material, mismo que se rompe en trozos pequeños. Es recomendable especificar cuando el material no es demasiado abrasivo (con un contenido no mayor del 5% de sílice) y contiene un alto porcentaje de piedra blanda. Se recomienda también cuando se desean partículas en forma de cubos. Las trituradoras diseñadas para esta función dan, en un paso de la operación de triturado, productos bien graduados desde los tamaños mayores hasta los menores.

El corte o cizalleo es una acción de tajo o de rebanado que forma parte del trabajo de algunas trituradoras. Puede especificarse cuando el material es relativamente blando y fácilmente fracturable, y sin embargo, se desea obtener un mínimo de finos. Para que una trituradora aplique éste efecto, el material a triturar no debe ser muy abrasivo.

La compresión es un efecto de exprimido entre dos superficies. Este efecto se especifica cuando el material es duro, tenaz y abrasivo, y cuando se requiere un mínimo de finos. No es útil ni recomendable para materia

EQUIPO	TIPOS
TOLVAS	- - - - -
CRIBAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Vibratorias inclinadas</li> <li>* Vibratorias horizontales</li> <li>* Giratorias (trommels)</li> </ul>
ALIMENTADORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De mandil o de tablero metálico</li> <li>* Reciprocante o de plato</li> <li>* Vibratorio con o sin rejilla (grizzly) de precubado</li> <li>* De banda</li> </ul>
EQUIPO DE LAVADO Y DESENLIZADORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rastrillos</li> <li>* Cuscos lavadores</li> <li>* Flautas de riego</li> <li>* Tambores desenlizadores (scrubbers)</li> </ul>
ELEVADORES DE CANGILONES	- - - - -
BANDAS TRANSPORTADORAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De alimentación</li> <li>* De evacuación</li> <li>* De conaxión</li> <li>* De retorno</li> <li>* De producción</li> </ul>

CUADRO 5.2 EQUIPO COMPLEMENTARIO

les pegajosos.

En resumen, el cuadro 5.3 indica las máquinas de trituración más utilizadas en las obras civiles empleando los efectos o métodos mecánicos de reducción descritos anteriormente.

Las trituradoras que se mencionarán a continuación, individualmente, se referirán en el orden de mayor impacto y mínima compresión: trituradora de impacto; molino de martillos (de alta a baja velocidad); molino de barras (alta velocidad); molino de bolas; trituradora de un rodillo; trituradora de cono; quebradora giratoria; quebradora de quijadas y trituradora de dos o de tres rodillos. Leyendo en orden inverso, las trituradoras estarán en tal forma que la primera será la diseñada para compresión máxima y acción de impacto mínima.

Para decidir cual es el equipo de trituración apropiado para resolver un determinado problema de producción de agregados, es necesario tener en consideración tanto la naturaleza de la materia prima por procesar, como el trabajo idóneo para cada tipo de trituradora, para poder hacer una selección del tipo de equipo técnica y económicamente válida.

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

### 5.2.2 INDICE DE REDUCCION.

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 (figura 5.1).

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. Sus valores medios se indican en el cuadro 5.4.



METODO DE REDUCCION				
QUEBRADORA	IMPACTO	DESGASTE	CORTE	COMPRESION
IMPACTO	***			
MARFILLOS	***	***	***	
ROMILLOS			***	***
GIRATORIA	***			***
QUIJADAS	***			***
CONO	***			***

CUADRO 5.3 METODOS MECANICOS DE REDUCCION

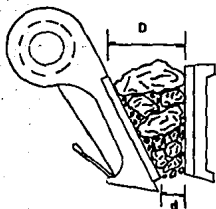


FIG. 5.1

TIPO DE TRITURADORA	INDICE DE REDUCCION
CULIADAS GIRATORIA	8 a 1
CONO "S" RODILLO DOBLE IMPACTO	10 a 1 3 a 1 30 a 1
CONO "FC" RODILLO TRIPLE MARTILLOS	10 a 1 6 a 1 20 a 1
CONO "VFC" MOLINO DE BARRAS MOLINO DE BOLAS	6 a 1 15 a 1 30 a 1

CUADRO 5.4 VALORES MEDIOS DEL INDICE DE REDUCCION

### 5.2.3 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 5.2).

Se define como coeficiente de forma de dicho fragmento a la relación:

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

obteniéndose de la aplicación de dicha fórmula los valores promedio del cuadro 5.5, en los fragmentos más comunes.

Los dos últimos tipos de fragmentos (lajas y agujas), generalmente se prohíben por las normas de calidad de control de agregados pétreos admitiéndose como máximo de 5% a 8% en peso debido a que por su forma, son partículas débiles con mucha tendencia a fracturarse.

### 5.2.4 PROCESO DE PRODUCCION DE LOS AGREGADOS PÉTREOS.

Toda planta de producción de agregados pétreos tiene un proceso para reducir la alimentación de ciertos tamaños dados a un producto de granulometría específica, y a un régimen de producción predeterminado. Como consecuencia, los transportadores y demás equipos para el manejo de materiales, incluyendo las trituradoras, deben dimensionarse para realizar su parte de ese régimen de producción.

El régimen de producción de una planta, se fija inicialmente por las necesidades que indica el trabajo de ese material. Tal régimen fija a su vez el ritmo de producción de las trituradoras, mismo que determina entonces el material que deben manejar los alimentadores, cribas, etcétera. También debe considerarse que dos tipos de piedra de diferente origen no se trituran igual, por lo que deben hacerse ajustes a la abertura de las trituradoras después de iniciado el proceso.

El proceso de producción de los agregados pétreos, en forma general, es el siguiente:

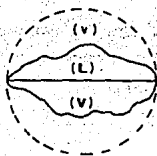


FIG. 5.2

FORMA DEL FRAGMENTO	VALOR DEL COEFICIENTE DE FORMA
ESFERICO	1
CUBICO	$\frac{2}{\pi \sqrt{3}} = 0.37$
TETRAEDRO REGULAR	$\frac{1}{\pi \sqrt{2}} = 0.22$
CANTO ROMADO	0.34
GRAVA TRITURADA	0.22
LAJAS	0.07
AGUJAS	0.01

CUADRO 5.5 VALORES PROMEDIO DEL COEFICIENTE DE FORMA



1. Extracción de la materia prima del banco de préstamo, generalmente con un excavador mecánico, bulldozer, cargador frontal o con un método de dragado (si el material está bajo el agua).

2. Si es necesario, reducción del material a una forma o tamaño que pueda procesar la planta, ya sea triturándolo o barrenando las rocas de gran tamaño, o quitándole el barro que tiene adherido y cualquier otro material extraño.

3. Transportación del material a la planta, cargándolo con el mismo excavador mecánico o con el cargador frontal, a un transportador o a unidades de acarreo para su entrega.

4. Alimentar con el material a los componentes del equipo de la planta para su trituración y otros procesos.

5. Obtención del agregado pétreo terminado y a un tamaño adecuado.

Con el proceso anterior de la producción de agregados pétreos se tienen los objetivos centrales siguientes:

- Ejecutar las normas de tamaño y calidad.
- Producir el agregado al costo mínimo posible.

### 5.3 EQUIPO DISPONIBLE POR ETAPA DE TRITURACION.

El equipo de trituración, básicamente sigue siendo el mismo que hace algunas décadas. lo que se ha ido modernizando es el equipo complementario, incrementando la eficiencia de las Plantas de Proceso de Agregados Pétreos.

En el diseño de las trituradoras son de importancia las dimensiones - de la abertura máxima y las de los ajustes de la descarga de la trituradora. La abertura superior es una área horizontal por la que se alimenta el material a triturar. El ajuste es la abertura regulable por la que puede - salir de la máquina el material triturado al mismo tamaño o menor de la abertura.

Para poder realizar una buena selección del tipo de máquina que se re quiere, es necesario conocer las características del equipo de trituración que a continuación se mencionarán.

Para tal efecto, dichas características se han dividido en secciones para lograr una mejor comprensión y disposición de lo expuesto, y que queda de la siguiente manera:

- ( E ) : es una breve explicación de lo que ocurre en la etapa de trituración de la que se trata.
- ( T ) : es el tipo de equipo utilizado para dicha etapa de trituración.
- ( D ) : es la descripción, en sí, del tipo de equipo utilizado.
- ( t ) : es el tamaño por el que se designa dicho tipo de equipo.
- ( P ) : es la capacidad de producción de tal equipo.

### 5.3.1 TRITURACION PRIMARIA.

( E ) : Es la primera etapa de reducción de los materiales pétreos; - en ella se convierte el material producto de la explotación del banco de - roca o "greña", a fragmentos entre 12" y 4". Existen varios tipos de máqui- nas capaces de realizar ésta reducción, las más importantes son: la quebra- dora de quijadas y la quebradora giratoria.

#### 5.3.1.1 QUEBRADORA DE QUIJADAS.

( T ) : La quebradora de quijadas o de mandíbulas, como se le conoce también, tiene una gran abertura rectangular situada en la parte superior entre las partes superior de las dos placas de trituración, o quijadas, y las paredes laterales. Trabaja permitiendo que la piedra fluya hacia las - quijadas, una de las cuales es fija, mientras que la otra es móvil. La dis- tancia entre las quijadas disminuye a medida que la piedra viaja hacia aba- jo por el 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 ejer- cer una presión lo suficientemente alta para triturar la roca más dura.

Definitivamente es la quebradora de quijadas de simple toggle con ex- céntrico superior (figura 5.3), que la del tipo de doble toggle (figura -- 5.4), la que se utiliza para realizar la primera etapa de reducción de los materiales pétreos, en las plantas móviles camineras, en prácticamente to- dos los casos, así como en la mayoría de las instalaciones fijas de produc- ción de agregados para la industria de la construcción, ya que son de cons- trucción sencilla y económica y requieren el mínimo de potencia para su - operación.

( D ) : La quebradora de quijadas (figura 5.5) está constituida de - los siguientes componentes principales:

1. BASTIDOR PRINCIPAL (figura 5.6). Está fabricado generalmente de - placas de acero electrosoldadas y diseñado para resistir las más severas - tensiones de trituración. La construcción de una sola placa soldada y ali- viada de tensiones, proporciona una resistencia adicional sin peso excesi- va.

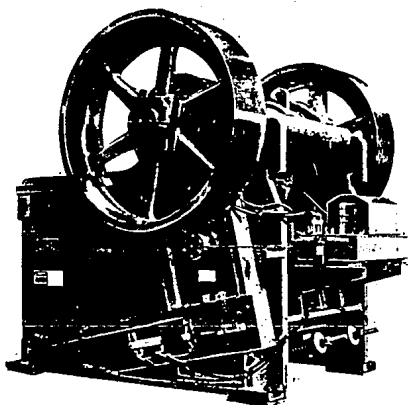
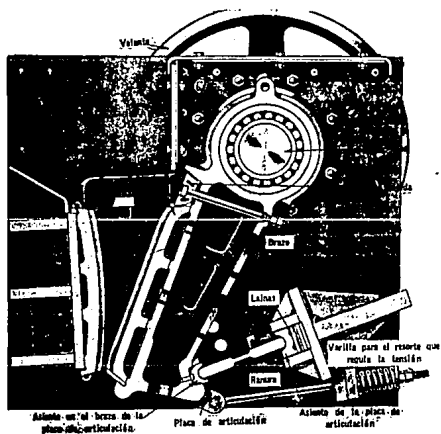
ASPECTO  
EXTERIOR

FIG. 5.3 QUEBRADORA DE QUIJADAS



CORTE ESQUEMATICO



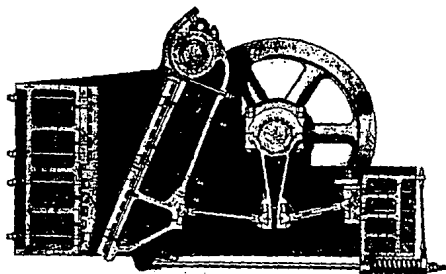


FIG. 5.4 CORTE ESQUEMATICO DE LA QUEBRADORA DE DOBLE TOGGLE

## dimensiones generales

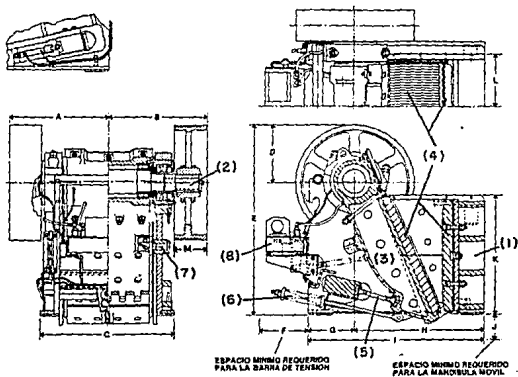
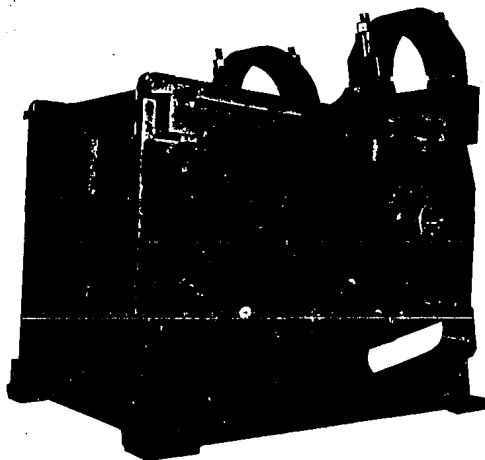


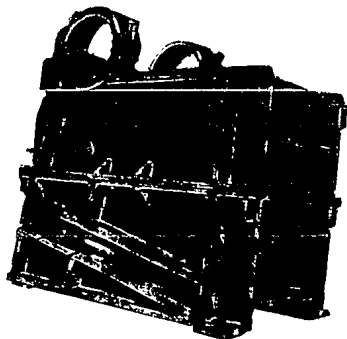
FIG. 5.5 CORTE TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL Y VISTA SUPERIOR



ASPECTO EXTERIOR  
DE UNA SOLA PLACA  
EN MODELOS 40 x 50  
Y MENORES

FIG. 5.6 BASTIDOR PRINCIPAL

ASPECTO EXTERIOR  
SECCIONADO EN  
MODELOS 44 x 48  
Y 50 x 60



vo. Con diseño abierto en la parte posterior para facilidad de mantenimiento. En las partes laterales de la cámara de trituración existen placas de desgaste, fabricadas de fundición de acero con 12% a 14% de manganeso, de forma trapezoidal y triangular que protegen los costados del bastidor para darle una vida más larga y que periódicamente se sustituyen de acuerdo a la abrasión del material.

2. EJE EXCÉNTRICO, FLECHA o ARBOL PRINCIPAL (figura 5.7). El eje está fabricado de acero de alta resistencia al impacto con aleaciones de níquel, cromo y molibdeno. Descansa sobre un arreglo exclusivo de rodamientos esféricos apoyados sobre el bastidor mediante BALEROS (figura 5.8). El movimiento giratorio lo provoca un VOLANTE RAMURADO (figura 5.8) sujeto a él, que lo impulsa el motor por medio de bandas en "V". Una PLACA DE DESGASTE de fundición de acero al manganeso, protege el eje excéntrico de la quijada móvil (estándar), absorbiendo el impacto de grandes bloques de piedra, eliminando así el alto costo de reparación de la parte superior donde se ubica el eje (figuras 5.9 y 5.10).

3. QUIJADA o MANDIBULA MOVIL, BIELA o PITMAN (figura 5.10). La quijada móvil cuelga del eje excéntrico y está fabricado de placas de acero — electrosoldadas; la soportan DOS RODAMIENTOS CILINDRICOS antifricción de — expansión de alta resistencia para los tamaños 20" x 36" y mayores y CUATRO RODAMIENTOS ESFERICOS para los tamaños 15" x 38" y menores (figuras — 5.8 y 5.11). Este diseño compensa cualquier flexión que pueda ocurrir en — el eje bajo severas cargas de impacto. La superficie de apoyo de los rodamientos está maquinada para que las fuerzas de trituración puedan distribuirse uniformemente.

Quando el volante ramurado gira montado sobre el eje provoca que el — extremo superior de la quijada móvil sufra un movimiento circular en un — plano vertical, mientras que el extremo inferior, describe también un arco de círculo, haciendo que la quijada tome de ésta forma un movimiento complejo.

Este diseño, con un mayor movimiento de la quijada en la parte superior, de  $3/8"$  a  $1/2"$  y la mayor potencia en la parte inferior, y con la — gravedad en su favor para alimentar la trituradora por la parte superior — donde se ubica la BOCA DE ENTRADA (figura 5.5) del material, da una especie de acción de alimentación forzada con lo que el material es triturado

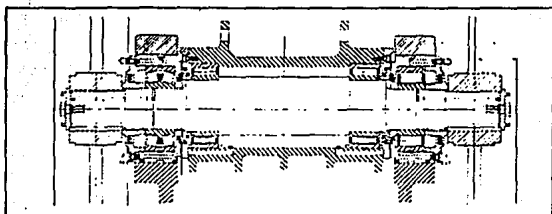
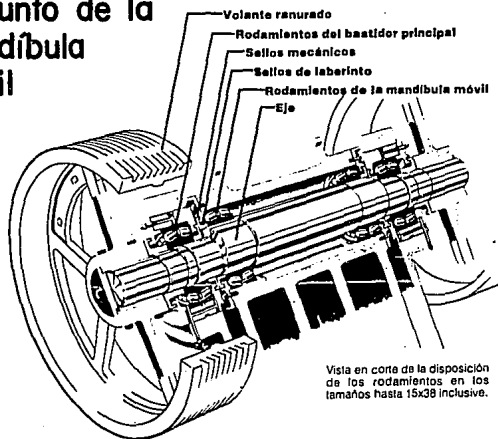


FIG. 5.7 CORTE ESQUEMATICO DEL EJE EXCENTRICO

## conjunto de la mandíbula móvil



Vista en corte de la disposición  
de los rodamientos en los  
tamaños hasta 15x38 inclusive.

FIG. 5.8 PERSPECTIVA INTERIOR

FIG. 5.9  
ASPECTO EXTERIOR

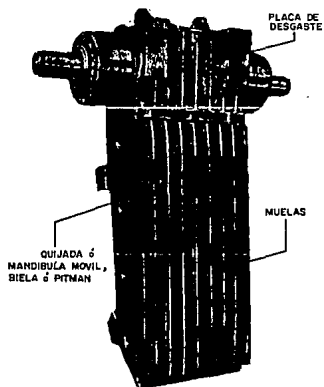
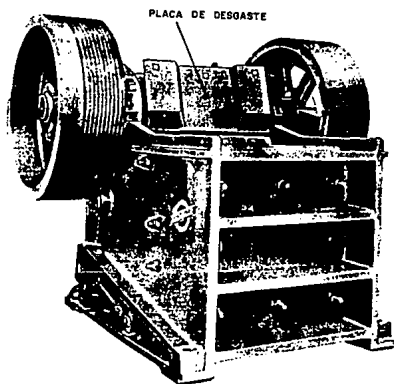
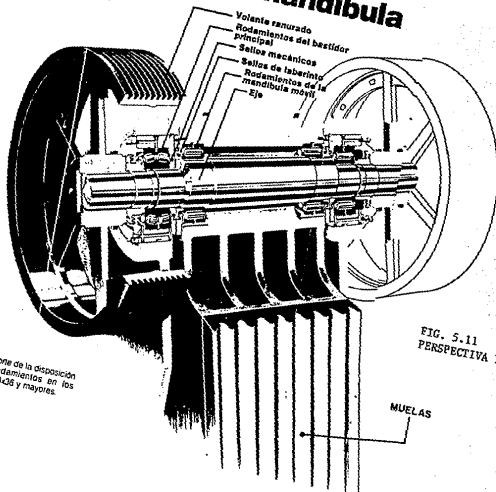


FIG. 5.10  
ASPECTO EXTERIOR

# conjunto de la mandíbula móvil



por la compresión y el impacto que las quijadas le aplican hasta llegar al tamaño de salida, en el cual cae al moverse la quijada móvil hacia atrás, y tiene el potencial necesario para una mayor producción de material triturado que la del tipo Blake. Este proceso se repite hasta que las piedras se producen a fragmentos lo suficientemente pequeños para que pasen a través del espacio angosto en el extremo inferior de las quijadas.

4. **MUELAS** (figuras 5.5, 5.10 y 5.11). Tanto la quijada móvil como la **FLJA** (figura 5.5) que se ubica en el bastidor, están protegidas o revestidas por las muelas que son placas de desgaste fabricadas de fundición de acero con 12% a 14% de manganeso. Son intercambiables y de fácil reemplazo y en algunos casos pueden voltearse. Las muelas podrán ser lisas o, en el caso de que la roca tienda a partirse en lascas, pueden utilizarse muelas acanaladas o corrugadas para reducir el lajamiento y así, de ese modo, obtener un producto más cúbico y para una utilización máxima.

5. **PALANCA** o **TRAMPILLA DE ARTICULACION RANURADA** o **TOGGLE** (figura 5.12). Es un elemento fabricado a base de un material estructuralmente débil como es el fierro fundido, con el objeto de cumplir una doble misión; además de articular la quijada móvil por la parte inferior, sirve como fusible en el caso que por accidente se introduzca a la máquina un fragmento de material no triturable como puede ser la cabeza de un martillo o el diente de un cucharón. En ese momento, el toggle se rompe y permite el libre paso del fragmento sin ocasionar daños mayores a la máquina.

Articulada con la palanca está la **VIGA DE LA PALANCA**, que da una línea de contacto en todo el ancho y distribuyen la carga iníformemente, eliminando la concentración de tensiones.

La viga, en combinación con el bastidor principal, forma el más resistente apoyo que una quebradora pueda poseer.

La palanca y la viga forman una unidad compacta. Con el método de regulación hidráulica, la palanca, la viga y el **RESORTE DE TENSION** (figura 5.13) se mueven como una unidad, permitiendo el ajuste de la descarga de la trituradora en minutos desde el exterior, sin regulación del resorte de tensión. El ajuste de la abertura de salida en la quijada móvil está determinado por el número de **ESPACIADORES, CALZAS** o **LAINAS** de placa metálica de diversos calibres que se pueden insertar y retirar en la rama, entre la viga de la palanca y el bastidor principal (figura 5.14).

# la palanca articulada

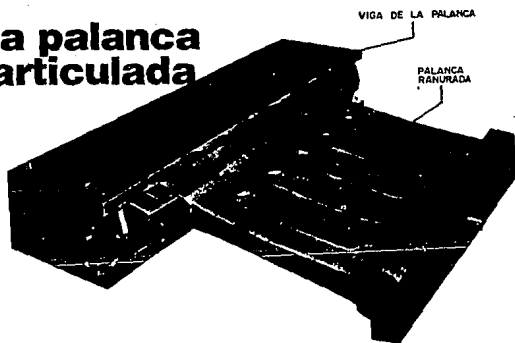


FIG. 5.12 PALANCA 6 TRAMPILLA DE ARTICULACION RANURADA 6 TOGGLE



FIG. 5.13 RESORTES DE TENSION



La palanca es de fácil desmontaje, ya que en la parte posterior de la quijada móvil tiene un PISTON HIDRAULICO (opcional), el cual sostiene la quijada móvil al reemplazar la palanca (figura 5.15).

6. RESORTE DE TENSION O TIRANTE (figuras 5.5 y 5.13). Se ubica en la parte inferior de la quijada móvil y se compone de una varilla que en su parte de apoyo al bastidor principal tiene un resorte para asegurar el retroceso adecuado de la quijada móvil.

7. EJE DE EMPUJE DEL BASTIDOR PRINCIPAL Y SISTEMA DE EMPUJE DE LA MANIBOLA MOVIL (figuras 5.5 y 5.16). Un sistema de empuje especial mejora el funcionamiento de la trituradora, eliminando las cargas laterales de la quijada móvil sobre los rodamientos.

Los sistemas de empuje a ambos lados de la trituradora, transmiten todo el empuje axial de la quijada móvil directamente al bastidor principal a través de ejes de empuje y placas de empuje y ángulos de empuje, alivian a los rodamientos de esta carga adicional. También ayuda a mantener el alineamiento para una mayor vida útil de los rodamientos. Las placas de acero removibles permiten el fácil ajuste o reemplazo del eje de empuje.

8. SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICA (figuras 5.5 y 5.17). El sistema de lubricación automática consiste de:

Un tanque de depósito de aceite instalado en la parte posterior del bastidor de la trituradora, montado sobre soportes elásticos para aislar el tanque de los impactos de trituración; una bomba de engranajes accionada por un motor eléctrico; un filtro; una válvula de alivio con desvío; un dispositivo de control de la temperatura; tubos transparentes para la inspección visual del aceite que regresa de los rodamientos de la trituradora y los instrumentos de medición para controlar el flujo de aceite a cada rodamiento.

El aceite filtrado es circulado, bajo presión controlada por la bomba y el motor montados en el tanque, por los rodamientos de la trituradora y regresa al depósito por medio de mangueras flexibles. Válvulas de desvío mantienen una presión constante en los rodamientos. El dispositivo de control de temperatura y presión, activa una alarma sonora si la temperatura del aceite sobrepasa el límite aceptable o la presión cae por debajo del límite aceptable.

El sistema patentado de lubricación automática TelSmith, mantiene los



FIG. 5.14 ESPACIADOR, CALZA 6 LAINA

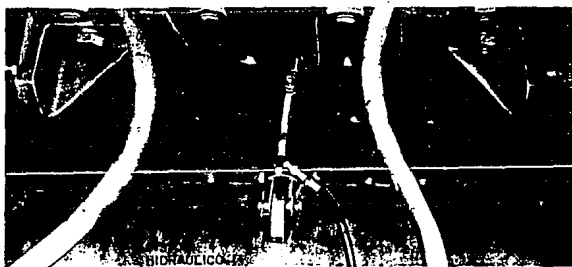


FIG. 5.15 PISTON HIDRAULICO

## ejes de empuje del bastidor y sistema de empuje de la mandíbula móvil

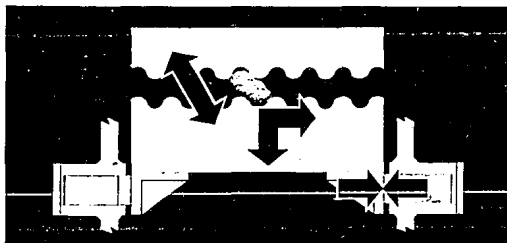
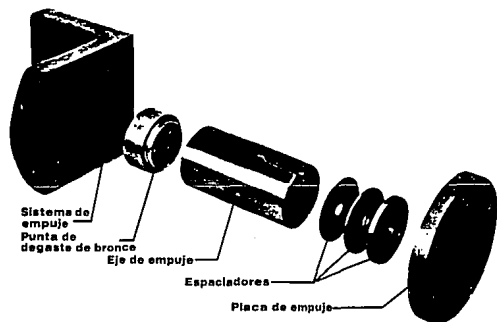
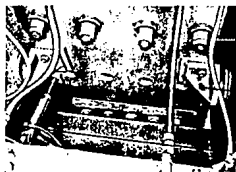


FIG. 5.16 ASPECTO INTERIOR



VISTA EXTERIOR



## sistema de lubricación automática

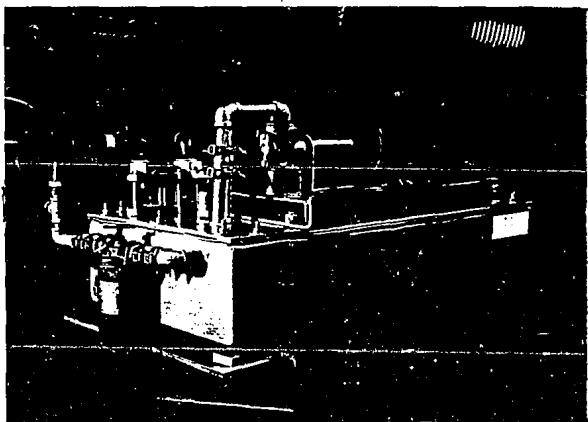


FIG.5.17 ASPECTO EXTERIOR

rodamientos de la trituradora lubricados automáticamente por mesec sin cambiar el aceite. Con este sistema, virtualmente no hay riesgo de que el polvo se meta dentro de los sellos y dañe los rodamientos. El riesgo de que los rodamientos "trabajen en seco" por falta de grasa o se sobrecalienten por exceso de ésta, es prácticamente eliminado. De esta manera se aumenta la vida útil del rodamiento y se reducen las paradas y mantenimientos.

Por otro lado, la quebradora TIPO BLAKE o DE DOBLE TOGGLE (figuras 5.4 y 5.18) es una trituradora de doble articulación y, por lo tanto, de doble biela. La quijada móvil está suspendida de una flecha montada sobre baleros en el bastidor de la quebradora. La operación de trituración 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 móvil, cerrando parcialmente la abertura entre las dos quijadas. Esta operación se repite al girar la flecha excéntrica.

Este diseño da el máximo efecto de palanca y la máxima fuerza de compresión sobre las rocas situadas cerca de la parte superior de las quijadas. Permite la rápida salida del material más pequeño hacia el fondo, para dejar despejado el espacio para triturar las rocas más grandes.

Las muelas o las placas de desgaste de las quijadas, están fabricadas con acero al manganeso, y pueden quitarse, cambiarse, y en algunos casos, voltearse. Las muelas podrán ser lisas o, en el caso de que la piedra tienda a partirse en lascas, pueden utilizarse muelas acanaladas para reducir el lajamiento. La QUIJADA MOVIL puede ser RECTA (figura 5.4) o, para reducir el peligro de que se atasque la roca, puede ser CURVA (figura 5.18).

En algún tiempo se utilizaron las QUEBRADORAS DE QUIJADAS GEMELAS (figura 5.19) MOVILES, pero hoy prácticamente han quedado en desuso debido a su alto costo de adquisición y de operación así como la de doble toggle o Blake. Existen también las del tipo Dodge y de percusión que se usan exclusivamente para pruebas de laboratorio.

La quebradora de quijadas, es una máquina que se diseñó a principios del siglo XX y que en realidad ha sufrido pocos cambios, pudiéndose coñectar entre ellos la lubricación automática a base de aceites y la regula—

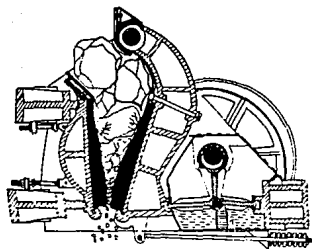


FIG. 5.18 CORTE ESQUEMATICO DE LA QUEBRADORA DE QUIJADAS TIPO BLAKE  
"DOBLE TOGGLE" o "DOBLE BIELA"

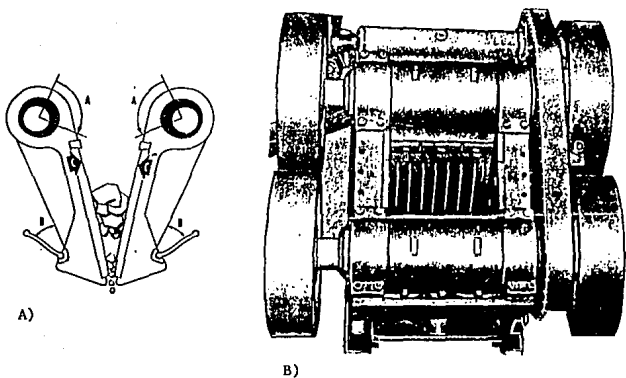


FIG. 5.19 QUEBRADORA DE DOBLE QUIJADA MOVIL

A) CORTE ESQUEMATICO  
B) ASPECTO EXTERIOR

ción hidráulica de la abertura de salida.

( t ) : Las quebradoras de quijadas se designan o identifican en base al ancho y longitud expresado en pulgadas del rectángulo que constituye la boca de admisión del material, las más comunes son: 10"x16", 10"x21", 10"x30", 12"x36", 15"x24", 15"x38", 20"x36", 22"x50", 25"x40", 30"x42", 36"x46", 40"x50", 42"x42", 44"x48", 50"x60" y 66"x84".

Así, por ejemplo, una quebradora de 10"x16" tiene un ancho de abertura de alimentación, o sea, la distancia en la parte superior de las quijadas, es de 10 pulgadas; mientras que el largo de la abertura de alimentación, o sea, el ancho de las quijadas, es de 16 pulgadas.

( P ) : Estas máquinas se utilizan en las plantas portátiles, con pesos que van desde 2585 Kg hasta 78722 Kg aproximadamente (tabla 5.1; anexo 1) y producciones desde 4 ton/hr hasta 1020 ton/hr (tabla 5.2; anexo 1), - de acuerdo con el tamaño de la máquina, abertura de salida o ajuste y naturaleza geológica del material. Tienen una alta producción a fin de mantener a las trituradoras secundarias operando a su máxima capacidad.

Para asegurar las capacidades de producción especificadas en la tabla 5.2, toda alimentación a las trituradoras primarias debe ser menor que la abertura de alimentación de la trituradora en por lo menos una dimensión; o bien, el tamaño de la alimentación normalmente no debe exceder al 80% de la abertura de alimentación.

Las capacidades dadas en dicha tabla están en toneladas cortas (907.2 Kg) de 2000 libras y están basadas en la trituración de piedra caliza pesando ésta, suelta, aproximadamente  $1543 \text{ Kg/m}^3$  ( $2600 \text{ lb/yd}^3$ ).

Ninguna trituradora, cuando se regula en cualquier abertura de salida, producirá un producto que pase totalmente por una abertura de malla de las mismas dimensiones que la abertura de salida. La cantidad de sobretamaño variará con el tipo de roca. Las capacidades están dadas con las quijadas en posición cerrada. Para el ajuste de descarga, todo el material menor al tamaño establecido deberá ser removido de la alimentación para eliminar la acumulación y el desgaste excesivo de los muelles de la trituradora. La alimentación de materiales húmedos y pegajosos reducirá la capacidad de la trituradora.

Una abertura de salida sin una producción indica una abertura a la cual ese modelo de trituradora no puede apersearse segura o económicamente.

La potencia en HP requerida (tabla 5.1; anexo 1), varía con el tamaño del producto que se esté procesando en la trituradora, la capacidad y la dureza de la roca.

En las gráficas 5.1 y 5.2 del anexo 1, se muestran el análisis de curvas granulométricas del producto de las trituradoras de quijadas para varias aberturas de salida.

### 5.3.1.2 QUEBRADORA GIRATORIA.

( T ) : Este tipo de máquinas se utilizan generalmente en instalaciones mineras y cementeras o en obras de ingeniería donde se necesitan grandes producciones.

( D ) : En la quebradora giratoria (figura 5.20), la reducción del material se obtiene por la presión de dos partes principales:

1. Por un lado, un **BASTIDOR ANULAR** fijo a modo de una cámara de trituración en forma de cono llamado anillo cóncavo. Es un pesado marco de fierro colado o de acero, con una chumacera en la parte inferior de la misma.

2. Por otra parte, el miembro triturante llamado **PILÓN** o **CABEZA TRITURADORA CENTRAL** de acero duro, también en forma tronocónica, pero en sentido inverso al bastidor anular.

3. La cámara de trituración está forrada con **PLACAS PLANAS** de acero duro o de acero al manganeso; son cóncavas en el sentido vertical y circulares en el sentido horizontal, y forman un casco o tazón; éstas placas se llaman también **CONCAVIDADES**.

El casco, que es fijo, puede ser recto (liso), seguir una recta modificada, o tener concavidades que no presenten obstrucción. Estos últimos tipos son útiles para materiales pegajosos, húmedos o sucios, que puedan adherirse en el interior de la trituradora y obstruirla en alguna forma. Las concavidades que no presentan obstrucciones al paso del material, sólo se encuentran en las trituradoras pequeñas, hasta para un máximo de 18 pulgadas en el material alimentado. Las concavidades de recta modificada re-



presentan una situación intermedia entre las variedades recta y de concavidades antiobstrucción. Los diferentes tipos de diseño de las placas fijas de las trituradoras giratorias no afectan mucho su capacidad.

4. FLECHA o EJE VERTICAL que está fabricado de acero.
5. ARAÑA, la cual está situada en la parte superior del bastidor.
6. ABERTURA DE ENTRADA.
7. MECANISMO EXCÉNTRICO GIRATORIO, el cual está situado en la parte inferior del bastidor anular.
8. POLEA RANURADA, la cual está colocada arriba de la chumacera.
9. FLECHA o EJE HORIZONTAL, situada en la chumacera.
10. PILÓN, que sirve de impulsión.
11. CORONA DENTADA.
12. ABERTURA DE SALIDA.

La cabeza está apoyada en la flecha vertical y ambos están suspendidos de la araña la cual es sostenida por un travesaño a través de la abertura de entrada y por su diseño del bastidor, permite ajustar ligeramente el eje vertical. Al ponerse en marcha la polea ranurada, la flecha horizontal gira y por medio del pilón y la corona dentada mueve el apoyo excéntrico en la parte inferior el cual ocasiona el giro del eje vertical y de la cabeza trituradora, produciendo un movimiento excéntrico o de campaneó, lo que representa la aplicación de presión en diferentes puntos alrededor de las concavidades, a medida que se mueve la cabeza, y haciendo variar asimismo la amplitud del espacio entre las concavidades y la cabeza en el fondo, cambiando de un mínimo a un máximo cada media revolución.

Generalmente, el hueco o entrehierro máximo, denominado "lado abierto", es el ajuste de la quebradora giratoria.

El material se alimenta por la parte superior de la cámara de trituración llamada abertura de entrada con forma de anillo, y que está comprendida entre el casco cilíndrico y el diámetro más pequeño de la cabeza trituradora central. A medida que el material se mueve hacia abajo, sufre una reducción en tamaño, saliendo por el entrehierro inferior, en donde el diámetro de la cabeza trituradora es máximo, hasta que finalmente se evacua a través de la abertura provista en la parte inferior de la cámara de trituración de acuerdo a un tamaño que dependerá de dicha abertura de salida.

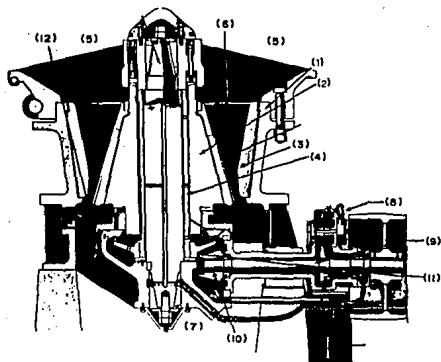


FIG. 5.20 CORTE ESQUEMATICO DE LA QUEBRADORA GIRATORIA

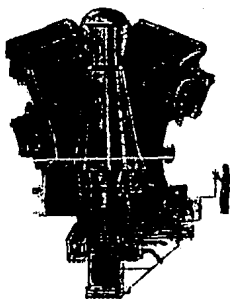


FIG. 5.21 CORTE Y ALTIMA ESQUEMATICA DE LA QUEBRADORA GIRATORIA

( t ) : El tamaño de éste tipo de trituradora se designa por el diámetro de la abertura de alimentación en pulgadas, las más comunes son: de 8, 10, 13, 16, 20, 25, 30, 36, 42, 48, 54 y 60 pulgadas. El ajuste es el ancho de la abertura inferior, y puede ser la dimensión cerrada o abierta. - Cuando se da un ajuste, debe especificarse si es la dimensión abierta o cerrada.

El tamaño que se seleccione puede estar regido por el tamaño de la roca del banco de préstamo o estar controlado por la capacidad de producción deseada.

( P ) : Estas máquinas tienen una alta capacidad de producción para el tamaño del material que se le alimenta, debido a que la abertura de salida o descarga es un círculo completo. Esta abertura reduce al mínimo la producción de lascas, o material de forma alargada, pero no es muy efectiva para triturar material extraduro.

Dicha capacidad de producción puede incrementarse aumentando la velocidad de rotación de la máquina dentro de los límites razonables.

A su vez, éstas máquinas son muy pesadas, muy costosas y con dimensiones en su altura superiores a los cinco metros, lo que las hace poco prácticas para instalarse en grupos móviles o plantas portátiles (figura 5.21).

Las capacidades de producción especificadas en la tabla 5.3 del anexo 1 están expresadas en toneladas por hora, basadas en una alimentación continua de piedra con un peso de  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/ft}^3$ ). Las quebradoras con concavidades rectas generalmente se utilizan como trituradoras primarias, mientras que aquellas con concavidades antiatascentes se emplean como trituradoras secundarias.

### 5.3.2 TRITURACION SECUNDARIA.

( E ) : El material producto de una trituración primaria puede ya usarse en la elaboración de concretos hidráulicos (grava # 4: 6" - 3"), para ornamento, etcétera. Sin embargo, para obras civiles es necesario reducirlo aún más de tamaño.

Si bien 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 la etapa secundaria han existido en los últimos años cambios sensibles en la preferencia de los usuarios de dichos equipos.

En la etapa secundaria se reduce el material producto de la trituración primaria, es decir de 12" a 4", a fragmentos entre 3" a 1", que bien podrían ser material útil como grava para concreto, material de sub-base, etcétera.

Las máquinas comúnmente utilizadas para realizar ésta etapa son las trituradoras de cono tipo "S", de rodillo doble y de impacto.

#### 5.3.2.1 TRITURADORA DE CONO TIPO "S".

( T ) : La trituradora de cono tipo "S" o de reducción (figura 5.22), es la más utilizada en lo que respecta a trituración secundaria. Es capaz de producir grandes cantidades de piedra uniforme y finamente triturada.

( D ) : Esta máquina difiere de la giratoria en los siguientes aspectos principales:

1. El cono es más corto.
2. El tazón está modificado.
3. La abertura de entrada es más pequeña.
4. La cámara de trituración es menor.
5. Gira a velocidades más altas.
6. Produce una piedra de tamaño más uniforme con un tamaño máximo igual al ajuste cerrado.

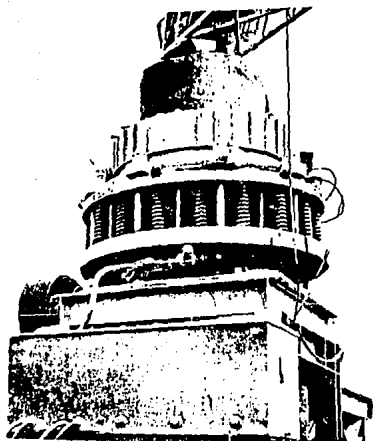


FIG. 5.22 ASPECTO EXTERIOR

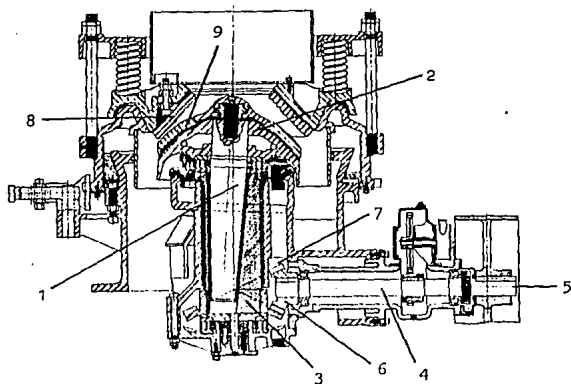


FIG. 5.23 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE CONO TIPO "S"

Su fabricación y la constitución de sus principales componentes (figura 5.23), son semejantes a los de la quebradora giratoria ya descrita. La diferencia principal es que la FLECHA VERTICAL (1) en donde se apoya un elemento de trituración cónico o en forma de cúpula llamado CONO, CABEZA, - ESFERA, NUEZ o PILON (2), que se mueve en un círculo pequeño alrededor de la flecha vertical, no cuelga, sino que está apoyada en la parte inferior, donde se localiza el MECANISMO EXCENTRICO (3) que se acciona a través de una FLECHA HORIZONTAL (4) que trae la energía del MOTOR (5) y a base de un PIÑÓN (6) y una CORONA DENTADA (7) produce un movimiento de campaneo para realizar los efectos de impacto y compresión.

El cono gira igualmente arriba y abajo, teniendo libertad de cabecear y girar bajo el empuje del material que se tritura.

En ésta máquina se puede apreciar que tanto el BASTIDOR que es fijo a modo de una cámara de trituración en forma de cono llamado TAZON, CASQUETE o ANILLO CONCAVO (8) como el cono, están constituidos de acero fundido, aún cuando últimamente ha habido diseños de placa soldada; así mismo, el tazón y el cono están recubiertos por PLACAS (9) de acero al manganeso, que son piezas de desgaste que deberán sustituirse periódicamente de acuerdo con la abrasividad del material.

El dispositivo de seguridad contra roturas por los esfuerzos de la trituración de los productos no triturables, está constituido por una serie de RESORTES PERIMETRALES gruesos (figura 5.24) que sujetan el tazón en su sitio contra las cargas normales. El diseño esquemático de la figura, muestra como la estructura superior (bastidor) gira asimismo cuando el material no triturable entra a la cámara de trituración y la acción de la cabeza aumenta la abertura de descarga y el material pasa sin provocar daños a la trituradora, absorbiendo éste esfuerzo los resortes perimetrales.

La CAMARA DE TRITURACION (figura 5.25) es anular, y en forma de cuña su sección transversal. La alimentación de roca por la parte superior cae en dicha cámara entre el cono y el casquete y se tritura al angostarse la abertura de salida con el movimiento del cono. Cuando se vuelve a ensanchar, las partículas caen más adelante, para volverse a triturar a su regreso. Su funcionamiento es algo parecido al de la quebradora de quijadas, pero la presión de la trituración proviene de los lados en vez del fondo, y la curva de la cámara rompe los fragmentos que han quedado con forma de

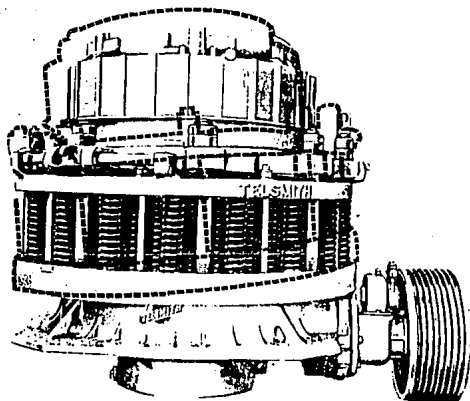


FIG. 5.24 ASPECTO EXTERIOR DE LOS RESORTES PERIMETRALES

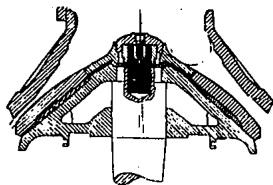


FIG. 5.25 CORTE ESQUEMATICO DE LA CAMARA DE TRITURACION SECUNDARIA, "S" o ESTANDAR

lajas.

En la figura 5.26 se muestra una sucesión de los pasos en la reducción de una piedra grande en una trituradora Symmons Cone. En ésta máquina sus características producen una rotación más rápida y un mayor movimiento lateral entre las posiciones abierta y cerrada que la mayor parte de las trituradoras de este tipo, una construcción que disminuye los problemas de atascamiento.

La trituradora de cono tipo "S" es muy eficiente, ya que tiene un alto índice de reducción; sus dimensiones son compactas lo cual la hace práctica para su instalación en grupos móviles de trituración y sus costos de mantenimiento muy bajos, por la elevada duración de sus piezas de desgaste. Sin embargo, es más costosa que la de quijadas, requiere más potencia, y necesita un espacio de dimensión vertical mayor para su instalación y para permitir su operación, pero como se dijo al principio, tiene un rendimiento mayor y producirá un material más fino y más uniforme.

La finura del producto final del material alimentado se ajusta elevando o bajando el casquete dentro de límites razonables y generalmente puede procesar cualquier tipo de material por duro y abrasivo que sea.

Debido a la alta velocidad de rotación, todas las partículas que pasan a través de la trituradora serán reducidas a tamaños no mayores que el ajuste cerrado, que debe usarse para designar el tamaño de la abertura de descarga.

La velocidad del cono y la distancia de recorrido deben sincronizarse cuidadosamente. Un espacio ancho permite a los fragmentos caer con mayor libertad que uno angosto, y si se combina con un movimiento lento, permite a los fragmentos caer con mucha anticipación al impacto siguiente. La rotación rápida y el corto recorrido no les permitirán caer a distancia suficiente, y se desperdiciaría potencia.

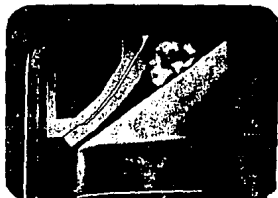
Una desventaja de ésta máquina es que cuando el material es pegajoso, la trituradora se puede obstruir y tapar, ya que no sirve para triturar roca blanda húmeda que tienda a apilonarse bajo la presión, ni roca mezclada con arcilla.

La trituradora de cono más utilizada en México es la de la marca Tel-smith donde se conoce como GIROESFERA, así como las marcas Symmons-Raxnord, Allis-Chalmers, etcétera.





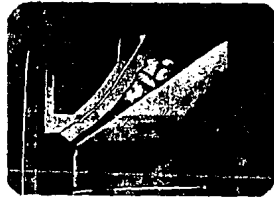
1a. Posición. Con la cabeza en la posición de la máxima abertura, una piedra grande acaba de entrar a la cavidad de trituración.



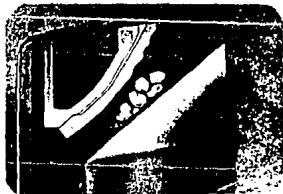
2a. Posición. Al moverse la cabeza hacia el lado angosto, la piedra recibe su impacto inicial y se rompe en varias partículas pequeñas.



3a. Posición. Las partículas quebradas caen verticalmente hacia la cabeza al retroceder ésta del lugar donde está la piedra, cuando se mueve hacia el lado abierto.



4a. Posición. La cabeza se encuentra otra vez en el lado cerrado y, recibiendo otro impacto, las partículas vuelven a sufrir otra reducción de tamaño.



5a. Posición. Las partículas siguen de nuevo una trayectoria vertical. se extienden a través de la cabeza y avanzan más en la cavidad de trituración.



6a. Posición. Con otro impacto de trituración, se produce otra reducción de tamaño, que corresponde a la abertura de la cavidad en ese punto.

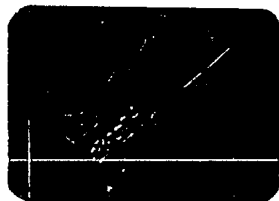
FIG. 5.26 CORTI ESQUEMATICO DE LA DESCRIPCION DE LA TRITURACION



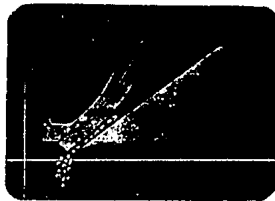
7a. Posición. El material ha avanzado más en su trayectoria hacia abajo y está entrando precisamente a la ancha zona paralela en el fondo de la cabeza.



8a. Posición. De nuevo se produce otra reducción de tamaño en las partículas que ahora se encuentran en la zona paralela, que tiene la amplitud para la que se ajusta la trituradora.



9a. Posición. Aquí, de nuevo la cabeza está en el lado abierto con todo el material ahora en la zona paralela. Nótese la gran abertura creada para la descarga de los fragmentos finos triturados.



10a. Posición. Ya todas las partículas se han reducido en su tamaño, - habiendo recibido cinco impactos de la cabeza al pasar por la cavidad de trituración.

FIG. 5.26 CORTE ESQUEMATICO DE LA DESCRIPCION DE LA TRITURACION  
( CONTINUACION )

( t ) : La designación de éste equipo es según el diámetro inferior o máximo del cono o cabeza, expresado en pies, el cual es diferente al de la quebradora giratoria; las más comunes son: 24" 'S' (2 pies), 36" 'S' (3 pies), 48" 'S' (4 pies) y 66" 'S' (5 1/2 pies) (tabla 5.4; anexo 1).

Aún cuando puede usarse el diámetro máximo del cono de la máquina para designar el tamaño de una trituradora de cono, el tamaño de la abertura de alimentación, es el ancho de la abertura de entrada a la cámara de trituración la que limita el volumen de las rocas que puede alimentarse a la trituradora.

( P ) : La producción de la trituradora de cono tipo "S", produce buenas partículas cúbicas. Los constructores de caminos empezaron a utilizar en unidades portátiles, el tamaño de 36" (3 pies), que es una máquina aproximadamente de 11000 Kg de peso con una producción de 83 ton/hr (tabla 5.4 anexo 1) a una abertura de salida de 1" (para producir material de 1 1/2"). Posteriormente los grandes volúmenes de materiales requeridos en los nuevos proyectos de autopistas, obligaron a utilizar los tamaños de 48" (4 pies), máquinas de 22000 Kg de peso aproximadamente y producciones del orden de 170 ton/hr (tabla 5.4; anexo 1) a una abertura de salida de 1" (para producir material de 1 1/2") y hoy en día ya los tamaños de 66" (5 1/2 pies), máquinas con peso de 42000 Kg aproximadamente y producción del orden de 275 ton/hr (tabla 5.4; anexo 1) a una abertura de salida de 1" para material de base (1 1/2" - 0), teniendo bastante demanda entre los grandes contratistas de caminos.

En las gráficas 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 del anexo 1, se muestran el análisis de curvas granulométricas del producto triturado en las trituradoras de cono tipo "S" para varias aberturas de salida.

### 5.3.2.2 TRITURADORA DE RODILLO DOBLE.

( T ) : La trituradora de rodillo doble se usa en la etapa secundaria de trituración para producir reducciones adicionales en los tamaños de la roca una vez que se ha sometido la producción de una cantera a una etapa anterior de trituración.

En el pasado éste era el equipo más popular, hoy en día, su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos como son caliza, carbón y yeso debido a que con rocas altamente abrasivas, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilíndrica de los rodillos hace que se tengan altos costos de mantenimiento.

( D ) : Este tipo de trituradora de mecánica simple, utiliza los efectos de compresión y corte, que toma el material triturable atrapado entre los rodillos, para efectuar la reducción de tamaño del agregado pétreo (figura 5.27).

El índice de reducción que se logra con ésta máquina es relativamente bajo debido a las limitaciones que se tienen en los tamaños de los alimentadores. En general, la reducción de los materiales que se alimentan, mayores que una pulgada de diámetro, está reducida de cuatro a una, pero los pedazos más chicos pueden reducirse hasta un décimo. Además, se presentan también las siguientes limitaciones:

1. El diámetro de los rodillos debe ser de 20 a 30 veces mayor al tamaño de los fragmentos en la alimentación para que pueda aprisionarlos y triturarlos.

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

En otro aspecto, la trituradora de rodillos doble consiste en un MARCO de hierro colado y equipado con DOS RODILLOS o CILINDROS horizontales fabricados en acero duro, montado cada uno sobre un EJE horizontal diferente y que giran en direcciones opuestas, siendo la dirección de su movimiento en la parte superior encontrada.

Está construida de tal manera que cada uno de los rodillos sea impulsado independientemente por medio de una POLEA de banda plana o por una banda en "V". Uno de los rodillos está montado sobre un MARCO DESLIZANTE para permitir un ajuste en el ancho de la abertura de descarga entre los dos rodillos, y se llama RODILLO IMPULSOR EL RODILLO MOVIL está montado en un carro empujado hacia el impulsor por medio de fuertes RESORTES para proporcionar una seguridad contra daños por pedazos de hierro o algún otro

material no triturable que pueda pasar a través de la máquina, y se mantiene a la distancia correcta por medio de TOPES AJUSTABLES (figura 5.27, c).

En alguna otra trituradora, un RODILLO es "ESTACIONARIO", es decir, - su eje permanece fijo, y es el rodillo motor que impulsa a la trituradora. El otro rodillo se hace girar mediante un ENGRANE DE ESTRELLA o una transmisión de cadena que viene desde el primer rodillo; éste rodillo se conoce como RODILLO "FLOTANTE" porque puede ajustarse para cambiar el ancho de la abertura de descarga entre los dos rodillos y lograr el ajuste de la trituradora, y cuenta con RESORTES para proporcionar una seguridad contra daños por los trozos de fierro que pasen, comprimiendo los resortes, de manera - que puedan pasar sin producir daño a la trituradora (figura 5.27, b).

Los rodillos se fabrican con una superficie que permiten describirlos como rodillos de CORRUGADO GRUESO, de CORRUGADO FINO, LISOS y DENTADOS. — Los rodillos de la trituradora pueden tener la misma superficie (figura 5.27, d) o diferentes superficies (figura 5.27, b), dependiendo de su efectividad con el material a triturar.

Así entonces, los rodillos con superficie lisa son para producir material fino y los rodillos con superficie corrugada que no lo producen tan fino pero admite tamaños mayores. Esta trituradora está diseñada de tal forma que el material triturable que cae hacia el espacio que existe entre los rodillos y por la fricción de la superficies de los mismos, es jalado y triturado en su trayecto. El material pegajoso puede empacarse entre los rodillos, pero no tapa a la trituradora.

Las superficies de los rodillos tienden a gastarse en surcos, por lo que a menudo tienen manera de ajustarlos lateralmente para emparejar el desgaste; éste puede ser manual o automático.

Sin embargo, para disminuir los problemas de alto costo de mantenimiento en dinero y tiempo, en el rectificado de surcos de desgaste, se han diseñado MÁQUINAS DE SOLDADURA AUTOMÁTICA (figura 5.28) que mitigan un poco estos inconvenientes.

El COEFICIENTE DE FORMA del material triturado en los rodillos es por regla general bajo, con una gran tendencia a formar muchas lascas en cierto tipo de rocas.

La trituradora produce un material uniforme de graduación controlada. Para obtener el producto final deseado, a menudo se ajusta la trituradora

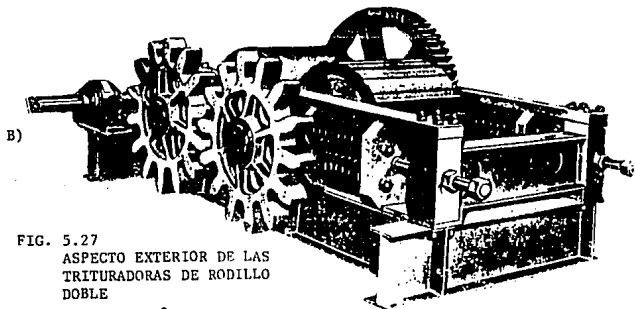
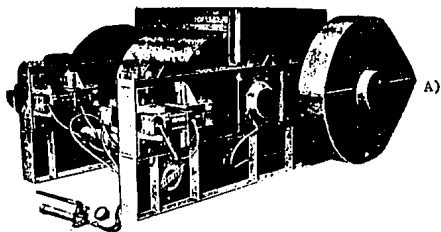
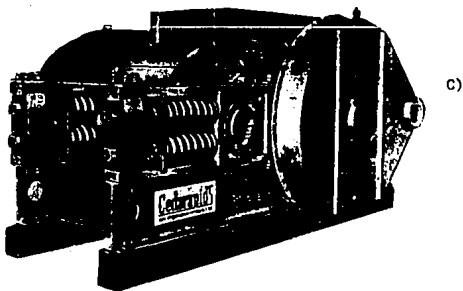


FIG. 5.27  
ASPECTO EXTERIOR DE LAS  
TRITURADORAS DE RODILLO  
DOBLE



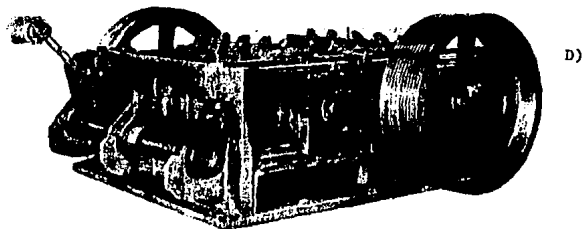


FIG. 5.27 ASPECTO EXTERIOR DE LAS TRITURADORAS DE RODILLO DOBLE  
( CONTINUACION )

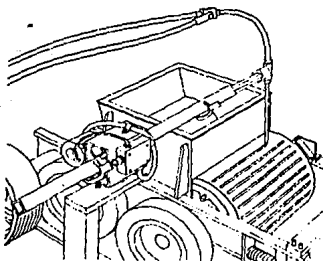


FIG. 5.28 MAQUINA DE SOLDADURA AUTOMATICA

de rodillos con un circuito "cerrado" para recircular el material más grande que pasa por ella. Este material es en realidad, material voluminoso, - es decir, mayor que el tamaño o dimensión de ajuste de la trituradora. Para evitar la sobrecarga de una trituradora de rodillos, lo mejor es separar mediante cribas cualquier material, de la alimentación de la trituradora, cuyo tamaño sea inferior al de ajuste, y desviar éste material, haciéndolo pasar a un lado de la trituradora, y por fuera de ella.

Hay otra TRITURADORA DE UN SOLO RODILLO y es, generalmente, una máquina para usos especiales, y la forma un cilindro horizontal de gran diámetro dentado o acanalado. El rodillo gira cerca de una placa ajustable o yunque que actúa como la otra superficie de trituración. Los dientes o proyecciones llamados lingotes actúan como marros al romper las piedras grandes aplicando una acción de corte y cizalleo. Los fragmentos más pequeños son arrastrados entre el rodillo y la placa y se triturar por la presión - producida por el arrastre. Es adecuada para triturar material pegajoso o blando como la arcilla pasando con poca dificultad en cambio, éste material puede empacarse o tapar otros tipos de trituradoras. Asimismo, funciona mejor con rocas estratificadas o laminadas que no son muy abrasivas (figura 5.29).

Por los motivos anteriormente descritos, en muchas instalaciones de producción de agregados, las trituradoras de rodillos han venido siendo - sustituidas por otro tipo de máquinas, limitándose el uso de las mismas al proceso de cierto tipo de materiales suaves y poco abrasivos como se había mencionado anteriormente.

( t ) : El tamaño de ésta máquina se designa por dos dimensiones, el diámetro y la longitud de los rodillos, generalmente en pulgadas, los más usuales son: 16"x16", 24"x16", 30"x18", 30"x22", 30"x26", 40"x20", 40"x24", 40"x30" y 54"x24". Aunque también se hacen desde tamaños para usarse en la laboratorios hasta con rodillos de noventa pulgadas de diámetro y anchuras - de treinta y seis pulgadas.

El tamaño del material que puede alimentarse a una trituradora de rodillos lo rige no solamente el ajuste entre los rodillos sino también el -



diámetro de los mismos, el ángulo de trituración, el ángulo de sujeción y la fricción entre la piedra y la superficie de los rodillos.

Generalmente, el máximo tamaño no es mayor a 8" o 9" para los rodillos más grandes, y ésta dimensión representa aproximadamente  $1/6$  del diámetro para los rodillos de corrugado grueso, o de  $1/8$  a  $1/10$  del diámetro, para los rodillos lisos. El tamaño máximo del material de alimentación para la trituradora de rodillos depende de la piedra más grande que puedan machucar o atrapar los rodillos.

Por lo tanto, dicho tamaño máximo de alimentación, es directamente — proporcional al diámetro de los rodillos. Si la alimentación contiene piedras demasiado grandes, los rodillos no podrán morderlas para jalarlas después a través de la trituradora. El **ÁNGULO DE TRITURACION** (figura 5.30), — que es constante para rodillos lisos, es de  $16^{\circ}45'$ . El tamaño máximo de las partículas que pueden ser trituradas se determina como sigue:

Sea  $R$  = radio de los rodillos

$B$  = ángulo de trituración

$D = R \cos B = 0.9575 R$

$A$  = tamaño máximo de la alimentación

$C$  = ajuste de los rodillos = tamaño del producto terminado.

$$X = R - D$$

$$X = R - 0.9575 R = 0.0425 R$$

$$A = 2 X + C$$

$$\underline{A = 0.085 R + C /}$$

El **ÁNGULO DE SUJECION** se determina trazando líneas desde los centros de los rodillos a los puntos de contacto con la piedra, y dibujando tangentes a éstas líneas. El ángulo con que se cortan las tangentes es el ángulo de sujeción. Este no debe ser mayor de  $31^{\circ}$  para el uso general de los rodillos lisos.

El ángulo se reduce usando roca de menor tamaño o rodillos mayores, o separando los rodillos para que el producto resulte más grueso.

A la fricción le afecta la dureza o lo resbaloso de la roca y de la superficie del rodillo. Una superficie centada, picada o corrugada aumenta el agarre.

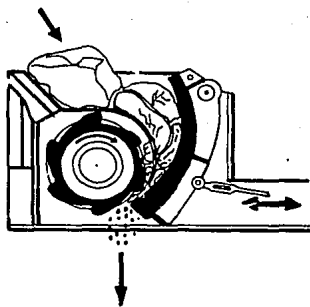


FIG. 5.29 CORTE LONGITUDINAL DE LA TRITURADORA DE UN SOLO RODILLO

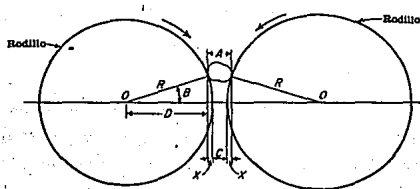


FIG. 5.30 ESQUEMA

En la trituradora de un solo rodillo, ésta se designa por el diámetro del rodillo en la base de los dientes salientes y por la longitud del rodillo, expresándose ambas dimensiones en pulgadas.

( P ) : La capacidad de producción de una trituradora de rodillo doble varía con la clase de piedra, con el tamaño de la alimentación, con el tamaño del producto terminado, con el ancho de los rodillos, con la velocidad a la que giran los rodillos, y con la uniformidad de la alimentación de la piedra a la trituradora.

Las capacidades representativas de la tabla 5.5 del anexo 1 de las — trituradoras de doble rodillo lisos, están expresadas en toneladas de piedra por hora para un material de  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/pie}^3$ ) al ser triturado.

En la gráfica 5.7 del anexo 1, se muestra el análisis del tamaño de agregado producido para varios ajustes de salida.

Por otra parte, la trituradora de un solo rodillo produce partículas oúbicas sin un exceso de material fino. Raras veces se ajusta para aberturas inferiores de  $2 \frac{1}{2}''$ .

### 5.3.2.3 TRITURADORA DE IMPACTO.

( T ) : Algunas trituradoras de producción de agregados pétreos usan la técnica antigua de romper las rocas con un marro, pero de una manera — controlada para alta producción con medios mecánicos, sin la intervención del hombre. La trituradora de impacto es una de éstas, y se usa como trituradora secundaria.

( D ) : La trituradora de impacto o impactor (figura 5.31), es una — trituradora de gran tamaño que trabaja con UNO, o quizás DOS ROTORES, equi

gado cada uno con DOS o MAS HILERAS DE MARTILLOS salientes alrededor de su circunferencia.

Utiliza básicamente el efecto de fuertes impactos, ya que el material que es alimentado, es golpeado por los martillos, que son impulsados por — el rotor que está girando a elevadas revoluciones por minuto, sufriendo un empuje contra los lados del BASTIDOR o de la CAVARA DE TRITURACION, que —

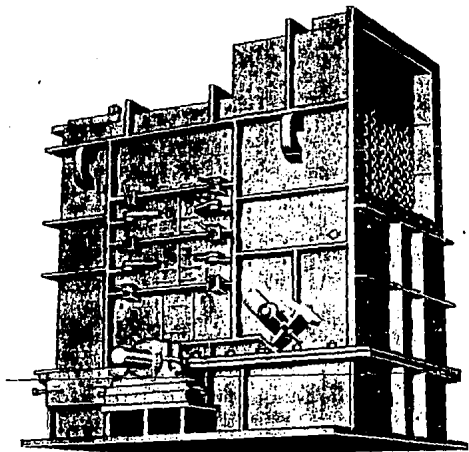


FIG. 5.31 ASPECTO EXTERIOR DE LA TRITURADORA DE IMPACTO

son **PLACAS ROMPEDORAS**, **BARRAS** o **COMPUEBTAS**, y cada impacto tritura al material aún más. A diferencia de la trituradora de martillos, la trituradora de impacto no tiene rejilla o parrilla de barras en su parte inferior, por lo que el material puede fluir libremente por debajo de la trituradora (figuras 5.32 y 5.33).

Generalmente, las **PLACAS ROMPEDORAS**, las **BARRAS DE IMPACTO**, así como las **CABEZAS DE MARTILLO** se fabrican con acero al manganeso que es resistente a la abrasión, ya que es necesario cambiarlas frecuentemente de acuerdo con el desgaste que les ocasiona el proceso de trituración.

Con éste tipo de máquina se obtiene material cúbico de elevado coeficiente de forma, con índices de reducción muy grande.

Desgraciadamente, ésta máquina no es adecuada para procesar rocas con más del 6% de contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), por el fuerte desgaste que sufren sus martillos y barras de impacto, especialmente con los materiales pétreos abrasivos en exceso o duros. Siendo aconsejable su empleo principalmente para triturar en una sola pasada, piedra o roca relativamente blandas como son calizas, dolomitas, yesos, asbestos y en general todo tipo de materiales no abrasivos, pues de lo contrario se elevan muy fuertemente — sus costos de mantenimiento de las partes de la trituradora de impacto y — se vuelve problemático.

Por otra parte, la **TRITURADORA DE DOBLE ROTOR** o **IMPACTOR DE ROTORES GEMELOS**, es esencialmente una trituradora secundaria para materiales húmedos, pegajosos, que normalmente obturan otras trituradoras, siendo una máquina excelente para la reducción mecánica de esquistos (figura 5.34).

Esta máquina tritura enteramente por impacto contra **MARTILLOS** de acero al manganeso, estando construidos de tal forma que se pueden aplicar **AN TORCHAS DE GAS** en el espacio interior, de modo que los gases calienten los forros protectores y hagan que la arcilla pegada caiga dentro de la trayectoria de los martillos.

**MOTORES INDEPENDIENTES** accionan cada rotor en direcciones opuestas para impartir el máximo de impacto al centro, debajo de las aberturas de alimentación, siendo sus velocidades ajustables desde 900 a 1800 revoluciones por minuto. Para la producción de un máximo de finos, se usa un mínimo de potencia.

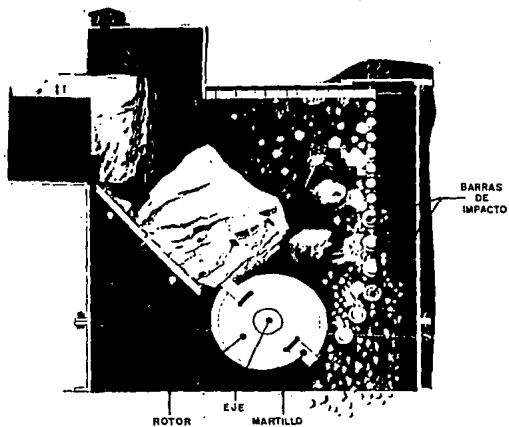


FIG. 5.32 CORTE ESQUEMATICO

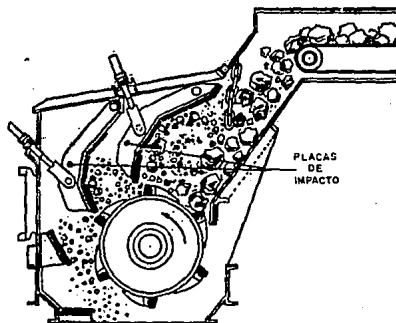


FIG. 5.33 CORTE ESQUEMATICO

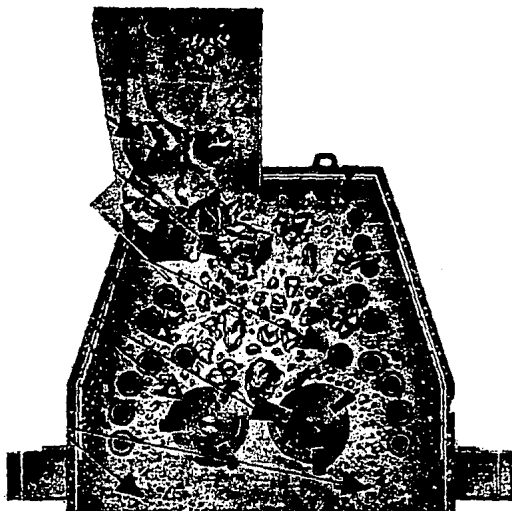


FIG. 5.34 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE DOBLE ROTOR

El impactor de rotores gemelos, está dinámicamente balanceado y funciona sin vibración, y no requiere de cimientos sólidos y costosos.

( t ) : El tamaño de ésta trituradora se designa con el diámetro del rotor por el ancho del mismo en pulgadas generalmente, indicando si es de simple o de doble rotor, o también, se puede designar por la abertura de alimentación al igual que la quebradora de quijadas.



### 5.3.3 TRITURACION TERCIARIA.

( E ) : El material producto de la trituración secundaria puede ser - utilizado como agregado para la producción de concretos hidráulicos y en - la construcción de bases y sub-bases de caminos y aeropistas, sin embargo en muchas ocasiones, como en el caso de la producción de concreto asfáltico y material de sello para carpetas, es necesaria la presencia de mate- - rial aún más fino, para ello es necesaria la trituración terciaria que se encarga de reducir el material de 1" a 3", producto de la trituración se- - cundaria, a tamaños de 1/4" a 3/4".

Las máquinas comúnmente utilizadas para realizar ésta etapa son las - trituradoras de cono tipo "FC", de rodillo triple y de martillos.

#### 5.3.3.1 TRITURADORA DE CONO TIPO "FC".

( T ) : La trituradora de cono tipo "FC" o de reducción (figura 5.35) es la más utilizada en lo que respecta a trituración terciaria. Es capaz - de producir cantidades de piedra uniforme y más finamente triturada.

( D ) : Su fabricación y la constitución de sus principales componen- - tes (figura 5.36), son semejantes a los de la trituradora de cono tipo "S" ya descrita.

No obstante, la de cono tipo "FC", se fabrica en modelos especiales - para cumplir la etapa terciaria de trituración.

Es un modelo que si bien, desde el exterior presenta prácticamente el mismo aspecto que la trituradora de cono tipo "S", la geometría de su CAMA RA DE TRITURACION aunque también es anular y en forma de cuña su sección transversal, tiene gran diferencia con aquella, ya que tiene un faldón lax go donde las superficies de la cabeza y el tazón son paralelas para redu- - cir el porcentaje de fragmentos de tamaño excesivo que pasa entre ellas; - siendo lógicamente ésta máquina, que se puede cerrar a menor dimensión el - ajuste de abertura de descarga para producir material más pequeño, la que admite menor tamaño de piedra a la entrada (figura 5.37).

Además, tiene una placa central que distribuye la alimentación unifor

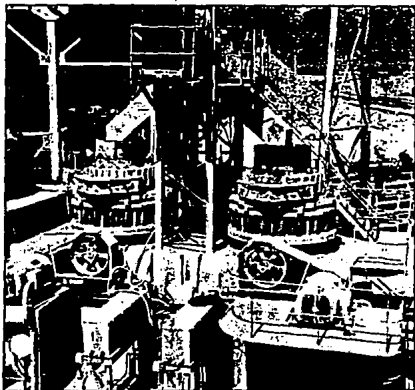


FIG. 5.35 ASPECTO EXTERIOR

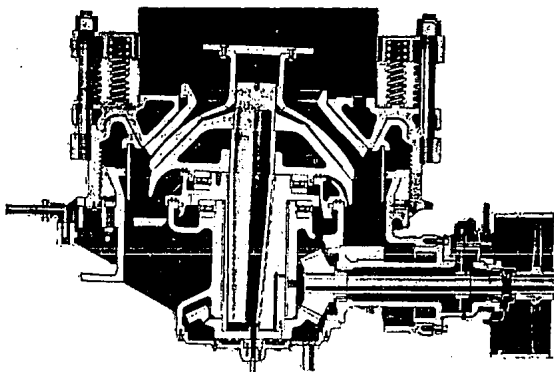


FIG. 5.36 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE CONO  
TIPO " FC "

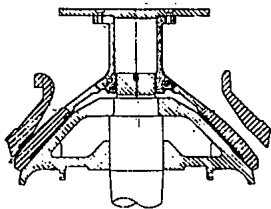


FIG. 5.37 CORTE ESQUEMATICO DE LA CAMARA DE TRITURACION  
TERCIARIA, " FC " o CABEZA CORTA

memente en toda la circunferencia.

Para la trituración terciaria éstas máquinas se designan por TelSmith como tipo "FC" (fine crushing: triturado fino) y en la Symmons como cabeza corta (short head).

( t ) : La designación de éste equipo es según el diámetro inferior o máximo del cono o cabeza expresado en pies, siendo las más comunes: 24" — 'FC' (2 pies), 36" 'FC' (3 pies), 48" 'FC' (4 pies) y 66" 'FC' (5 1/2 pies) (tabla 5.6; anexo 1).

( P ) : La producción de la trituradora de cono tipo "FC", aunque es menor que la del tipo "S", también produce buenas partículas cúbicas (tabla 5.6; anexo 1).

En las gráficas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 del anexo 1, se muestran el análisis de curvas granulométricas del producto triturado en las trituradoras de cono tipo "FC" para varias aberturas de salida.

### 5.3.3.2 TRITURADORA DE RODILLO TRIPLE.

( T ) : La trituradora de rodillo triple se usa en la etapa terciaria de trituración para producir reducciones aún más en los tamaños de la piedra una vez que se ha sometido la producción de una trituradora a una etapa anterior de trituración.

( D ) : Esta máquina utiliza los efectos de compresión y corte, que toma el material triturable atrapado entre los rodillos.

Su fabricación y la constitución de sus principales componentes, son semejantes a los de la trituradora de rodillo doble ya descrita.

No obstante, la trituradora de rodillo triple tiene un tercer rodillo situado casi directamente arriba del fijo de la trituradora de rodillo doble.

El material entra a éste tipo de trituradora entre el RODILLO SUPERIOR y el FIJO, o MOTOR, para una primera reducción. El rodillo superior se conoce como rodillo "flotante", porque puede ajustarse para cambiar el

FIG. 5.38 ASPECTO EXTERIOR  
DE LA TRITURADORA DE  
RODILLO TRIPLE

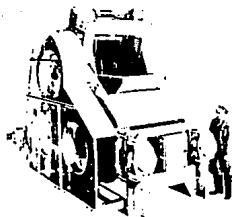
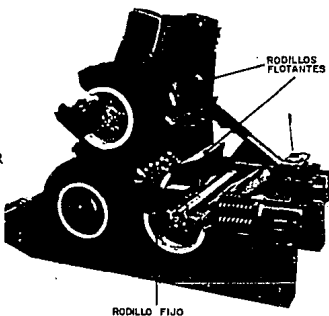


FIG. 5.39  
ASPECTO EXTERIOR  
DE LA TRITURADORA DE  
RODILLO TRIPLE

ancho de la abertura de descarga entre estos dos rodillos y cuenta con resortes para proporcionar una seguridad contra daños por materiales no triturables. Después, pasa por una segunda trituración o reducción entre los rodillos fijo o motor y "flotante" situados como los de una trituradora de rodillo doble (figura 5.38).

O bien, el material entra primero entre los rodillos "flotantes", para una primera reducción; y después pasa entre los rodillos fijo y "flotante", para una segunda reducción del material (figura 5.39).

El índice de reducción que se logra con ésta máquina es relativamente mayor a la de una trituradora de rodillo doble, ya que la introducción de un tercer rodillo permite que la máquina trabaje produciendo mayores índices de reducción del material alimentado, aún cuando más costosa es en inversión inicial y en operación.

La potencia que requiere la trituradora de rodillo triple es ligeramente mayor a la de una de doble rodillo, debido a que realiza más trabajo en la reducción de tamaño del material.

( t ) : El tamaño de ésta máquina se designa por dos dimensiones, el diámetro y la longitud de los rodillos, generalmente en pulgadas. Los más usuales son: 24"x30", 40", 50" y 60" y 30"x40", 50", 60" y 72".

( P ) : La capacidad de producción de ésta máquina es casi igual a la de la trituradora de doble rodillo del mismo tamaño y de ajuste mínimo .

### 5.3.3.3 TRITURADORA DE MARTILLOS.

( T ) : La trituradora de martillos es también conocida como molino de martillos o molino de mazos. Es la máquina de impacto más usada, y podría utilizarse ya sea para la trituración primaria o secundaria, pero más bien se usa como trituradora de mayor reducción en la etapa terciaria de trituración (figura 5.40).

El molino de martillos lo hay del tipo : NO REVERSIBLE, CON JAULA NO AJUSTABLE (figura 5.41) y CON JAULA AJUSTABLE (figura 5.42); REVERSIBLE (figura 5.43); y NO ATASCABLE (figura 5.44).

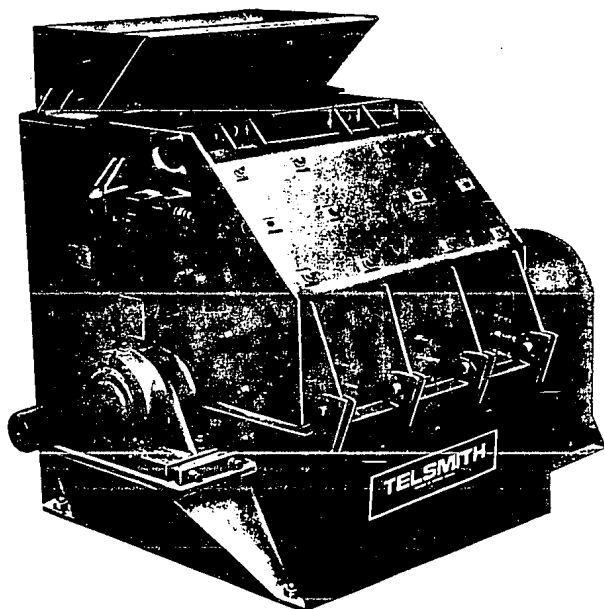


FIG. 5.40 ASPECTO EXTERIOR DE LA TRITURADORA DE MARTILLOS

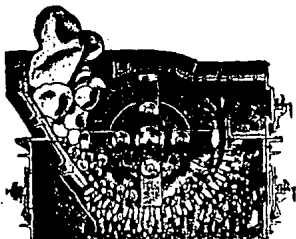


FIG. 5.41 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE MARTILLOS NO REVERSIBLE CON JAULA NO AJUSTABLE.

FIG. 5.42 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE MARTILLOS NO REVERSIBLE CON JAULA AJUSTABLE.

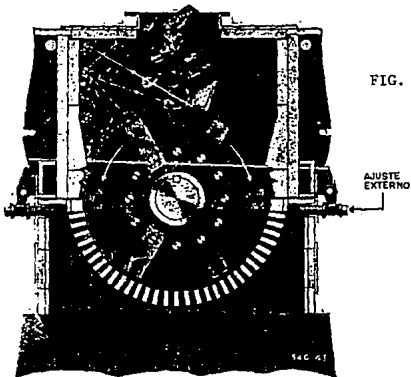
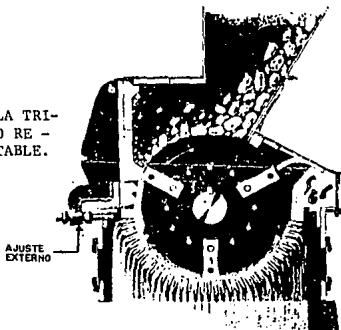


FIG. 5.43 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE MARTILLOS REVERSIBLE.



( D ) : Los componentes básicos de ésta máquina incluyen: un MARCO o BASTIDOR (1) que funciona como cámara de trituración, un EJE HORIZONTAL (2) que se extiende a través del marco, varios BRAZOS (3) y MARTILLOS (4) - conectados a un CARRETE o ROTOR (5) que está montado sobre el eje, una o más PLACAS ANGULARES o PLANAS (6) verticales o inclinadas de acero al manganeso o de algún otro acero duro y una SERIE DE BARRAS o PARRILLA (7) que funciona como criba cuyos espaciamentos pueden hacerse variar para regular el ancho de las aberturas para que fluya la piedra triturada (figura - 5.45).

Los martillos son piezas de desgaste fabricados en acero al manganeso fundido con un peso aproximado de 15 Kg cada uno y pueden ser girados, sobre el mismo brazo, para equilibrar el desgaste que sufren al impactar el material.

La serie de barras o parrilla son fabricadas de acero de dureza excepcional tratada térmicamente para alta resistencia al desgaste. Las aberturas de las barras son levemente cónicas para una descarga rápida y están - inclinadas en dirección radial al centro del rotor al mismo tiempo que describen un medio círculo para el recorrido de los martillos.

El molino de martillos utiliza básicamente el efecto de fuertes impactos ya que, a medida que se alimenta la piedra por triturar al molino, los martillos, que giran rápidamente con velocidades en sus extremos a menudo mayores de 53.64 metros por segundo, golpean las piedras, rompiéndolas y - empujándolas para que reboten repetidas veces contra la PLACA DE IMPACTO ANGULAR (figura 5.45), contra la PLACA DE IMPACTO PLANA VERTICAL (figuras 5.42 y 5.43) o contra la PLACA DE IMPACTO PLANA INCLINADA (figura 5.41). - Luego los martillos empujan los fragmentos a través de la parrilla por la que pasarán si son suficientemente pequeños, y si son de tamaño mayor los vuelven a lanzar contra las placas anteriores de impacto para volverlos a romper.

Trabaja con similitud como la trituradora de impacto, pero cuenta con la ventaja adicional de la trituración con los martillos en el lado de abajo del rotor, con la cual logra reducir el material a un tamaño todavía - más fino. En éste caso, la trituradora aplica también los efectos secundarios de corte y desgaste en la molienda final de la piedra entre los martillos y la parrilla que funciona como controlador del tamaño máximo del pro

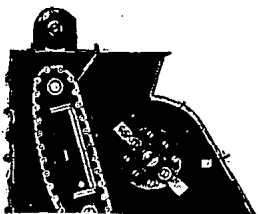


FIG. 5.44. COORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE MARTILLOS NO ATASCABLE.

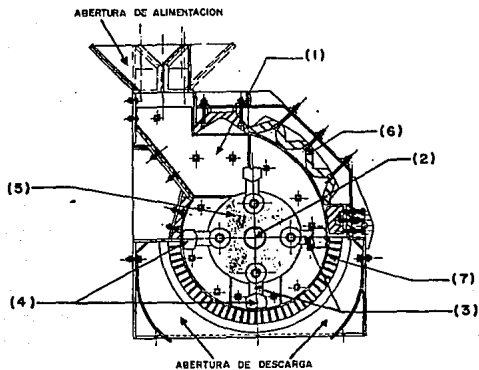


FIG. 5.45. COORTE ESQUEMATICO

ducto (figura 5.42), y por ello se usa para materiales pegajosos cuando se necesitan muchos finos; no es adecuada para procesar material abrasivo, — por el fuerte desgaste que sufren sus martillos y brazos, pues de lo contrario se elevan sus costos de mantenimiento.

Las aberturas de las parrillas pueden ser de la misma anchura (figura 5.43), o pueden ser de varios tamaños (figura 5.46), con las aberturas más angostas cerca de la placa de impacto, aumentando progresivamente de anchura al alejarse de ella. Esta última disposición permite el uso de varias tolvas debajo de la parrilla y la separación de la roca triturada según el tamaño de sus fragmentos.

Esta máquina está sujeta a cargas máximas extremas, y requieren volantes pesados para conservar su cantidad de movimiento.

La trituradora de martillos tiene la mayor relación o índice de reducción que cualquier otro tipo de trituradora, y cuando la roca es blanda o de estructura favorable, puede reducir los cubos de cuarenta y ocho pulgadas a cubos de una pulgada en una operación, cuando se le usa como trituradora primaria en roca media y blanda, y como trituradora secundaria en cualquier tipo de material.

Su producto tiende a ser en fragmentos de forma cúbica, en mayor grado que en las trituradoras del tipo de presión. La finura de la trituración se puede obtener ajustando la colocación de la placa más cerca de los martillos; pero la finura del producto la determina la colocación de las series de barras.

Parte de la trituración se efectúa contra las barras, pero se mantiene a un mínimo porque no son tan resistentes como las placas de impacto.

EL MOLINO DE MARTILLOS REVERSIBLE se presta mejor para trituración secundaria y terciaria, para producir productos gruesos y semi-finos de tamaño máximo nominal sin sobretamaños y sin empleo de cribas exteriores (figura 5.43).

Lo alimenta con materiales de alrededor de 12" y lo reduce hasta 1" y aún hasta menores. Este molino puede colocarse en circuito cerrado para producir productos finos, posee idéntica reducción cuando funciona ya sea en el sentido de las manecillas de reloj o en sentido contrario, ya que se cuenta con jaulas gemelas simétricas alrededor de la mitad inferior.

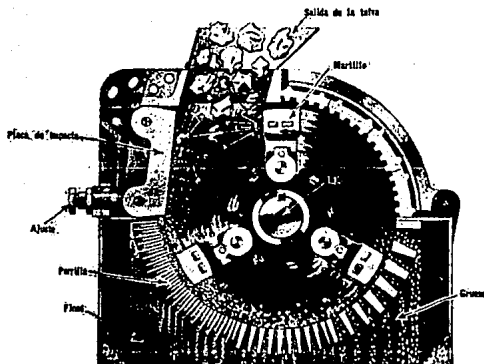


FIG. 5.46 CORTE ESQUEMATICO

Una de sus ventajas es la facilidad de ajuste externo de las placas - rompedoras y los juegos de jaula o parrilla.

Es apropiado para trituración de cal, yeso, productos metalúrgicos, - productos químicos, agregados livianos. Y en la minería: carbón de coque, y carbón para la producción de energía.

Cuando un molino de martillos es utilizado, debido a su empleo apropiado para el tipo de material, y este material es húmedo y pegajoso, obtu rándose el molino y disminuyendo la producción, se solucionará esto al uti lizar un MOLINO DE MARTILLOS NO ATASCABLE.

Está provisto de una placa de impacto viajera, que está en movimiento continuo, forzando la alimentación dentro de la trayectoria de los marti llos, e impidiendo que se acumule el material húmedo y pegajoso en la pla ca de impacto, fuera del alcance de los martillos. La inercia y la veloci dad de las partículas trituradas son suficiente para descargar la mayoría de los materiales.

Si el producto se acumula y ha de quitarse frecuentemente, éste apara to puede proveerse con un elemento viajero autolimpiador.

La propulsión para la placa de impacto y el elemento de montaje trasero, van instalados sobre el propio molino, arriba, fuera del polvo. Este - arreglo brinda una instalación compacta, requiriendo un mínimo de espacio de piso.

Trabaja eficientemente en materiales como: bauxita, piedra caliza, ce mentos, esquistos y roca fosfatada (figura 5.44).

La trituradora de martillos en forma de anillos son de construcción - mejante, excepto que se usan anillos en vez de martillos comunes. Estos gi ran produciendo impactos, distribuyendo el desgaste en toda su circunferen cia.

( t ) : El tamaño de ésta trituradora puede designarse por el tamaño de la abertura de alimentación en pulgadas, o bien, por el diámetro medido hasta las puntas de los martillos y la distancia entre las paredes latera les, ambos en pulgadas también.

( P ) : Su capacidad de producción varía no solo con el tamaño de la trituradora de martillos sino que también con el tamaño y la clase de piedra con que se alimenta y con la velocidad a la que gira el eje o los martillos.

Las capacidades representativas de ésta trituradora están expresadas en toneladas por hora para un material con un peso de  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/ft}^3$ ) al ser triturado (tabla 5.7; anexo 1).

### 5.3.4 TRITURACION CUATERNARIA.

( E ) : 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 secundaria y terciaria que acusan déficit de partículas de 0 a 2 mm para cumplir con las especificaciones de los materiales de base y carpeta asfáltica para la construcción de caminos, es necesaria efectuar la trituración cuaternaria que se encarga de la reducción de los materiales pétreos de 1/4" a 3/4", - producto de la trituración terciaria, a tamaños menores a 1/4".

Las máquinas comúnmente utilizadas para realizar ésta etapa son las trituradoras de cono tipo "VFC", molino de barras y molino de bolas.

#### 5.3.4.1 TRITURADORA DE CONO TIPO "VFC".

( T ) : La trituradora de cono tipo "VFC" es la más utilizada en lo que respecta a trituración cuaternaria. Produce cantidades de piedra uniforme y aún más finamente triturada.

( D ) : Su fabricación y la composición de sus principales componentes son semejantes a los de la trituradora de cono tipo "FC", ya descrita.

Sin embargo, su fabricación es especial para realizar la etapa cuaternaria de reducción, y es un modelo que presenta prácticamente el mismo aspecto (figura 5.47) que la trituradora de cono tipo "FC", pero la geometría de su CÁMARA DE TRITURACION, aunque también es anular y en forma de cuña su sección transversal, marca una diferencia con aquella, ya que tiene un faldón más corto; siendo lógicamente ésta máquina, que se puede cerrar a menor dimensión todavía más el ajuste de abertura de descarga para producir material más fino, la que admite a su vez, más aún menor tamaño de piedra a la entrada (figura 5.48).

En la figura 5.49 se muestra lo que ocurre en la cámara de trituración: el cono tipo "VFC" provoca en el material un espacio entre partículas, lo que significa que la quiebra principal es de piedra contra piedra y no contra las superficies de desgaste, en un principio. La alimentación,

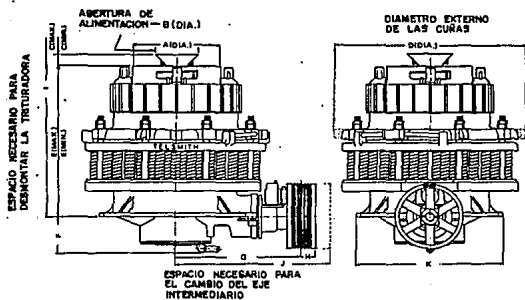


FIG. 5.47 CORTE ESQUEMATICO DE LA TRITURADORA DE CONO TIPO " VFC " .

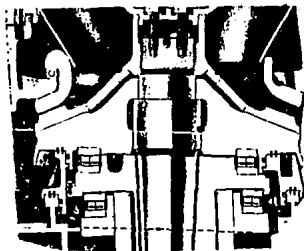


FIG. 5.48 CORTE ESQUEMATICO DE LA CAMARA DE TRITURACION CUATERNARIA, " VFC " 6 " GYRADISC "



controlada en la parte superior, mantiene llena la cámara de trituración, con etapas sucesivas de material. Por eso, la abertura de descarga es mayor que el producto final y no lo determina, al contrario de lo que ocurre con las trituradoras convencionales.

En la figura 5.50 se muestra el triturado con el cono tipo "VFC": a la izquierda está el material alimentado y a la derecha está el producto final, demostrando la gran relación de reducción conseguida.

Para la trituración cuaternaria, éstas máquinas se designan por Tel-smith como tipo "VFC" (very fine crushing: triturado muy fino).

( t ) : La designación de éste equipo es según el diámetro inferior o máximo del cono o cabeza expresado en pies. Las más comunes son: 24" 'VFC' (2 pies), 36" 'VFC' (3 pies) y 48" 'VFC' (4 pies) (tabla 5.8; anexo 1).

( P ) : Las capacidades medias representativas (tabla 5.9; anexo 1) - de la trituradora de cono tipo "VFC", están expresadas en toneladas por hora para un material suelto, seco y pesando  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/ft}^3$ ). Así mismo, se muestran algunas especificaciones de éste tipo de trituradora, - en donde la potencia necesaria en H.P. puede variar con la naturaleza del material.

En la gráfica 5.11 del anexo 1, se muestra el análisis de curvas granulométricas del producto triturado en la trituradora de cono tipo "VFC" - para varias aberturas de salida; así mismo, se muestra la granulometría de alimentación recomendada la cual puede influir en el producto obtenido.

#### 5.3.4.2 MOLINO DE BARRAS.

( T ) : El molino de barras se emplea como trituradora de reducción - en la etapa cuaternaria para producir agregado de tamaño fino, como la arena, a partir de piedra que ha sido previamente triturada a un tamaño aproximado de una pulgada, por otra clase de equipo de trituración, la cual usará como agregado en la construcción.

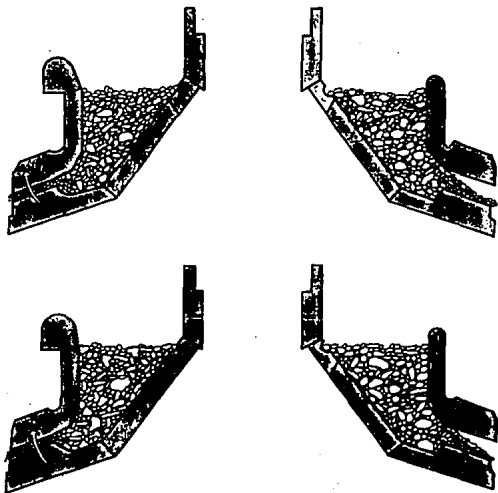


FIG.5.49 ASPECTO INTERIOR

FIG. 5.50  
ASPECTO DEL MATE -  
RIAL TRITURADO -  
( DERECHA ).

( D ) : EL MOLINO DE BARRAS (figura 5.51) está constituido esencialmente por un tambor cilíndrico fabricado de placa de acero estructural, horizontal, y revestido en el interior con una dura superficie de mineral, que son placas de acero al manganeso, para su protección interior para evitar el desgaste, equipado con un soporte adecuado estando accionado bien a través de neumáticos con ejes horizontales, o bien a través de un mecanismo de piñón y corona dentada como engrane motriz en uno de los extremos y con chumacera en cada uno de los extremos.

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 sobre la piedra que está sujeta constantemente al impacto de dichas barras produciendo el material deseado.

El molino puede trabajar por vía húmeda o por vía seca, y según el grado de finura del producto por obtener, existen tres TIPOS DE ALIMENTACION Y DESCARGA.

1. Con doble entrada axial y salida periférica por la parte media; se obtienen finuras hasta la malla # 4 (figura 5.52, a).

2. Con entrada axial y salida periférica por un extremo; se obtienen finuras hasta la malla # 20 (figura 5.52, b).

3. Con entrada y salida axiales; se obtienen finuras hasta la malla # 50 (figura 5.52, c).

( t ) : El tamaño de un molino de barras se designa por el diámetro y la longitud del tambor cilíndrico.

#### 5.3.4.3. MOLINO DE BOLAS.

( T ) : El molino de bolas trabaja como trituradora de reducción en la etapa cuaternaria para producir agregado de tamaño fino, a partir de piedra triturada previamente a un tamaño aproximado de una pulgada.

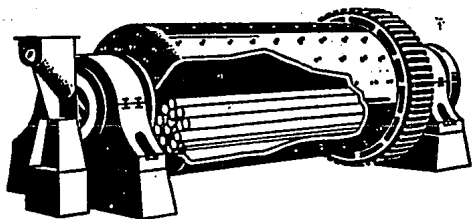
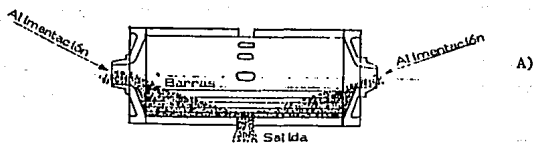
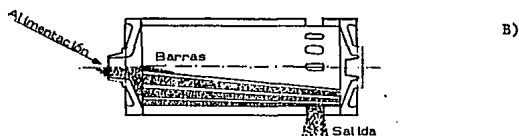


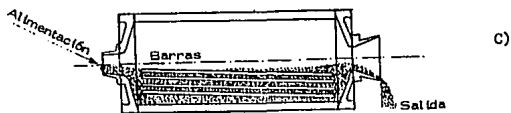
FIG. 5.51 ASPECTO EXTERIOR Y VISTA INTERIOR DEL MOLINO DE BARRAS.



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



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



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

FIG. 5.52 CORTE ESQUEMATICO DEL TIPO DE ALIMENTACION Y DESCARGA.

( D ) : Su fabricación y la composición de sus principales componentes son semejantes a los de el molino de barras anteriormente descrito ( figura 5.53 ).

El molino de bolas trabaja con el mismo principio que el anterior molino, el efecto de desgaste combinado con impacto necesario para moler la piedra. Consiste en un cilindro giratorio en el que son introducidas, en vez de barras, una cierta cantidad de bolas de acero duro, que al estar en movimiento, debido a la acción giratoria del cilindro, están cayendo por gravedad sobre el material ( efecto de impacto ), y machacándolo constantemente ( efecto de desgaste ), hasta lograr el producto deseado.

Las esferas o bolas de acero se utilizan en diversos diámetros de acuerdo a la finura del material que se requiere, pues con ésta máquina se producirán agregados muy finos con tamaños de granos menores que los producidos por el molino de barras.

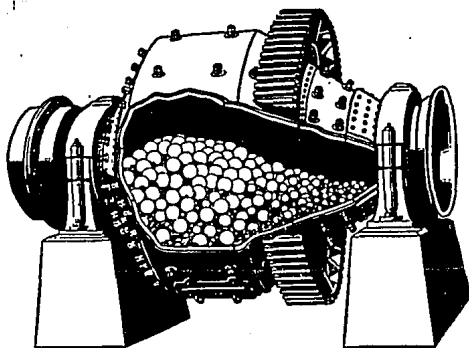


FIG. 5.53 ASPECTO EXTERIOR Y VISTA INTERIOR DEL MOLINO DE BOLAS.

#### 5.4 EQUIPO COMPLEMENTARIO.

Como se mencionó anteriormente, el equipo complementario no actúa directamente en el triturado de una roca, sino que ayuda de una u otra manera a recibir, transportar, depositar, distribuir y clasificar el material, existiendo un equipo idóneo para cada una de estas actividades.

De igual forma que con el equipo de trituración, es necesario seleccionar el equipo complementario más adecuado, considerando las condiciones tanto del material como de la obra; para ello es necesario conocer las características específicas del equipo disponible, que a continuación se expone.

Dichas características se han dividido en secciones para lograr una mejor comprensión y disposición de lo expuesto, y que queda de la siguiente manera:

- ( E ) : es una explicación de lo que ocurre con el equipo disponible.
- ( D ) : es la descripción y/o uso, en sí, del equipo disponible.
- ( t ) : es el tamaño por el que se designa dicho equipo.
- ( C ) : es la capacidad de producción de tal equipo.
- ( S ) : es la selección recomendada del equipo disponible.

##### 5.4.1 TOLVA.

( E ) : La tolva es el equipo o componente de la planta de producción de agregados donde el material es recibido y depositado por la parte superior y descargado o extraído por la parte inferior.

( D ) : Se fabrica de placas de acero estructural que sirve para recibir, confinar o bien, almacenar materiales ya triturados. Las características de la tolva van a depender del trabajo a que esté sometida, de ésta manera se tienen los siguientes usos:

1. TOLVA DE ALIMENTACION O DE RECEPCION DE MATERIAL EN GREÑA (figura 5.54). Se ubica en la etapa primaria de trituración. Estará sometida a un



trabajo pesado, por lo que estará lo suficiente y perfectamente reforzada y rigidizada para evitar que la acción abrasiva y el impacto del material la dañen, así como el pandeo, al recibir las cargas bruscas, cuando el material en greña es transportado por medio de camiones, banda transportadora, cargador frontal, etcétera, hasta verterla en la tolva para la alimentación de la planta de trituración primaria.

La tolva en la parte inferior, en el alimentador, será de un ancho suficiente para que no se acúñe el material, con lo que se dificultaría su transporte por medio del alimentador, el cual irá dosificando la cantidad necesaria de material a la boca de admisión de la quebradora; se apoyará directamente sobre la estructura del alimentador.

Sus paredes, deben tener cuando menos  $45^\circ$  de inclinación respecto a la horizontal, ya que si tuviera menor inclinación el material se estancaría.

Por lo tanto, ésta tolva recibe y confina el material en greña a lo largo del alimentador, hasta su descarga sobre la reja vibratoria.

Por otra parte, la tolva puede tener en la parte superior rieles que impiden que el material caiga bruscamente sobre las bandas o quebradoras según sea el caso, estos rieles cuentan asimismo con una protección contra fricción y desgaste, precibando el material que se recibe.

2. TOLVA DE CONFINACION DEL MATERIAL NO TRAPADO EN LA QUEBRADORA PRIMARIA (figura 5.55). En la parte inferior de la reja vibratoria se ubica esta tolva para confinar el material menor a la separación entre barras, depositándolo sobre la banda de evacuación de la planta primaria. Fabricada de placas con un espesor menor, ya que el impacto de las piedras es menor que el que recibe la tolva de alimentación. En cuanto a la inclinación de sus paredes, debe de tener como mínimo  $45^\circ$  con respecto a la horizontal, sino el material se atascaría, obturándose este ducto.

3. TOLVA DE DESCARGA DEL SOBRETAMÑO (figura 5.56). Se ubica en la etapa secundaria de trituración. Sirve para descargar el sobretamño a la trituradora secundaria. Tiene como limitación que sus paredes o pisos tengan cuando menos  $45^\circ$  de inclinación respecto a la horizontal para evitar atascamientos, ya que en este tipo de tolva, el transporte del material es por gravedad; si su ángulo fuera menor, el material no declinaría quedando estacionado debido al ángulo de reposo del mismo. Estará fabricada de pla-

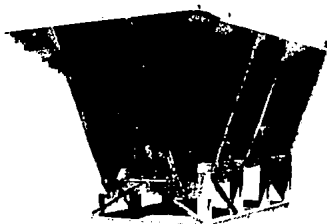
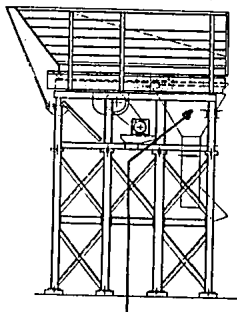
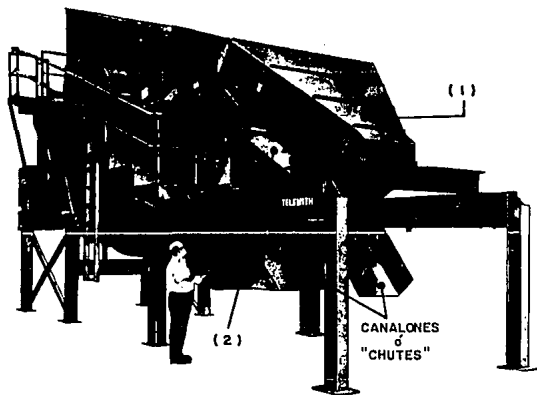


FIG. 5.54 DE ALIMENTACION

FIG. 5.55 DE CONFINACION DEL MATERIAL  
NO TRATADO EN LA QUEBRADORA  
PRIMARIA

## T O L V A S

FIG. 5.56 DE DESCARGA DEL SOBRETAMAÑO (1), Y DE CONFINACION  
DEL MATERIAL CLASIFICADO ENTRE DOS MALLAS (2)

cas de acero estructural y soldadas entre sí.

4. TOLVA DE CONFINACION DEL MATERIAL CLASIFICADO ENTRE DOS MALLAS (figura 5.56). Se ubica en la etapa secundaria de trituración, y en ocasiones, en la etapa terciaria. Estará sometida a un trabajo más moderado, debido a que el material ya va reducido por efecto de su trituración anterior, y -- por tanto, el impacto producido por la caída es muy ligero. Será igualmente de placas de acero estructural; sus paredes o pisos tendrán cuando menos  $45^\circ$  de inclinación respecto a la horizontal. Esta tolva, tiene el objeto de recibir el material clasificado proveniente de entre dos mallas, -- cuando se requiera de dos tipos de material como el caso del concreto hidráulico (grava:  $2\frac{3}{8}$ " y arena:  $\frac{3}{8}$ "-0"), o bien, cuando se requiera de un tamaño de material comprendido entre dos mallas, desechando el de la -- parte interior, como el caso del material No. 2 (carpeta:  $\frac{3}{4}$ "-No. 8).

5. TOLVA DE CONFINACION DEL MATERIAL CLASIFICADO ENTRE LA MALLA INFERIOR HASTA CERO (figura 5.57). Tiene la forma de embudo, recibiendo en cualquier parte el material. Fabricada de placas de acero estructural, y apoyada en la estructura de la criba; sus paredes tendrán inclinación de cuando menos  $45^\circ$  respecto a la horizontal. Tiene el objeto de recibir el material más chico clasificado, teniendo una boca de entrada igual a toda el área -- de cribado, y en la parte inferior descarga sobre la banda de desalojamiento del material, teniendo en esa parte un ancho mínimo.

6. TOLVA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL (figura 5.58). Al finalizar el -- proceso de trituración, ya sea en la etapa secundaria o en la última etapa, el agregado es clasificado y puede ser depositado en tolvas, en donde se -- almacena temporalmente, mientras es requerido para su utilización. Será -- de placas de acero estructural y sus paredes tendrán inclinación mínima de  $45^\circ$  respecto a la horizontal, teniendo en la parte inferior un ancho mínimo.

7. CANALONES O "CHUTES" DE DESCARGA (figuras 5.56, 5.57 y 5.59). Durante el proceso de trituración, el material al salir de una trituradora o de las tolvas de confinación, es depositado sobre las bandas transportadoras, en donde se puede requerir de cambios de dirección del flujo, estos -- se facilitan gracias al uso de pequeños canales llamados también "chutes" que son los que confinan el material a dichas bandas, o bien, los que evacúan el material clasificado. La inclinación de sus paredes o pisos debe --

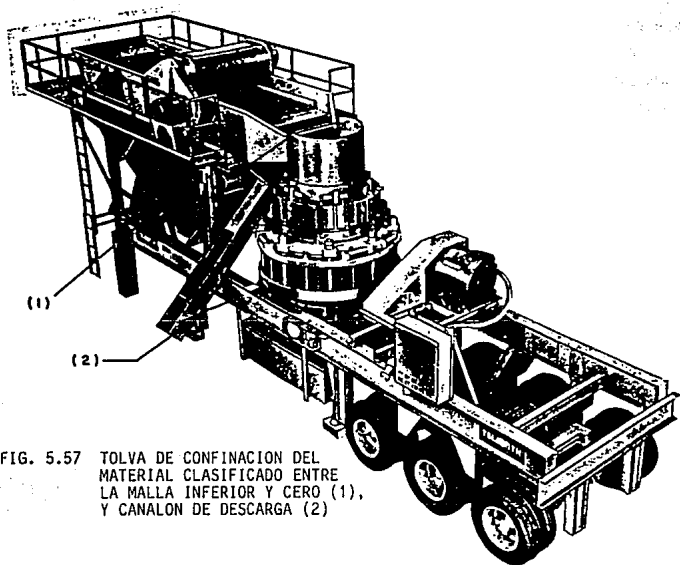


FIG. 5.57 TOLVA DE CONFINACION DEL MATERIAL CLASIFICADO ENTRE LA MALLA INFERIOR Y CERO (1), Y CANALON DE DESCARGA (2)

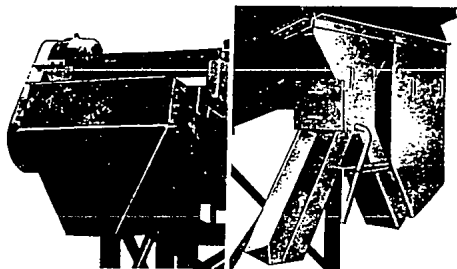


FIG. 5.59 CANALONES o " CHUTES " DE DESCARGA

tener mínimo 45° respecto a la horizontal.

Una de las desventajas que presenta el uso de tolvas es su alto costo, debido al rápido desgaste que sufren sus componentes. En este sentido es recomendable observar una serie de medidas preventivas a fin de incrementar su vida útil; algunas de las más utilizadas son:

a) El encaminado, ferro o revestimiento de hule o de acero, dependiendo de la abrasividad del material. Estos se colocan en las paredes de la tolva, fijándose con tornillos de cabeza plana; en caso de desgaste pueden ser removidos con facilidad.

b) Provocar que el material, ya sea roca o agregado, se deslice sobre el mismo material. Con un achatamiento en la parte posterior de la tolva, el cual deberá formar un ángulo con respecto a la horizontal; este ángulo debe ser ligeramente menor al ángulo de reposo del material, de tal manera que se provoque un acumulamiento de material, sobre el cual deslizará todo material depositado, posterior a éste, provocando impacto y fricción en la misma roca o agregado, evitando así el desgaste de la tolva.

( t ) : Las dimensiones de las tolvas deben de ser acordes con la cantidad de material que se va a manejar; régimen de alimentación de la cantera y régimen de salida.

( C ) : La tolva de alimentación deberá tener una capacidad suficiente para recibir la carga de un camión, y a la vez contener en ella material que haya quedado de otro camión. En lo que se refiere a las demás tolvas, estas tendrán una capacidad de acuerdo a la cantidad de material que se va a manejar.

#### 5.4.2 ALIMENTADORES.

( E ) : La alimentación del material en graña puede realizarse directamente en la boca de una quebradora, pero generalmente se hace por medio de tolvas en cuya parte inferior se encuentran los alimentadores, con o sin dispositivo de precibado, que conducirán el material hacia la quebra-

dora primaria.

Los principales propósitos de los alimentadores son:

1. Recibir el material en greña.
2. Introducir el material a la planta de trituración.
3. Alimentarla uniforme, continuamente y sin variación.
4. Proporcionar la cantidad requerida de material.
5. Adecuación de sus dimensiones a las condiciones y naturaleza de la alimentación.

Una alimentación demasiado rápida tiende a sobrecargar la quebradora lo que produce un abastecimiento insuficiente de piedra posteriormente. Es te tipo de alimentación, reduce la capacidad de la quebradora. El alimenta dor puede aumentar la capacidad de una quebradora de quijadas hasta en un quince por ciento.

Existen varios tipos de alimentadores, los más conocidos son:

#### 5.4.2.1 DE MANDIL O DE TABLERO METALICO.

( D ) : Este alimentador esta montado sobre una estructura pesada y - es de construcción extra-fuerte para absorber el golpe de las piedras que se descargan sobre él.

Está compuesto de PALETAS, CHAROLAS o PLACAS METALICAS que forman una cadena continua similar a una banda, la cual se mueve a una velocidad rela tivamente lenta (de 3 a 10 m/min). Dichas placas tienen las propiedades de resistencia al impacto y a la abrasión de los materiales. Siendo la forma de estas placas, ondulada, para permitir mejor agarre de las piedras del - material en greña al ser transportado, estando eslabonadas entre sí por me dio de RUEDAS, o bien, traslapadas parcialmente y apoyadas sobre las rue- das en sus extremos.

Es accionado por un MOTOR ELECTRICO el cual tiene conectado un REINC- TOR, que es un dispositivo que permite regular la velocidad para proporció nar una alimentación continua y uniforme; en uno de los extremos del ali- mentador se encuentra unida al reductor, la CAJENA, que impulsará a la Ci- TARRINA MOTRIZ quien a su vez, impulsará a las ruedas (cuando éstas, eslabo nen a las placas) que van guiadas sobre un RIEL; cuando están traslapadas

las placas, las ruedas están fijas sobre el riel y la catarina motriz es - quien impulsa directamente a las placas por sus extremos; la CATARINA FIJA se ubica en el otro extremo del alimentador (figura 5.60).

Las placas (fabricadas de acero forjado, de acero al manganeso y de - acero al carbón) y la sobreposición de éstas proveen al alimentador de un sistema de autolimpieza, por lo que está acondicionado para manejar mate- rial contaminado con arcilla.

Este tipo de equipo se recomienda para instalaciones de alta produ- ción, donde se manejan grandes bloques de roca, en especial en plantas mi- neras y cementeras.

( t ) : Este equipo se puede encontrar en muy diversas dimensiones, - siendo los anchos más utilizados por su longitud respectiva los siguientes: 24"x6', 30"x6', 36"x9', 42"x9', 48"x12', 54"x12', 60"x15', 72"x15' y 84"x - 18'.

( C ) : Las capacidades de este tipo de alimentador y así como otras - características principales del mismo, están contenidas en la tabla 5.10 - del anexo 2.

#### 5.4.2.2 DE PLACAS RECIPROCANTES O DE PLATO.

( D ) : Es una unidad contenedora rigurosamente construida; elimina - atascamientos debido a sobrecargas.

Se compone de una PLACA DE ACERO pesado rectangular montado sobre RO - DILLOS de soporte extra-pesado, animado de un movimiento de vaivén que es la carrera de lanzamiento del alimentador para hacer avanzar el material - sobre el mismo ocasionado por una BIELA EXCENTRICA la cual es accionada me - diante un MOTOR ELECTRICO, con lo que se tiene un control uniforme del flu - jo del material mojado o seco, en la alimentación (figura 5.61).

El plato ensanchado previene la pérdida de finos entre la caída y el plato mismo. Se usa por lo general en instalaciones pequeñas para el mane - jo de arenas y gravas, para amontonar material, y son relativamente econó - micas tanto en costo como en mantenimiento.

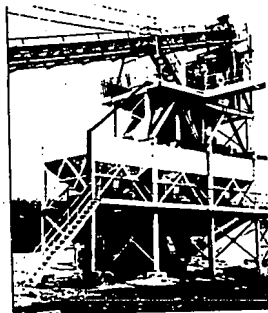


FIG. 5.58 TOLVA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

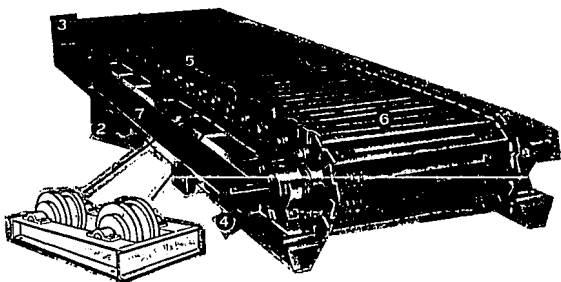


FIG. 5.60 ALIMENTADOR DE MANDIL 6 DE TABLERO METALICO



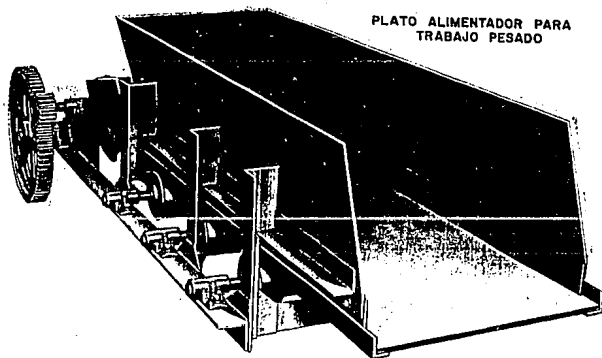
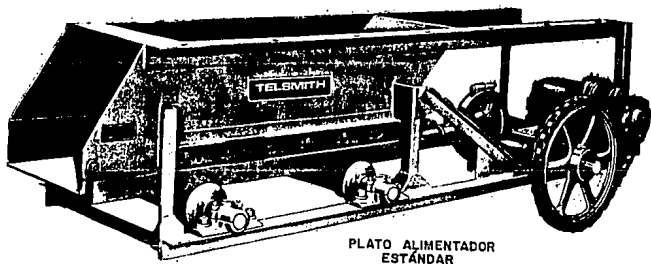


FIG. 5.61 ALIMENTADOR DE PLACAS RECIPROCANES 6 DE PLATO

( t ) : Los anchos más utilizados por su longitud respectiva son los siguientes: 16"x60", 20"x60", 24"x60", 30"x66", 36"x72", 48"x84", 60"x96" y 72"x120".

( C ) : Las capacidades de este tipo de alimentador y así como sus características principales, se muestran en la tabla 5.11 del anexo 2.

#### 5.4.2.3 VIBRATORIO CON o SIN REJILLA "GRIZZLY".

( D ) : El alimentador vibratorio es de construcción compacta, absorbe fácilmente los fuertes impactos de las cargas macizas de material y alimenta eficientemente con mayores capacidades y menor costo por tonelada, - en las operaciones mineras y para la elaboración de agregados pétreos para la industrias de la construcción. Se utiliza generalmente en instalaciones de mediana y elevada producción.

Su estructura maciza es fabricada con CHAPAS LATERALES de acero reforzado y SOPORTES TRANSVERSALES en sólidas vigas tipo "I".

Este tipo de alimentador es el de mayor uso en la actualidad. Por medio de vibraciones a 45° con respecto a la horizontal, el material es conducido hacia adelante. Las vibraciones son producidas por una UNIDAD VIBRATORIA compuesta por COJINETES, ENGRANAJES y DOS EJES EXCENTRICOS contenidos en un BASTIDOR de acero (figura 5.62), y es especialmente protegida para asegurar una alimentación continua y suave.

El rango de alimentación puede ser controlado por un MOTOR ELECTRICO de velocidad variable y un control del mismo que permite regular la frecuencia de las vibraciones.

EL ALIMENTADOR VIBRATORIO CON REJILLA o BARRAS DE PRECIBADO es también conocido como ALIMENTADOR VIBRATORIO "GRIZZLY", combina selección y alimentación de material en una operación simple (figura 5.63), permitiendo a la quebradora primaria producir grandes cantidades a más bajo costo - por tonelada.

Las BARRAS son fijas y tienen forma de celdas cónicas, son de acero - al manganeso y resistentes al desgaste. Están espaciadas para proporcionar

operaciones nominales de 2", 3", 4", 5" y 6" para satisfacer cambios en la alimentación por especificaciones a medida que se requiera.

Es ideal para operación de limpieza o "separador" de finos, ya que — las barras, hacen una preclasificación del material enviado a la quebradora primaria únicamente el material que necesita de esta primera etapa de trituración. El material pequeño y fino que pueda contener la greña será separado y almacenado o mandado a trituración secundaria, evitándose así un desgaste innecesario del equipo, obteniéndose un mayor rendimiento en la producción.

Tiene además, pares de RESORTES HELICOIDALES para absorber los fuertes impactos de carga aislando la vibración del chasis para proporcionar una alimentación altamente eficiente.

En el alimentador "grizzly" hay secciones opcional de ESCALON-CUBIERTA (figura 5.64, a) para ser provistos en alimentadores de 16' de longitud y mayores. El "grizzly" escalón-cubierta está disponible en 8, 9 y 10' de longitud. También disponible, es una CUBIERTA DE ALAMBRE para proveer adicional elección y/o separación de tamaños seleccionados. Además pueden ser equipadas, para alimentación en plato grande, para resistencia opcional a la abrasión con LINEAS DE ACERO, mínimo de  $\frac{1}{2}$ " de espesor las cuales son soldables (figura 5.64, b).

EL ALIMENTADOR VIBRATORIO SIN REJILLA o BARRAS DE PRECRIBADO es también conocido como ALIMENTADOR VIBRATORIO DE CHAROLA (figura 5.65), es similar y posee las mismas características de sólida construcción que el alimentador "grizzly", la misma eficiencia en la unidad vibratoria; con RESORTES HELICOIDALES en pares, para trabajo pesado absorbiendo fuertes impactos; vibración aislada para mayor vida del armazón, y para una alimentación eficiente.

Es de bajo costo, y versátil en el manejo de agregado e industria minera, en plantas donde la característica del "grizzly" no es necesario.

( t ) : Los anchos más utilizados son los siguientes, por su longitud respectiva: 36"x12', 14' y 16'; 42"x12', 14' y 16'; 48"x12', 14', 16', 18' y 20'; 60"x16', 18', 20' y 22' y 72"x16', 18', 20' y 22'.

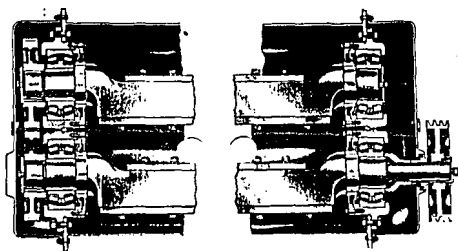


FIG. 5.62 UNIDAD VIBRATORIA

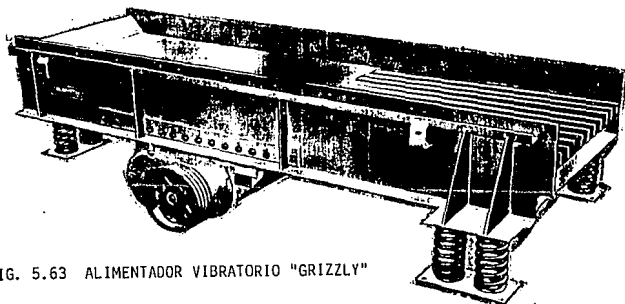


FIG. 5.63 ALIMENTADOR VIBRATORIO "GRIZZLY"

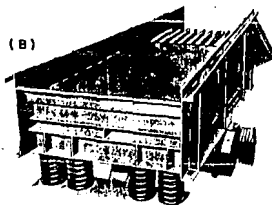
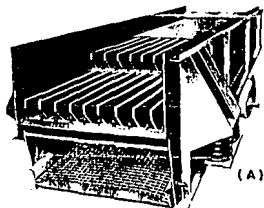


FIG. 5.64 SECCION " ESCALON - CUBIERTA "

( C ) : Las capacidades de estos tipos de alimentadores vibratorios y así como sus características principales se muestran en la tabla 5.12 del anexo 2.

#### 5.4.2.4 DE BANDA.

( D ) : Este tipo de alimentador trabaja con el mismo principio que el alimentador de mandil, pero se utiliza para material de menores dimensiones. En general, puede manejar una gran variedad de materiales que incluyen arena, pedruzcos, piedra y roca triturada, carbón, escorias y muchos otros materiales a granel. Es capaz de manejar volúmenes máximos que pasan en criba con aberturas de dos pulgadas.

Es una unidad compacta; estando completamente montado, alineado, ajustado, probado y listo para su instalación en campo, no hay necesidad de un soporte de base para su colocación (figura 5.66).

Tiene RODILLOS PLANOS serie "D" de 4" de diámetro, que son los que maneja la Compañía Barber-Greene para modelos F 8-A, equipados con RODAMIENTOS CONICOS, con espaciamiento entre centros de 6" para reducir el desgaste de la banda y disminuir el rozamiento entre la BARRA LIMPIADORA de caucho y la banda.

La BANDA está construida de lonas múltiples, bastillada de tejido sintético con cobertura de caucho superior de 1/8" e inferior de 1/32". La tensión media de ruptura de las coberturas es de 2500-3000 lb/pulg<sup>2</sup>, la tensión de ligación entre las lonas es de 16-19 lb/pulg. La banda está equipada a prueba de rozamiento.

El estirador de la banda cuenta con un deslizamiento de 6" en el eje de la polea trasera a través del TENSIONADOR DE TORNILLO con rosca para servicio pesado, de fácil operación.

La velocidad de la banda es de dos tipos; accionamiento de VELOCIDAD FIJA: de 32 a 120 pies por minuto, y accionamiento de VELOCIDAD VARIABLE: de 0 a 102 pies por minuto. Se recomienda una velocidad máxima de 60 pies por minuto para materiales abrasivos y de 100 pies por minuto para materiales no abrasivos.

EL EJE DE LA POLEA MOTRIZ o EJE DE CAJEZA está apoyado sobre rodamien

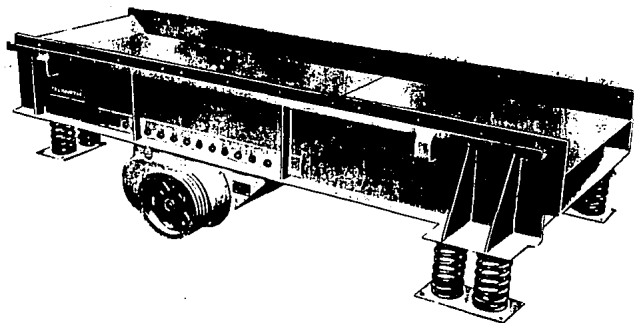


FIG. 5.65 ALIMENTADOR VIBRATORIO DE CHAROLA

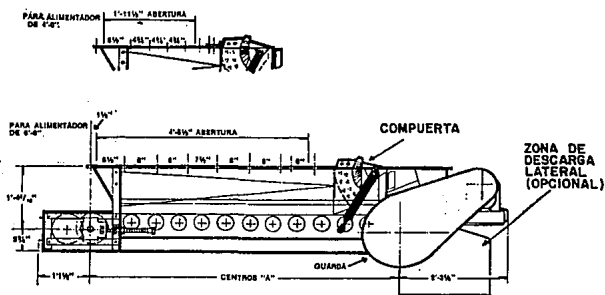
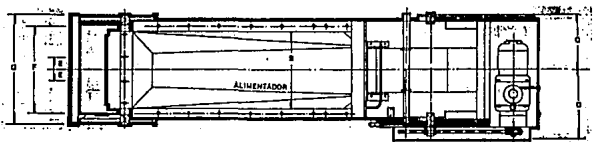


FIG. 5.66 ALIMENTADOR DE BANDA

tos auto-alineadores de esfera del tipo "ohumacera" e incluye una polea de acero, revestida, con cara ovalada.

EL EJE DE LA POLEA TRASERA o EJE DE ARRASTRE gira sobre la unidad del tensionador en rodamientos auto-alineadores de esfera, e incluye una polea de acero con cara ovalada.

La COMPUERTA DE CONTROL es del tipo cuadrante con ajuste exacto a la capacidad del alimentador. El control de la compuerta es de rápido ajuste lo que permite aberturas para la misma en incremento de una pulgada.

Cuenta con UNIDAD MOTORA de velocidad fija: de 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2 o 3 H.P. de 68 a 100 r.p.m. para motor reductor con rodamiento de esferas, para servicios de primera clase, montado al frente del chasis del alimentador.

Velocidad variable: de 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2 o 3 H.P. desde 0 hasta 93 r.p.m. para reductor de velocidad con rodamientos de esferas, para servicio de primera clase, montado al frente del alimentador.

( t ) : Los anchos de banda más utilizados son de 18" y de 24". Los centros de banda entre el eje de cabeza y el eje de arrastre es de: 4'-0" y de 6'-0". el alimentador de 4'-0" es para ser usado en el manejo de agregados graduados y el de 6'-0" en materiales finos. Algunas otras dimensiones se muestran en la tabla 5.13 del anexo 2 e indicadas en la figura 5.66.

( C ) : Las capacidades van desde 5 Ton/hr hasta 270 Ton/hr, basadas en material que pesa  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/pie}^3$ ). Estas capacidades varían con el ancho de la banda, velocidad de la banda o con la abertura de la compuerta.

#### 5.4.2.5 SELECCION DE LOS ALIMENTADORES.

Los datos requeridos para seleccionar un alimentador son:

1. Toneladas por hora que deben ser manejadas, incluyendo alimentaciones máximas y mínimas.
2. Peso volumétrico del material.
3. Distancia a la cual debe transportarse el material.

4. Altura a la cual el material debe ser elevado.
5. Limitaciones de espacio.
6. Método utilizado para la carga del alimentador.
7. Características del material.

( S ) : El procedimiento seguido para seleccionar un alimentador es - el siguiente:

a) Seleccionar el tipo de alimentador de acuerdo con el cuadro 5.6 de "APLICACION DE LOS ALIMENTADORES".

b) 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 dentro del alimentador y su velocidad de transporte (ver nota).

c) Verificar la capacidad del alimentador seleccionado, contra las cifras indicadas en las tablas de capacidades respectivas.

d) Determinar los H.P. (caballos de potencia) requeridos de las tablas del tipo de alimentador seleccionado.

Nota : La profundidad del material dentro del alimentador con peso volumétrico de  $1602 \text{ Kg/m}^3$  ( $100 \text{ lb/pie}^3$ ), puede encontrarse por medio de la - fórmula siguiente:

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

en donde: D = profundidad del material en el alimentador, en pulgadas.

TPH = toneladas por hora.

FPM = pies por minuto a los cuales es alimentado el material.

W = ancho neto del alimentador, en pies.



TIPO DE TRABAJO	TIPO DE ALIMENTADOR RECOMENDADO
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, pala o draga. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder el 75% del ancho del alimentador.	* De TABLERO METALICO tipo MANDIL, - 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 el 75% del ancho del alimentador.	* De TABLERO METALICO tipo MANDIL, - para trabajo extrapesado con paletas de acero al carbón.
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, pala o draga. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder el 50% del ancho del alimentador.	* De TABLERO METALICO tipo MANDIL, - para trabajo pesado.
Alimentación de una tolva de carga de material no abrasivo. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder el 30% del ancho del alimentador.	* De TABLERO METALICO tipo MANDIL, - para trabajo estándar.
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder el 75% del ancho del alimentador.	* VIBRATORIO DE CHAROLA o * VIBRATORIO DE REJILLA.
Alimentador bajo la Quebradora -- primaria para proteger a la banda transportadora de evacuación.	* VIBRATORIO DE REJILLA.
Alimentador bajo tolvas o pilas - de almacenamiento. El tamaño máximo del agregado no deberá exceder el 50% del ancho del alimentador.	* De PLACAS RECIPROCANTES tipo PLATO.
Alimentador bajo tolvas o pilas - de almacenamiento. El tamaño máximo del agregado no deberá exceder el 30% del ancho del alimentador.	* De BANDA.

CUADRO 5.6 APLICACION DE LOS ALIMENTADORES.

### 5.4.3 CRIBAS.

( E ) : En todo proceso de producción de agregados es necesario clasificar el material; esto se realiza mediante el cribado que es fundamental por constituir el medio de preparar un producto, ya que las especificaciones que rigen el empleo de agregados estipulan que se combinarán los diferentes tamaños para producir la mezcla; además ayuda a dirigir, separar y controlar el flujo del material en todo el proceso de trituración, en conjunto con las trituradoras y cuando sea necesario, con las plantas de lavado.

El CRIBADO consiste en la separación de una mezcla de partículas de diferentes tamaños, en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de tamaño más uniforme que la mezcla original.

Por lo tanto, los objetivos principales del cribado son:

1. Clasificación del producto por tamaños.
2. Separación de los agregados que no tengan el tamaño adecuado.
3. Separación de los agregados finos que no necesiten más trituración.

Existen dos tipos de cribado: CRIBADO EN SECO y CRIBADO EN HUMEDO. El cribado en seco se aplica al material que contiene poca humedad natural o que fue desecado previamente, mediante un horno secador rotatorio. El cribado en húmedo se efectúa con el fin de que el líquido arrastre a través de la criba a las partículas más finas.

Como se mencionó anteriormente con relación al alimentador con rejilla, es el que lleva a cabo el precibado durante la etapa primaria de trituración, separando aquel material de un tamaño susceptible de usarse sin necesidad de trituración, reduciendo así la carga total de la quebradora y aumentando la capacidad total de la planta.

Asimismo, durante las etapas secundaria y terciaria el cribado se realiza por la misma razón que en la etapa primaria, así como para separar los agregados mayores al tamaño máximo aceptado y regresarlos nuevamente al proceso de trituración. En estas etapas es importante el cribado ya que clasifica los tamaños del agregado ya producido.

Ahora bien, el cribado en principio, se realiza haciendo pasar el material sobre una superficie provista de orificios del tamaño deseado y después, para que se pueda efectuar la separación, el material debe moverse o

sacudirse sobre la superficie de la criba. Para material pegajoso o mojado y los orificios pequeños requiere el máximo de movimiento.

Dicho movimiento se puede obtener por GRAVEDAD a lo largo de una criba inclinada, por ROTACION, SACUDIDAS, o haciendo VIBRAR la criba, o con menor frecuencia, por medio de RASTRILLOS. Son comunes las combinaciones de la gravedad con otros métodos.

Los PISOS DE CLASIFICACION denominados también como REJILLAS, PLATAFORMAS, CAPAS O CUBIERTAS, son MALLAS CUADRADAS, que bien pueden estar formadas con tela de alambre entretejido, con barras soldadas fijas o en movimiento o de placas de acero perforada con agujeros redondos, cuadrados u octogonales, de diferente abertura de acuerdo al tamaño requerido.

Los pisos que son paralelos deben estar separados por suficiente distancia para permitir el movimiento del material entre los mismos.

La TELA DE ALAMBRE es el material de mayor uso para una gran variedad de aplicaciones. Puede designarse en función de la abertura o malla; la primera es la dimensión real de la abertura entre dos alambres adyacentes paralelos; la segunda, es el número de aberturas por pulgada, medida de centro a centro de los alambres paralelos.

Una abertura cuadrada, sea en tela o en placa, permite el paso de un material de mayor tamaño que el que pasaría por un agujero redondo del mismo diámetro.

Las aberturas más usuales en base a las especificaciones son las siguientes:

- ( 1 ) : ESTADOS UNIDOS : NORMA A. S. T. M.  
 ( 2 ) : FRANCIA : NORMA AFNOR NF-XII-501  
 ( 3 ) : INGLATERRA : NORMA BSA-410

DESIGNACION DE LA MALLA			CLARO ENTRE MALLAS (mm)		
( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 1 )	( 2 )	( 3 )
3"	50	3"	76	50	76
1 1/2"	20	1 1/2"	38	20	38
3/4"	15	3/4"	19	15	19
1/4"	10	1/4"	6.3	10	6.3

# 4	5	# 5	4.76	5	3.35
# 8	módulo 37	# 10	2.38	4	1.67
# 16	35	# 22	1.19	2.5	0.699
# 30	32	# 44	0.59	1.25	0.353
# 50	28	# 85	0.297	0.50	0.178
#100	25	#100	0.149	0.25	0.172
#200	22	#200	0.074	0.125	0.076
#400	20	#300	0.037	0.080	0.053
	17			0.040	

En México se utilizan las normas de la SCT, SARH, CFE, etcétera, basadas en las de la A.S.T.M.

Los alambres de la tela se traban para que no se corran, es decir, se doblan con presiones muy grandes para fijarles su forma. El trabado se puede efectuar en todos los alambres o alternados (figura 5.67, a). Se les dan disposiciones especiales para obtener conexiones más firmes, o para que la tela quede pareja de un lado.

Las aberturas rectangulares se usan cuando lo empinado de la criba reduce la longitud efectiva de los cuadros (figura 5.67, b).

Los tipos básicos de criba usados para el procesamiento de agregados se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Criba vibratoria inclinada.
- b) Criba vibratoria horizontal.
- c) Criba giratoria.

#### 5.4.3.1 CRIBA VIBRATORIA INCLINADA.

( D ) : Es la más empleada para la producción de agregados junto con la criba vibratoria horizontal; se utiliza generalmente en plantas fijas y en ocasiones en plantas portátiles, para la separación y clasificación, ya sea en SECO o en HUMEDO (figura 5.68).

EL MARCO es de forma rectangular y está constituido de CHAPAS LATERALES de acero estructural y reforzadas con PERFILES EN "I" soldados. Tornillos

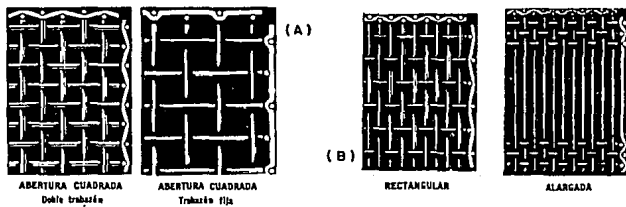


FIG. 5.67 ALAMBRES DE LAS MALLAS

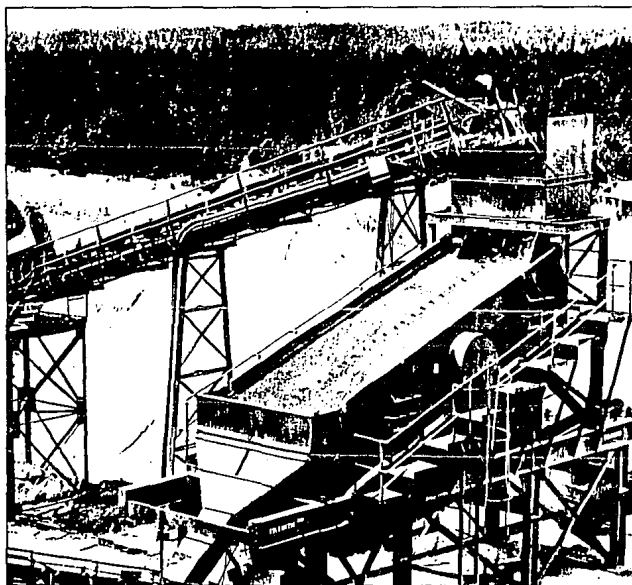


FIG. 5.68 CRIBA VIBRATORIA INCLINADA EN OPERACION

llos y arandelas de acero, con tratamiento especial, son puestos en todas las partes sujetas a tensión o cizallamiento. El marco en su interior, lleva las distintas mallas o telas usadas para el cribado y clasificación del material. Especial cuidado es dado a la fijación de las telas, a fin de que sea aumentada la vida útil de las mismas.

La unidad se instala con una pendiente del extremo de entrada al de - descarga para poder recibir el material, dicha pendiente varía de la horizontal hasta 40°; se apoya sobre RESORTES o AMORTIGUADORES de acero adecuadamente distribuidos de manera que su bastidor de apoyo sea horizontal, y a la vez lo aíslan de la vibración.

Los CUADROS, para soportar las telas, son contruidos de perfiles (— por lo general) o tubos de acero especial, rígidamente soldados y contraventeados (figura 5.69). Su fijación con la unidad de la criba son hechas a través de tornillos y tuercas de acero, especialmente tratados para evitar el cizallamiento. Esta disposición asegura una vibración uniforme sobre toda la superficie de la tela, protegiéndola contra distorsión. Las barras longitudinales en que se apoya la tela, poseen protectores de caucho para máxima vida útil de las mismas.

La TELA es contruida con hilos de acero especial de alto carbono y - el entretejido entre los hilos es del tipo "doble ondulación" ("double — crimp"). En función del diámetro de los hilos, los bordes de la tela reciben tratamiento especial y protección que evitan el rompimiento. La tela - está apoyada en los cuadros, sobre protección de caucho especial. En cribas de 5' y 6' de ancho, los cuadros tienen un **ABOMBAMIENTO SIMPLE** o una - pequeña curvatura en el centro, a fin de dar mayor distribución al material (figura 5.70, a); mientras que en la de 8' de ancho, el **ABOMBAMIENTO** es **DOBLE** en dos cuadros, con una barra central fijando la tela. Ese modo - proporciona el uso de dos mitades de tela, a todo lo ancho de la criba, — con ello aumentando la vida útil de la tela (figura 5.70, b).

Las **BARRAS TENSORAS** (figura 5.70, a) son atornilladas en las chapas - laterales, con tornillos y tuercas de acero de alta resistencia, las que - proporcionan una correcta tensión en la tela; también pueden estar sujetas con dispositivos especiales del tipo cuña.

La **VIBRACION** se obtiene mecánica o eléctricamente por medio de una - flecha excéntrica, una flecha con contrapesos, o con electroimanes conecta

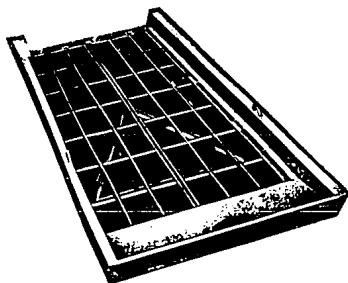
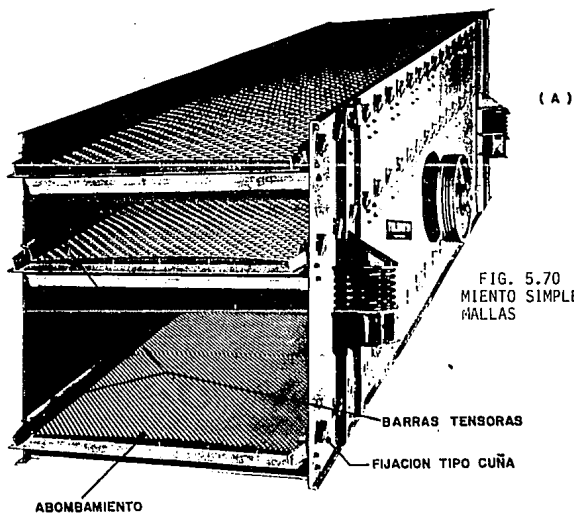


FIG. 5.69 CUADROS PARA SOPORTAR LA MALLA



dos al marco de la criba.

En este caso, por medio de una flecha con contrapesos. La UNIDAD VIBRATORIA (figura 5.71) está constituida por CONTRAPESOS AUTO-AJUSTABLES — montados en los VOLANTES, acoplados al EJE que gira sobre RODAMIENTOS AUTO ALINEADORES, de pistas esféricas, con doble carrera de rodillos para servicio pesado. Los rodamientos están protegidos a través de laberintos y redes. Esta construcción simple, permite que el MOTOR inicie su trabajo sin sobrecarga y sin saltos y consecuentemente, permite paradas suaves que protegen la estructura de la criba y sus soportes.

Puede tener dos POLEAS igual y ramuradas para BANDAS EN "V", montadas una en cada extremo del eje, que permiten el accionamiento en cualquier lado de la criba. Dichas poleas, son fijadas excéntricamente, de tal manera de minimizar el chisoteamiento de las bandas, y prolongar su vida útil.

Las unidades de criba menores en tamaño, tienen lubricación tipo forzada, con grasa. Mientras que las unidades mayores, la lubricación de los rodamientos es hecha por un baño de aceite.

Por otro lado, la vibración en dirección circular, en torno a un eje perpendicular al plano de la criba, provoca el flujo del material sobre la superficie inclinada de la misma avanzando hacia abajo. La mayor parte de las partículas más pequeñas que los orificios de la malla caen a través de ella para clasificarlas por tamaño, en tanto que las partículas mayores se deslizarán sobre la malla hasta el extremo de descarga.

Para la unidad de varios pisos el tamaño de los orificios será progresivamente menores para cada uno de los pisos inferiores.

En resumen, la criba se hace vibrar para agitar el material que está sobre las mallas, para aumentar la cantidad de material que pasa por los orificios, para separar las partículas que se han pegado, y para remover el material que no pasa hacia la descarga.

( t ) : Los tamaños más utilizados hablando de ancho por longitud de la superficie de cribado, son los siguientes: 3'x6' y 8'; 4'x8', 10' y 12'; 5'x8', 12', 14' y 16'; 6'x16'; 7'x16', 18' y 20' y 8'x18', 20', 22' y 24'; en sus versiones de uno, dos y tres pisos.

La tabla 5.14 del anexo 2, muestra algunas dimensiones y pesos de las cribas vibratorias inclinadas.



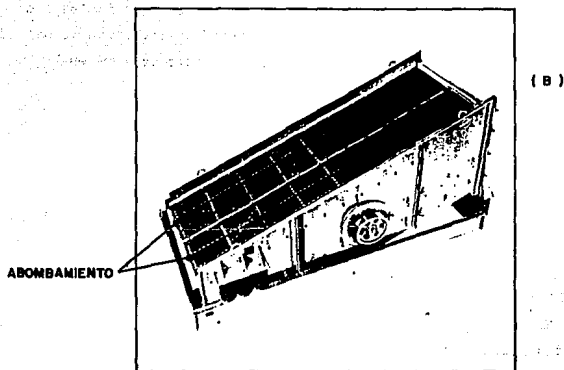


FIG. 5.70 ABOMBAMIENTO DOBLE DE LA MALLA

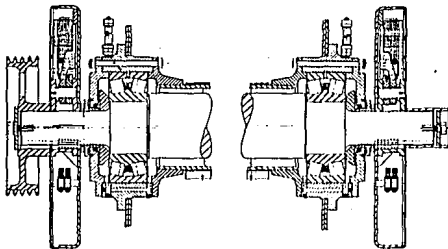


FIG. 5.71 UNIDAD VIBRATORIA DE LA CRIBA VIBRATORIA INCLINADA

( C ) : La capacidad de cribamiento depende de los siguientes factores: tamaño de la malla, cantidad de alimentación, distribución granulométrica, humedad y eficiencia deseada, como más adelante se verá en la referencia 5.4.3.4.

#### 5.4.3.2 CRIBA VIBRATORIA HORIZONTAL.

( D ) : Esta criba es similar a la vibratoria inclinada, la única diferencia es que tiene DOBLE EXCÉNTRICO (figura 5.72) y está colocada en la parte superior de la criba.

El CHASIS consiste en CHAPAS LATERALES de acero pesadas, contraventeadas con CANTONERAS de refuerzo horizontales y verticales. Todas las piezas son soldadas a fin de formar una caja estructural sólida y durable. En la extremidad de descarga posee una BORDA de acero pesada en cada malla para facilitar la construcción y montaje de la tolva (figura 5.73).

Tiene SOPORTES PESADOS en los RESORTES LATERALES que aíslan la vibración del chasis móvil y CILINDROS por un lado especiales evitan trancos y balanceos laterales durante las marchas y paradas (figura 5.74).

Los CUADROS para soportar la malla son rígidamente construidos con miembros transversales y contraventeados, para asegurar una vibración uniforme sobre toda la superficie de la malla.

La criba horizontal de TRES PISOS es construida para una instalación FIJA o ESTACIONARIA (figura 5.75), notándose más profundidad en las chapas laterales comparada con la criba horizontal de una instalación PORTÁTIL o MOVIL (figura 5.76), que es de construcción mucho más baja de las chapas laterales y generalmente de DOS PISOS.

En cualquiera de los dos tipos de criba descritos, horizontal e inclinada, se logra la misma producción y eficiencia, siendo ésta última la más económica por su EXCÉNTRICO SIMPLE, pero ocupa, para tamaños iguales, un mayor espacio vertical de instalación, que su homóloga horizontal que es aconsejable para equipar el grupo móvil de instalación.

( t ) : Los tamaños más utilizados son los siguientes: 4'x8', 10' y - 12'; 5'x12', 14' y 16' y 6'x16', 18' y 20'; en sus versiones de uno, dos y

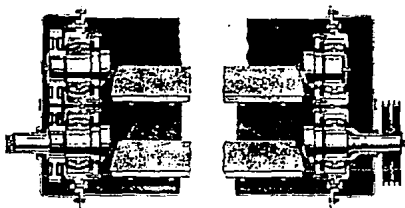


FIG. 5.72 UNIDAD VIBRATORIA DE DOBLE EXCENTRICO  
DE LA CRIBA VIBRATORIA HORIZONTAL

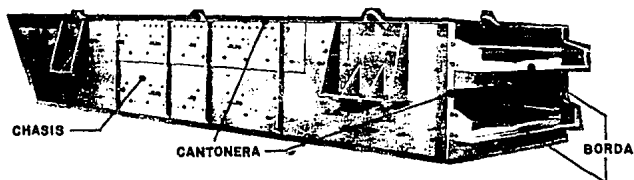


FIG. 5.73 CHASIS DE LA CRIBA VIBRATORIA HORIZONTAL

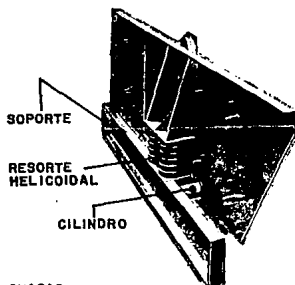


FIG. 5.74 SOPORTE PARA EL CHASIS

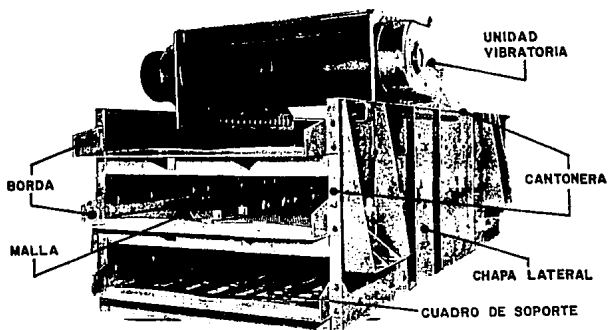


FIG. 5.75 CRIBA HORIZONTAL DE TRES PISOS PARA INSTALACION ESTACIONARIA

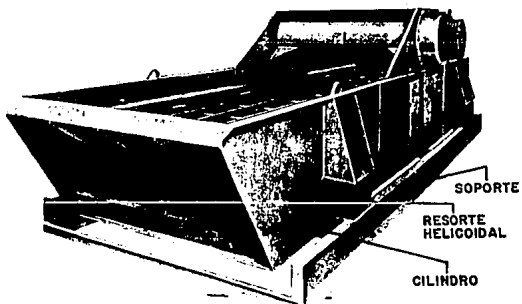


FIG. 5.76 CRIBA HORIZONTAL DE DOS PISOS PARA INSTALACION PORTATIL

tres pisos.

En la tabla 5.15 del anexo 2, muestra algunas especificaciones de las cribas vibratorias horizontales.

( C ) : La capacidad de cribamiento depende de los mismos factores de la criba inclinada que se hace referencia en la parte 5.4.3.4.

#### 5.4.3.3 CRIBA GIRATORIA (TRONTEL).

( D ) : Esta criba consiste en un TAMBOR grande de paredes cilíndricas hecho de TELAS DE ALAMBRE o DE PLACAS PERFORADAS, el cual gira lentamente sobre su EJE LONGITUDINAL inclinado. Su inclinación puede ser de cinco a siete grados y su giro se realiza a una velocidad de 15 a 20 revoluciones por minuto (r.p.m.).

El material que se introduce por el extremo superior del cilindro es arrastrado por el costado interior de la criba hasta que su peso vence la adherencia y la fuerza centrífuga y cae al fondo hasta que pasa por las aberturas o hacia afuera en el extremo inferior. El movimiento hacia arriba tiene una dirección que se aproxima ligeramente hacia el extremo inferior y la caída es recta, por lo que el material trata de moverse del extremo superior al inferior en una serie de pasos cortos.

Lo que sube el material está afectado por lo pegajoso y la velocidad de las partículas. Los fragmentos pegajosos en una criba que gira velozmente seguirán a la criba durante revoluciones completas, tapando u obturando los agujeros, mientras que las partículas duras lisas en una criba lenta parecerán moverse directamente al fondo. En general, la velocidad se debe ajustar de manera que la carga recorra menos de la tercera parte de la altura de la criba.

La criba giratoria de la figura 5.77 se utiliza con varios grados de tela perforada. Tiene aberturas de tamaño creciente a lo largo del tambor, es decir, la parte superior tiene malla fina y las secciones inferiores van siendo sucesivamente de mayor abertura. Al moverse la carga hacia abajo, pierde primero sus partículas finas, luego sucesivamente las de tamaño cada vez mayor. Las piedras que resultan ser de un tamaño mayor que cual--

quiera de las mallas caen por el extremo inferior. El material cribado en cada sección cae en canaletas separadas que lo llevan a las tolvas o banda transportadora.

Una desventaja que tiene esta construcción es que toda la carga tiene que pasar sobre la parte más fina y delicada de la criba. Su vida útil se puede prolongar colocando adentro del tambor BARRAS DE REFUERZO que sopor-ten las piedras grandes, impidiendo que queden en contacto con la tela por algún tiempo. Esta construcción se usa principalmente para los tamaños --- grandes.

Por otro lado, se pueden usar DOS CILINDROS CONCENTRICOS de diámetro creciente (figura 5.78) para dar varias separaciones y producir un material de distintos tamaños. La primera criba del cilindro INTERIOR o PRINCIPAL - tiene aberturas mayores que los productos más finos que se quieren obtener. El material que pasa por ellas se clasifica después en la malla más fina - de la criba exterior, que en esta forma no tiene que cargar el material --- grueso. Este tipo funciona bien con la grava y con la arena.

En cuanto a la cantidad de material que manejan estos tipos de criba, depende de la velocidad de rotación y de la inclinación.

El ARMAZON para las cribas puede hacerse de SECCIONES TRANSVERSAL, HE XAGONAL o POLIGONAL. Esto permite utilizar secciones planas de tela o de - placa y agitar más la carga.

Si el agregado que se va a cribar contiene limo o arcilla, opcional- mente se puede instalar un LAVADOR cerca del extremo de entrada, a fin de que el material pueda ser lavado por el agua.

En la actualidad, por su baja eficiencia con relación a la criba vi- bratoria, éste tipo de equipo está prácticamente en desuso.

( C ) : El área efectiva de cribado que sirve para determinar la capa- cidad, se considera generalmente igual a la tercera parte del diámetro (D), multiplicado por su longitud (L), es decir,  $\frac{1}{3} \times D \times L$ .

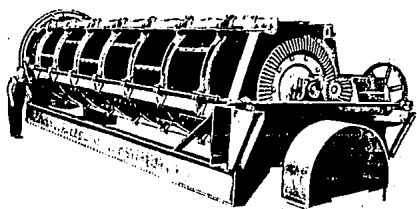
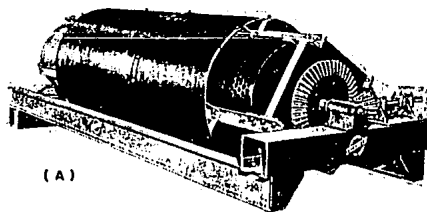
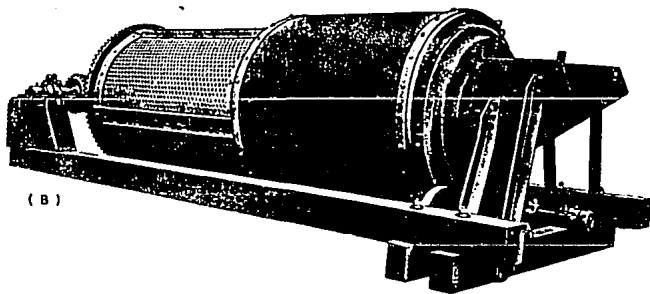


FIG. 5.77 CRIBA GIRATORIA SIMPLE



(A)



(B)

FIG. 5.78 CRIBA GIRATORIA CON DOS CILINDROS CONCENTRICOS

## 5.4.3.4 CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS.

( C ) : Existe una gran variedad de tablas para obtener la capacidad de una criba vibratoria horizontal o inclinada, en base a la siguiente expresión:

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

en donde: 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 alineación a la criba.

C = factor en función del porcentaje de la eficiencia de cribado deseada.

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

E = factor en función 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.

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 de superficie mayor.

Los factores anteriores se especifican en la tabla 5.16 (a, b, c, d, e y f, respectivamente) del anexo 2.



#### 5.4.4 EQUIPO DE LAVADO Y DESENLIZADORES.

( E ) : En la producción de agregados pétreos por vía húmeda, fundamentalmente para la elaboración de concretos hidráulicos, es necesario lavar el material.

Esto es, los agregados, que serán materiales utilizables, a menudo llegan a la planta de trituración mezclados con arcilla u otras impurezas que tienen que eliminarse. La cantidad y clase de impureza y la cantidad de agua de que se disponga, determinan principalmente el método que debe emplearse y a su vez éste, determina el equipo de lavado.

Los dos métodos principales son el de IMMERSION y el de ASPERSION. Para el primero, el equipo utilizado es: los RASTRILLOS y el GUSANO LAVADOR; para el segundo, los son: las FLAUTAS DE RIEGO y el TAMBOR DESENLIZADOR.

Dichos métodos pueden mejorarse con la vibración, que tiende a separar las partículas pegadas.

##### 5.4.4.1 RASTRILLOS.

( D ) : Existen dos tipos de lavado por rastrillos, basándose en el mismo principio. El material contaminado entra por el mismo lado que lo hace el agua, los finos del material son capturados por ésta y el material grueso cae en los rastrillos que lo conducen al exterior por el extremo contrario. Los rastrillos pueden actuar mediante EXCENTRICO (figura 5.79, a) o bien, por medio de BANDA o ESLABON (figura 5.79, b).

##### 5.4.4.2 GUSANO LAVADOR.

( D ) : El gusano lavador es también conocido como CLASIFICADOR DE TORNILLO DE ARQUIMEDES o HELICOIDAL (figura 5.80).

Está compuesto de un RECIPIENTE METALICO que por lo general se ensancha en la parte inferior formando un tanque de clasificación, en su interior se encuentra una ESPIRAL que lava las impurezas de la arena escurriéndolas del agua excedente y evacuándolas por su parte antero-superior para

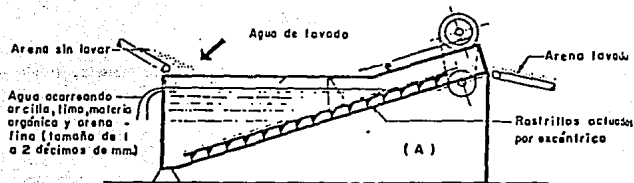


FIG. 5.79 RASTRILLOS

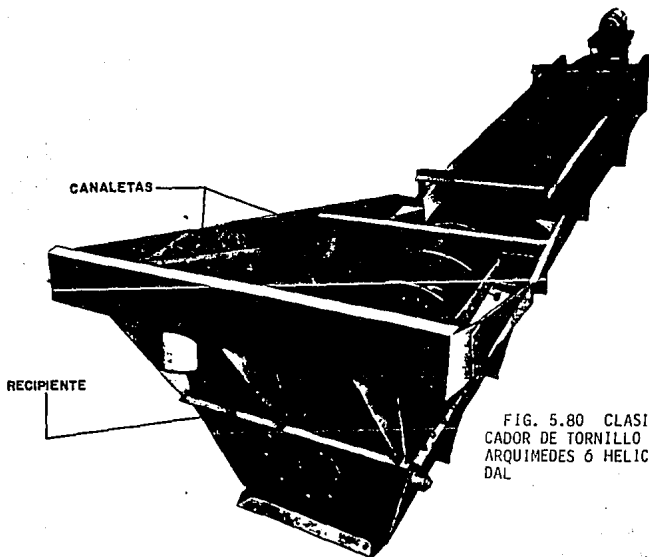
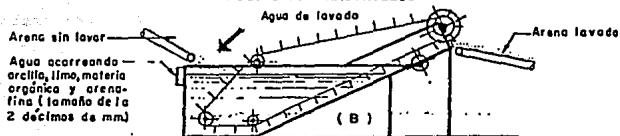


FIG. 5.80 CLASIFICADOR DE TORNILLO DE ARQUIMEDES 6 HELICOIDAL

su almacenamiento. El clasificador controla la decantación, es decir, separación de la arena con rápido desagüamiento.

Tres CANALETAS LATERALES con altura de transbordamiento regulable, — proporcionan un medio efectivo a la solución acuosa con impurezas en suspensión, reduciendo de ésta forma la turbulencia en el tanque con consiguiente asentamiento de la arena a recuperar.

La ROSCA es resistente a la abrasión (figura 5.81), está en forma con tima y es de acero, montada alrededor de un TUBO de acero extrapesado. — Tiene REVESTIMIENTOS de unión especial en forma de segmento, fijados con tornillos, proporcionan resistencia al desgaste de la superficie de arrastre. Mejora el drenado de la arena, al reducir la turbulencia del agua en el recipiente, produciendo de esta forma una arena más seca, con mayor producción y menor costo de mantenimiento.

También ofrece máxima acción de arrastre, moviendo grandes cantidades de arena, reduciendo el escurrimiento y disminuyendo el desgaste sobre la espiral.

La rosca es soportada en su parte inferior por un RODAMIENTO lubricado con grasa, y en su parte superior por la UNIDAD REDUCTORA.

( t ) : Se fabrican en diferentes tamaños, de diámetro por longitud — de la rosca: 20"x19", 24"x22", 30"x22", 36"x25", 42"x28", 48"x32", 60"x34" y 72"x36", en versión de GUSANO SIMPLE; 36"x25", 42"x28", 48"x32", 60"x34" y 72"x36", en versión de GUSANO DOBLE.

( C ) : El clasificador helicoidal es desarrollado para atender altas capacidades productivas, con gran precisión y mantenimiento mínimo. Las capacidades y otras especificaciones, se muestran en la tabla 5.17 del anexo 2.

#### 5.4.4.3 FLAUTAS DE RIEGO.

( D ) : Las flautas de riego son lavadores de grava y se realiza durante el cribado. Hay cribas que se fabrican y equipan con dichas flautas de riego para el lavado de agregados y minerales cuando sea necesario, y —

así como para el desagüamiento (figura 5.82, a).

Los TUBOS para el agua son rígidamente colocados de manera segura en una BASE FIJA no interfiriendo con la vibración de la criba. Los GRIFOS es tán espaciados y tienen desviadores que proporcionan la formación de chorros de agua de alta presión que barren toda el área de la criba, los cuales remueven la arena y polvo adheridos, garantizando alta eficiencia de lavado (figura 5.82, b).

#### 5.4.4.4 TAMBOR DESENLIDADOR (SCHUEBER).

( D ) : Para el lavado enérgico de minerales, gravas y arenas naturales fuertemente contaminadas con arcilla, se emplea el TAMBOR DESENLIDADOR (super scrubber washer: lavador super restregador) (figura 5.83, a).

Consta de un CILINDRO liso hecho con placa de acero en cuyo interior tien montadas ASPAS o PALETAS metálicas (figura 5.84), que mueven el material en su interior y lo restriegan. A su vez tiene un DISPOSITIVO DE RIEGO a presión para realizar dentro del tambor el lavado de los agregados, así como también ORIFICIOS en la parte exterior para la evacuación del agua (figura 5.83, b).

El equipo es diseñado para un máximo rendimiento y un mínimo mantenimiento; muy económico para tener y operar. Automáticamente depura, lava y enjuaga en una sola operación.

El impacto de unas barras y la acción trituradora con el mismo material, elimina grandes cantidades de arcilla rápida y económicamente.

Las aspas son ANGULOS de acero o acero al manganeso, y tienen intercaladas unas BARRAS o LINEAS de acero de alta resistencia, acero al manganeso o de caucho; ambas partes son de fácil reemplazamiento.

El tambor desenlizador, técnicamente mejorado, utiliza una SERIE DE NEUMATICOS como medio de impulsión, eliminando así los rodillos engranados y rodillos mecanizados caros, y tienen una PLACA opcional de protección, y una UNIDAD DE ACOPLAMIENTO que asegura un rápido y fácil reemplazo de las llantas.

Las llantas giran sobre RODAMIENTOS tipo ferrocarril que no necesitan lubricación, por lo que son virtualmente libres de mantenimiento.

FIG. 5.81 ESPIRAL 6 ROSCA

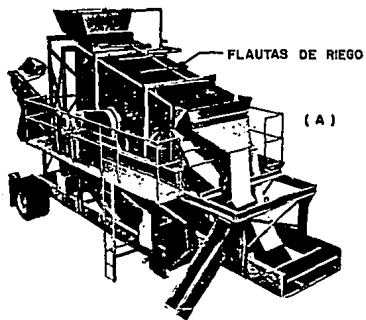
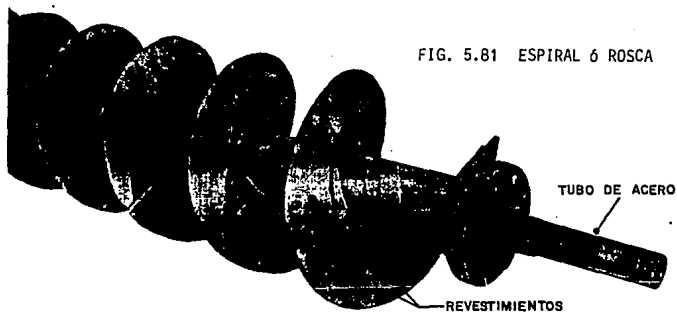
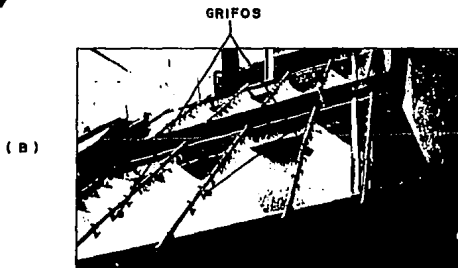


FIG. 5.82 FLAUTAS DE RIEGO



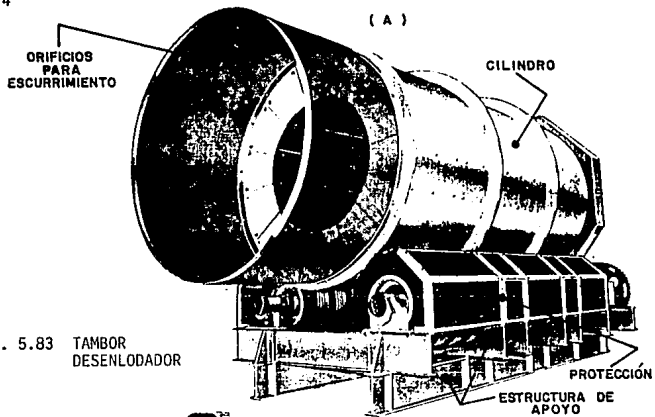


FIG. 5.83 TAMBOR DESENLODADOR

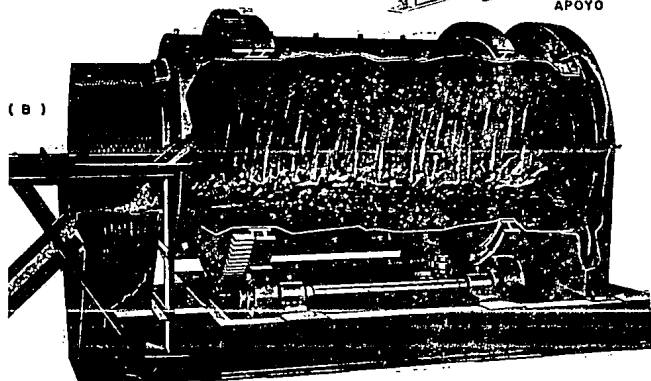
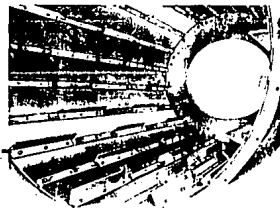


FIG. 5.84 ASPAS Y BARRAS METALICAS



La unidad eléctrica de empuje con la que funciona, incluye REDUCTOR y CAJENA, usando un MOTOR ELECTRICO estándar de 1800 R.P.M.; con una velocidad opcional de manejo de 55%, 66%, 75% u 85% de la velocidad crítica.

( t ) : Se fabrican en diferentes tamaños, de diámetro por longitud - del tambor: 72"x10'-6" y 14'-0"; 96"x14'-0" y 21'-0"; 120"x17'-6" y 24'-6".

( C ) : Las capacidades aproximadas de lavado están basadas en un tiempo de retención de 1.0 a 3.5 minutos: para 72", de 50 a 180 TPH; para 96", de 120 a 410 TPH; para 120", de 225 a 750 TPH. Algunas otras características se muestran en la tabla 5.18 del anexo 2.

#### 5.4.5 ELEVADOR DE CANGILONES.

( E ) : El elevador o transportador de cangilones es uno de los equipos por medio del cual se logra el movimiento continuo del material suelto y en ocasiones líquido, sobre un tramo de sistema continuo. Un flujo continuo de material será, si dicho tramo se mueve en forma continua, y si la alimentación lo es también.

Este equipo es capaz de mover material hacia arriba sobre una pendiente muy inclinada.

( D ) : Consiste básicamente en una serie de BOTES o CANGILONES de tamaño y separación uniformes montados ya sea sobre una BANDA DE HULE o sobre CADENAS para un servicio pesado.

Tanto las cadenas como la banda están animadas por un movimiento lineal, por medio de RUEDAS DENTADAS situadas en los extremos del elevador, que permite la elevación del material recogido por los cangilones, de la TOLVA DE RECEPCION, situada en la parte inferior del elevador.

Por lo menos una de las ruedas dentadas sirve de RUEDA MOTRIZ para accionar al transportador sobre su circuito cerrado, por medio de una UNIDAD MOTRIZ adecuada al mecanismo de movimiento.

Los cangilones están soportados por PIVOTES, de manera que su extremo abierto quede siempre hacia arriba y en posición horizontal, excepto cuando se voltea para descargar.

El elevador ordinario se diseña para material granular, no líquido, y sus cangilones son de posición fija en la cadena a banda continua, permitiendo descargar el material por acción centrífuga. Para esto se selecciona cuidadosamente su velocidad de manera que se logre el lanzamiento del material que lleva cada bote cuando pasa por la rueda dentada superior.

El equipo tiene bajos costos de instalación y operación; su ventaja principal radica en el espacio mínimo de terreno que requiere. Sin embargo, tiene baja capacidad de movimiento de agregados, comparado con el transportador de banda.

Su utilización está proyectada principalmente para las industrias del cemento, yeso, cal y en la minería, ya que en la instalación de producción de agregados pétreos se ha tenido muy disminuida su utilización, debido —



precisamente al desarrollo de los transportadores de banda, que sustituyen con gran ventaja al elevador de cangilones.

( C ) : La capacidad de movimiento del material depende directamente del volumen de cada bote, del material que se está moviendo y de la velocidad del eslabonamiento en cadena en su circuito. La productividad máxima - se determina con la siguiente expresión:

$$Q_{\max} = \frac{60 V \gamma s}{2000 d}$$

en donde:  $Q_{\max}$  = producción máxima, en toneladas por hora (TPH).  
 $V$  = una carga de cangilón, en pies cúbicos.  
 $\gamma$  = peso volumétrico del material que se mueve, en lb/pie<sup>3</sup>.  
 $s$  = velocidad de recorrido del cangilón, en pies/min.  
 $d$  = separación entre cangilones, en pies.

#### 5.4.6 TRANSPORTADORES DE BANDA.

( E ) : Una de las opciones para el transporte y manejo de agregados pétreos, lo constituyen los TRANSPORTADORES DE BANDA conocidos comúnmente como BANDAS TRANSPORTADORAS, siendo un equipo muy utilizado, de mecánica simple y de gran eficiencia (figura 5.85).

Su empleo es amplio en la industria en general, ya que constituye el método más satisfactorio y económico para el manejo y transporte de material granular voluminoso y terrones sólidos lo suficientemente pequeños para caber y mantenerse sobre la banda tales como tierra, arena, grava triturada, minerales, cemento, concreto, etcétera, con un flujo continuo a relativa gran velocidad. Se fabrican desde unidades independientes PORTATILES hasta máquinas gigantes ESTACIONARIAS.

Su uso se hace necesario cuando se tiene que mover grandes volúmenes de material a lo largo de una ruta, sobre un terreno muy quebrado en el - que sería muy difícil construir un camino, o bien, cuando el espacio para acarreo está restringido, como en los túneles y en los bancos de préstamo congestionados.

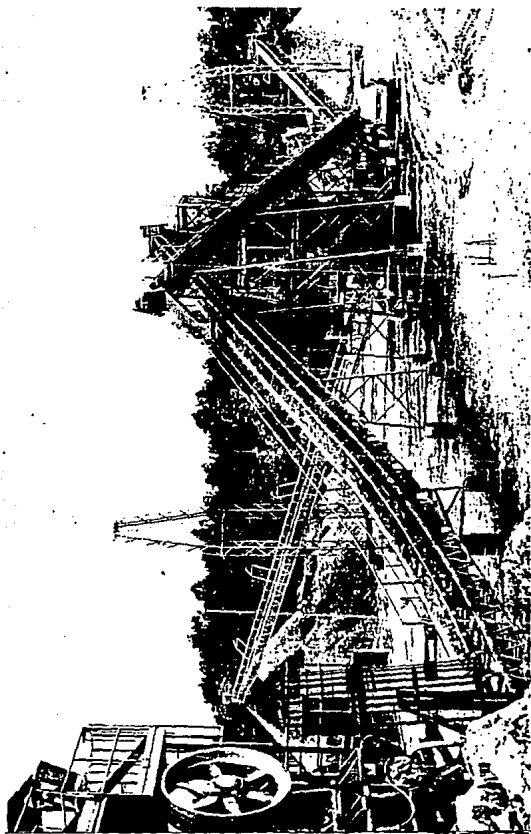


FIG. 5.85 VISTA GENERAL DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS EN OPERACION

Tiene eficiencia mecánica elevada, porque se mueve poca carga muerta con la carga, el rozamiento es mínimo y la potencia consumida al accionarse y al parar es mínima.

Existen sistemas de bandas transportadoras para realizar acarrees de una milla o más, sobre todo en la industria minera por ser un medio económico y eficaz, siendo esto, una justificación amplia de su elevada inversión inicial, aún cuando en la práctica se limita la distancia de transporte a un cuarto de milla.

En la planta de producción de agregados pétreos se tienen varios tipos de transportador de banda de acuerdo al trabajo específico que desarrollen (figura 5.86), y son los siguientes:

1. DE ALIMENTACION. Las características de uso, componentes, tamaño, capacidad y selección de este tipo de equipo, fueron expuestas en la referencia 5.4.2.4.

2. DE EVACUACION. Este equipo se ubica en las etapas primaria, secundaria y terciaria, de acuerdo con el tamaño del agregado que se requiera.

En la ETAPA PRIMARIA tiene como objetivo el traslado del material, — por un lado el preclasificado inicialmente en la reja vibratoria, si es el caso, y por otro, el tratado por la quebradora primaria, evacuándolos fuera del grupo primario y descargándolos por lo general en la banda de conexión.

En la ETAPA SECUNDARIA tiene como finalidad recibir y desalojar, por un lado, el material tratado en la trituradora secundaria y por otro lado, en caso necesario, el material que no requiere tratamiento secundario, venido de entre dos mallas.

En la ETAPA TERCIARIA tiene por objeto el desalojo del material únicamente del producido por la trituradora terciaria.

3. DE CONEXION. Este tipo de banda tiene por objeto servir de UNION — entre el grupo primario y el grupo secundario, y entre el grupo secundario y el grupo terciario, si es que es necesario ésta última etapa, para ser clasificado el material por tamaño mediante una criba, y además, recibir el material proveniente de la trituración secundaria o terciaria por medio

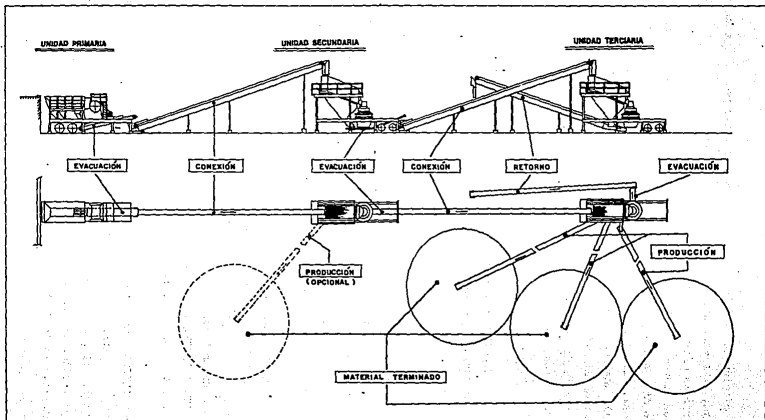


FIG. 5.86 ESQUEMA GENERAL DE LA DISPOSICIÓN DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS EN TRES ETAPAS DE TRITURACIÓN DE ACUERDO AL TRABAJO QUE DESARROLLEN

de la banda de recirculación o de retorno para su reclasificación por haber sido sobretamaño el material tratado, esto último, dependiendo de cual sea la última etapa de trituración.

4. DE RECIRCULACION o DE RETORNO. Se ubica en la etapa secundaria o en la terciaria, dependiendo de cual de las dos etapas sea la última en triturar. Dicha banda recibe el material proveniente de la banda de evacuación del último grupo de trituración y lo deposita en la banda de conexión para su reclasificación.

Con este tipo de banda, a la última etapa se le denomina TRITURACION A CIRCUITO CERRADO para controlar el tamaño máximo del agregado que se procesa en la planta de trituración.

5. DE PRODUCCION o DE DESALOJAMIENTO. Su ubicación estará en la etapa secundaria y/o terciaria, dependiendo de la especificación de tamaños del agregado requerido.

Esta banda sirve para desalojar el material clasificado de la malla inferior a cero, ya sea cuando se obtenga un material o bion, cuando sean dos las subdivisiones de los materiales, y bien podría ser también para el desalojo del material comprendido entre dos mallas, ambos casos, para mandarlos a sus montones respectivos de almacenamiento.

Los tipos anteriores de banda transportadora pueden, a su vez, ser de varios tipos: RAMIAL (con ruedas o con mástil o torro), MOVIL, SEMIFLJO, y FLJO; esto dependiendo básicamente del tipo de planta (portátil o estacionaria) y del trabajo específico que desarrolle cada banda transportadora.

Cada tipo de transportador de banda tiene su uso específico, sin embargo, trabajan con el mismo principio y todos constan de los componentes esenciales siguientes:

- a) BANDA.
- b) RODILLOS.
- c) CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO.
- d) CONJUNTO DE RETORNO.
- e) ESTRUCTURA INTERMEDIA DE SOPORTE Y DE SUSTENTACION.

## 5.4.6.1 BANDA.

( D ) : La banda es una CINTA o FAJA PLANA que constituye una estructura integral y flexible, reforzada o armada en su interior con CAPAS de lona, nylon, rayón o cables de acero, y cubiertas con CAUCHO de espesor mayor en la parte superior de carga que en la zona inferior y sirve solamente para proteger el armazón de la abrasión del material, del desgaste por el impacto de la carga, y de la intemperie.

Su espesor y calidad varían para los diferentes tipos de servicio (figura 5.87). El tipo de fibra, el número y peso de las capas y el refuerzo que lleven, determinan la resistencia de la banda (tabla 5.19, anexo 2).

Para trasladar el material, la banda, generalmente corre formando un CANAL o ARTESA en el tramo superior, centrando la carga y reduciendo el derrame a los lados. Se apoya sobre rodillos a lo largo en la parte superior e inferior, y en los extremos, en poleas.

El PESO de la banda varía desde aproximadamente de 3 lb/pie lineal (-4.465 Kg/ml), para los transportadores más pequeños (de 18" de ancho), para servicio ligero y para material que pesa de 30-75 lb/pie<sup>3</sup> (480-1201 Kg/m<sup>3</sup>), hasta 21 lb/pie lineal (31.252 Kg/ml) para los transportadores grandes (de 60" de ancho), para servicio pesado y para material que pesa de -130-200 lb/pie<sup>3</sup> (2082-3204 Kg/m<sup>3</sup>).

Las VELOCIDADES MÁXIMAS de las bandas que se recomiendan por lo general son: para bandas pequeñas de 18" de ancho es de 250 a 400 pies por minuto (p.p.m.) dependiendo del material que ha de moverse. La piedra suelta que no tiene mucho material fino, tiende a regresarse rodando sobre la banda; si el movimiento de ésta es demasiado rápido. Para bandas grandes de -60" de ancho, las velocidades máximas recomendadas son de 500 a 900 pies por minuto.

Las velocidades máximas para los anchos de banda comprendidos entre - estos límites, aumentan uniformemente al aumentar el ancho de banda.

Cuando por su uso la banda se alarga tanto que ya no se puede ajustar, o bien, que se tenga una parte muy desgastada, se le corta dicho tramo, y los extremos se unen con GRAPAS o se VULCANIZAN y se vuelve a usar. Estas grapas permiten un deslizamiento natural de la banda sobre los rodillos de carga, con un funcionamiento suave sobre los tambores, sobre las guías laterales

## ORDINARIO



Capas múltiples de lana adecuada del mismo espesor y número a lo largo de toda la banda. El tipo ordinario sirve para casi todos los servicios en los que se emplean transportadores.



## ACOJINADAS

En lo general, son iguales a las ordinarias, pero con el revestimiento superior reforzado con hule igual al antidecarrante de las llantas en la superficie superior, seguido de una capa gruesa de hule elástico. El cajín cede a los golpes y presiones extremas protegiendo el revestimiento contra picaduras y rebabas, evitando que se rompa el armazón de la banda.



## DE REVESTIMIENTO ESCALONADO... Revestimiento para Alimentadores de Combustible

En general, son de construcción igual a las ordinarias excepto que se les da un espesor adicional que sobresale en el centro de la superficie de la banda. Se recomienda, cuando el material abrasivo que se va a cargar, se concentra en la parte central de la banda y que produce solamente un ligero desgaste en las orillas. Las bandas de revestimiento escalonado no se recomiendan para propulsión con dos paños a la vez.



## DE CAPAS DE FIBRAS ESCALONADAS

Un tipo de banda que lleva un revestimiento más grueso en el centro de la banda que en los bordes. Que se obtiene haciendo a los lados una o dos capas de fibra llenando el espacio que queda en el centro con material de revestimiento. Las bandas de capas de fibra escalonadas tienen una flexibilidad lateral mayor y se escalan con mayor facilidad. El espesor adicional de material de revestimiento proporciona una vida mayor a la banda en las condiciones de carga donde el desgaste se concentra en la porción central de la banda.

FIG. 5.87 BANDA PARA DIFERENTES TIPOS DE SERVICIO

y el limpiador de la banda.

Cuando una banda transportadora trabaja en regiones donde existen vientos con velocidad mayor que la normal, hay riesgo de que la banda sea levantada de su posición. Para impedir lo anterior, hay RETENEDORES DE BANDA con altura ajustable, y son varillas lisas que forman dos ángulos rectos, y se apoya sobre el bastidor.

( t ) : La banda puede tener una anchura que va desde ocho pulgadas a ocho pies, pero las más comunes varían de 18" a 60".

( C ) : La capacidad generalmente se da en toneladas cortas por hora (TPH) y la determinan: el AREA de la sección transversal del material, la VELOCIDAD de la banda y el PESO del material por unidad de volumen en sus respectivas unidades.

El área transversal, por su parte, dependerá del ANCHO de la banda, - de la PROFUNDIDAD de la canal, del ANGULO de reposo del material y del POR CIENTO de carga que lleve la banda con respecto a su capacidad.

Estas variables convierten el proyecto de un sistema de banda transportadora en un asunto complejo, dando lugar a las diferencias de opinión.

#### 5.4.6.2 RODILLOS.

( D ) : Como se menciona en la referencia anterior, dichos rodillos - sostienen a la banda en sus partes superior e inferior, y además, son accionados por medio de la banda por fricción a través de la polea de cabeza motriz. Los rodillos por su disposición, son de dos formas: de CARGA y de RETORNO.

1. RODILLOS DE CARGA. Son un conjunto de trenes compuesto cada uno - por: un número variable de rodillos, por lo general TRES RODILLOS, y los SOPORTES.

Los rodillos están posicionados de tal manera que el RODILLO CENTRAL soporta la parte cargada de la banda mientras que los RODILLOS EXTERIORES levantan los bordes configurando una sección acanalada, en forma de "U" o



de artesa, que evita que se derrame la carga por los lados.

Giran sobre **COJINETES ANTIFRICCIONANTES** con rodamientos cónicos o de esferas; utiliza **GRASERAS** de alta presión para la lubricación periódica de los cojinetes.

Los rodillos son fabricados de **TUBO DE ACERO** o de **HIERRO FUNDIDO**. Pueden ser de dos tipos: de **CARGA** en sí o **PLANOS** y de **IMPACTO** o **ACOJINADOS**.

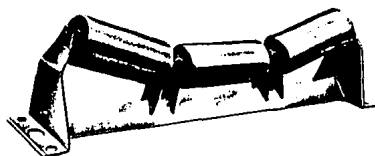
a) **RODILLOS PLANOS**. Se utilizan para el apoyo del lado cargado de la banda transportadora (figura 5.88, a). Además, cuando la banda trabaja bajo condiciones que hacen difícil que se mantenga centrada en dichos rodillos de carga (por ejemplo, en las excavaciones), será necesario instalar **RODILLOS DE ALINEAMIENTO AUTOMÁTICO** o **RODILLOS GUÍA** los cuales se montan en un pivote central y llevan carretes verticales colocados a cada borde, y están destinados a controlar el deslizamiento lateral de la banda, cuando los transportadores tengan longitudes considerables; estarán espaciados de 50 a 60 pies de separación adelante de la polea terminal (figura 5.88, b).

b) **RODILLOS ACOJINADOS**. Se localizan en la zona de carga del transportador, con la finalidad de absorber el impacto que produce la carga al caer, y de reducir el desgaste de la banda y de los rodillos mismos (figura 5.88, c); también se pueden localizar, aunque no necesariamente, en la zona donde descarga la banda transportadora de recirculación.

El espaciamiento de los rodillos planos, será lo suficientemente cerca para evitar una flexión excesiva de la banda cargada. Mientras que el espaciamiento de los rodillos acojinados deberá reducirse en el punto en donde se alimenta la carga a la banda.

2. **RODILLOS DE RETORNO**. Se localizan en la parte inferior del movimiento de retorno de la banda y proporcionan apoyo plano a la misma, sin carga, disminuyendo la "flecha" causada en consecuencia de su peso.

Estos rodillos, como llevan poco peso, pueden estar más separados que los rodillos de carga. Su construcción y lubricación son semejantes a los anteriores, y pueden ser también simples o auto-alineadores (figura 5.88, d).

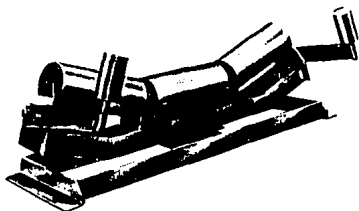


( A )

PLANOS DE CARGA

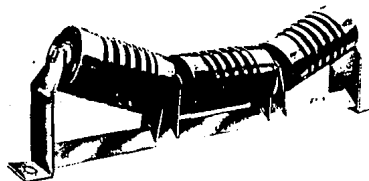
( B )

PLANOS DE CARGA  
CON  
ALINEAMIENTO  
AUTOMÁTICO



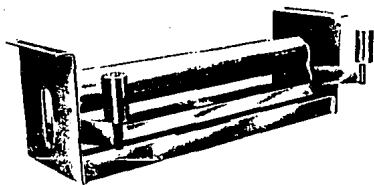
( C )

ACOJINADOS DE  
IMPACTO



( D )

PLANO DE RETORNO  
CON  
ALINEAMIENTO  
AUTOMÁTICO



( D )

PLANO DE RETORNO  
SIMPLE



FIG. 5.88 RODILLOS DE CARGA Y DE RETORNO

Si la banda lleva material pegajoso, puede tener algo que no le quitan los limpiadores, que se va quedando en los rodillos de retorno. Podrán en vez de ser planos, llevar discos de hule que reducen esta molestia.

Para la industria Barber-Greene, tanto los rodillos de carga como los de retorno, son proyectados para ofrecer máxima aplicación, elevada vida útil y bajo costo de mantenimiento; con un sistema de conexión que mantiene la lubricación constante y libre de impureza, garantizando máximo desempeño sobre las más severas condiciones operacionales (figura 5.89).

Cuenta con varios tipos de serie que son las siguientes:

a) SERIE " N ". Son proyectados para proporcionar una operación continua y son adecuados para velocidades y servicios medios. Son disponibles para bandas de 18" a 36" de ancho y utilizan rodamientos de esferas, con lubricación permanente o periódica (opcional).

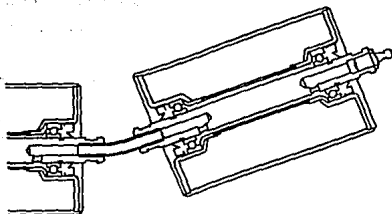
b) SERIE " S ". Son indicados para servicios extra-pesados y anchuras de banda de 36" a 96". Son fabricados con rodamientos cónicos, y con lubricación permanente o periódica (opcional).

c) SERIE " D ". Son de construcción robusta e indicados para servicios pesados y altas velocidades. Utilizan rodamientos de esferas o cónicos con sistema de lubricación permanente o periódica (opcional), y son disponibles para bandas de 18" a 60" de ancho.

( t ) : Los diámetros de los rodillos (de carga y de retorno) más comúnmente empleados son de: 4, 5, 6 y 7 pulgadas . Los rodillos de grandes diámetros proporcionan menor fricción y por consiguiente mayor protección a la banda, especialmente cuando la carga incluye fragmentos grandes de material.

#### 5.4.6.3 CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO.

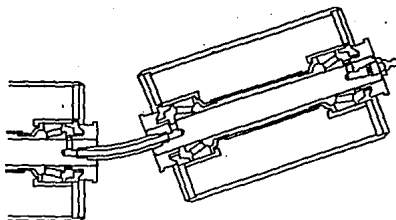
( D ) : El conjunto tiene una longitud de aproximadamente 1.5 metros,

**SERIE "N"**

SERVICIO MEDIO Y  
PARA BANDAS DE  
18" a 36" DE ANCHO

**SERIE "S"**

SERVICIO EXTRA-PESADO Y  
PARA BANDAS DE  
36" a 96" DE ANCHO

**SERIE "D"**

SERVICIO PESADO Y  
PARA BANDAS DE  
18" a 60" DE ANCHO

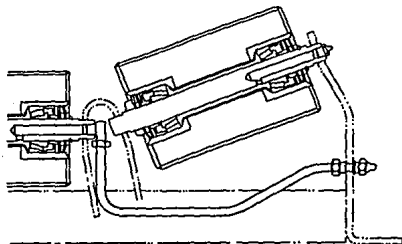


FIG. 5.89 ESQUEMA GENERAL DE LOS RODILLOS DE CARGA

y está integrado por los elementos principales siguientes:

1. UNIDAD MOTRIZ. Esta unidad es colocada sobre la estructura del mismo conjunto de accionamiento, para mantenerla alejada del polvo e impureza, y ponerla en la posición más efectiva. Puede ser un motor ELECTRICO (por lo general de uso más común), de GASOLINA o de DIESEL (figura 5.90).

La unidad transfiere su potencia efectiva a un sistema de transmisión, éste a su vez, lo transmite al eje, quien moverá a la polea motriz y por fricción, impulsará a la banda.

La unidad motriz tiene una potencia que va desde aproximadamente los 5 H.P. hasta los 80 H.P.; dependiendo en forma importante de la CAPACIDAD exigida en toneladas cortas por hora (TPH) que han de manejarse, así como también, del ANCHO y LONGITUD de la banda, ELEVACION de la carga, VELOCIDAD de la banda, del SISTEMA DE TRANSMISION de la potencia, y de aspectos semejantes como la FRICCION.

2. TAMBOR DE IMPULSION. Es conocido también como POLEA DE CABEZA MOTRIZ, DELANTERA o PRINCIPAL. Está formado por ARCOS de acero soldados. Los DISCOS y TUBOS están montados en un bastidor sólido y ajustado, que evita la entrada de impureza, vapor y agua.

La polea motriz está montada en un eje y sujeta con CHAVETAS tipo torillos (para diámetros de 1" y mayores) que evitan la posibilidad de deslizamiento del tambor sobre el eje, y permiten un ajuste rápido y seguro del mismo (figura 5.91, a).

El cilindro del tambor puede tener una superficie RECTA (figura 5.91, b) u OVALADA (figura 5.91, c), y estar o no, revestido con una CAPA DE HULE de diferentes espesores ya sea LISA (figura 5.91, d) o RANURADA tipo espina (figura 5.91, e), y vulcanizada o fijada con tornillos.

La polea de cabeza motriz se ubica por lo general en la parte delante de la banda transportadora, también puede colocarse en la parte terminal o en la parte intermedia, en relación al sentido del movimiento de la banda transportadora (figura 5.92).

Los DIAMETROS más comúnmente empleados son de 16, 24 y 30 pulgadas; - existiendo otros diámetros, dependiendo del tipo de trabajo y del área de contacto necesaria para tener una fricción adecuada con la banda.

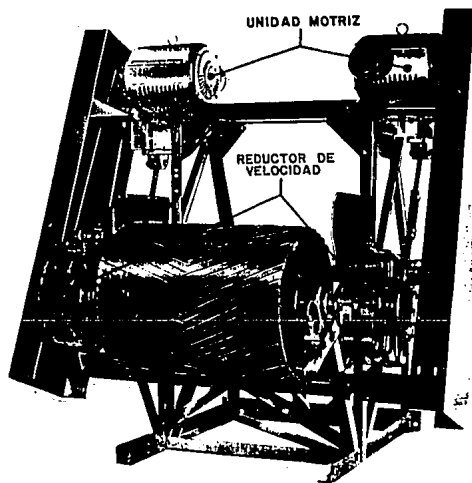


FIG. 5.90 VISTA GENERAL DEL CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO

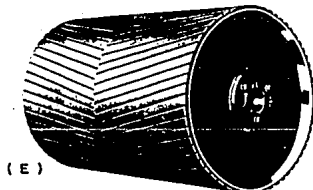
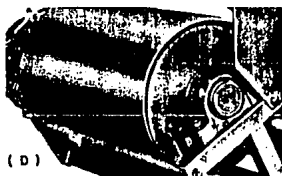
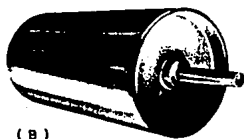


FIG. 5.91 POLEA DE CABEZA MOTRIZ

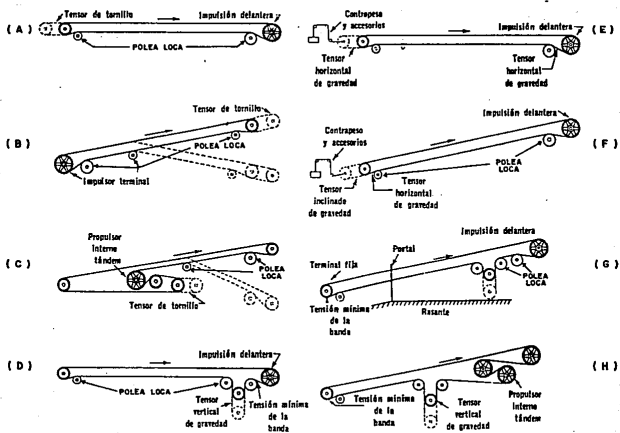


FIG. 5.92 ESQUEMAS DE DISPOSICION DE LOS MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO Y DE RETORNO

3. **REDUCTOR DE VELOCIDAD.** Es un sistema de transmisión de potencia, y puede ser del tipo de **ENCHANAJES**, del tipo de **CAENAS**, del tipo de **BANDAS** o de una combinación de varios de estos. El más usual es del tipo de **engranajes**.

El **ARMAZON** de dicho reductor es de construcción robusta y precisa, — que garantiza máxima eficiencia. Se instala en el propio eje de la polea motriz; su fijación es hecha a través de una ranura chavetada y tornillos que aseguran perfecto equilibrio del conjunto.

Sus **ENGRANES** y **EJES** son de alto acero-ligado. El proyecto de ingeniería más avanzado y conocido, son los sistemas de doble reducción montados en los extremos del eje de accionamiento (figuras 5.90 y 5.93).

4. **ACCESORIOS.** Dichos elementos están dispuestos de tal manera que — contribuyen a formar el conjunto de accionamiento, y son los siguientes:

a) **EJE o FLECHA DE PROPULSION.** Es de acero de alta resistencia. En él se apoyan el tambor y el reductor de velocidad quien es el que le da movimiento; por su parte, el eje se apoya y gira a través de unas mancuernas — (figuras 5.91, a, y 5.91, b). Su diámetro varía según el tamaño del tambor.

b) **MANCUERNAS.** Son piezas que se utilizan para servicio medio o pesado, dependiendo del tamaño del conjunto de accionamiento, y son el soporte del eje que lo sujetarán con chavetas tipo tornillo. Emplea rodamientos de esferas antifricción contenidas en la mancuerna tipo "chumacera" (pillow-block), y su posición es fija (figura 5.94).

c) **POLEA LOCA.** Las características de forma y construcción son semejantes a las de la polea principal, más que de menor diámetro. Se ubica en el lado flojo de la banda y cerca de la polea motriz, gira libremente sobre un par de mancuernas. Su finalidad es darle un mayor contacto a la polea motriz con la banda (figura 5.92).

d) **TRINQUETE.** Un transportador que opera en pendiente tiende a retroceder hacia atrás por efecto del peso de la carga que empuja hacia abajo — la banda, cuando se interrumpe la potencia. En este caso, se puede dispo-



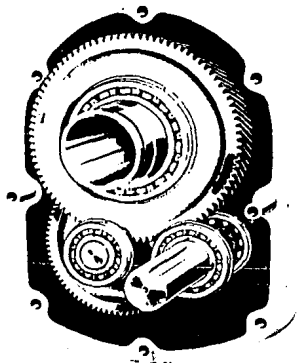


FIG. 5.91 POLEA DE CABEZA  
MOTRIZ

(A)



FIG. 5.93 VISTA INTERIOR DEL  
REDUCTOR DE VELOCIDAD

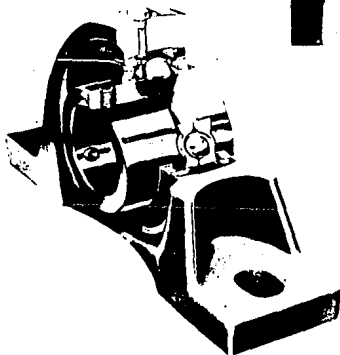


FIG. 5.94 VISTA GENERAL Y CORTE  
ESQUEMATICO DE LA MAN  
CUERNA

ner de un freno de tamaño suficiente, sin embargo, es más conveniente instalar un dispositivo de operación automático. Existen tres tipos: de RODILLOS, de ENGRANES y el de BANDA DIFERENCIAL.

El más utilizado es el de engranes, comúnmente llamado trinquete. — Consta de una RUEDA DENTADA acoplada con un cuñero a la flecha de propulsión que está sujeta entre DOS PLACAS LATERALES que están articuladas a — una UÑA y una PALANCA pequeña anclada al bastidor del transportador.

Cuando la polea motriz gira en dirección normal, la fricción del trinquete y las placas laterales levantan la unidad en la articulación, manteniendo separada la uña de la rueda dentada. Cuando la polea comienza a girar en sentido contrario, empuja la articulación hacia abajo y la uña se encaja en el trinquete automáticamente (figura 5.95).

e) LIMPIADOR o RASPADOR DE BANDA. Puede consistir en una HOJA de hule o de acero o de una espesa BARRA de caucho, o ser un RODILLO de cerdas o — de hule acanalado (figura 5.96) que gire en sentido contrario a la banda. El ajuste por el desgaste y la presión necesaria contra la banda se obtienen por medio de RESORTES ajustables o de un CONTRAPESO.

La tierra mojada y otros materiales se adhieren a la banda y se acumulan en cantidad considerable, y más aún, cuando un objeto filoso queda sujeto entre la banda y la polea loca, puede perforar la banda y aun cortarla en tiras.

Por eso, su ubicación está paralela al eje de impulsión, cerca de la polea motriz. Su finalidad es la de limpiar la banda y conducir el material raspado al mismo receptáculo que la corriente principal.

f) "CHUTE" DE DESCARGA. Los hay de dos tipos: FIJO y ARTICULADO. El — fijo, se ubica en el extremo junto al conjunto de accionamiento; es usado para concentrar y dirigir el flujo del material del tambor de accionamiento de un transportador para depositarlo en el "chute" de alimentación de otro transportador, para un silo de almacenado, para una criba, etcétera. Es también usado para evitar que finos de material sean llevados por el — viento cuando el material es descargado en elevadas alturas. Está revestido de acero resistente a la abrasión para servicio pesado (figura 5.97, a).

El "chute" articulado, proporciona un método más conveniente para re-

FIG. 5.95 VISTA GENERAL DEL TRINQUETE

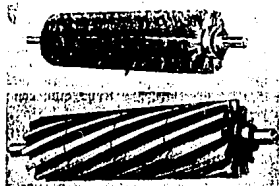
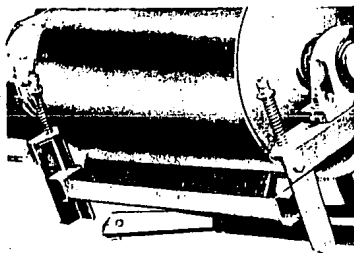
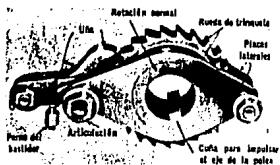
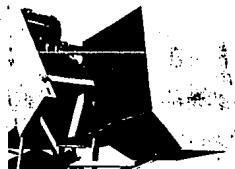
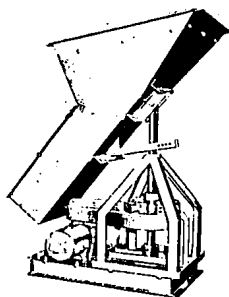


FIG. 5.96 LIMPIADOR DE BANDA



(A) FIJO



ARTICULADO (B)

FIG. 5.97 "CHUTE" DE DESCARGA

gular la dirección de descarga, o distribuir material dentro de un conjunto de silos. Puede ser disponible en opción manual o motora (figura 5.97, b).

g) BRAZO DE AJUSTE. Se ubica a un costado de la polea motriz, entre la unidad motriz y el reductor de velocidad. Consta de DOS VARILLAS de acero tipo tornillo; uno es sujeto por un perno en la estructura de apoyo debajo de la unidad motriz, y el otro está sujeto en el extremo del reductor de velocidad, y ambas varillas unidos de las puntas por medio de un TENSOR de rosca. Su finalidad es la de tensionar los extremos para ajustar con facilidad las bandas tipo "V" que conectan las poleas de impulsión del motor con las poleas del reductor (figura 5.98).

h) BANDAS TIPO "V". El objetivo de estas bandas es la de transferir la potencia efectiva a través de la polea de la unidad motriz hacia la polea del reductor de velocidad. El ancho y la longitud de las bandas varían de acuerdo al ancho y a la distancia de las poleas respectivamente (figura 5.98).

i) GUARDAS. Están hechas de PLACAS de acero; por un lado protegen a las bandas tipo "V" del contacto con algún objeto externo por la velocidad que llevan, y por otro lado, hay otras guardas que protegen al tambor de impulsión, siendo éstas opcionales (figura 5.98).

j) CHAPA DE PROTECCION. Se ubica en la parte superior del chasis de montaje justo antes de la conexión con la estructura intermedia de soporte.

Es una PLACA SOLIDA y soldada al chasis; protege a la banda de retorno de la posible caída de material debido al movimiento de la misma, con el fin de darle mayor vida útil a la banda y en consecuencia al tambor, evitando en lo posible que el material vaya a quedar atrapado entre ambos causándoles desgastes excesivos (figura 5.98).

k) CHASIS o ESTRUCTURA DE MONTAJE. Es de acero estructural soldado para ser montado, por un lado en estructura intermedia de soporte tipo CELO-SIA de 24" y 42", y por otro lado en estructura intermedia de soporte tipo

VIGA "U" de 6". El chasis sirve de sustentación de todos los elementos del conjunto de accionamiento, y es fabricado para servicio normal, medio, pesado y extra-pesado (figura 5.98).

#### 5.4.6.4 CONJUNTO DE RETORNO.

( D ) : El conjunto tiene una longitud de aproximadamente 2.3 metros, y está constituido por los elementos principales siguientes:

1. TAMBOR TRASERO. Es conocido también como POLEA DE ARRASTRE, TERMINAL o EXTREMA. Tiene construcción de acero, sólido y ajustado que evita la entrada de impurezas, vapor y agua. Montado en un eje y sujeto con tornillos tipo chaveta para un ajuste rápido y seguro.

La superficie del tambor es PLANA, y puede estar o no, revestido con una CAPA DE HULE, vulcanizada o fijada con tornillos (figuras 5.99 y 5.100).

Su ubicación está por lo general en la parte trasera de la banda transportadora en relación al sentido del movimiento de la banda (figura 5.92). Los diámetros más comúnmente empleados son por lo general un poco menores que los del tambor motriz.

2. RODILLOS DE CARGA. Estos rodillos son llamados también RODILLOS DE IMPACTO o ACOJINADOS; sus características principales como localización, función y tamaño, entre otras, fueron expresadas en la referencia 5.4.6.2.

3. "CHUTE" DE ALIMENTACION o DE CARGA. El "chute" de alimentación es una GUIA o CAJON inclinado, abierto en la parte superior e inferior para recibir y confinar, respectivamente, el material que se deja caer en la banda transportadora.

Se ubica por encima de los rodillos de impacto; su estructura es de acero totalmente soldada y está apoyada en perfiles cuadrados y soldados. Es fabricada para servicios medio y pesado. Su longitud de construcción normal es de alrededor de 1.3 metros; sin embargo, también existen EXTENSIONES de "chute" para cargar en cualquier punto de longitud del mismo; así como también, hay "chute" de alimentación RADIAL que se coloca por enci

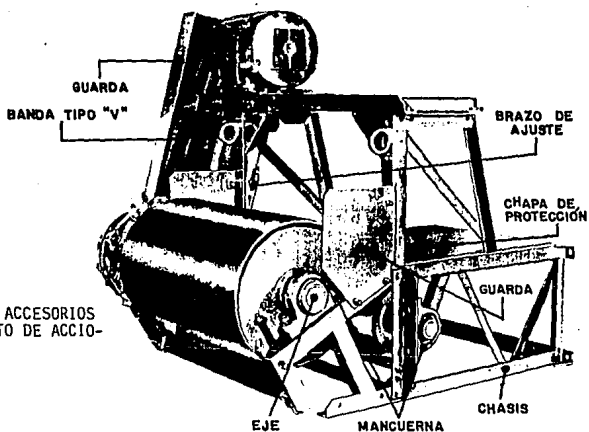


FIG. 5.98 ACCESORIOS DEL CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO

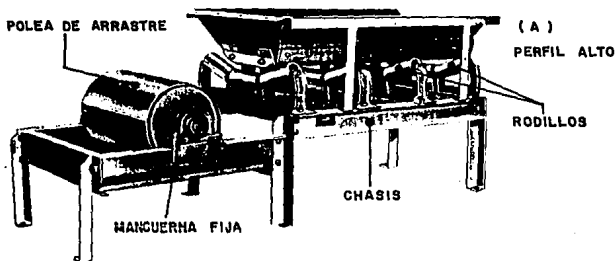
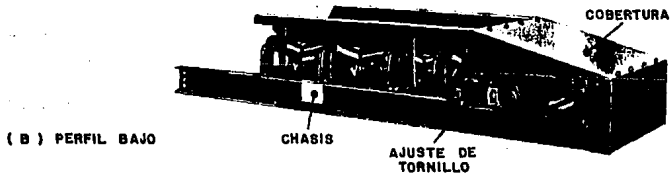


FIG. 5.99 CONJUNTO DE RETORNO EN CHASIS TIPO VIGA "U"



ma del "chute" ordinario, el cual proporciona varios ángulos de carga a la banda (figura 5.101).

4. TENSIONADOR. Una vez puesta en operación, la banda, tiende a estirarse por lo que será necesario tener un método para realizar el ajuste necesario. Existen básicamente dos tipos, dependiendo de la longitud de la banda.

Para bandas cortas, se utiliza comúnmente un AJUSTE DE TORNILLO en la polea terminal (figuras 5.99, b y 5.100, b) y es colocado cada uno en los extremos de la misma. Es una VARILLA con rosca de acero con longitud aproximada de 0.50 metros; permitiendo un deslizamiento de la polea sobre una CORREDERA, de alrededor de 18 pulgadas, y es fácilmente operable.

Para bandas largas, se utilizan dos tipos de tensores que son automáticos y mantienen constante la tensión de la banda. Uno es del tipo HORIZONTAL POR GRAVEDAD o DE CONTRAPESO, en la que la polea terminal controla la tensión sobre una corredera en la cual se le sujeta un peso que cuelga de una polea. El otro es del tipo VERTICAL POR GRAVEDAD, en la que se utiliza una polea que está guiada y lastrada y suspendida entre dos rodillos locos (figura 5.92, d-h).

5. ACCESORIOS. Estos elementos están dispuestos de tal manera que forman parte del conjunto de retorno (figuras 5.99 y 5.100), y son los siguientes:

a) EJE o FLECHA TRASERA. Es de acero de alta resistencia; en él, descansa el tambor terminal, y a su vez se apoya y gira en las mancuernas; su diámetro varía según el tamaño del tambor.

b) MANCUERNAS. Son el soporte del eje en los extremos. Emplea RODAMIENTOS DE ESFERAS antifricción indicados para servicio medio o pesado, dependiendo del tamaño del conjunto de retorno; su posición puede ser FIJA o MOVIL sobre una corredera, cuando la tensión de la banda se realiza por gravedad y con tornillo, respectivamente.

c) POLEA LOCA. Sus características son semejantes a las de la polea -

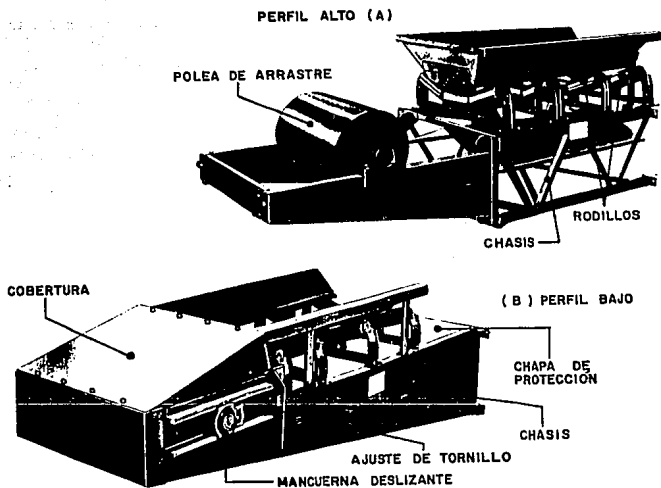


FIG. 5.100 CONJUNTO DE RETORNO EN CHASIS TIPO CELOSIA

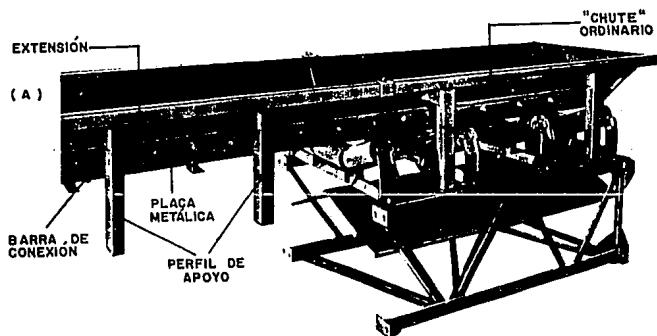


FIG. 5.101 "CHUTE" DE ALIMENTACION Ó DE CARGA



terminal. Se ubica en el lado flojo de la banda y cerca de la polea trasera y gira libremente sobre mancuernas. El diámetro es aún menor que el de la polea loca ubicada en el conjunto de accionamiento. Su finalidad es la de dar mayor área de contacto entre el tambor y la banda (figura 5.92).

d) **BARRA DE CONEXION.** Esta barra es una ceja de cierre cuya función es la de evitar derrames de material por los bordes de la banda en la estación de carga. Es de caucho flexible, y se apoya ligeramente sobre la banda; se ajusta conforme se va gastando, y se cambia cuando sea necesario.

Se ubica en la parte baja y exterior del "chute" de alimentación; su fijación se realiza por medio de tornillos y placas metálicas (figura 5.101).

e) **COBERTURA DEL TAMBOR.** Es una protección fabricada de acero, que tiene como finalidad cubrir y proteger el tambor de retorno contra la acumulación de material.

f) **CHAPA DE PROTECCION.** Se ubica justo antes de la conexión con la estructura intermedia de soporte y en la parte superior del chasis de montaje. Es una PLACA sólida y soldada al chasis; protege a la banda de retorno del material que cae y que pudiera quedar atrapado entre el tambor y la banda, evitando un desgaste excesivo.

g) **CHASIS o ESTRUCTURA DE MONTAJE.** Es de acero estructural soldado para servicio normal, medio, pesado y extra-pesado. Es el apoyo de los elementos del conjunto de retorno. Se fabrica para ser montado en estructura intermedia de soporte tipo CELOSIA y tipo VIGA "U".

#### 5.4.6.5 ESTRUCTURA INTERMEDIA DE SOPORTE Y DE SUSPENSIÓN.

( D ) : La ESTRUCTURA INTERMEDIA DE SOPORTE es un bastidor fabricado de acero estructural, y puede consistir de una o más secciones como sea necesario para obtener la longitud deseada. Lo hay de dos tipos:

1. CELOSIA. Se utiliza para transportadores de gran longitud; es de construcción toda soldada y fabricada con formación adecuada para la colocación de los rodillos y sus accesorios, y para un servicio normal y pesado (figura 5.102).

Los tamaños que se fabrican son de 24" y 42" (de la industria Barber-Greene). Esta sección se conectará con los conjuntos de accionamiento y de retorno en los extremos por medio de tornillos de alta resistencia. Existen además SECCIONES CONICAS para conectar un tamaño menor del chasis de montaje de los dos conjuntos (accionamiento y retorno) con un tamaño mayor de la estructura intermedia de soporte. Los accesorios de ésta estructura pueden ser los siguientes:

a) CUBIERTA SUPERIOR. Son SECCIONES DE CHAPA galvanizada LISA o CORRUGADA removibles y articuladas con paneles laterales o atornilladas. Protegen al material transportado y a la banda de los efectos climáticos (figura 5.103).

b) CUBIERTA INFERIOR. Es una CHAPA de protección que está soldada a la estructura en su interior y es por lo general del tipo DOS-AGUAS. Protege a la banda de retorno de un posible derrame de material (figura 5.102).

c) PASARELA. Su finalidad es la tener acceso y poder atender la banda y a los rodillos para su mantenimiento. Incluye SOPORTES, PISO de madera o metal expandido, y PASAMANOS (figura 5.103).

2. VIGUETAS EN CANAL. Se utiliza para transportadores medianos y pequeños; es de construcción toda soldada, con las secciones ligadas a través de PLACAS DE UNION atornilladas. Es fabricada con formación exigida para la colocación de los rodillos y accesorios (figura 5.104).

El tamaño en que se fabrica la viga "U" es de 6" (de la industria Barber-Greene). Hay adaptadores para secciones de viga, para tipo celosía.

La cubierta de protección para la banda de retorno es PLANA y está soldada a la estructura.

Por otra parte, la ESTRUCTURA DE SUSTENTACION es de dos tipos:

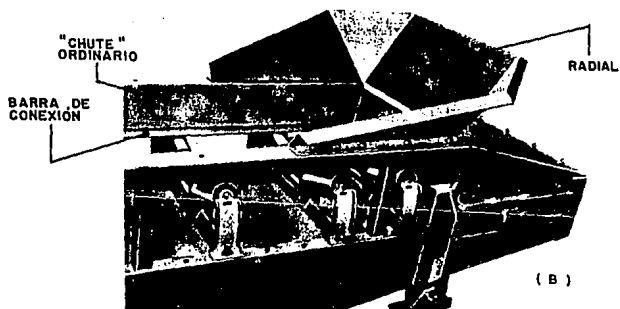


FIG. 5.101 "CHUTE" DE ALIMENTACION 6 DE CARGA  
(CONTINUACION)

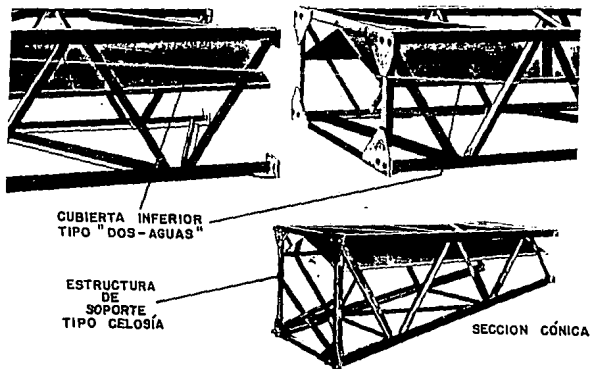


FIG. 5.102 ESTRUCTURA INTERMEDIA DE SOPORTE TIPO CELOSIA

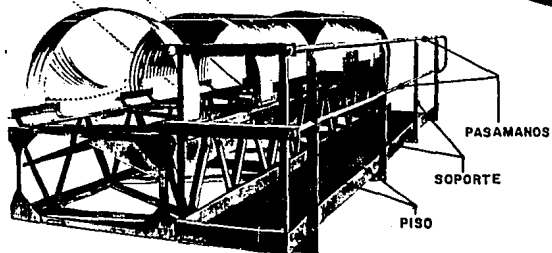
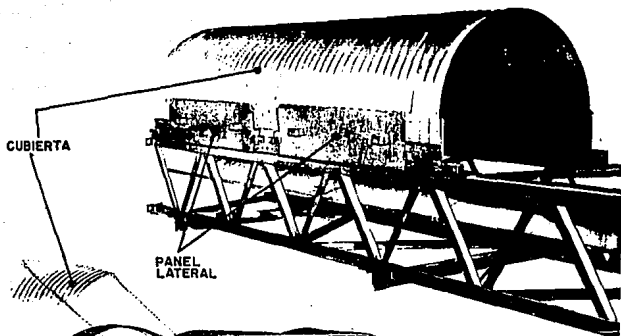
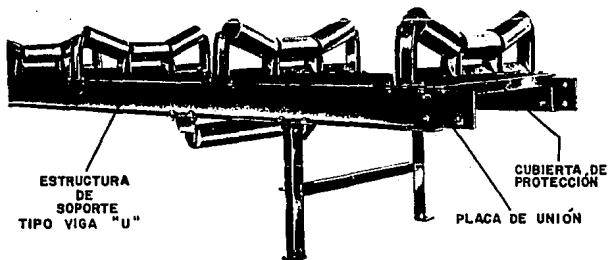


FIG. 5.103 CUBIERTA Y PASARELA

FIG. 5.104 ESTRUCTURA INTERMEDIA DE SOPORTE TIPO VIGA "U"



1. TIPO " A ". Se utilizan en bandas transportadoras de longitud considerable, de las plantas de producción de agregados ESTACIONARIAS. Su construcción es de acero estructural soldado, y con altura de aproximadamente de 0.91 metros hasta 16.7 metros (figura 5.105).

2. TIPO " V ". Se utilizan en bandas transportadoras de longitud menor, en plantas PORTATILES. Se fabrica para servicio pesado con EJE y BARRAS de apoyo en forma tubular reforzados y con puntas de eje articuladas y sustituibles con ruedas de la industria automovilística (figura 5.106). Puede tener en dos de los cuatro brazos un CILINDRO HIDRAULICO que irá atornillado al eje, para la elevación del transportador; una traba mecánica lo mantiene en una posición fija durante la operación.

Después de un análisis anterior de la banda transportadora, hay un punto no menos importante que es la FRICCIÓN. Se sabe que la propulsión — que ocasiona el movimiento de la banda, se transmite a través de la polea motriz, por fricción.

Si la banda tiene una resistencia mayor a la fricción para ponerse en movimiento, la polea impulsora se resbalará dentro de la banda, lo que motiva una pérdida de potencia y un desgaste en ambas superficies de contacto.

Por consiguiente, se puede decir que la magnitud de la fricción depende de: la NATURALEZA DE LAS SUPERFICIES que estarán en contacto, de la TENSIÓN que tenga el lado flojo de la banda, y del AREA DE CONTACTO entre las poleas y la banda.

La superficie se verá limitada por el recubrimiento que se utilice en la polea; la tensión, está limitada por el aumento de potencia requerida y por la disminución de la vida útil de una banda muy ajustada; y el área de contacto, estará limitado por el diámetro de la polea, por el arco de contacto que se tenga y por el número de poleas empleadas.

#### 5.4.6.6 POTENCIA DE IMPULSION PARA UNA BANDA TRANSPORTADORA.

La potencia total (H.P.) que se requiere para poner en movimiento —

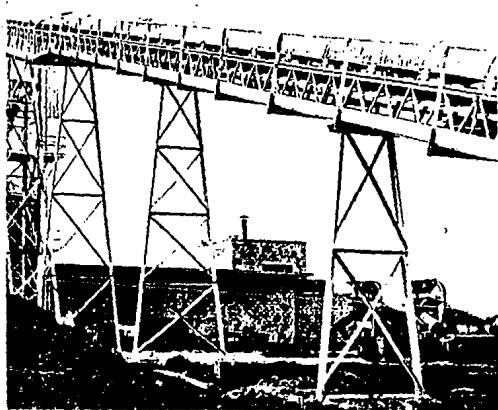


FIG. 5.105 ESTRUCTURA DE SUSTENTACION TIPO "A"  
EN UNA PLANTA ESTACIONARIA

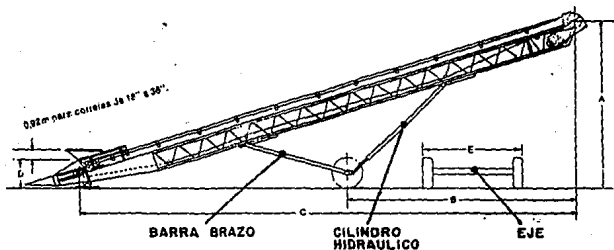


FIG. 5.106 ESTRUCTURA DE SUSTENTACION TIPO "V"  
PARA UNA PLANTA PORTATIL

una banda transportadora, la constituyen las potencias que a continuación se exponen:

### 1. POTENCIA PARA MOVER LA BANDA VACIA SOBRE LOS RODILLOS.

Esta potencia variará con el tipo de rodamientos de los rodillos, con su diámetro, y con la longitud, peso y velocidad de la banda. La ecuación para obtener dicha potencia es la siguiente:

$$P_e = \frac{(b_{ft} + b_{fr}) w_b L s}{33000}$$

- en donde:
- $P_e$  = potencia para mover la banda vacía sobre los rodillos, en caballos de fuerza (H.P.).
  - $b_{ft}$  = factor de fricción de los rodamientos de los rodillos del lado tenso (tabla 5.20 del anexo 2).
  - $b_{fr}$  = factor de fricción de los rodamientos de los rodillos del lado no tenso (factor único para cualquier diámetro igual a 0.015).
  - $w_b$  = peso de la banda, en libras por pie de longitud (lb/pie) (figura 5.107).
  - $L$  = longitud de la banda entre los centros de las poleas (-motriz y terminal), en pies.
  - $s$  = velocidad de la banda, en pies por minuto (pies/min) (-tabla 5.24 del anexo 2).
  - 33000 = conversión de pies-libras por minuto (pies-lb/min, energía) a caballos de fuerza (H.P., potencia).

### 2. POTENCIA PARA MOVER LA CARGA EN DIRECCION HORIZONTAL.

La ecuación para obtener ésta potencia es la siguiente:

$$P_h = \frac{b_{ft} w_m L s}{33000}$$

- en donde:
- $w_m$  = peso de la carga, en libras por pie lineal de banda (-lb/pie).

La ecuación se puede expresar en función de la carga transportada en toneladas cortas por hora. Sea:

$Q$  = toneladas cortas de material transportado por hora (— T.P.H.) (tabla 5.22 del anexo 2).

$s w_m$  = libras de material transportado por minuto (lb/min).

$60 s w_m$  = libras de material transportado por hora (lb/hr).

$$Q = \frac{60 s w_m \text{ (lb/hr)}}{2000 \text{ (lb/Ton)}} = \frac{3 s w_m}{100} \text{ (Ton/hr)}$$

despejando a ( $s w_m$ ) se tiene:

$$s w_m = \frac{100 Q}{3}$$

sustituyendo el valor ( $s w_m$ ) en la ecuación de la potencia ( $P_h$ ) se tiene:

$$P_h = \frac{100 b_{ft} L Q}{3 \times 33000} = \frac{b_{ft} L Q}{990}$$

### 3. POTENCIA PARA LEVANTAR O BAJAR LA CARGA SOBRE UNA BANDA INCLINADA.

Esta potencia puede dividirse en dos componentes: la potencia para mover la carga en dirección horizontal y la potencia para levantar la carga a la altura neta de la diferencia en elevaciones. Por lo general, la banda transportadora se describe en términos de su capacidad en toneladas cortas por hora. Por lo tanto, dicha potencia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_v = \frac{2000 Q H}{60 \times 33000} = \frac{Q H}{990}$$

en donde:  $H$  = diferencia neta entre elevaciones, en pies.

Al calcular esta potencia, se toma la dirección ascendente como positiva (+) y la descendente como negativa (-).

### 4. POTENCIA PARA HACER GIRAR LAS POLEAS.

La banda transportadora incluye varias poleas, alrededor de las cuales se dobla la banda. Para la flecha de cada polea existe una fricción en los rodamientos que requiere el consumo de potencia.

Por lo tanto, la potencia variará con la TENSION de la banda, con el



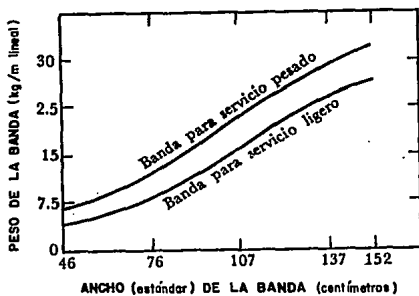


FIG. 5.107 PESO DE LA BANDA

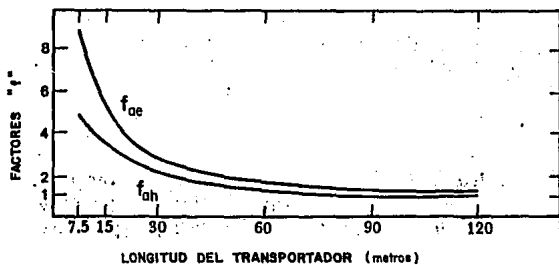


FIG. 5.108 FACTOR DE AJUSTE PARA LOS ACCESORIOS

PESO de la polea y de la flecha, y con el TIPO DE RODAMIENTO (emmetalado o antifricción).

En la tabla 5.21 del anexo 2, se proporciona el PORCENTAJE de potencia adicional requerida para vencer la fricción de las poleas, para transportadores de polea de impulsión en la cabeza y rodamientos emmetalados; - para rodamientos antifriccionantes se usa la mitad de los porcentajes de dicha tabla. Este porcentaje se aplicará únicamente a la potencia para mover la banda vacía ( $P_g$ ).

Por otro lado, hay otra parte del equipo de transporte en movimiento que consume potencia a los que se les llama "ACCESORIOS" ( $P_a$ ). Para un transportador de 25 pies de longitud, el valor  $P_a$  puede ser de alrededor de cuatro veces el de  $P_h$ . Para uno de 100 pies de longitud,  $P_a$  es aproximadamente igual a  $P_h$ . Para uno mayor de 250 pies,  $P_a$  representa solo un aumento del 25% de  $P_h$ . Para uno de 400 pies o mayor,  $P_a$  es despreciable.

Por lo tanto, a la potencia  $P_h$ , se le aplicará un factor ( $f_{ah}$ ) que representará el consumo de potencia de los accesorios, que depende del material que se esté transportando, y que se toma de la figura 5.108. Un ajuste semejante se aplicará a la potencia  $P_g$ , con un factor ( $f_{ag}$ ) que se toma de la misma figura.

#### 5.4.6.7 FORMA DE SELECCIONAR UNA BANDA TRANSPORTADORA.

##### A) CAPACIDAD DE ACARREO DE LA BANDA.

La capacidad de acarreo de la banda transportadora depende de su ANCHO, VELOCIDAD y CONFIGURACION de su artesa o de los rodillos.

En la tabla 5.22 del anexo 2, se dan las capacidades teóricas de transporte para diferentes ángulos de inclinación de los rodillos laterales, considerando una velocidad de 30.48 m/min (100 pies/min), y un peso del material de 1602 Kg/m<sup>3</sup> (100 lb/pie<sup>3</sup>).

Los pesos en lb/pie<sup>3</sup> y otras características de los materiales más comunes se indican en la tabla 5.23 del anexo 2.

##### B) ANCHO DE LA BANDA.

Para determinar el ancho de la banda, velocidad de la misma y configu

ración de la artesa; se selecciona la banda de ancho menor que conduzca al material extendido y lo transporte con la capacidad requerida sin exceder la velocidad máxima recomendable que se muestra en la tabla 5.24, anexo 2.

### C) RODILLOS LATERALES INCLINADOS.

Con el uso de rodillos inclinados se pueden aprovechar varias ventajas, y son las siguientes:

1. Una alta capacidad de la banda, dado que al incrementar la sección transversal se tiene una mayor capacidad de carga transportada.
2. Ahorro en espacio, en costo estructural y de mantenimiento porque es frecuente utilizar bandas angostas para conducir la capacidad calculada.
3. Menor deterioro en la protección de la banda dado que el material "almacenado arriba" está en menor contacto directo con la banda.
4. Reducción de desperdicios por derrames de material.

Es necesario, sin embargo, tener cuidado con algunos aspectos críticos para la transportación de la carga calculada, como lo son:

La **CONSTRUCCION DE LA BANDA**. Ya que la estructura de la banda debe ser bastante flexible en la curvatura de la artesa; esto es, donde se encuentra la zona central de los rodillos inclinados. De igual manera, en algunas ocasiones no es necesario que la banda sea lo bastante flexible en la zona de los rodillos inclinados.

La **VELOCIDAD DE LA BANDA**, debe ser la adecuada para que la descarga del material tenga una trayectoria bien definida, y no se realice por los lados de la banda ni muy alejado del lugar de la descarga principal. Para que lo anterior tenga una alta aplicación, se sugiere una velocidad mínima en la banda de 350 pies por minuto para un ángulo de inclinación de la artesa de 35°, o de 450 pies por minuto para un ángulo de inclinación de la artesa de 45°.

La **DISTANCIA DE TRANSICION** entre la carga y la descarga final. Esta distancia es la comprendida entre la última polea y el rodillo próximo colocado en la profundidad de la artesa. Dicha distancia debe ser lo suficien

temente grande para prevenir excesos de tensión en los bordes de la banda ya que va desde una condición de artesa afilada hasta la condición de rodillo liso sobre la polea.

De otra manera, la distancia no debe ser tan grande que provoque derrame de material.

El ANGULO apropiado de los rodillos artesados debe basarse en las características físicas del material, y en particular, en su ANGULO DE SOBRECARGA. Se puede llegar a una selección razonable de la forma de artesa de la banda, siguiendo las recomendaciones siguientes:

- a) Los rodillos artesadores de 20° se usan para:
  - material pesado (100 lb/pie<sup>3</sup> o mayor),
  - con ángulo de sobrecarga de 20° o mayor.
- b) Los rodillos artesadores de 35° o 40° se usan para:
  - material pesado,
  - con ángulo de sobrecarga de 15° o menor;
  - material ligero,
  - con ángulo de sobrecarga de 20° o mayor.
- c) Los rodillos artesadores de 45° se usan para:
  - material ligero,
  - con ángulo de sobrecarga de 15° o menor.

#### D) SERIES DE RODILLOS.

Después de determinar el ancho y la velocidad de la banda, se debe seleccionar adecuadamente la SERIE o TIPO de rodillo. Esta selección está regida por tres condiciones que se deben considerar:

1. TIPO DE SERVICIO. Son las condiciones de operación bajo las cuales van a operar los rodillos. En estas se incluyen las horas de operación por día y la vida útil del sistema de transporte.

Un factor de servicio, llamado factor "A", se da en la tabla 5.25 - anexo 2, para diferentes tipos y condiciones de servicio de los rodillos.

2. TIPO DE MATERIAL. Las características del material juegan un papel importante en la selección de la serie de rodillos.

El factor " B " del material, se enlista en la tabla 5.26 del anexo 2, y están en base al peso en lb/pie<sup>3</sup> y al tamaño máximo del material que será manejado.

3. VELOCIDAD DE LA BANDA. Este factor determina el grado de rotación de los rodillos, y por tanto la frecuencia entre los contactos superficiales de la banda y los rodillos. En consecuencia, la velocidad de la banda afecta la vida útil de los rodillos y en su capacidad. Se puede observar - en la tabla 5.27 del anexo 2, que se dan los diámetros de los rodillos de acuerdo con la serie de los mismos.

#### E) PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE LAS SERIES.

La serie de rodillos más adecuada para un trabajo en particular, se - puede determinar por el siguiente procedimiento:

1. En la tabla 5.25 del anexo 2, se encuentra el FACTOR DE SERVICIO - " A ", para las condiciones específicas de aplicación.
2. En la tabla 5.26 del anexo 2, se localiza el FACTOR DE MATERIAL -- " B ", para el material que será transportado.
3. Multiplicar el factor " A " por el factor " B ". Con esto se obtiene el FACTOR " C " para su aplicación.
4. Ir a la tabla 5.27 del anexo 2. Trazar una línea horizontal correspondiente a la velocidad de la banda previamente determinada, y con una línea vertical para la aplicación del factor " C ".
5. Usar el tipo de serie y el diámetro de rodillo designado para la zona en la cual se intersectan las dos líneas.
6. En la mayor parte de las aplicaciones, los rodillos de retorno deben ser de la misma serie que la de los rodillos de carga laterales.

#### F) ESPACIAMIENTO ENTRE RODILLOS.

El espaciamento adecuado para los rodillos de carga lateral depende primeramente del ANCHO de la banda y del PESO del material. En la tabla -- 5.28 del anexo 2, se da el espaciamento normal para los rodillos de carga lateral y para los de retorno.

Para algunas aplicaciones, en distancias de acarreo en particular, es

conveniente que el espaciamiento entre rodillos sea gradual. En estos casos, se tendrá cuidado en el diseño tanto en el peso individual de cada rodillo como en la curvatura entre los mismos.

#### G) PUNTOS DE CARGA.

Los rodillos de carga lateral suplementarios estarán montados debajo de los puntos de carga con el fin de prevenir desperdicios por derrame.

Generalmente los rodillos están colocados en esta posición para que cuando el material sea cargado, estén en contacto con la banda, y no directamente sobre uno de estos.

El ESPACIAMIENTO para los puntos de carga tendrá que ser de una y media veces aproximadamente del espaciamiento normal para los rodillos de carga lateral, según se muestra en la tabla 5.28 del anexo 2.

#### H) RODILLOS DE TRANSICION.

La DISTANCIA MINIMA entre la zona de descarga y el último rodillo de carga lateral, recomendada que mantienen la tensión de la banda a un nivel seguro, será como se indica a continuación:

- Para 20° de inclinación de los rodillos laterales: 1.0 el ancho de la banda.
- Para 35° de inclinación de los rodillos laterales: 1.5 el ancho de la banda.
- Para 45° de inclinación de los rodillos laterales: 2.0 el ancho de la banda.

Si la distancia entre la polea y el rodillo de carga lateral de la artesa excede el espaciamiento normal recomendado en la tabla 5.28 del anexo 2, entonces la transportación requiere de una zona de rodillos de transición.

Los rodillos comprendidos en esta zona deberán tener una INCLINACION de la mitad del ángulo del último rodillo de carga lateral.

Si prescindimos de esta unidad de transición y utilizamos una unidad normal de rodillos de carga lateral, entonces el rodillo próximo a la descarga no debe estar colocado demasiado alto en relación con la descarga. -

De lo contrario la banda puede forzarse y provocar vaivenes en los puntos donde se encuentran los rodillos de carga lateral y puede llegar a plegarse.

#### 1) NUMERO DE RODILLOS REQUERIDOS.

Para determinar el número de rodillos requeridos para el transporte del material, se requiere de las fórmulas siguientes:

1. Para los RODILLOS DE CARGA LATERAL, dividir la longitud o distancia de transporte (en pies) entre el espaciamento de los rodillos de carga lateral (en pies; consultar la tabla 5.28 del anexo 2). - Después, aumentar dos rodillos por cada punto de carga.
2. Para los RODILLOS DE RETORNO, dividir la distancia de transporte (en pies) entre el espaciamento de los rodillos de retorno (en pies; consultar la tabla 5.28 del anexo 2), y restarle uno.

#### 5.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DEL TIPO DE EQUIPO.

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

1. Naturaleza geológica de la roca.
2. 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.
3. Producción requerida en toneladas por hora.
4. Granulometría del producto a la salida (dimensiones y porcentajes).

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

Existen otras características que influyen en la selección del equipo de trituración, que son las propiedades de las rocas que podrían afectar al equipo, éstas son principalmente dos: el GRADO DE DUREZA generalmente - dado por la escala de Mohs (tabla 5.29, anexo 2) y el GRADO DE ABRASIVIDAD, medido por el porcentaje de sílice (si contiene más del 6%, la roca es abrasiva, y esto puede ser perjudicial para cierto tipo de equipo).

Para determinar el grado de abrasividad, es necesario realizar alguna prueba, la más usual es la de LOS ANGELES que evalúa la resistencia a la abrasión a partir del incremento en material fino que se produce al golpear los agregados con balas de acero dentro de un recipiente. Esta prueba se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se carga un tambor con 5000 gr de material limpio y seco (A) cuya granulometría sea muy parecida o en su caso igual a la que se pretende utilizar.

A continuación, se coloca un peso normalizado de esferas de acero, las cuales habrán de actuar como carga abrasiva. El tambor se hace girar 500 veces a una velocidad de 30 a 33 R.P.M.; el agregado se saca y repesa por una criba del # 12 (1.78 mm), el material retenido se lava, se seca y se repesa (B) para calcular el porcentaje de desgaste.

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Entre más bajo sea este coeficiente, más dura es la roca.

## 5.6 PLANTAS DE TRITURACION.

La materia prima o material en grña 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, etcétera, 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.

Dichos bancos se tratan artificialmente en las llamadas plantas de tri-



turación, las cuales además de uniformizar su calidad y tamaño, los selecciona convenientemente para su uso.

Principalmente existen dos tipos en atención a su instalación:

- a) PLANTAS FIJAS.
- b) PLANTAS MOVILES.

El empleo de PLANTAS FIJAS queda determinado cuando se requiera de -- una cantidad muy grande de agregados, siendo estos procesados en un término mínimo de 10000 horas, o bien cuando se instalo para obtención comercial de agregados en una ciudad, en la que la amortización de la máquina -- se cumple totalmente.

Se puede tener la ventaja, en estas plantas, de incluir equipos que -- permitan un control más riguroso de los agregados, y teniendo la alternativa de aumentar la producción dependiendo de su demanda.

La utilización de PLANTAS MOVILES es muy conveniente cuando la duración de la obra sea en un tiempo corto. Tienen la facilidad de poder trasladarse de una obra a otra, o de un tramo de carretera a otro, donde se lo calicen los distintos bancos para la obtención de agregados.

Las características principales de estas plantas son su movilidad, -- montaje y rápido traslado. En cuanto a la obtención de agregados, proporcionan una forma fácil, rápida y económica de obtenerlos.

Como estos grupos móviles van a trabajar en diferentes bancos, en donde el tipo de material y sus características serán distintas, es conveniente seleccionar el equipo de estos grupos para condiciones generales de materiales, ya que en dichos bancos no es posible encontrar similitud de características en los materiales.

## CAPITULO SEXTO

### SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION

Uno de los factores que intervienen en la selección del tipo de equipo adecuado de trituración son las cantidades de obra, entre otros como lo son: la naturaleza de la roca a tratar, el tamaño máximo en la alimentación, la producción requerida, así como la granulometría a la salida del producto.

#### 6.1 CANTIDADES DE OBRA PARA PAVIMENTO.

Las cantidades de obra que a continuación se calculan, se obtuvieron a partir de las dimensiones que se muestran en las secciones estructurales tipo del proyecto de pavimento " Plan de Barrancas " (ver figura 3.4):

##### A) BASE HIDRAULICA.

Longitud total	:	18 140.00 m.
Ancho de la capa	:	21.30 m.
Espesor de la capa	:	0.20 m.
Volumen de material pétreo colocado	:	
18 140.00 m. x 21.30 m. x 0.20 m. = 77 276.40 m <sup>3</sup> c.		

##### B) CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

Longitud total	:	18 140.00 m.
Ancho de la capa	:	21.00 m.
Espesor de la capa	:	0.10 m.
Volumen de material pétreo colocado	:	
18 140.00 m. x 21.00 m. x 0.10 m. = 38 094.00 m <sup>3</sup> c.		

Pero como en el lado de los acotamientos externos el espesor de la capa es de 0.05 m., al valor anterior se le restó el volumen por esta causa, quedando como sigue:

Longitud total en los acotamientos : 18 140.00 m.  
 Ancho de la capa en los acotamientos : 5.00 m.  
 Espesor de la capa en los acotamientos : 0.05 m.  
 Volumen de material pétreo en exceso :  
 $18\ 140.00\ m. \times 5.00\ m. \times 0.05\ m. = 4\ 535.00\ m^3.$   
 Volumen corregido de material pétreo colocado :  
 $38\ 094.00\ m^3 - 4\ 535.00\ m^3 = 33\ 559.00\ m^3.$

C) RIEGO DE SELLO.

Longitud total : 18 140.00 m.  
 Ancho de la capa : 21.00 m.  
 Espesor de la capa : 0.01 m.  
 Volumen de material pétreo colocado :  
 $18\ 140.00\ m. \times 21.00\ m. \times 0.01\ m. = 3\ 809.40\ m^3.$

Los volúmenes de material pétreo anteriores (de base, de carpeta y de sello) están representados en cantidades colocadas, es decir, es el material una vez tendido y compactado para cada capa de pavimento.

Para obtener el volumen de material suelto, se consideró el factor de abudamiento y, además, se estimó un 4.0 % de desperdicio, por el manejo del material producido, lo que significa que solamente se utilizó el 96.0 % del volumen suelto. Lo anterior quedó de la siguiente manera:

En el banco de préstamo, del cual se aprovechó para la producción de material pétreo para pavimento, se encontró el siguiente tipo de material con su respectivo porcentaje promedio:

20 % BASALTO MASIVO  
 55 % GRAVA  
 15 % ARENA  
 10 % LIMO

Para calcular el factor de abudamiento y el peso volumétrico suelto,

que más adelante se empleará, se tomaron en cuenta algunas características volumétricas generales del material encontrado, y que se muestran en la tabla 6.1.

TIPO DE MATERIAL	P E S O   V O L U M E T R I C O		
	EN BANCO	SUELTO	COLOCADO
	$\text{Kg}/\text{m}^3_b$	$\text{Kg}/\text{m}^3_s$	$\text{Kg}/\text{m}^3_c$
BASALTO	2 935	1 790	2 160
GRAVA SECA	1 895	1 690	1 807
ARENA SECA	1 705	1 535	1 920
LIMO SECO	1 795	1 330	2 010

TABLA 6.1 CARACTERISTICAS VOLUMETRICAS GENERALES

TIPO DE MATERIAL	F A C T O R E S		
	ABUNDAMIENTO	VARIACION VOLUMETRICA	REDUCCION VOLUMETRICA
	$\text{m}^3_s/\text{m}^3_b$	$\text{m}^3_c/\text{m}^3_b$	$\text{m}^3_c/\text{m}^3_s$
BASALTO	1.64	1.36	0.83
GRAVA SECA	1.12	1.05	0.93
ARENA SECA	1.11	0.89	0.80
LIMO SECO	1.35	0.89	0.66

TABLA 6.1 CARACTERISTICAS VOLUMETRICAS GENERALES (CONTINUACION)

En la tabla 6.2, se muestra la distribución porcentual para determinar el factor de abundamiento y el peso volumétrico suelto, del material extraído del banco, y que son datos que más adelante se manejaron.

TIPO DE MATERIAL	P E S O   V O L U M E T R I C O		
	EN BANCO	SUELTO	COLOCADO
	$Kg/m^3_b$	$Kg/m^3_s$	$Kg/m^3_c$
20 % BASALTO	587	358	432
55 % GRAVA SECA	1 042	929	994
15 % ARENA SECA	256	230	288
10 % LIMO SECO	179	133	201
100 % T O T A L	2 064	1 650	1 915

TABLA 6.2 DISTRIBUCION PORCENTUAL

TIPO DE MATERIAL	F A C T O R E S		
	ABUNDAMIENTO	VARIACION VOLUMETRICA	REDUCCION VOLUMETRICA
	$m^3_s/m^3_b$	$m^3_c/m^3_b$	$m^3_c/m^3_s$
20 % BASALTO	1.64	1.36	0.83
55 % GRAVA SECA	1.12	1.05	0.93
15 % ARENA SECA	1.11	0.89	0.80
10 % LIMO SECO	1.35	0.89	0.66
RESULTANTE	1.25091	1.077807	0.861618

TABLA 6.2 DISTRIBUCION PORCENTUAL (CONTINUACION)

Para conocer que volumen de material pétreo suelto se va a producir, se convertirán los  $m^3c$  a  $m^3s$ , para cada capa de pavimento, y es como sigue:

A) BASE HIDRAULICA.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen colocado} & : & 77\ 276.40\ m^3c. \\
 \text{Volumen en banco} & : & \\
 77\ 276.40\ m^3c & \text{---} & 2\ 064\ Kg/m^3b \\
 x\ m^3b & \text{---} & 1\ 915\ Kg/m^3c \\
 x = & \frac{77\ 276.40\ m^3c \times 1\ 915\ Kg/m^3c}{2\ 064\ Kg/m^3b} & \\
 x = & 71\ 697.82\ m^3b. & 
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen suelto} & : & \\
 71\ 697.82\ m^3b \times 1.25091\ m^3s/m^3b & = & 89\ 687.52\ m^3s.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen de material pétreo suelto} & & \\
 \text{a producir con desperdicio} & : & \\
 \frac{89\ 687.52\ m^3s}{0.96} & = & \boxed{93\ 424.5\ m^3s}
 \end{array}$$

B) CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen colocado} & : & 33\ 559.00\ m^3c. \\
 \text{Volumen en banco} & : & \\
 33\ 559.00\ m^3c & \text{---} & 2\ 064\ Kg/m^3b \\
 x\ m^3b & \text{---} & 1\ 915\ Kg/m^3c \\
 x = & \frac{33\ 559.00\ m^3c \times 1\ 915\ Kg/m^3c}{2\ 064\ Kg/m^3b} & \\
 x = & 31\ 136.38\ m^3b. & 
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen suelto} & : & \\
 31\ 136.38\ m^3b \times 1.25091\ m^3s/m^3b & = & 38\ 948.81\ m^3s.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volumen de material pétreo suelto} & & \\
 \text{a producir con desperdicio} & : & \\
 \frac{38\ 948.81\ m^3s}{0.96} & = & \boxed{40\ 571.7\ m^3s}
 \end{array}$$

## C) RIEGO DE SELLO.

Volumen colocado : 3 809.40 m<sup>3</sup>c.

Volumen en banco :

3 809.40 m<sup>3</sup>c — 2 064 Kg/m<sup>3</sup>b

x m<sup>3</sup>b — 1 915 Kg/m<sup>3</sup>c

$$x = \frac{3\,809.40 \text{ m}^3\text{c} \times 1\,915 \text{ Kg/m}^3\text{c}}{2\,064 \text{ Kg/m}^3\text{b}}$$

x = 3 534.40 m<sup>3</sup>b.

Volumen suelto :

3 534.40 m<sup>3</sup>b x 1.25091 m<sup>3</sup>s/m<sup>3</sup>b = 4 421.22 m<sup>3</sup>s.

Volumen de material pétreo suelto  
a producir con desperdicio :

$$\frac{4\,421.22 \text{ m}^3\text{s}}{0.96} = \boxed{4\,605.4 \text{ m}^3\text{s}}$$

## 6.2 ANALISIS DE SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION.

Una vez determinado el volumen de material pétreo suelto a producir - para base, carpeta y sello, se llevó a cabo el análisis de selección del - equipo de trituración más adecuado, habiendo tomado en cuenta los factores que intervienen para dicha selección de equipo.

Para el análisis de selección se determinó, en primer lugar, el empleo de una PLANTA MOVIL DE TRITURACION, debido a que el tiempo teórico para la producción total de agregado pétreo para pavimento fue corto, siendo para este tipo de planta un tiempo razonable para su utilización, habiéndose obtenido el producto requerido en forma fácil, rápida y económica.

Esta planta móvil de trituración la integraron UNIDADES o GRUPOS MOVILES, cuyo equipo estuvo dispuesto sobre chasis - remolque adoptando un SISTEMA " UNITARIO ". De esa manera, se formaron unidades o grupos de trituración por etapas, es decir, a lo que se llama UNIDAD PRIMARIA, UNIDAD SECUNDARIA y UNIDAD TERCIARIA, cada una de ellas por separado, y una UNIDAD DE GRIBADO cuando se requirió.

Por otro lado, una vez analizadas las distintas propiedades, com-



portamiento y campo de aplicación de las máquinas reductoras, y para las características más rigurosas de los materiales, las que integraron dichas unidades y que reunieron los mejores requisitos para trabajos rudos con materiales abrasivos (pero no atascables) fueron, en la trituración primaria: la QUEBRADORA DE QUIJADAS, en la trituración secundaria: la TRITURADORA DE CONO, y en la trituración terciaria: la TRITURADORA DE CONO, también.

Siguiendo con el proceso de selección del equipo, en la tabla 6.3 se muestra los bancos propuestos para pavimento y cuya localización se observa en la figura 6.1. Del banco propuesto número cuatro, denominado "El Platanal", se obtuvo el material en greña para la producción de agregado pétreo. Los fragmentos de roca, aprovechados para tal fin, tuvieron una dureza media según la escala de Mohs, además de ser abrasiva.

En la preparación del banco de préstamo, el despaldo y la limpieza se llevaron a cabo mediante un tractor D - 6 montado sobre orugas, el cual es tuvo equipado con desgarradores con los que realizó la escarificación del terreno explotable, para facilitar la extracción del material aprovechable.

Estando ya preparado dicho terreno, la tarea de excavación y carga la llevó a cabo un cargador frontal Caterpillar 988 - B con capacidad del bote de  $5.5 \text{ m}^3$ , y montado sobre neumáticos, ya que la naturaleza geológica - del material y la escarificación previa, permitieron el uso de llantas en el cargador frontal. Además de la excavación y carga, dicho cargador realizó el moneo del material para facilitar su cargamento y tener mayor eficiencia. En la explotación del banco, se obtuvieron fragmentos chicos y medianos de basalto, grava, arena y limo, como se mencionó antes.

El material así extraído, fue depositado y transportado mediante camiones de volteo tipo tórtón de  $12 \text{ m}^3$  de capacidad, hasta la planta de trituración. Su utilización se hizo necesaria, ya que el acarreo directo con el cargador frontal está limitado por lo general a distancias cortas menores de 100 metros, siendo que la distancia del banco a la planta fue de 125 m. aproximadamente.

Cabe hacer mención que el tamaño máximo, del fragmento de roca, fue de 22 pulg. (56 cm.), siendo que hubo bloques más grandes los cuales se de secharon debido a que no era conveniente su inclusión para ser tratados.

El material en greña explotable, tuvo una granulometría promedio del orden siguiente:

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	DESPALME (m)	UTILIZACION	TRATAMIENTO	MEZCLA EN VOLUMEN
1	" LA VERDE "	Km. 102 + 500 de la carretera actual con derivación topográfica a 50 m.	Boca ligera estructural, fracturada, alternada, color gris (RIS Barranco).	00 - 00 - 100	0.20	BASE HIDRAULICA  CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO  MEZCLA DE SELLO	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 1 1/2" (38.1 mm).  Trituración total y cribado a tamaño máximo de 3/4" (19.1 mm).  Trituración total y cribado para obtener material pétreo tipo 3 - B.	80% Banco 1 20% Banco 2  60% Banco 1 30% Banco 3  60% Banco 1 30% Banco 3
2	" SAN ANTONIO "	Km. 113 + 540 en alineación de curvas a ambos lados a 50 m.	Arca lítica compacta, color gris, con gravas y Fe en un 10% aprox. (SM).	40 - 60 - 00	0.15	BASE HIDRAULICA	Regreado	20% Banco 2 80% Banco 1 & 3
3	" EL AHUATO VERDE "	Km. 121 + 400 con derivación derecha a 200 m. de la carretera actual.	Huella alternada (RIS).	00 - 20 - 80	0.50	BASE HIDRAULICA  CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO  MEZCLA DE SELLO	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 1 1/2" (38.1 mm).  Trituración total y cribado a tamaño máximo de 3/4" (19.1 mm).  Trituración total y cribado para obtener material pétreo tipo 3 - B.	80% Banco 3 20% Banco 2  30% Banco 1 60% Banco 3  30% Banco 3 60% Banco 1
4	" EL TILACAL "	Km. 107 + 600 en alineación de curvas a ambos lados a 50 m. y a 225 m.	Conglomerado brechoso, pedregoso de roca ligera estructural, alternada, azul fracturada, color gris (RIS), -- contenido en matriz lítica.	00 - 20 - 80	0.70	BASE HIDRAULICA  CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO  MEZCLA DE SELLO	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 1 1/2" (38.1 mm).  Trituración total y cribado a tamaño máximo de 3/4" (19.1 mm).  Trituración total y cribado para obtener material pétreo tipo 3 - B.	---  ---  ---

TABLA 6.3 BANCOS PROPUESTOS PARA PAVIMENTO DEL PROYECTO " PLAN DE BARRANCAS "

## LOCALIZACION DE BANCOS

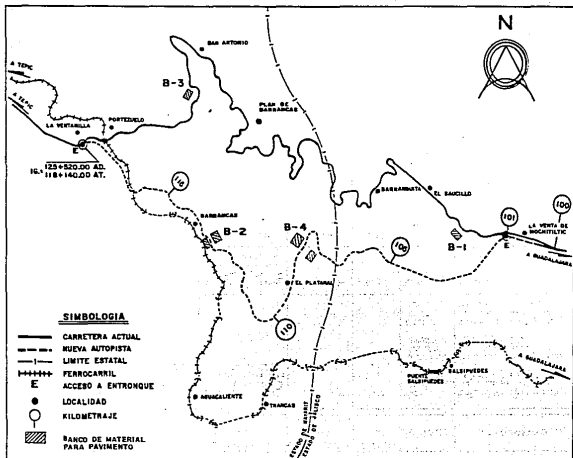


FIGURA 6.1

TAMAÑO DEL MATERIAL		%
22	" - 4 "	60.0
4	" - 2 "	7.0
2	" - 1 1/2 "	2.0
1 1/2	" - 1 "	1.5
1	" - 3/4 "	1.0
3/4	" - 1/2 "	1.0
1/2	" - 3/8 "	1.0
3/8	" - No. 4	1.5
No. 4	- No. 8	5.0
No. 8	- 0	20.0
T O T A L		100.0

TABLA 6.4 GRANULOMETRIA PROMEDIO DEL MATERIAL EN GREÑA

y del cual, se requirió obtener una producción de agregado pétreo de la siguiente forma:

CONCEPTO	PRODUCCION REQUERIDA		
	m <sup>3</sup> s / hr	P. V. S. Ton / m <sup>3</sup> s	Ton / hr
B A S E	: 120.00	x 1.650	= 198.00
C A R P E T A	: 60.00	x 1.650	= 99.00
S E L L O	: 16.00	x 1.650	= 26.40
T O T A L	: 196.00		323.40

TABLA 6.5

La producción requerida anterior, se basó en el programa de obra, que se muestra en la página siguiente, y en el volumen de material pétreo a producir:

## PROGRAMA DE OBRA

MES	1					2					3				4			
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
CONCEPTO																		
BASE	■													55.91 DIAS				
CARPETA	■													■				48.30 DIAS
SELLO	■													■				20.56 DIAS

PRODUCCION	M <sup>3</sup> / SEMANA			
	ACUMULADO	SUMA	SELLO	BASE
	9 240	9 240		9 240
	18 480	9 240		9 240
	27 720	9 240		9 240
	36 960	9 240		9 240
	46 200	9 240		9 240
	55 440	9 240		9 240
	64 680	13 860	4 620	9 240
	73 920	13 860	4 620	9 240
	83 160	13 860		9 240
	92 400	15 092	1 232	4 620
	101 640	15 092	1 232	4 620
	110 880	15 092	1 232	4 620
	120 120	6 877	1 232	4 620
	129 360	5 529	908	4 620
	138 600	4 620		4 620
	147 840	4 620		4 620
	157 080	3 612		3 612
SUMA	138 602	4 605.4	4 605.4	93 425

## VOLUMEN A PRODUCIR

BASE	: 93 424.5	m <sup>3</sup> s	67.41 %
CARPETA	: 40 571.7	m <sup>3</sup> s	29.27 %
SELLO	: 4 605.4	m <sup>3</sup> s	3.32 %
	<u>138 601.6</u>	m <sup>3</sup> s	100.00 %

## PRODUCCION REQUERIDA

BASE	: $\frac{93\ 424.5\ m^3s}{55.61\ dias \times 14\ hr/jor.}$	= 120.00 m <sup>3</sup> /hr
CARPETA	: $\frac{40\ 571.7\ m^3s}{48.30\ dias \times 14\ hr/jor.}$	= 60.00 m <sup>3</sup> /hr
SELLO	: $\frac{4\ 605.4\ m^3s}{20.56\ dias \times 14\ hr/jor.}$	= 16.00 m <sup>3</sup> /hr

Ahora bien, continuando con el desarrollo del proceso de análisis de selección del equipo de trituración más apropiado, los datos anteriores — son factores fundamentales que conducirán a obtener el resultado esperado, para así de esa manera, lograr el objetivo central del presente trabajo de tesis, que es precisamente la selección de dicho equipo de trituración para la producción de agregado pétreo para pavimento del proyecto "Flan de Barrancas".

Como se hizo mención, la primera máquina que se seleccionó fue la QUEBRADORA DE QUIJADAS para una primera etapa de trituración, siendo, en combinación con las trituradoras de las etapas subsecuentes, la que reunió mejores requisitos para trabajar con material abrasivo no atascable. Enseguida se seleccionó el alimentador junto con la tolva de recepción del material en greña, y posteriormente se seleccionó las trituradoras secundaria y terciaria.

Por medio de las capacidades de las quebradoras de quijadas, de la tabla 5.2 del anexo 1, se seleccionó un tamaño de 30" x 42" con una capacidad entre 160 Ton/hr y 240 Ton/hr para una abertura de 4" (máximo) en la salida, por las siguientes razones:

a) El tamaño máximo del fragmento de roca no excedió el 80 % de la abertura de admisión; lo que no sucedió con un tamaño de 25" x 40" aún cuando el fragmento máximo de roca fue tres dimensiones menor:

$$30 \text{ pulg.} \times 0.80 = 24 \text{ pulg.} > 22 \text{ pulg.} \text{ (adecuado)}$$

$$25 \text{ pulg.} \times 0.80 = 20 \text{ pulg.} < 22 \text{ pulg.} \text{ (inadecuado).}$$

b) Considerado como máximo un 15 % de sobrecarga, y tomando en cuenta que el 60 % del material en greña fue mayor a 4", el cual fue reducido en una primera etapa, se aseguró estar dentro de la capacidad especificada para dicha abertura:

$$323.40 \text{ Ton/hr} \times 1.15 \times 0.60 = 223.15 \text{ Ton/hr} < 240 \text{ Ton/hr.}$$

Teniendo en cuenta que los fragmentos de roca son de dureza media, la quebradora de quijadas de tamaño 30" x 42" tiene la capacidad de triturar, sin dificultad alguna, las 223.15 Ton/hr.

Utilizando la curva granulométrica respectiva de la gráfica 5.1 del anexo 1, para una abertura de 3 1/2" en la salida, se tuvo el balance granulométrico que se muestra en la tabla 6.6 con los respectivos porcentajes — producidos para los diferentes tamaños considerados.

La fracción entre 5" y 1 1/2" requirió de una segunda etapa de trituración para reducirla a material menor de 1 1/2".

Por medio de las capacidades de la TRITURADORA DE CONO TIPO " S " - de la tabla 5.4 del anexo 1, se seleccionó un tamaño de 48 S (4 pies) - con una capacidad de 215 Ton/hr para una abertura de 2" en la salida, la cual trituró sin dificultad las 174.24 Ton/hr de la fracción anterior.

Utilizando la curva granulométrica respectiva de la gráfica 5.5 del - anexo 1, para una abertura de 2" en la salida, se tuvo el balance granulométrico que se muestra en la tabla 6.7 con los respectivos porcentajes producidos.

Como se puede observar en dicha tabla, la fracción entre 4" y 1 1/2" requirió de una tercera etapa de trituración para reducirla a material menor de 1 1/2".

Por medio de las capacidades de la TRITURADORA DE CONO TIPO " FC " - de la tabla 5.6 del anexo 1, se seleccionó un tamaño de 48 FC (4 pies) - con una capacidad de 130 Ton/hr para una abertura de 5/8" en la salida, la cual trituró sin dificultad las 114.13 Ton/hr de la fracción anterior.

Utilizando la curva granulométrica respectiva de la gráfica 5.10 del anexo 1, para una abertura de 5/8" en la salida, se tuvo el balance granulométrico que se muestra en la tabla 6.8 con los respectivos porcentajes producidos.

En la última etapa de trituración que fue la terciaria, ésta se mantuvo a circuito cerrado en conexión con la etapa secundaria de trituración - para un mayor control en el tamaño. En el balance granulométrico del producto obtenido en la etapa terciaria, se observa que el sobretamaño correspondiente a la fracción entre 1 1/2" y 3/4", y que fue de 20.54 Ton/hr, pasó a la trituración secundaria.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó la corrección de la etapa - secundaria en su alimentación inicial, y por consiguiente, también se llevó a cabo una corrección en la alimentación de la etapa terciaria en su alimentación. La secuencia de corrección terminó cuando el sobretamaño de - la producción en la etapa terciaria de la última corrección se igualó con la suma del sobretamaño de la corrección anterior en la misma etapa. Las - tablas de la 6.9 a la 6.16 muestran la secuencia de corrección anterior.

Cabe señalar que las reducciones del material fueron necesarias, tan-

tas como la granulometría lo requirió para obtener un producto final que cumpliera con las especificaciones dadas en las curvas granulométricas para cada capa de pavimento.

Para la selección del alimentador (tipo, ancho y longitud), se tomó en cuenta algunos de los datos requeridos y aplicando el procedimiento a seguir, para seleccionar un alimentador.

En cuanto al TIPO DE ALIMENTADOR, por medio de la " Aplicación de los Alimentadores " del cuadro 5.6, se seleccionó un alimentador VIBRATORIO - CON REJILLA DE PRECIBADO mejor conocido como ALIMENTADOR VIBRATORIO " GRIZZLY " de sección " ESCALÓN-CUBIERTA ", con espaciamiento entre barras y con sección de rejilla de 4" y 8' respectivamente; el cual proporcionó una mayor eficiencia en la alimentación a la quebradora primaria, — realizando una preclasificación del tamaño menor de 4" el cual no requirió de una reducción primaria, y que fué del 40 % proveniente del material en greña extraído del banco de préstamo, el cual se tiró a volteo.

EL ANCHO DEL ALIMENTADOR, se seleccionó en base al ancho de la quebradora de quijadas, a la que se alimentó, y que fué de 42"; por lo que el ancho del primero fue el mismo que el de la máquina reductora. Además, el tamaño máximo del fragmento de roca no excedió el 75 % del ancho del alimentador seleccionado.

La LONGITUD DEL ALIMENTADOR, se seleccionó de 16' en base de que, para ser provisto una sección " escalón-cubierta ", solo es en alimentadores de 16' de longitud y mayores, por lo que se seleccionó la longitud mínima para dicha sección.

La capacidad del alimentador vibratorio " grizzly " 42" x 16' es entre 400 Ton/hr y 1 150 Ton/hr. Aún cuando la capacidad que se manejó para la producción de material pétreo para pavimento es menor al rango citado arriba, éste es correcto; ya que si se hubiera seleccionado un alimentador menor (por ejemplo: 36" x 16') con capacidad de 325 Ton/hr a 975 Ton/hr, la capacidad manejada sí estaría dentro del rango, más sin embargo, el ancho sería menor al de la quebradora de quijadas, lo que hubiera afectado la eficiencia de la máquina para reducir el material, por no aprovechar toda su longitud. La capacidad manejada quedó como sigue:



Producción requerida	:	196.00	m <sup>3</sup> /hr
Peso volumétrico	:	1.65	Ton/m <sup>3</sup> s
Sobrecarga	:	15.00	%
Capacidad manejada	:		
196.00 m <sup>3</sup> s x 1.650 Ton/m <sup>3</sup> s x 1.150 = 371.91 Ton/hr.			

Por otro lado, el área del alimentador vibratorio "grizzly" se pudo determinar también, en base a la expresión para determinar la capacidad de las cribas vibratorias, de la forma siguiente:

$$S = \frac{\text{Alimentación} - \text{Sobretamaño}}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

S = área, en pies cuadrados.

A, B, C, D, E y F = factores especificados en la tabla 5.16 del anexo 2.

Alimentación	=	371.91 Ton/hr.
Sobretamaño	=	371.91 Ton/hr x 0.60 = 223.15 Ton/hr.
A = 3.86	Ton/hr/pie <sup>2</sup>	: para piedra triturada.
B = 0.8600		: para un sobretamaño de $\frac{223.15 \text{ Ton/hr}}{371.91 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 60.00\%$ .
C = 1.00		: para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.00%.
D = 0.8600		: para un porcentaje de material inferior a 2" de $\frac{122.73 \text{ Ton/hr}}{371.91 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 33.00\%$ .
E = 1.00		: para cribado por vía seca.
F = 1.00		: para el primer piso.

$$\frac{371.91 - 223.15}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 52.11 \text{ pies}^2 = 3.3' \times 16' \approx 3.5' \times 16'$$

$$= 42'' \times 16'.$$

Por lo tanto, el alimentador seleccionado en un principio fue el adecuado a las necesidades requeridas.

La TOLVA DE ALIMENTACION o de RECEPCION del material en grña, se seleccionó en base al equipo de acarreo, es decir, en base a las dimensio-

nes de la caja de volteo del camión tipo tórton.

Estuvo perfectamente rigidizada para recibir las cargas bruscas del material, y para evitar su pandeo. Sus paredes conservaron la inclinación especificada, lo que evitó el estancamiento del material. En su parte inferior, se apoyó directamente sobre la estructura del alimentador, y cuyo ancho fue del mismo tamaño que éste, de 42". De ese modo, permitió una descarga adecuada y sin derrame de material por los costados del alimentador, ya que la tolva se prolongó hasta la descarga en la quebradora de quijadas.

Ahora bien, con los datos mostrados en la tabla 6.6 y en las ya corregidas tablas 6.15 y 6.16, referentes al balance granulométrico de cada etapa de reducción, se elaboró el FLUJO DEL PROCESO de producción del material pétreo para pavimento, el cual se muestra en el diagrama 6.1.

La disposición de cada equipo que constituyen la instalación portátil, así como la colocación de cada malla con cierta abertura determinada en las cribas, obedeció al requerimiento granulométrico que para cada capa de pavimento se especificó, con el fin de que la curva granulométrica resultante se asemejara a la especificada como promedio para cada una de ellas, o bien, estuvieran dentro del rango que para cada una de las capas se tiene como límite.

Una vez que se elaboró el flujo del proceso de producción del material pétreo, se llevó a cabo un BALANCE GRANULOMETRICO FINAL de cada capa de pavimento (base, carpeta y sello) con los diferentes tamaños considerados y su respectiva producción, ver tabla 6.17. Con aquellos datos, se graficó la CURVA GRANULOMETRICA correspondiente a cada capa, ver gráficas 6.1, 6.2 y 6.3.

Para seleccionar el TAMAÑO DE CRIBA para cada caso, se tomó como base la expresión para determinar la capacidad de las cribas vibratorias, cuyos factores se tomaron de la tabla 5.16 del anexo 2; de la criba que presentó dos o tres picos, rigió la de mayor área.

Para seleccionar el ancho de cada una de las BANDAS TRANSPORTADORAS,

se tomó en cuenta el tamaño máximo del fragmento del material y de la capacidad máxima de transporte de la banda.

En el esquema 6.1 se muestra la disposición general, vista en planta, de cada unidad de trituración en la planta portátil con sus correspondientes cribas y bandas transportadoras, y con algunas de sus características determinadas.

Al comparar las gráficas de las curvas granulométricas resultantes — con las respectivas curvas granulométricas especificadas, se observó alguna diferencia la cual no correspondía con las curvas promedio especificadas y sin embargo, se ubicaron dentro de las zonas respectivas para cada curva (de base, de carpeta y de sello).

Lo anterior trajo como consecuencia, la búsqueda de otras alternativas que condujeran a una mayor calidad de granulometría respectiva para cada capa, con las que se asemejarían aún más con las granulometrías especificadas.

En las páginas subsecuentes, se muestran las alternativas que condujeron a una mejor granulometría del material pétreo para pavimento.

Para ello se empleó el mismo equipo de trituración: alimentador vibratorio " grizzly " 42" x 16", quebradora de quijadas 30" x 42", trituradora de cono 48 S, y trituradora de cono 48 FC.

Se utilizó el mismo procedimiento anterior, así como también, las mismas tablas y gráficas correspondientes. La diferencia de la alternativa anterior con las siguientes, se basó principalmente en el ajuste que se realizó a la abertura de salida de cada máquina reductora, a la disposición de cada equipo en la instalación portátil, y a la colocación de las mallas con cierta abertura determinada en las cribas.

Por último, de las alternativas propuestas, y en base al programa de obra, las que se emplearon para lograr el volumen requerido, fueron las siguientes:

Alternativa	2.
Alternativa	3.
Alternativa	4.
Alternativa	6.



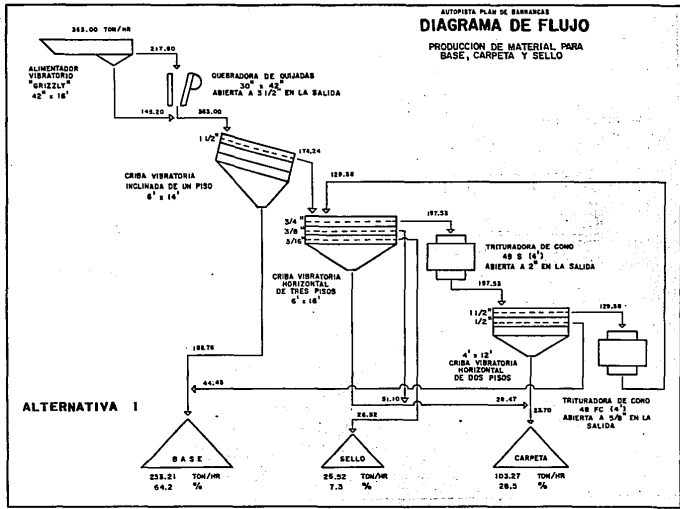


DIAGRAMA 6.1

<b>ALTERNATIVA 1 :</b>	<b>PRODUCCION DE BASE, CARPETA Y SELLO.</b>
	220.00 m <sup>3</sup> /hr x 1.650 Ton/m <sup>3</sup> = 363.00 Ton/hr
	363.00 Ton/hr x 0.600 = 217.80 Ton/hr

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
5 " - 4 "	11.0	23.96	23.96
4 " - 2 "	41.0	89.30	89.30
2 " - 1 1/2 "	13.0	28.31	28.31
1 1/2 " - 1 "	13.5	29.40	---
1 " - 3/4 "	6.0	13.07	---
3/4 " - 1/2 "	5.0	10.89	---
1/2 " - 3/8 "	2.0	4.36	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	8.71	---
3/16 " - No. 8	2.0	4.36	---
No. 8 - 0	2.5	5.44	---

ETAPA DE TRITURACION  
PRIMARIA

QUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42"  
ABIERTA A 3 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.6

<b>S U M A</b>	100.0	217.80	141.57
			32.67
<b>T O T A L</b>			174.24

9.0% DE MATERIAL 4"-1 1/2" PRECLASIFICADO

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	78.41	78.41
2 " - 1 1/2 "	20.5	35.72	35.72
1 1/2 " - 1 "	13.5	23.52	---
1 " - 3/4 "	4.5	7.84	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	7.84	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	4.36	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	6.97	---
3/16 " - No. 8	2.5	4.36	---
No. 8 - 0	3.0	5.22	---

ETAPA DE TRITURACION  
SECUNDARIA

TRITURADORA DE CONO 48 S (4')  
ABIERTA A 2" EN LA SALIDA

TABLA 6.7

<b>S U M A</b>	100.0	174.24	114.13
----------------	-------	--------	--------

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.28	2.28
1 " - 3/4 "	16.0	18.26	18.26
3/4 " - 1/2 "	25.0	28.53	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	16.55	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	23.40	---
3/16 " - No. 8	8.5	9.70	---
No. 8 - 0	13.5	15.41	---

ETAPA DE TRITURACION  
TERCIARIA

TRITURADORA DE CONO 48 FC (4')  
ABIERTA A 5/8" EN LA SALIDA

TABLA 6.8

<b>S U M A</b>	100.0	114.13	20.54
----------------	-------	--------	-------

TAMARZO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARZO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	87.65	87.65
2 " - 1 1/2 "	20.5	39.93	39.93
1 1/2 " - 1 "	13.5	26.29	---
1 " - 3/4 "	4.5	8.77	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	8.77	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	4.87	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	7.79	---
3/16 " - No. 8	2.5	4.87	---
No. 8 - 0	3.0	5.84	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>194.78</b>	<b>127.58</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 20.54 Ton/hr = 194.78 Ton/hr

TABLA 6.9

TAMARZO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARZO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.55	2.55
1 " - 3/4 "	16.0	20.41	20.41
3/4 " - 1/2 "	25.0	31.90	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	18.50	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	26.15	---
3/16 " - No. 8	8.5	10.85	---
No. 8 - 0	13.5	17.22	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>127.58</b>	<b>22.96</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCIAARIA DE TRITURACION : 127.58 Ton/hr

TABLA 6.10

TAMARZO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARZO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	88.74	88.74
2 " - 1 1/2 "	20.5	40.43	40.43
1 1/2 " - 1 "	13.5	26.62	---
1 " - 3/4 "	4.5	8.87	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	8.87	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	4.93	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	7.89	---
3/16 " - No. 8	2.5	4.93	---
No. 8 - 0	3.0	5.92	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>197.20</b>	<b>129.17</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 22.96 Ton/hr = 197.20 Ton/hr

TABLA 6.11

TAMARZO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARZO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.58	2.58
1 " - 3/4 "	16.0	20.67	20.67
3/4 " - 1/2 "	25.0	32.29	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	18.73	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	26.48	---
3/16 " - No. 8	8.5	10.98	---
No. 8 - 0	13.5	17.44	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>129.17</b>	<b>23.25</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCIAARIA DE TRITURACION : 129.17 Ton/hr

TABLA 6.12

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	88.87	88.87
2 " - 1 1/2 "	20.5	40.48	40.48
1 1/2 " - 1 "	13.5	26.66	---
1 " - 3/4 "	4.5	8.89	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	8.89	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	4.94	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	7.90	---
3/16 " - No. 8	2.5	4.94	---
No. 8 - 0	3.0	5.92	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>197.49</b>	<b>129.35</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 23.25 Ton/hr = 197.49 Ton/hr

TABLA 6.13

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.59	2.59
1 " - 3/4 "	16.0	20.70	20.70
3/4 " - 1/2 "	25.0	32.34	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	18.75	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	26.52	---
3/16 " - No. 8	8.5	10.99	---
No. 8 - 0	13.5	17.46	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>129.35</b>	<b>23.29</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCARIA DE TRITURACION : 129.35 Ton/hr

TABLA 6.14

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	88.89	88.89
2 " - 1 1/2 "	20.5	40.49	40.49
1 1/2 " - 1 "	13.5	26.67	---
1 " - 3/4 "	4.5	8.89	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	8.89	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	4.94	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	7.90	---
3/16 " - No. 8	2.5	4.94	---
No. 8 - 0	3.0	5.92	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>197.53</b>	<b>129.38</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 23.29 Ton/hr = 197.53 Ton/hr

TABLA 6.15

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.59	2.59
1 " - 3/4 "	16.0	20.70	20.70
3/4 " - 1/2 "	25.0	32.34	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	18.76	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	26.52	---
3/16 " - No. 8	8.5	11.00	---
No. 8 - 0	13.5	17.47	---
<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>129.38</b>	<b>23.29</b>

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCARIA DE TRITURACION : 129.38 Ton/hr

TABLA 6.16



A L T E R N A T I V A 1

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMAÑO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N		
	BASE	CARPETA	SELLO
1-1/2" - 1"	61.52	- - -	- - -
1" - 3/4"	25.59	- - -	- - -
3/4" - 1/2"	23.41	32.34	- - -
1/2" - 3/8"	7.99	23.70	- - -
3/8" - 3/16"	14.15	7.90	26.52
3/16" - No. 8	22.51	15.94	- - -
No. 8 - 0	78.04	23.39	- - -
<b>T O T A L</b>	<b>233.21</b>	<b>103.27</b>	<b>26.52</b>

TABLA 6.17

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD DE CRIBADO:

Alimentación = 363.00 Ton/hr.

Sobretamaño = 174.24 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.9100 : para un sobretamaño de  $\frac{174.24 \text{ Ton/hr}}{363.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 48.00\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.9560 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{137.21 \text{ Ton/hr}}{363.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 37.80\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{363.00 - 174.24}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 80.96 \text{ pies}^2$$

C R I B A : 6' x 14'

## 2º Cálculo de la malla de 3/4" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 303.62 Ton/hr.

Sobretamaño = 197.53 Ton/hr.

A = 1.80 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.8296 : para un sobretamaño de  $\frac{197.53 \text{ Ton/hr}}{303.62 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 65.06\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.6716 : para un porcentaje de material inferior a 3/8" de  $\frac{54.99 \text{ Ton/hr}}{303.62 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 18.11\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{303.62 - 197.53}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 105.78 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 6' x 18'

## 3º Cálculo de la malla de 3/8" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 106.09 Ton/hr.

Sobretamaño = 51.10 Ton/hr.

A = 1.19 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.9091 : para un sobretamaño de  $\frac{51.10 \text{ Ton/hr}}{106.09 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 48.17\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.7683 : para un porcentaje de material inferior a 3/16" de  $\frac{28.47 \text{ Ton/hr}}{106.09 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 26.83\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 0.90 : para el segundo piso.

$$\frac{106.09 - 51.10}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 73.51 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 16'

## 4º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 197.53 Ton/hr.

Sobretamaño = 129.38 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.8270 : para un sobretamaño de  $\frac{129.38 \text{ Ton/hr}}{197.53 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 65.50\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.6475 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{32.59 \text{ Ton/hr}}{197.53 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 16.50\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{197.53}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 47.49 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 4' x 12'

## 5º Cálculo de la malla de 1/2" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 68.15 Ton/hr.

Sobretamaño = 44.45 Ton/hr.

A = 1.40 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.8287 : para un sobretamaño de  $\frac{44.45 \text{ Ton/hr}}{68.15 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 65.22\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.7899 : para un porcentaje de material inferior a 1/4" de  $\frac{19.76 \text{ Ton/hr}}{68.15 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 28.99\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

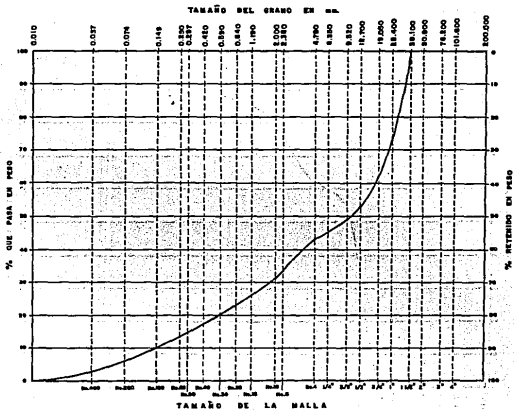
F = 0.90 : para el segundo piso.

$$\frac{68.15}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 28.73 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 3' x 10'

# MATERIAL PETREO PARA BASE

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

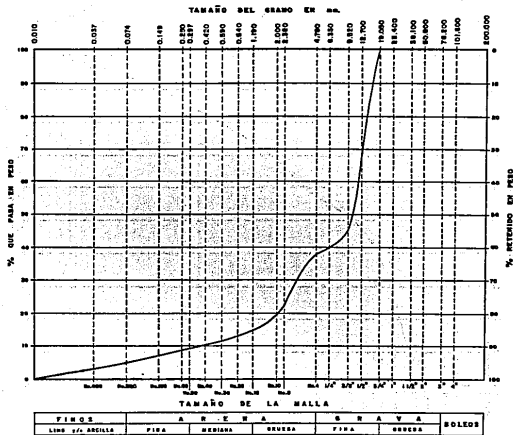


FINES		A		M		E		N		A		S		OLEOS	
LINO	1/2 ANCHILLA	FINA	MEDIANA	GRUESA	FINA	GRUESA	FINA	GRUESA	FINA	GRUESA	FINA	GRUESA	FINA	GRUESA	SOLEOS

GRAFICA 6.1

ALTERNATIVA 1

## MATERIAL PETREO PARA CARPETA ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

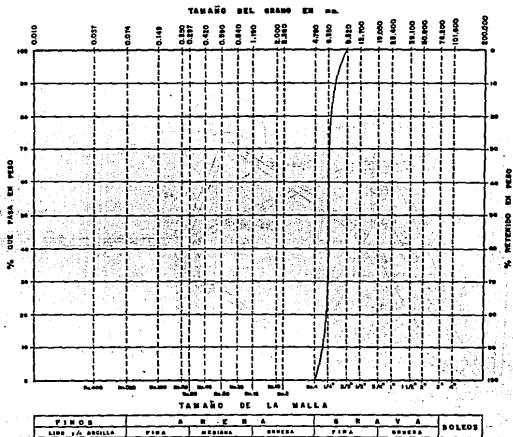


GRAFICA 6.2

ALTERNATIVA I

# MATERIAL PETREO PARA SELLO

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 6.3

ALTERNATIVA 1



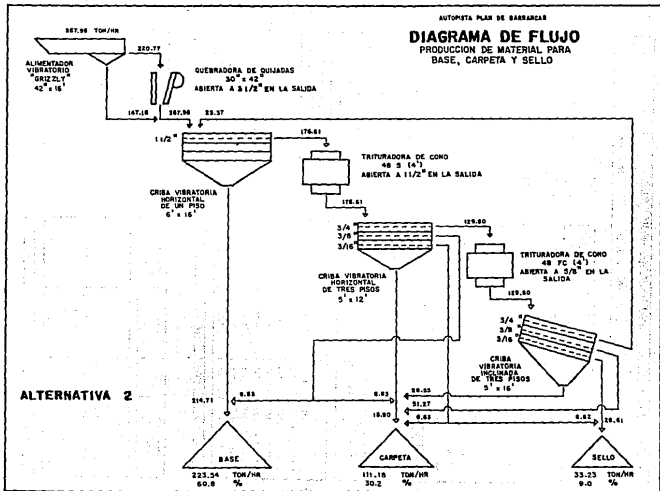


DIAGRAMA 6.2



## ALTERNATIVA 2 : PRODUCCION DE BASE, CARPETA Y SELLO.

$$223.00 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1.650 \text{ Ton/m}^3 = 367.95 \text{ Ton/hr}$$

$$367.95 \text{ Ton/hr} \times 0.600 = 220.77 \text{ Ton/hr}$$

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
5 " - 4 "	11.0	24.28	24.28
4 " - 2 "	41.0	90.51	90.51
2 " - 1 1/2 "	13.0	28.70	28.70
1 1/2 " - 1 "	13.5	29.80	---
1 " - 3/4 "	6.0	13.25	---
3/4 " - 1/2 "	5.0	11.04	---
1/2 " - 3/8 "	2.0	4.42	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	8.83	---
3/16 " - No. 8	2.0	4.42	---
No. 8 - 0	2.5	5.52	---

ETAPA DE TRITURACION  
PRIMARIAQUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42"  
ABIERTA A 3 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.18

S U M A	100.00	220.77	143.49
T O T A L			33.12
			176.61

9.0% DE MATERIAL 4"-1 1/2" PRECLASIFICADO

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
2 " - 1 1/2 "	47.5	83.89	83.89
1 1/2 " - 1 "	20.5	36.20	36.20
1 " - 3/4 "	5.5	9.71	9.71
3/4 " - 1/2 "	6.5	11.48	---
1/2 " - 3/8 "	3.5	6.18	---
3/8 " - 3/16 "	7.5	13.25	---
3/16 " - No. 8	4.5	7.95	---
No. 8 - 0	4.5	7.95	---

ETAPA DE TRITURACION  
SECUNDARIATRITURADORA DE CONO 48 S (4')  
ABIERTA A 1 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.19

S U M A	100.0	176.61	129.80
---------	-------	--------	--------

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 1/2 " - 1 "	2.0	2.60	---
1 " - 3/4 "	16.0	20.77	---
3/4 " - 1/2 "	25.0	32.45	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	18.82	---
3/8 " - 3/16 "	20.5	26.61	---
3/16 " - No. 8	8.5	11.03	---
No. 8 - 0	13.5	17.52	---

ETAPA DE TRITURACION  
TERCIARIATRITURADORA DE CONO 48 FC (4')  
ABIERTA A 5/8" EN LA SALIDA

TABLA 6.20

S U M A	100.0	129.80	---
---------	-------	--------	-----

A L T E R N A T I V A 2

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMAÑO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N Ton/hr		
	BASE	CARPETA	SELLO
1 1/2 " - 1 "	37.92	- - -	- - -
1 " - 3/4 "	37.70	- - -	- - -
3/4 " - 1/2 "	20.46	38.19	- - -
1/2 " - 3/8 "	11.19	21.91	- - -
3/8 " - 3/16 "	14.35	6.63	33.23
3/16 " - No. 8	22.81	18.98	- - -
No. 8 - 0	79.11	25.47	- - -
<b>T O T A L</b>	<b>223.54</b>	<b>111.18</b>	<b>33.23</b>

TABLA 6.21

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 391.32 Ton/hr.

Sobretamaño = 176.61 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.9243 : para un sobretamaño de  $\frac{176.61 \text{ Ton/hr}}{391.32 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 45.13\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.9110 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{139.10 \text{ Ton/hr}}{391.32 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 35.55\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{391.32 - 176.61}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 95.14 \text{ pies}^2$$

C R I B A : 6' x 16'
----------------------

## 2º Cálculo de la malla de 3/4" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 176.61 Ton/hr.

Sobretamaño = 129.80 Ton/hr.

A = 1.80 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.7651 : para un sobretamaño de  $\frac{129.80 \text{ Ton/hr}}{176.61 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 73.49\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.6475 : para un porcentaje de material inferior a 3/8" de  $\frac{29.15 \text{ Ton/hr}}{176.61 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 16.50\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{176.61 - 129.80}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 52.49 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 12'

## 3º Cálculo de la malla de 3/8" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 29.15 Ton/hr.

Sobretamaño = 17.66 Ton/hr.

A = 1.19 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.8565 : para un sobretamaño de  $\frac{17.66 \text{ Ton/hr}}{29.15 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 60.58\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 1.2908 : para un porcentaje de material inferior a 3/16" de  $\frac{15.90 \text{ Ton/hr}}{29.15 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 54.54\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 0.90 : para el segundo piso.

$$\frac{29.15 - 17.66}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 9.70 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 3' x 8'

## 4º Cálculo de la malla de 3/4" de la UNIDAD DE CRIBADO:

Alimentación = 129.80 Ton/hr

Sobretamaño = 23.37 Ton/hr.

- A = 1.80 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.  
 B = 1.0180 : para un sobretamaño de  $\frac{23.37 \text{ Ton/hr}}{129.80 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 18.00\%$ .  
 C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.  
 D = 1.0500 : para un porcentaje de material inferior a 3/8" de  $\frac{55.16 \text{ Ton/hr}}{129.80 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 42.50\%$ .  
 E = 1.00 : para cribado por vía seca.  
 F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{129.80 - 17.66}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 55.32 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 12'

## 5º Cálculo de la malla de 3/8" de la UNIDAD DE CRIBADO:

Alimentación = 106.43 Ton/hr.

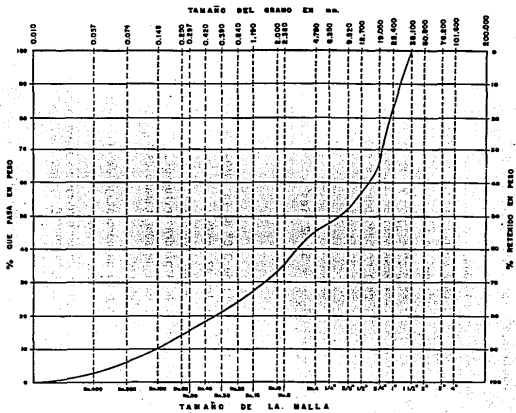
Sobretamaño = 51.27 Ton/hr.

- A = 1.19 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.  
 B = 0.9091 : para un sobretamaño de  $\frac{51.27 \text{ Ton/hr}}{106.43 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 48.17\%$ .  
 C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.  
 D = 0.7682 : para un porcentaje de material inferior a 3/16" de  $\frac{28.55 \text{ Ton/hr}}{106.43 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 26.82\%$ .  
 E = 1.00 : para cribado por vía seca.  
 F = 0.90 : para el segundo piso.

$$\frac{106.43 - 51.27}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 73.75 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 16'

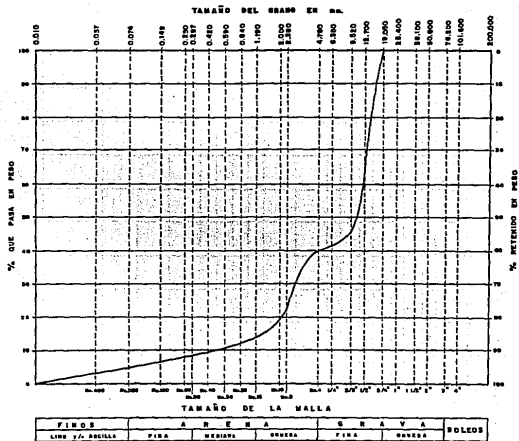
### MATERIAL PETREO PARA BASE ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 6.4

ALTERNATIVA 2

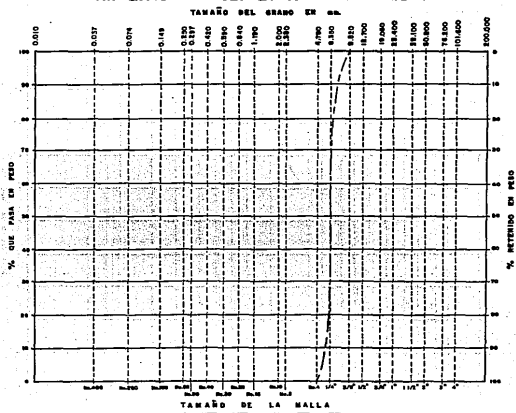
## MATERIAL PETREO PARA CARPETA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS



GRAFICA 6.5

ALTERNATIVA 2

## MATERIAL PETREO PARA SELLO ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

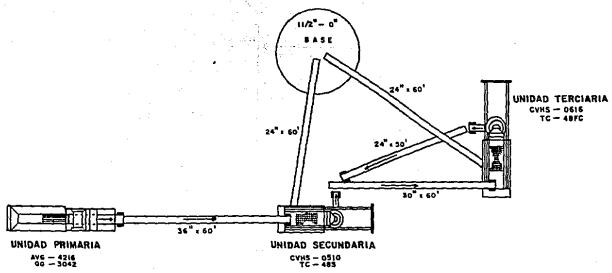


F I R O S		A B E R T A			G R A V A		B O L E S
L I N A	1/2	F I R A	M E D I A	O B R E R A	F I R A	O B R E R A	

GRAFICA 6.6

— — — ALTERNATIVA 2

AUTOPIETA PLAN DE BARRANCAS  
**ESQUEMA GENERAL DE  
LA PLANTA PORTATIL**  
TRITURACION DE TRES ETAPAS



**ALTERNATIVA 3**

ESQUEMA 6.3



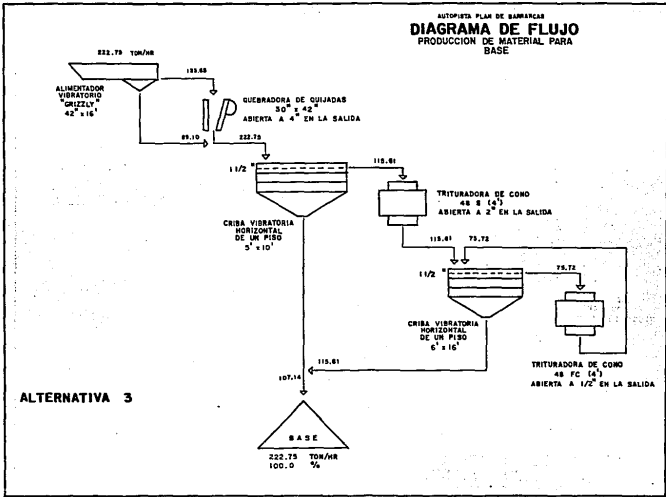


DIAGRAMA 6.3

<b>ALTERNATIVA 3 : PRODUCCION DE BASE.</b>	
135.00 m <sup>3</sup> /hr x 1.650 Ton/m <sup>3</sup> = 222.75 Ton/hr	
222.75 Ton/hr x 0.600 = 133.65 Ton/hr	

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
6 " - 4 "	17.5	23.39	23.39
4 " - 2 "	41.5	55.46	55.46
2 " - 1 1/2 "	12.5	16.71	16.71
1 1/2 " - 1 "	11.0	14.70	---
1 " - 3/4 "	4.5	6.01	---
3/4 " - 1/2 "	5.0	6.68	---
1/2 " - 3/8 "	1.5	2.01	---
3/8 " - 3/16 "	2.5	3.34	---
3/16 " - No. 8	1.5	2.01	---
No. 8 - 0	2.5	3.34	---

<b>ETAPA DE TRITURACION PRIMARIA</b>
QUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42" ABIERTA A 4" EN LA SALIDA

TABLA 6.22

<b>S U M A</b>	100.0	133.65	95.56
			20.05
<b>T O T A L</b>			115.61

9.0% DE MATERIAL 4"-1 1/2" PRECLASIFICADO

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
4 " - 2 "	45.0	52.02	52.02
2 " - 1 1/2 "	20.5	23.70	23.70
1 1/2 " - 1 "	13.5	15.61	---
1 " - 3/4 "	4.5	5.20	---
3/4 " - 1/2 "	4.5	5.20	---
1/2 " - 3/8 "	2.5	2.89	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	4.63	---
3/16 " - No. 8	2.5	2.89	---
No. 8 - 0	3.0	3.47	---

<b>ETAPA DE TRITURACION SECUNDARIA</b>
TRITURADORA DE CONO 48 S (4') ABIERTA A 2" EN LA SALIDA

TABLA 6.23

<b>S U M A</b>	100.0	115.61	75.72
----------------	-------	--------	-------

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 " - 3/4 "	4.0	3.03	---
3/4 " - 1/2 "	22.5	17.04	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	10.98	---
3/8 " - 3/16 "	29.0	21.96	---
3/16 " - No. 8	10.0	7.57	---
No. 8 - 0	20.0	15.14	---

<b>ETAPA DE TRITURACION TERCARIA</b>
TRITURADORA DE CONO 48 FC (4') ABIERTA A 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.24

<b>S U M A</b>	100.0	75.72	---
----------------	-------	-------	-----

A L T E R N A T I V A    3

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMAÑO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N    Ton/hr		
	BASE	CARPETA	SELLO
1 1/2 " - 1 "	33.65	---	---
1 " - 3/4 "	16.47	---	---
3/4 " - 1/2 "	31.15	---	---
1/2 " - 3/8 "	18.10	---	---
3/8 " - 3/16"	33.27	---	---
3/16" - No. 8	23.61	---	---
No. 8 - 0	66.50	---	---
<b>T O T A L</b>	<b>222.75</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

TABLA 6.25

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 222.75 Ton/hr.

Sobretamaño = 115.61 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.8924 : para un sobretamaño de  $\frac{115.61 \text{ Ton/hr}}{222.75 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 51.90\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.9260 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{80.86 \text{ Ton/hr}}{222.75 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 36.30\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{222.75 - 115.61}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 48.38 \text{ pies}^2$$

<b>C R I B A : 5' x 10'</b>
-----------------------------

2º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 191.33 Ton/hr.

Sobretamaño = 75.72 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.9513 : para un sobretamaño de  $\frac{75.72 \text{ Ton/hr}}{191.33 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 39.57\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.5483 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{19.08 \text{ Ton/hr}}{191.33 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 9.97\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

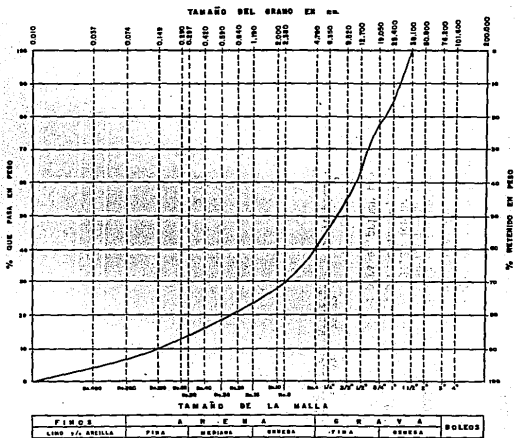
F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{191.33 - 75.72}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 82.70 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 6' x 16'

# MATERIAL PETREO PARA BASE

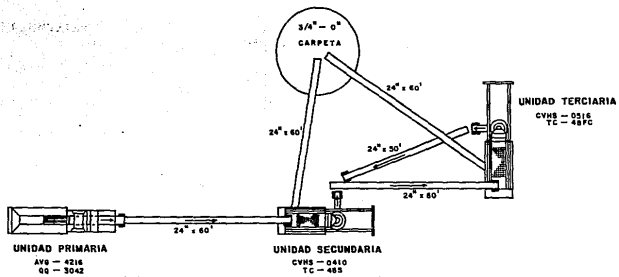
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 6.7

ALTERNATIVA 3

AUTOPISTA PLAN DE BARRANCAS  
**ESQUEMA GENERAL DE  
LA PLANTA PORTATIL**  
TRITURACION DE TRES ETAPAS



ALTERNATIVA 4

ESQUEMA 6.4

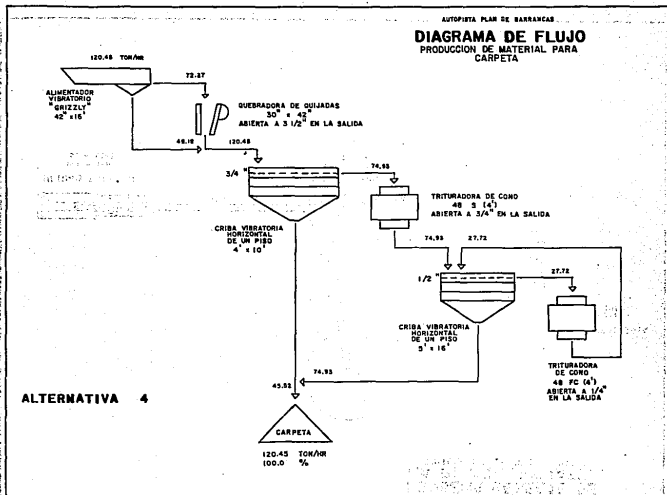


DIAGRAMA 6.4

## ALTERNATIVA 4 PRODUCCION DE CARPETA.

73,00 m<sup>3</sup>/hr x 1,650 Ton/m<sup>3</sup> = 120.45 Ton/hr  
 120.45 Ton/hr x 0.600 = 72.27 Ton/hr

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
5 " - 4 "	11.0	7.95	7.95
4 " - 2 "	41.0	29.63	29.63
2 " - 1 1/2 "	13.0	9.40	9.40
1 1/2 " - 1 "	13.5	9.76	9.76
1 " - 3/4 "	6.0	4.34	4.34
3/4 " - 1/2 "	5.0	3.61	---
1/2 " - 3/8 "	2.0	1.44	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	2.89	---
3/16 " - No. 8	2.0	1.44	---
No. 8 - 0	2.5	1.81	---

ETAPA DE TRITURACION  
PRIMARIA

QUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42"  
ABIERTA A 3 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.26

S U M A	100.0	72.27	61.08
			13.85
T O T A L			74.93

11.5% DE MATERIAL 4"-3/4" PRECLASIFICADO

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
---	---	---	---
---	---	---	---
1 1/2 " - 1 "	15.5	11.61	11.61
1 " - 3/4 "	21.5	16.11	16.11
3/4 " - 1/2 "	22.0	16.49	---
1/2 " - 3/8 "	8.0	5.99	---
3/8 " - 3/16 "	13.5	10.12	---
3/16 " - No. 8	7.5	5.62	---
No. 8 - 0	12.0	8.99	---

ETAPA DE TRITURACION  
SECUNDARIA

TRITURADORA DE CONO 48 S (4")  
ABIERTA A 3/4" EN LA SALIDA

TABLA 6.27

S U M A	100.0	74.93	27.72
---------	-------	-------	-------

TAMANO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMANO DE LA PRODUCCION Ton/hr
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
1/2 " - 3/8 "	7.0	1.94	---
3/8 " - 3/16 "	41.0	11.37	---
3/16 " - No. 8	28.0	7.76	---
No. 8 - 0	24.0	6.65	---

ETAPA DE TRITURACION  
TERCIARIA

TRITURADORA DE CONO 48 FC (4")  
ABIERTA A 1/4" EN LA SALIDA

TABLA 6.28

S U M A	100.0	27.72	---
---------	-------	-------	-----



A L T E R N A T I V A 4

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMAÑO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N Ton/hr		
	BASE	CARPETA	SELLO
1 1/2 " - 1 "	---	---	---
1 " - 3/4 "	---	---	---
3/4 " - 1/2 "	---	21.31	---
1/2 " - 3/8 "	---	10.57	---
3/8 " - 3/16"	---	26.19	---
3/16" - No. 8	---	20.84	---
No. 8 - 0	---	41.54	---
<b>T O T A L</b>	---	<b>120.45</b>	---

TABLA 6.29

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 3/4" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 120.45 Ton/hr.

Sobretamaño = 74.93 Ton/hr.

A = 1.80 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.8467 : para un sobretamaño de  $\frac{74.93 \text{ Ton/hr}}{120.45 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 62.21\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.8320 : para un porcentaje de material inferior a 3/8" de  $\frac{38.06 \text{ Ton/hr}}{120.45 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 31.60\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{120.45 - 74.93}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 35.90 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 4' x 10'

2º Cálculo de la malla de 1/2" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 102.65 Ton/hr.

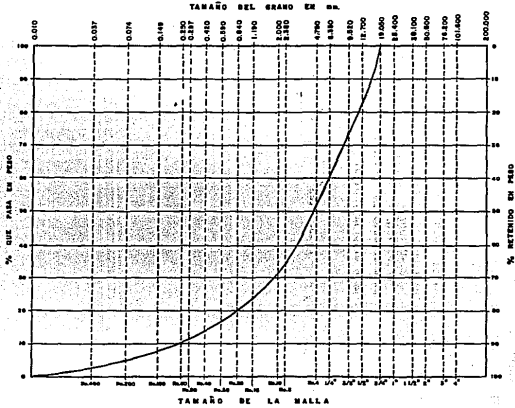
Sobretamaño = 27.72 Ton/hr.

- A = 1.40 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.
- B = 0.9890 : para un sobretamaño de  $\frac{27.72 \text{ Ton/hr}}{102.65 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 27.00\%$ .
- C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.
- D = 0.7182 : para un porcentaje de material inferior a 1/4" de  $\frac{22.40 \text{ Ton/hr}}{102.65 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 21.82\%$ .
- E = 1.00 : para cribado por vía seca.
- F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{102.65 - 27.72}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 75.35 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 16'

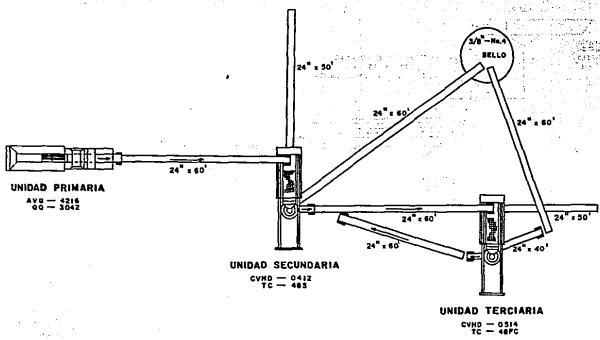
### MATERIAL PETREO PARA CARPETA ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



GRAFICA 6.8

ALTERNATIVA 4

AUTOPISTA PLAN DE BARRANCAS  
**ESQUEMA GENERAL DE  
 LA PLANTA PORTATIL**  
 TRITURACION DE TRES ETAPAS



**ALTERNATIVA 5**

ESQUEMA 6.5

AUTOPISTA PLAN DE BARRANCOAS

### DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCCION DE MATERIAL PARA SELLO

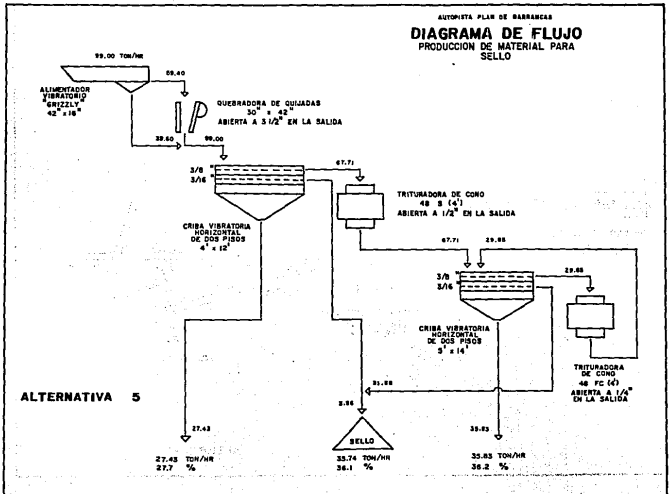


DIAGRAMA 6.5

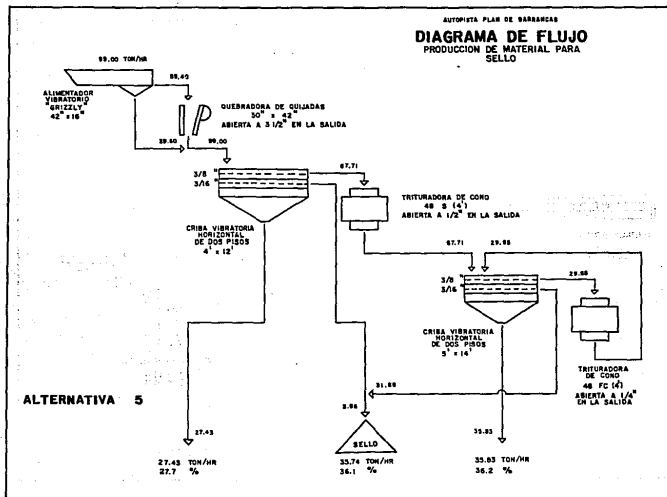


DIAGRAMA 6.5

ALTERNATIVA S :		PRODUCCION DE SELLO.
		60.00 m <sup>3</sup> /hr x 1.650 Ton/m <sup>3</sup> s = 99.00 Ton/hr
		99.00 Ton/hr x 0.600 = 59.40 Ton/hr

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
5 " - 4 "	11.0	6.53	6.53
4 " - 2 "	41.0	24.35	24.35
2 " - 1 1/2 "	13.0	7.72	7.72
1 1/2 " - 1 "	13.5	8.02	8.02
1 " - 3/4 "	6.0	3.56	3.56
3/4 " - 1/2 "	5.0	2.97	2.97
1/2 " - 3/8 "	2.0	1.19	1.19
3/8 " - 3/16 "	4.0	2.38	---
3/16 " - No. 8	2.0	1.19	---
No. 8 - 0	2.5	1.49	---

ETAPA DE TRITURACION  
PRIMARIA

QUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42"  
ABIERTA A 3 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.30

S U M A		100.0	59.40	54.34	
					13.5% DE MATERIAL 4"-3/8" PRECLASIFICADO
T O T A L				67.71	

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
1 " - 3/4 "	4.0	2.71	2.71
3/4 " - 1/2 "	22.5	15.23	15.23
1/2 " - 3/8 "	14.5	9.82	9.82
3/8 " - 3/16 "	29.0	19.64	---
3/16 " - No. 8	10.0	6.77	---
No. 8 - 0	20.0	13.54	---

ETAPA DE TRITURACION  
SECUNDARIA

TRITURADORA DE CONO 48 S ( 4' )  
ABIERTA A 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.31

S U M A		100.0	67.71	27.76
---------	--	-------	-------	-------

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
1/2 " - 3/8 "	7.0	1.94	1.94
3/8 " - 3/16 "	41.0	11.38	---
3/16 " - No. 8	28.0	7.78	---
No. 8 - 0	24.0	6.66	---

ETAPA DE TRITURACION  
TERCIARIA

TRITURADORA DE CONO 48 FC ( 4' )  
ABIERTA A 1/4" EN LA SALIDA

TABLA 6.32

S U M A		100.0	27.76	1.94
---------	--	-------	-------	------





A L T E R N A T I V A 5

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMAÑO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N Ton/hr		
	BASE	CARPETA	SELLO
1 1/2 " - 1 "	- - -	- - -	- - -
1 1/2 " - 3/4 "	- - -	- - -	- - -
3/4 " - 1/2 "	- - -	- - -	- - -
1/2 " - 3/8 "	- - -	- - -	- - -
3/8 " - 3/16 "	- - -	- - -	35.74
3/16 " - No. 8	- - -	- - -	- - -
No. 8 - 0	- - -	- - -	- - -
<b>T O T A L</b>	- - -	- - -	<b>35.74</b>

TABLA 6.36

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 3/8" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 99.00 Ton/hr.

Sobretamaño = 67.71 Ton/hr.

A = 1.19 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.8097 : para un sobretamaño de  $\frac{67.71 \text{ Ton/hr}}{99.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 68.39\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.7771 : para un porcentaje de material inferior a 3/16" de  $\frac{27.43 \text{ Ton/hr}}{99.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 27.71\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{99.00 - 67.71}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 41.79 \text{ pies}^2$$

C R I B A : 4' x 12'

## 2º Cálculo de la malla de 3/8" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 97.56 Ton/hr.

Sobretamaño = 29.85 Ton/hr.

A = 1.19 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.B = 0.9782 : para un sobretamaño de  $\frac{29.85 \text{ Ton/hr.}}{97.56 \text{ Ton/hr.}} \times 100 = 30.60\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.9124 : para un porcentaje de material inferior a 3/16" de  $\frac{34.75 \text{ Ton/hr.}}{97.56 \text{ Ton/hr.}} \times 100 = 35.62\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

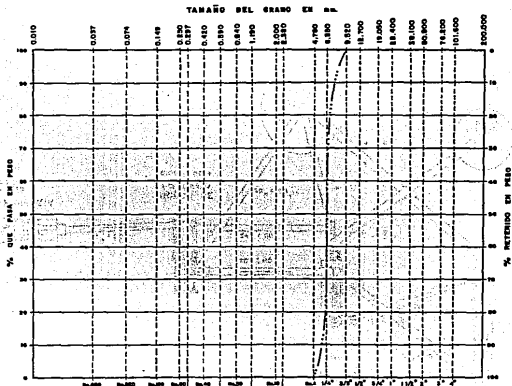
F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{97.56 - 29.85}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 63.75 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 14'
----------------------

# MATERIAL PETREO PARA SELLO

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

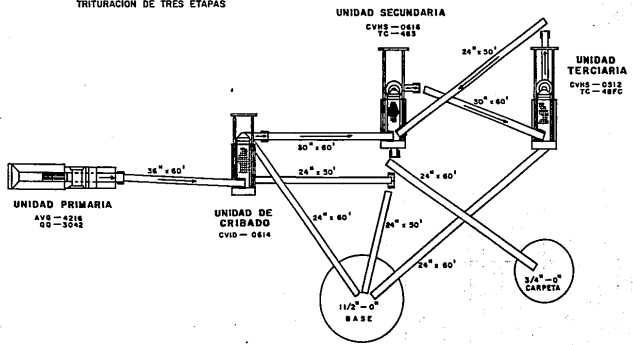


TIPOS				
A R E N A		S A B I L L A		
LIMO y/ ARELLA	FINA	MEIANA	GRUESA	BOLEDO

GRAFICA 6.9

----- ALTERNATIVA 5

AUTOPISTA PLAN DE BARRANCAS  
**ESQUEMA GENERAL DE  
LA PLANTA PORTATIL**  
TRITURACION DE TRES ETAPAS



ALTERNATIVA 6

ESQUEMA 6.6

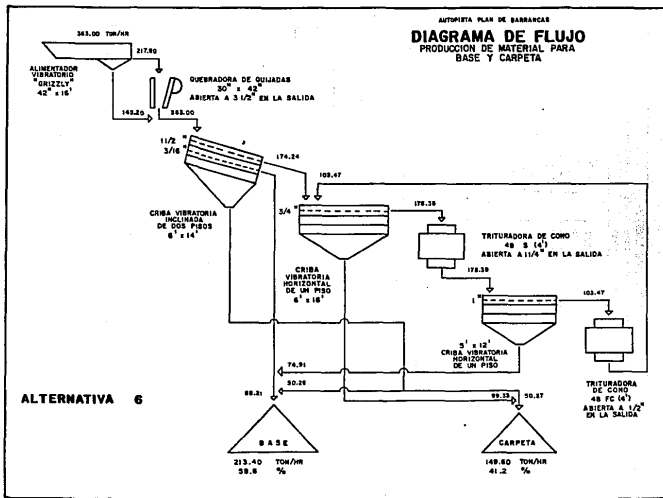


DIAGRAMA 6.5

## ALTERNATIVA 6 : PRODUCCION DE BASE Y CARPETA.

220.00 m<sup>3</sup>/hr x 1,650 Ton/m<sup>3</sup> = 363.00 Ton/hr  
 363.00 Ton/hr x 0.600 = 217.80 Ton/hr

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
5 " - 4 "	11.0	23.96	23.96
4 " - 2 "	41.0	89.30	89.30
2 " - 1 1/2 "	13.0	28.31	28.31
1 1/2 " - 1 "	13.5	29.40	---
1 " - 3/4 "	6.0	13.07	---
3/4 " - 1/2 "	5.0	10.89	---
1/2 " - 3/8 "	2.0	4.36	---
3/8 " - 3/16 "	4.0	8.71	---
3/16 " - No. 8	2.0	4.36	---
No. 8 - 0	2.5	5.44	---

ETAPA DE TRITURACION  
PRIMARIA

QUEBRADORA DE QUIJADAS 30" x 42"  
ABIERTA A 3 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.37

S U M A	100.0	217.80	141.57
T O T A L			32.67
			174.24

9.0% DE MATERIAL 4"-1 1/2" PRECLASIFICADO

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
2 " - 1 1/2 "	25.0	43.56	43.56
1 1/2 " - 1 "	33.0	57.50	57.50
1 " - 3/4 "	8.5	14.81	---
3/4 " - 1/2 "	9.0	15.68	---
1/2 " - 3/8 "	4.5	7.84	---
3/8 " - 3/16 "	8.0	13.93	---
3/16 " - No. 8	6.0	10.46	---
No. 8 - 0	6.0	10.46	---

ETAPA DE TRITURACION  
SECUNDARIA

TRITURADORA DE CONO 48 S (4")  
ABIERTA A 1 1/4" EN LA SALIDA

TABLA 6.38

S U M A	100.0	174.24	101.06
---------	-------	--------	--------

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
3/4 " - 1/2 "	4.0	4.04	4.04
1/2 " - 3/8 "	22.5	22.74	---
3/8 " - 3/16 "	14.5	14.65	---
3/16 " - No. 8	29.0	29.31	---
No. 8 - 0	10.0	10.11	---
	20.0	20.21	---

ETAPA DE TRITURACION  
TERCIARIA

TRITURADORA DE CONO 48 FC (4")  
ABIERTA A 1/2" EN LA SALIDA

TABLA 6.39

S U M A	100.0	101.06	4.04
---------	-------	--------	------

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
2 " - 1 1/2 "	25.0	44.57	44.57
1 1/2 " - 1 "	33.0	58.83	58.83
1 " - 3/4 "	8.5	15.15	---
3/4 " - 1/2 "	9.0	16.05	---
1/2 " - 3/8 "	4.5	8.02	---
3/8 " - 3/16 "	8.0	14.25	---
3/16 " - No. 8	6.0	10.70	---
No. 8 - 0	6.0	10.70	---

<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>178.28</b>	<b>103.40</b>
----------------	--------------	---------------	---------------

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 4.04 ton/hr = 178.28 Ton/hr

TABLA 6.40

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 " - 3/4 "	4.0	4.14	4.14
3/4 " - 1/2 "	22.5	23.26	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	14.99	---
3/8 " - 3/16 "	29.0	29.99	---
3/16 " - No. 8	10.0	10.34	---
No. 8 - 0	20.0	20.68	---

<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>103.40</b>	<b>4.14</b>
----------------	--------------	---------------	-------------

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCIAARIA DE TRITURACION : 103.40 Ton/hr

TABLA 6.41

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
2 " - 1 1/2 "	25.0	44.60	44.60
1 1/2 " - 1 "	33.0	58.87	58.87
1 " - 3/4 "	8.5	15.16	---
3/4 " - 1/2 "	9.0	16.05	---
1/2 " - 3/8 "	4.5	8.03	---
3/8 " - 3/16 "	8.0	14.27	---
3/16 " - No. 8	6.0	10.70	---
No. 8 - 0	6.0	10.70	---

<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>178.38</b>	<b>103.47</b>
----------------	--------------	---------------	---------------

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA SECUNDARIA DE TRITURACION : 174.24 Ton/hr + 4.14 Ton/hr = 178.38 Ton/hr

TABLA 6.42

TAMARO DEL MATERIAL	% QUE PASA	PRODUCCION Ton/hr	SOBRETAMARO DE LA PRODUCCION Ton/hr
1 " - 3/4 "	4.0	4.14	4.14
3/4 " - 1/2 "	22.5	23.28	---
1/2 " - 3/8 "	14.5	15.00	---
3/8 " - 3/16 "	29.0	30.01	---
3/16 " - No. 8	10.0	10.35	---
No. 8 - 0	20.0	20.69	---

<b>S U M A</b>	<b>100.0</b>	<b>103.47</b>	<b>4.14</b>
----------------	--------------	---------------	-------------

CORRECCION EN LA ALIMENTACION DE LA ETAPA TERCIAARIA DE TRITURACION : 103.47 Ton/hr

TABLA 6.43

A L T E R N A T I V A    6

BALANCE GRANULOMETRICO FINAL

TAMANO DEL MATERIAL	P R O D U C C I O N    Ton/hr		
	BASE	CARPETA	SELLO
1 1/2 " - 1 "	34.84	- - -	- - -
1 " - 3/4 "	31.86	- - -	- - -
3/4 " - 1/2 "	30.57	23.28	- - -
1/2 " - 3/8 "	16.02	15.00	- - -
3/8 " - 3/16"	28.43	30.01	- - -
3/16" - No. 8	21.96	21.60	- - -
No. 8 - 0	49.72	59.71	- - -
<b>T O T A L</b>	<b>213.40</b>	<b>149.60</b>	<b>- - -</b>

TABLA 6.44

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

1º Cálculo de la malla de 1 1/2" de la UNIDAD DE CRIBADO:

Alimentación = 363.00 Ton/hr.

Sobretamaño = 174.24 Ton/hr.

A = 2.68 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.

B = 0.9100 : para un sobretamaño de  $\frac{174.24 \text{ Ton/hr}}{363.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 48.00\%$ .

C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.

D = 0.9560 : para un porcentaje de material inferior a 3/4" de  $\frac{137.21 \text{ Ton/hr}}{363.00 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 37.80\%$ .

E = 1.00 : para cribado por vía seca.

F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{363.00 - 174.24}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 80.96 \text{ pies}^2$$

C R I B A : 6' x 14'



## 2º Cálculo de la malla de 3/4" de la UNIDAD SECUNDARIA:

Alimentación = 277.71 Ton/hr.

Sobretamaño = 178.38 Ton/hr.

- A = 1.80 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.  
 B = 0.8346 : para un sobretamaño de  $\frac{178.38 \text{ Ton/hr}}{277.71 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 64.23\%$ .  
 C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.  
 D = 0.7198 : para un porcentaje de material inferior a 3/8" de  $\frac{61.05 \text{ Ton/hr}}{277.71 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 2198\%$ .  
 E = 1.00 : para cribado por vía seca.  
 F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{277.71 - 178.38}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 91.86 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 6' x 16'

## 3º Cálculo de la malla de 1" de la UNIDAD TERCIARIA:

Alimentación = 178.38 Ton/hr.

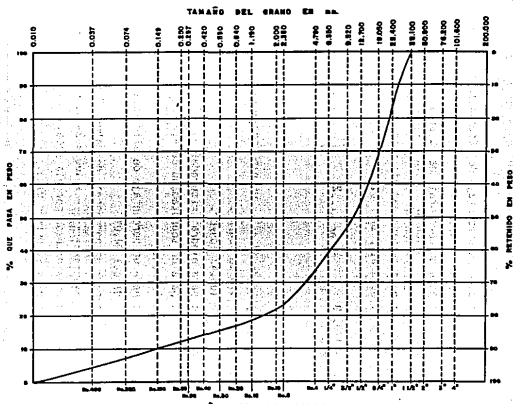
Sobretamaño = 103.47 Ton/hr.

- A = 2.12 Ton/hr/pie<sup>2</sup> : para piedra triturada.  
 B = 0.8680 : para un sobretamaño de  $\frac{103.47 \text{ Ton/hr}}{178.38 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 58.00\%$ .  
 C = 1.00 : para un porcentaje de eficiencia de cribado deseada del 94.0%.  
 D = 0.7450 : para un porcentaje de material inferior a 1/2" de  $\frac{43.70 \text{ Ton/hr}}{178.38 \text{ Ton/hr}} \times 100 = 24.50\%$ .  
 E = 1.00 : para cribado por vía seca.  
 F = 1.00 : para el primer piso.

$$\frac{178.38 - 103.47}{A \times B \times C \times D \times E \times F} = 54.64 \text{ pies}^2.$$

C R I B A : 5' x 12'

## MATERIAL PETREO PARA BASE ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS

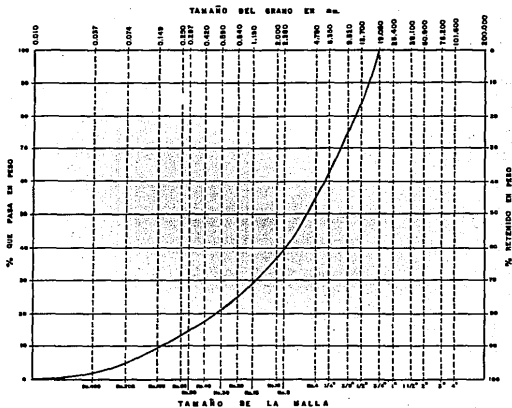


FINES		A R E N A		G R A V A		BOLEDOS	
LIBRO	1/4	PIXA	MEDIANO	GRUESA	PIXA	GRUESA	BOLEDOS

GRAFICA 6.10

ALTERNATIVA 6

## MATERIAL PETREO PARA CARPETA ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS



FINES	ARENERA			GRAVA		BOLEDOS
LÍNEA Nº MALLA	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

GRAFICA 6.11

ALTERNATIVA 6

**CAPITULO SEPTIMO**

**SISTEMAS DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRITURACION**

## 7.1 GENERALIDADES.

El CONTROL, es el proceso que determina que tan bien se está llevando a cabo una actividad, valorizándola y si es necesario, aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado.

La base del control, la constituye la COMPARACION entre lo planeado y lo ejecutado; y a su vez, la esencia de dicha comparación lo es, la determinación del ESTANDAR o PATRON.

Así pues, el control es un proceso que requiere de la determinación del estándar, en primer lugar y después de la comparación, el estándar planeado y el trabajo ejecutado, y por último, el de llevar a cabo la ACCION CORRECTIVA en caso necesario.

La identificación de los objetivos que se realizan en la función de la planeación, norma el primer paso del control que consiste en la determinación de los estándares. Por ejemplo, la definición de la cantidad de trabajo a realizar en una jornada, es lo que constituye la determinación de un estándar para la valuación del desempeño del trabajador; de ese modo, la definición de un modelo de comportamiento o acción es lo que forma un estándar.

Ahora bien, la VALORIZACION de lo ejecutado y lo planeado sería una etapa de la comparación entre el estándar y lo que se está realizando. En caso de que exista una diferencia, es cuando se debe tomar la acción correctiva.

Con lo anterior se establece el PRINCIPIO DEL CONTROL, que dice: para que un control sea efectivo debe cubrir y regular el funcionamiento planeado, es decir, se debe buscar y lograr que la actividad se esté realizando de acuerdo con lo planeado.

Los diferentes TIPOS DE MODELOS, PATRONES o ESTANDARES más usados, y de los cuales, los dos primeros interesan para este capítulo, son los siguientes:

- a) La determinación del volumen medio esperado de producción, de acuerdo a la actuación de los empleados más eficientes es lo que define un ESTANDAR DE CANTIDAD.

- b) El especificar las sumas de dinero a gastar en la adquisición de materias primas o publicidad es lo que implica un ESTANDAR DE COSTO.
- c) El establecimiento de un programa a seguir en la realización de ciertas actividades constituye la implantación de un ESTANDAR DE USO DEL TIEMPO.
- d) El definir las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades que permiten lograr los objetivos organizacionales es lo que define un ESTANDAR DE CALIDAD.

ellos nos indican si podemos o no lograr por ese medio, los objetivos trazados.

El establecimiento de PUNTOS ESTRATEGICOS DE CONTROL, nos permite el lograr una mejor comparación entre el estándar definido y lo que se está realizando. Cuando surge alguna diferencia en la comparación se dice que existe una EXCEPCION, y es el sitio donde se llevará a cabo la toma de la acción correctiva.

Para llevar a cabo la acción correctiva se utilizan varios DISPOSITIVOS DE CONTROL, y son los siguientes:

- 1) PRESUPUESTO. Es el que se utiliza con más frecuencia; cuando el presupuesto sirve para corregir y revisar el trabajo que se está ejecutando, forma parte del proceso de control; mientras que su determinación como recurso para el logro de objetivos lo hace parte del proceso de la función planeación. Así entonces, la definición del estándar costo es base común para coordinar las actividades de la empresa y forma parte del dispositivo presupuesto. Pero el dar importancia a la reducción de costos solamente, puede tener como consecuencia que esto afecte al estándar calidad.
- 2) INFORMES ESTADISTICOS DE CONTROL. Consiste en la elaboración de reportes periódicos de las actividades realizadas, con el fin de estudiar la historia de la marcha de la empresa.
- 3) ANALISIS DEL PUNTO NO PERDIDA-NO GANANCIA. El uso de gráficas que muestran el porcentaje de utilización de una planta contra ingresos y costos pueden utilizarse para dicho análisis; la determina—

- ción de las unidades o pérdidas de la empresa, es otro ejemplo.
- 4) **REPORTES ESPECIALES DE CONTROL.** Estos reportes investigan casos — particulares en un tiempo y lugar definido, es decir, se realizan en forma no continua indagando acerca de los procedimientos y funcionamiento de una área específica de trabajo.
  - 5) **AUDITORIA INTERNA.** Por ejemplo, cuando la central de adiestramiento del personal revisa las operaciones de las unidades subsidiarias.

Los dos dispositivos que tienen que ver con los análisis monetarios, costos y flujo de fondos son: presupuesto y el análisis del punto no pérdida-no ganancia.

Los **SISTEMAS DE CONTROL**, son aquellos que se utilizan para determinar si los objetivos y metas de la organización, definidos en la función — planeación, se están ejecutando correctamente, y se auxilian de los dispositivos de control para cumplir su cometido.

## 7.2 CONTROL DE PRODUCCION (CANTIDADES).

El controlar la producción es muy usual en la industria de la construcción. Se conoce desde la planeación la cantidad de una obra determinada — por unidad de tiempo (hora, día, mes) que se requiere producir, es muy fácil utilizar esa cantidad planeada como **ESTANDAR IDEAL** o **TEORICO**, esto es, la cantidad de obra que puede producirse con un 100 % de eficiencia, luego se aplican factores producto de la experiencia para llegar al **ESTANDAR PRACTICO**.

Establecidos los estándares por unidad de tiempo se procede a establecer los **PUNTOS DE CONTROL**; normalmente se van controlando las cantidades por lapsos acordes con el control contable de la obra. De ese modo, pueden establecerse **COMPROBES DIARIOS, SEMANALES** o **MENSUALES**.

La ventaja de ligar el control de cantidades a la contabilidad de costos, es que se tendrán puntos de control iguales para cantidades y costos lo cual es muy útil puesto que la producción real en un determinado plazo junto con el costo real nos dará el costo por unidad de obra ejecutada que

es un dato que interesa.

Otra característica del control de producción es que los puntos de control son diferentes, dependiendo del nivel jerárquico que toma decisiones usando el control.

Es muy común que al reporte de control se le añadan una serie de datos estadísticos que sirvan para tomar decisiones en caso de que exista alguna desviación.

El reporte debe contener aquellos datos que permitan conocer las causas de alguna posible desviación. Por ejemplo (de una planta de agregados), el número de horas paradas de la máquina por cualquier causa indicando dichas causas o no, demoras causadas por deficiencias en el suministro, deficiencias en el almacenamiento, fallas en el personal, etc.

Si todos estos datos se llevan a lo largo del trabajo, esto permitirá que, además de llevar el control y facilitarse las decisiones, se pueda revisar periódicamente las causas de las demoras.

En realidad el control es un PROCESO DE RETROALIMENTACION, esto es, es un sistema que toma muestras, las compara con el estándar y en caso de desviaciones significativas actúa sobre el proceso de producción para regresarle a la producción planeada.

Las decisiones, que se toman a partir del reporte de control cuando existe alguna desviación, son de diferente tipo:

- a) **DECISIONES DE EMERGENCIA.** Por ejemplo, el hecho de que una máquina trituradora tenga problemas mecánicos originaría una producción inferior al estándar, o bien, que la máquina se descomponga por rotura de una pieza; en estos casos la decisión inmediata será proceder a la reparación.
- b) **DECISIONES PREVENTIVAS.** Por ejemplo, las horas perdidas por descompostura de una máquina tienen tendencia a aumentar; esto puede ser causado por: la máquina está fuera de la vida económica, el comportamiento es defectuoso, la operación es defectuosa, algún mecanismo de la obra tiene un defecto importante. Al atacar este problema, y tomar decisiones respecto a él, sería una decisión preventiva si se toma antes de que esta causa de demora provoque que la producción quede abajo del estándar. Para este tipo de decisiones es cos



tumbre usar cartas de control que indican en forma gráfica y durante lapsos grandes las variaciones reales del comportamiento de la producción, de las demoras, etc.

Para ilustrar lo antes expuesto, se planteará un problema, con la suposición de que la Planta de Trituración de que tratará dicho problema es el que se muestra en el esquema 6.3 del capítulo anterior; del mismo modo, los datos que se presentarán con indicativos para dicho propósito.

Es una Planta para producir agregado pétreo para pavimentación y consta de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria, todas montadas sobre remolque. Existen cinco bandas que las unen y colocan el material en montón. Los motores son eléctricos y se abastecen de energía mediante una planta de fuerza con motor diésel con capacidad de 500 KW.

Para definir el control se debe principiar por fijar el estándar, es decir, la producción esperada. Para determinarlo, se tiene el dato dado — por el fabricante, que en el caso de este sistema será de 90 Ton cortas por hora. Además se supone una eficiencia del conjunto, que en este caso se fija en 0.70, y suponiendo un peso volumétrico de  $1.500 \text{ Ton/m}^3$ s. Con estos — datos se tiene lo siguiente:

$$1 \text{ Ton corta} = 2 \text{ 000 libras} = 0.9072 \text{ Ton métricas}$$

$$90 \text{ Ton c.}/\text{hr} \times 0.9072 \text{ Ton m.}/\text{Ton c.} = 81.65 \text{ Ton}/\text{hr}$$

a) Producción horaria:

$$81.65 \text{ Ton}/\text{hr} \div 1.500 \text{ Ton}/\text{m}^3 \times 0.70 = 38 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

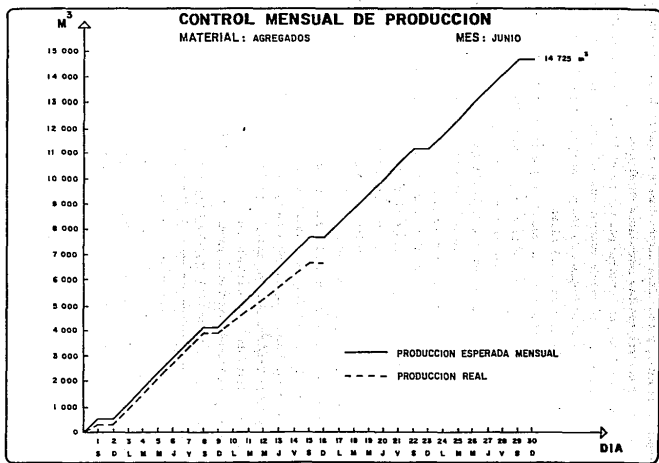
b) Producción diaria:

$$38 \text{ m}^3/\text{hr} \times 15.5 \text{ hr}/\text{día} = 589 \text{ m}^3/\text{día}.$$

c) Producción mensual:

$$589 \text{ m}^3/\text{día} \times 25 \text{ días}/\text{mes} = 14 \text{ 725 m}^3/\text{mes}.$$

Para controlar la producción se podría, por ejemplo, usar la gráfica 7.1 que se muestra más adelante.



GRAFICA 7.1

Observando la gráfica anterior, la línea continua señala la producción esperada mensual, y con línea discontinua se muestra la producción real, ambas producciones son las acumuladas en el mes.

En algunas ocasiones el estándar por mes no es igual a la producción real que se tiene, ya que se podría suponer una eficiencia más baja al principio, por lo que los estándares de los primeros meses podrían bajar, pero más sin embargo el sistema es el mismo.

Por otra parte, también puede usarse una carta de control, como se muestra en la tabla 7.1, en la que se fija la producción deseada, las producciones diaria y la media, y que puede ser del mes o acumulada.

Si la producción real no es igual a la producción deseada, es necesario analizar las causas y tomar decisiones para corregir aquellos defectos que impiden que la producción sea la planeada.

Con respecto a lo anterior, un tipo de reporte diario y semanal, que se muestran en las tablas 7.2 y 7.3 respectivamente, que analiza la producción por hora efectiva, las horas efectivas trabajadas y las causas de demoras, ayudan efectivamente a definir las causas y por consiguiente a tomar las acciones correctivas apropiadas.

Observando el informe de la producción semanal, tabla 7.3, se ve que la producción por hora efectiva está bien, e inclusive ligeramente superior al dato proporcionado por el fabricante, que es de  $54.4 \text{ m}^3/\text{hr} = 81.65 \text{ Ton/hr} \div 1.500 \text{ Ton/m}^3$ . Por lo tanto, se puede enfocar el problema como defecto en el número de horas trabajadas.

A la vez, analizando las horas perdidas, se podría analizar primero las que aplican un mayor porcentaje, que en este caso serían las reparaciones de la criba y las piedras atoradas. De inmediato se procedería a tomar las decisiones apropiadas para corregir estas anomalías, aumentando así el número de horas trabajadas.

Este tipo de reportes, que pueden diseñarse para cada actividad de construcción, son de gran ayuda para el control y toma de decisiones posteriores. Sin estos datos, es frecuente que se tomen decisiones erróneas por falta de una información auténtica y oportuna.

## CARTA DE CONTROL DE PRODUCCION DE AGREGADOS

PROCEDENCIA:

OBRA : X

PERIODO ANALIZADO: 1o. al 30 de junio

RESULTADOS ESTADISTICOS

NUMERO DE DATOS:

X =

$\sigma^2$  =

$\sigma$  =

PRODUCCION ESPERADA:

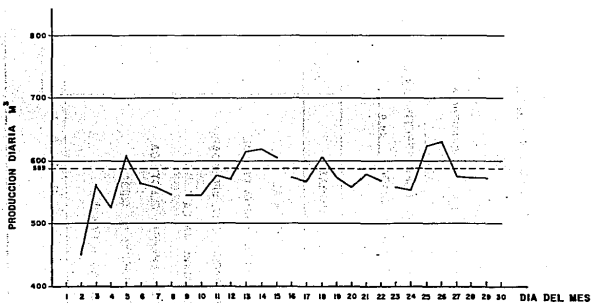


TABLA 7.1

## INFORME DIARIO DE PRODUCCION DE AGREGADOS

OBRA: x

FECHA: miércoles 5 de junio

TIEMPO TEORICO OPERACION: 15.50 HORASTIEMPO REAL OPERACION: 7.33 HORASNUMERO DE DEMORAS: 7 (SIETE)EFICIENCIA: 47.3 % EFICIENCIA ESPERADA: 70.0 %PRODUCCION REAL: 400 M<sup>3</sup>PRODUCCION POR HORA EFECTIVA:  $400 \div 7.33 = 54.57$ PRODUCCION ESPERADA: 54.4

CAUSA DE DEMORAS	HORAS PERDIDAS	% EFICIENCIA PERDIDA
FALTA DE MATERIAL	1:05	6.9
REPARACION PLANTA DE LUZ	1:10	7.5
REPARACION TRIT. SECUNDARIA	1:30	9.7
SOLDANDO MALLA	1:10	7.5
FALTA ENERGIA ELECTRICA	0:35	3.7
REPARACION DE CRIBA	0:40	4.3
PIEDRAS ATORADAS	2:00	12.9
<b>T O T A L</b>	<b>8:10</b>	<b>52.5</b>

TABLA 7.2

## INFORME SEMANAL DE PRODUCCION DE AGREGADOS

OBRA : x

PERIODO: DEL: 3-VI AL 8-VI

PRODUCCION REAL: 2 600 M<sup>3</sup>PRODUCCION ESPERADA: 3 534 M<sup>3</sup>EFICIENCIA REAL: 48.8 %EFICIENCIA ESPERADA: 70.0 %HORAS TRABAJADAS: 45.4HORAS DEMORA: 47.6PRODUCCION REAL  
POR HORA EFECTIVA: 57.3PRODUCCION ESPERADA  
POR HORA EFECTIVA: 54.4

CAUSA DE DEMORAS	HORAS PERDIDAS	% EFICIENCIA PERDIDA
FALTA DE MATERIAL	1:30	1.6
REPARACION PLANTA DE LUZ	1:10	1.2
REPARACION TRIT. SECUNDARIA	6:30	7.0
SOLDANDO MALLAS	5:00	5.4
FALTA ENERGIA ELECTRICA	1:00	1.1
REPARACION DE CRIBA	16:00	17.2
MANTENIMIENTO CAMINO A PLANTA	1:00	1.1
PIEDRAS ATORADAS	11:00	11.8
DESCOMPOSTURA DE BANDAS POR ALMACENAMIENTO	1:30	1.6
	3:00	3.2
<b>T O T A L</b>	<b>47:40</b>	<b>51.2</b>

TABLA 7.3

### 7.3 CONTROL DE COSTOS.

En la construcción, este sistema de control es muy usual, ligado íntimamente al control de cantidades (producción) como se mencionó anteriormente. Este control consiste en ordenar en diferentes cuentas los costos correspondientes a los insumos que se van utilizando en la obra.

Al conjunto de estas cuentas se le denomina CATALOGO DE CUENTAS DE COSTOS, y pueden dividirse de acuerdo con las necesidades del control. Así por ejemplo, puede llevarse una cuenta de costos para producción de agregados, otra para elaboración de concreto asfáltico, una más para colocación de concreto revestido, etc.; además, es usual que se subdividan estas cuentas de costos en SUBCUENTAS, en función del tipo de insumo, así pues, cada una de estas cuentas podría llevar las siguientes subcuentas:

- a) Obra de mano.
- b) Materiales.
- c) Maquinaria.
- d) Acarreos.
- e) Destajistas.

El control de costos compara las cantidades erogadas por cada una de las cuentas y subcuentas con las supuestas, y cuando existe una desviación importante, tomará una decisión para corregir ésta desviación.

El ESTANDAR en el caso de control de costos, puede elaborarse a base de PRESUPUESTOS MENSUALES o, relacionando un control de cantidades con el de costos en base a los COSTOS UNITARIOS SUPUESTOS en la planeación. Así por ejemplo, se puede proponer cuanto se va a gastar en una determinada empresa por concepto de maquinaria para agregados, y usar ésta cantidad como estándar y contra ella comparar el costo real, o bien, puede también fijarse un costo unitario como estándar, entonces se tendría el costo unitario real que se compararía con un costo unitario supuesto.

En ambos casos, si hay desviaciones se deberá contar con un mecanismo en la organización de la obra que tome decisiones de inmediato para corregir las deficiencias que presente el mecanismo de producción, con objeto de hacer que el costo real sea igual o menor que un costo estimado.

La INFORMACION DEL CONTROL DE COSTOS se puede presentar a base de LISTADOS que nos indican las cantidades realmente erogadas en cada una de

las cuentas y subcuentas, o se puede presentar en **GRAFICAS**, o bien pueden presentarse exclusivamente aquellos costos que se disparan del presupuesto.

La **CONTABILIDAD DE COSTOS** implica una buena organización contable de la obra, ya que dicha contabilidad deberá estar ligada a la contabilidad general de la empresa para que dé siempre datos reales.

Desde luego, se tendrán que llevar cuentas de los **COSTOS DIRECTOS**, así como de **INDIRECTOS** y **GASTOS GENERALES** de la empresa con objeto de tener siempre un panorama completo y tomar decisiones que conduzcan a la obra y a la empresa al objetivo cuantitativo predefinido.

Los estándares deben modificarse y revisarse continuamente, ya que es muy frecuente que existan variaciones en el proyecto en cuanto a las cantidades de obra, y en los métodos de construcción que evidentemente modifican el estándar.

Para ilustrar lo antes expuesto, el planteamiento se realiza en la misma forma que en el control de producción, es decir, en primer lugar se obtendrá en lo posible el costo mensual por ejemplo, y es el que serviría de base para la comparación, esto es, de estándar.

Conviene dividir el costo de acuerdo a como se va a llevar el control. En este caso se va a ejemplificar el control con el costo directo, dividiendo éste en costo de maquinaria, de obra de mano, de materiales y de combustibles y lubricantes.

En la tabla 7.4 se muestran los costos directos por hora respecto a los conceptos anteriores. Así mismo, la tabla 7.4 muestra el resumen de dichos costos para poder obtener el costo directo por unidad de volumen.

Se puede observar que no es suficiente el control de producción, puesto que el costo unitario depende de la producción de gastos erogados realmente.

En este caso, se puede llevar un control de costos elaborados en base al presupuesto. Los gastos esperados por mes se muestra en la tabla 7.5, desglosados en conceptos de costo, con lo que se obtendría el costo unitario esperado por mes.

Ahora bien, el informe mensual de control de costos presupuestal queda de forma tal y como se muestra en la tabla 7.6, con lo que se podrá ob-



## COSTOS DIRECTOS POR HORA

### I. MAQUINARIA (CARGOS FIJOS).

a. TRITURADORA PRIMARIA (DE QUIJADAS 24" x 36")	= N\$ 259.40/hr
b. TRITURADORA SECUNDARIA (DE CONO 36S)	= 264.90/hr
c. TRITURADORA TERCIARIA (DE CONO 36 FC)	= 266.10/hr
d. BANDAS TRANSPORTADORAS (2-36" x 60', 24" x 50', 2-18" x 60')	= 152.00/hr
e. PLANTA DE LUZ DE 500 KW. (CAT.-348)	= <u>106.40/hr</u>
C.D. MAQUINARIA	: N\$ 1048.80/hr

### II. MATERIALES (CONSUMOS).

a. BANDAS	= N\$ 12.50/hr
b. PLANTA DE LUZ :	
1. COMBUSTIBLES	= 44.40/hr
2. LUBRICANTES	= <u>14.40/hr</u>
C.D. MATERIALES	: N\$ 71.30/hr

### III. OBRA DE MANO.

a. UN CABO DE TRITURACION : N\$ 88.80/t ÷ 8hr/t	= N\$ 11.10/hr
b. CUATRO OPERADORES : N\$ 60.00/t ÷ 8hr/t x 4	= 30.00/hr
c. TRES PEONES : N\$ 36.80/t ÷ 8hr/t x 3	= <u>13.80/hr</u>
C.D. OBRA DE MANO	: N\$ 54.90/hr

## RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS POR HORA

MAQUINARIA	: N\$ 1048.80/hr
MATERIALES	: N\$ 71.30/hr
OBRA DE MANO	: N\$ <u>54.90/hr</u>
C.D. TOTAL	: N\$ 1175.00/hr

## COSTO DIRECTO POR M<sup>3</sup>

$$\frac{\text{N\$ } 1175.00/\text{hr}}{38 \text{ m}^3/\text{hr}} = \text{N\$ } 30.92/\text{m}^3$$

### COSTO ESPERADO POR MES

HORAS ESPERADAS POR MES = 15.5 hr/día x 25 días/mes = 387.5 hr/mes

C O N C E P T O	MAQUINARIA	MATERIALES	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	OBRA DE MANO
TRITURADORA PRIMARIA	N\$ 100,517.50			
TRITURADORA SECUNDARIA	N\$ 102,648.80			
TRITURADORA TERCIARIA	N\$ 103,113.80			
BANDAS TRANSPORTADORAS	N\$ 58,900.00	N\$ 4,843.80		
PLANTA DE LUZ	N\$ 41,230.00		N\$ 22,785.00	
OBRA DE MANO				N\$ 21,273.80
<b>S U M A</b>	N\$ 406,410.10	N\$ 4,843.80	N\$ 22,785.00	N\$ 21,273.80

TOTAL COSTO ESPERADO = N\$ 455,312.70

TOTAL PRODUCCION ESPERADA = 14,725 m<sup>3</sup>/mes

$$\text{COSTO/m}^3 = \frac{\text{N\$ } 455,312.70}{14,725 \text{ m}^3} = \text{N\$ } 30.92/\text{m}^3$$

TABLA 7.5

CATALOGO	C O N C E P T O	MOVIMIENTO DEL MES			ACUMULADO HASTA EL MES		
		PRESUPUESTO	R E A L	DIFERENCIA	PRESUPUESTO	R E A L	DIFERENCIA
I	TRITURACION						
	a. MAQUINARIA	N\$ 406 410.10	N\$ 324 355.90	N\$ 82 054.20			
	b. MATERIALES	N\$ 4 843.80	N\$ 2 544.00	N\$ 2 299.80			
	c. COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	N\$ 22 785.00	N\$ 26 018.20	N\$ -3 233.20			
	d. OBRA DE MANO	N\$ 21 273.80	N\$ 20 795.10	N\$ 478.70			
	<b>S U M A</b>	N\$ 455 312.70	N\$ 373 713.20	N\$ 81 599.50			

TOTAL COSTO REAL = N\$ 373 713.20

VOLUMEN DE PRODUCCION REAL = 11 715 m<sup>3</sup>

$$\text{COSTO REAL / m}^3 = \frac{\text{N} \$ 373\ 713.20}{11\ 715\ \text{m}^3} = \text{N} \$ 31.90/\text{m}^3$$

TABLA 7.6

tener el costo unitario real.

Sin embargo, el control presupuestal de costo no dice nada si no se toma en cuenta la producción real; para tomar esto en consideración, se puede llevar el control presupuestal por unidad de producción

De ese modo, el informe mensual de control de costos (costo unitario) que se debe presentar es el que se muestra en la tabla 7.7, indicando si se trata de números negros o rojos.

Por último, la gráfica 7.2 muestra lo que representaría un análisis - del punto no pérdida-no ganancia.

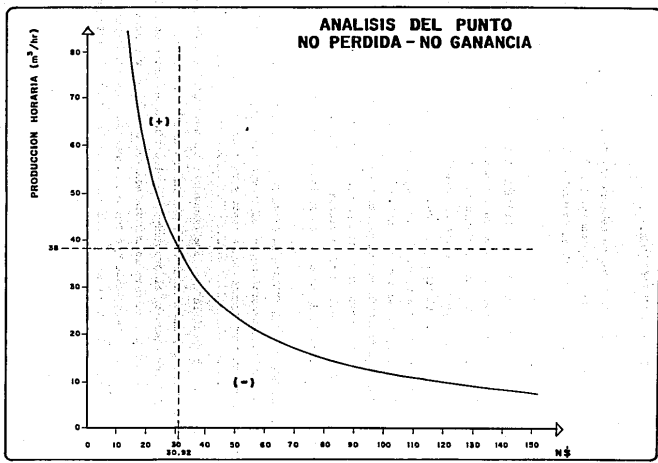
### INFORME MENSUAL DE CONTROL DE COSTOS (COSTO UNITARIO)

CATALOGO	CONCEPTO	MOVIMIENTO DEL MES				ACUMULADO HASTA EL MES			
		(P) PRESU- PUESTO M\$ x 10 <sup>3</sup>	(R) REAL M\$ x 10 <sup>3</sup>	(D) DIFE- RENCIA M\$ x 10 <sup>3</sup>	% (D/P) x 100	(P) PRESU- PUESTO M\$ x 10 <sup>3</sup>	(R) REAL M\$ x 10 <sup>3</sup>	(D) DIFE- RENCIA M\$ x 10 <sup>3</sup>	% (D/P) x 100
I	TRITURACION								
	a. MAQUINARIA	406.410	324.356	82.054	20.2 N				
	b. MATERIALES	4.844	2.544	2.300	47.4 N				
	c. COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	22.785	26.018	- 3.233	14.2 R				
	d. OBRA DE MANO	21.273	20.795	0.478	2.2 N				
	S U M A	455.312	373.713	81.599	17.9 N				

VOLUMEN DE PRODUCCION ESTIMADO = 14 725 m<sup>3</sup>

VOLUMEN DE PRODUCCION REAL = 11 715 m<sup>3</sup>

TABLA 7.7



GRAFICA 7.2

#### 7.4 REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

En el contexto administrativo, se señalan diversas exigencias para que un sistema de control opere adecuadamente; así pues, se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos, y son las siguientes:

1. LOS CONTROLES DEBEN REFLEJAR LA NATURALEZA Y LAS NECESIDADES DE LA ACTIVIDAD. En este punto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes, tienen que diseñarse de acuerdo con las necesidades de cada empresa y de las características de cada tipo de obra. Así por ejemplo: los sistemas para controlar los costos, por un lado los de ingeniería de proyecto y por el otro los de construcción, son distintos; del mismo modo, los sistemas e instrumentos adecuados para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes a los utilizados en la construcción de una presa. De una manera similar, los costos de operación y mantenimiento requieren procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie.

2. LOS CONTROLES DEBEN INDICAR RAPIDAMENTE LAS DESVIACIONES. En los sistemas de contabilidad tradicionales, el tiempo de respuesta para decidir es muy largo, su funcionamiento es lento y un tanto flexible. Por el contrario, el control de costos requiere la fijación de un sistema de información más ágil y flexible que permita conocer con prontitud las desviaciones de los planes, y apreciar los efectos de las medidas correctivas con rapidez. Así por ejemplo, el procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida; sin embargo, es importante que sea una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

3. LOS CONTROLES DEBEN MIRAR HACIA ADELANTE. Los sistemas contables tradicionales, generalmente, están orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Pa-

ra los sistemas de control de costos, es necesario establecerlos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Así por ejemplo, los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades, constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4. LOS CONTROLES DEBEN SEÑALAR LAS EXCEPCIONES EN LOS PUNTOS ESTRATÉGICOS. Aquí, se hace referencia al " principio de excepción ", el cual dice: el control administrativo es más fácil, concentrando la atención sobre las excepciones o variaciones entre lo planeado y lo ejecutado. Ahora bien, para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos y los estimados de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobada, y se elaboran mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así apreciarse fácilmente, cuando el costo sea, en forma inconveniente, muy distinto del presupuesto y de los estándares prefijados. Así por ejemplo, los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la obtención de la meta prefijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos.

5. LOS CONTROLES DEBEN SER OBJETIVOS. Es importante basar el control de costos en un buen estimado de costo, ya que sin él, la estimación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra, se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.

6. LOS CONTROLES DEBEN SER FLEXIBLES. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera del control administrativo hacen que se tengan que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y su utilidad. Los estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables. Así por ejemplo, suce



de en ocasiones que al elaborarse un programa por CPM, se pretende darle - un carácter estático e inflexible, con la consecuencia de hacerlo obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias.

7. LOS CONTROLES DEBEN REFLEJAR EL MODELO DE ORGANIZACION. En toda buena organización, las responsabilidades de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control prevean a cada ejecutivo de una información de acuerdo con sus responsabilidades; en consecuencia, es necesario establecer reportes de costos, conforme a cada nivel administrativo. Así - por ejemplo, el reporte que reciba el responsable de una fase de la obra - será más detallado y más específico, que el que reciba el superintendente general de la misma, y el que éste reciba, será más detallado y menos general, que el que se dé al gerente de la empresa constructora.

8. LOS CONTROLES DEBEN SER ECONOMICOS. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. El dar mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad - de datos que contenga. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecuado entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información utilizable. En general, solo debe proporcionarse la información indispensable, para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

9. LOS CONTROLES DEBEN SER COMPRENSIBLES. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba todavía procesar y analizar para que adquieran significado.

10. LOS CONTROLES DEBEN INDICAR UNA ACCION CORRECTIVA. Si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben presentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas

de las desviaciones, los responsables de las mismas y las medidas que puedan adoptarse para corregirlas.

## CONCLUSIONES

Los materiales pétreos que se emplean en la construcción de pavimentos flexibles constituyen uno de los aspectos principales, para que las estructuras de dicho pavimento proporcionen con eficiencia el servicio y duración que se espera de ellas, dentro de las condiciones previstas en el proyecto.

Aunque la buena estructuración de los pavimentos flexibles guarda también estrecha relación con otros factores no menos importantes, tales como el empleo de ligantes asfálticos, los procedimientos de construcción que se apliquen, etc., la consecución con éxito del objetivo citado al final del párrafo anterior, depende en buena parte de que los materiales pétreos utilizados se seleccionen y procesen siempre, en forma congruente con el uso a que se les destina, a fin de lograr en ellos, al menor costo posible, la calidad que se requiera en cada caso para resistir adecuadamente, por un lado, los efectos impuestos por el tránsito, y por el otro el del medio ambiente, ambos principalmente.

Por otra parte, las fuentes de abastecimiento para la obtención de los agregados pétreos, por lo general, son los llamados bancos de materiales, ya que de ellos dependerá la buena elección de cada tipo de máquina reductora que conformarán la planta de trituración, y cuyos aspectos básicos que deben considerarse para seleccionar los más apropiados son, entre otros, los siguientes:

- Calidad.
- Accesibilidad.
- Facilidad de explotación.
- Volumen disponible.
- Tratamiento.
- Costos.

Este último aspecto es fundamental, ya que es necesario antes de recomendar el empleo de cualquier banco de material, efectuar un análisis económico de los que se tengan disponibles, teniendo en cuenta los aspectos básicos anteriores, con lo cual se estará en posibilidad de eliminar aquellos que no sean competitivos.

Ahora bien, los conceptos que deben considerarse para definir el tra-

tamiento de los materiales procedentes del banco, son los siguientes:

- a) Características más importantes de los materiales en su estado natural:
  1. Formación.
  2. Clasificación.
  3. Tamaño máximo.
  4. Dureza y cementación.
- b) Requisitos de los materiales de acuerdo con su aplicación.
- c) Aspectos económicos y de programa de obra en relación con el tratamiento de los materiales.

Así pues, el tratamiento a que se someten los materiales procedentes del banco para los diferentes usos en los pavimentos flexibles, está íntimamente ligado con las características del material a tratar, siendo un aspecto importante, puesto que es uno de los factores que intervienen en la definición del tipo de equipo apropiado de trituración; claro está, desde el punto de vista del material que se pretende utilizar. Ahora, sin pretender lograr hacer a un lado el aspecto económico que sin lugar a dudas, en determinado momento, puede ser en su defecto un factor determinante para indicar el uso conveniente o no de un cierto tipo de equipo, y no en este caso el material a tratar.

Dentro de los tratamientos más comunes, se consideran los siguientes: desde la eliminación de los desperdicios a mano, hasta la trituración total y separaciones en diferentes tamaños para su dosificación en planta, - existiendo también el disgregado, el cribado, la trituración parcial y el lavado de materiales, dependiendo de su uso.

Para las características rigurosas que se requieren de los materiales pétreos para las estructuras del pavimento (sub-base, base, carpeta y sello), no serían posibles sin la ayuda de las máquinas reductoras.

Estas máquinas utilizan diversos métodos de reducción dependiendo de su tipo, y cuyos comportamientos y campos de utilización los definen dos conceptos: índice de reducción y coeficiente de forma.

Por lo tanto, la trituración es, en general, el tratamiento al que se recurre para poder obtener la transformación del material en gréña o natural procedente de los bancos, a la sucesión de tamaños que se requieren para las diversas capas del pavimento flexible. La transformación, así seña-

lada, no es posible llevarla a cabo en una sola etapa de trituración, por lo que la conversión del material natural en agregados útiles se debe realizar en varias etapas, según el tipo de material y la capa de pavimentación a que se destinen dichos agregados.

Las características deseables para seleccionar un equipo de trituración son las siguientes:

- Que se admitan los tamaños grandes que se reciban.
- Que resista mejor el desgaste por abrasión.
- Que tenga capacidad para absorber cargas máximas.
- Que produzca el tamaño deseado a la salida.
- Que la máquina ceda con seguridad al hallar material no reducible.
- Que no se obture.
- Que tenga la menor demanda de energía por tonelada de producto terminado.
- Que requiera un mínimo de supervisión.
- Que funcione económicamente con un mantenimiento mínimo.
- Que tenga una mayor vida útil.

Los requisitos anteriores van a depender del tamaño de la máquina, de su capacidad máxima y mínima, del mantenimiento que se le aplique, etc.

Con respecto al tamaño deseado en la salida, la máquina estará sujeta a un ajuste en su descarga. Dicho ajuste, se deberá mantener el mayor tiempo posible durante la producción de agregado para un uso determinado en el pavimento, ya que si bien es válido el cambiar dicho ajuste por requerimiento, es antieconómico el pretenderlo realizar a destiempo, es decir, — cuando no se ha cubierto cierto volumen de producción que permita para entonces realizar dicho cambio en el ajuste de la máquina, ya que esto traerá como consecuencia una menor producción de la planeada, un incremento — más de horas perdidas por estar paradas las máquinas entre otras causas de demoras, etc.

Del mismo modo, se plantea el hecho de ser antieconómico el utilizar un equipo demasiado grande en cuanto a capacidad se refiere, ya que si bien la producción planeada estaría cubierta, otros aspectos como el costo horario de la máquina y el mantenimiento entre otros, repercuten en los costos manejados por la empresa constructora.

**ANEXO 1**

## QUEBRADORA DE QUIJADAS

### DIMENSIONES GENERALES

( MOSTRAS EN PULGADAS Y LIBRAS )

MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	PESO (LIBRAS)	HP	RPM
10 x 16	23 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	23 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	31	16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	51 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	11	15 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	30 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	46	6	28 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	13	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5700	15	350
10 x 21	25 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	25 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	36	16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	51 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	11	15 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	30 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	46	6	28 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6400	20	300
10 x 30	32 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	32 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	45	19	53 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	11	15 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	30 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	46	6	28 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	20	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8800	25	300
12 x 36	36 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	36 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	51 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	19	58 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	11 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	16 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	35 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	52	7	33 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>3</sup> / <sub>2</sub>	12650	50	320
15 x 24	30 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	30 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	39 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	19	61 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	36 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	52	7 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	31 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	15	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11000	40	300
* 15 x 38	41 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	41 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	55	24 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	68	18	18 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	39 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	61	8	38	22 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	19750	60	265
* 20 x 36	43 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	43 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	54	25	80 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	18	18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	52 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	71	11	50 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	22	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	27400	100	265
* 22 x 50	50 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	50 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	71	27	87	15	23 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	59	82 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	54	28 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>		39000	125	
* 25 x 40	45 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	45 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	61 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	27	89	26	21	60	81	12	56	24 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	35515	125	260
* 30 x 42	48 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	48 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	66 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	30	106 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	24	30	72	102	15	66	26 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	14 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	53150	150	235
* 36 x 46	53 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	53 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	71	33	123 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	27	34 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	81 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	116	17 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	81	28 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	16	76800	200	235
* 40 x 50	50 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	50 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	72	27	87	15	23 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	77	100 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	54	29 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>		40900	150	
** 44 x 48	56 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	56 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	75 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36	131	20	38	88	126	16	103 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	30	17	108000	200	220
** 50 x 62	72	72	90	39	168 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	20	44	101 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	145 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	20	129 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17	173550	300	220

- \* Quijadas con depósito de aceite opcional
- \*\* El bastidor seccionado en estándar

TABLA 5.1

# QUEBRADORA DE QUIJADAS

## capacidades

### TAMAÑO DE LA TRITURADORA

	10x18	10x21	10x30	12x38	15x24	18x38	20x38	22x50	25x40	30x42	36x48	40x50	42x42	44x48	50x60
	Capacidad — Toneladas por Hora a una Abertura de Salida de:														
W*	4-6	5-7													
W*	6-8	7-10	13-20	18-27											
1"	8-11	9-13	17-25	22-33	17-25										
1 1/2"	10-15	15-20	23-34	29-43	25-35	38-57									
2"	14-20	19-26	29-43	36-54	30-45	48-72	45-85								
2 1/2"	17-25	22-33	35-52	43-65	37-55	57-86	56-105	110-165							
3"			50-75	43-65	67-100	70-125	130-190								
3 1/2"			78-114	80-145	150-220	125-210	140-220								
4"			85-128	90-165	170-250	140-225	160-240	200-300							
5"			115-200	210-315	170-270	190-285	240-360					300-450			
6"			140-240*	250-370	200-320	220-330	290-420					333-500	420-625		
7"			165-280*	290-440	225-375*	260-380*	320-480					365-550	460-700		
8"					260-430*	300-480*	350-525					406-610	505-760		
9"							400-610					480-720	590-810		
10"							430-650					520-780	600-900		
11"												560-840	650-980		
12"												600-900	710-1050		
13"												640-960	780-1360		
14"												680-1000	900-1470		
15"												600-800	950-1600		
16"												615-910	1020-1680		
20"												750-1120	630-940		
21"												770-1160	645-975		
22"												800-1200	670-1010		
23"												830-1250			
24"												870-1300			
28"												900-1350			

\*Capacidades con palanca corta

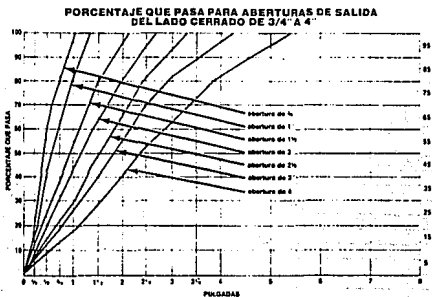
TABLA 5.2

ABERTURAS DE SALIDA

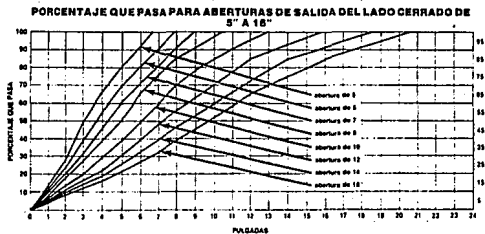


# curvas granulométricas

ANÁLISIS DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS DEL PRODUCTO DE LAS TRITURADORAS DE MANDÍBULA TELSMITH



GRAFICA 5.1



GRAFICA 5.2

## QUEBRADORA GIRATORIA

### C A P A C I D A D E S

(TONELADAS POR HORA)

Tamaño de la quebradora (pulg)	Velocidad de la contraflecha (rpm)	Potencia aprox. requerida (hp)	Ajuste abierto de la quebradora (pulg)														
			1 <sup>1/2</sup>	1 <sup>3/4</sup>	2	2 <sup>1/4</sup>	2 <sup>1/2</sup>	2 <sup>3/4</sup>	3	3 <sup>1/2</sup>	4	4 <sup>1/2</sup>	5	5 <sup>1/2</sup>	6	6 <sup>1/2</sup>	7
<b>Concavidades rectas</b>																	
8	450	15 - 25	30	36	41	47											
10	400	25 - 40		40	50	60											
13	375	50 - 75			85	100	120	133									
16	350	60 - 100						160	185	210							
20	330	75 - 125							200	230	255						
30	325	125 - 175								310	350	390					
42	300	200 - 275										500	570	630	700		
54	250	225 - 300												675	730	785	
<b>Concavidades rectas modificadas</b>																	
8	450	15 - 25	35	40	45												
10	400	25 - 40		54	60	65											
13	375	50 - 75				95	112	130									
16	350	60 - 100						150	172	195							
20	330	75 - 125							182	200	220						
30	325	125 - 175								340	370	400					
42	300	200 - 275										607	650	690			
<b>Concavidades antiatacantes</b>																	
8	450	15 - 25	42	46													
10	400	25 - 40	51	57	63	69											
13	375	50 - 75	79	87	95	103	111										
16	350	60 - 100			107	118	128	140	150								
20	330	75 - 125				155	169	184	198	220	258	285	310				

TABLA 5.3

Tritadora Secundaria  
Tipo "S"

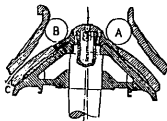


TABLA 5.4

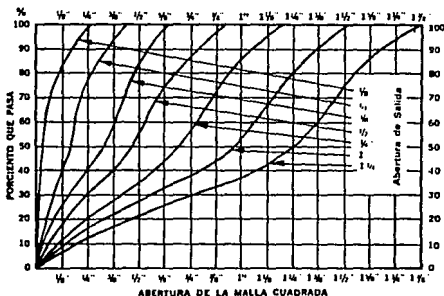
**CAPACIDADES\* TIPO "S"**  
(TONELADAS CORTE POR HORA)

Tamaño de la trituradora y clase	Tipo de leada	Abertura de abetida		Abertura de descarga afuera - recomendada	Abertura de descarga "C" indicada (pulg)													
		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 piso) Taché	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						
24 S (2 piso) Taché	Grueso	4 5/8"	4 1/8"	1/2"			27	32	37	42	47	53						
36 S (3 piso) Taché	Extra grueso 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					
36 S (3 piso) Taché	Grueso	7 3/4"	6 3/4"	3/4"					71	77	83	89	105	110				
48 S (4 piso) Taché	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	125	155	170	185	200	215	230					
48 S (4 piso) Taché	Grueso	10"	9"	1"					170	185	200	215	230					
66 S (5 1/2 piso) Taché	Grueso Mediano	11" 9"	10" 8"	1" 3/4"						200	235	275	300	365	410	455		
66 S (5 1/2 piso) Taché	Grueso	15"	14"	1 1/2"										365	410	455		

\* Para materiales que pesan 1500 Kg/m<sup>3</sup>

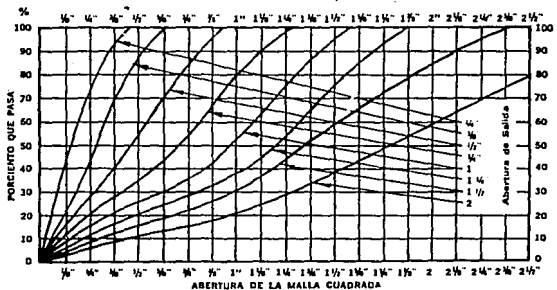
## CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO EN LAS TRITURADORAS DE CONO

### Trituradoras Mod.24, "S"



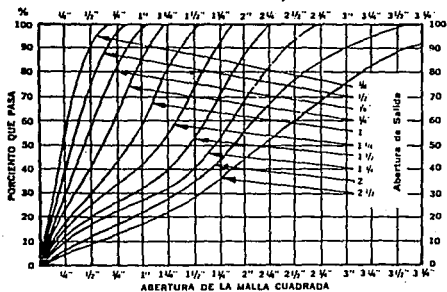
GRAFICA 5.3

### Trituradoras Mod.36, "S"



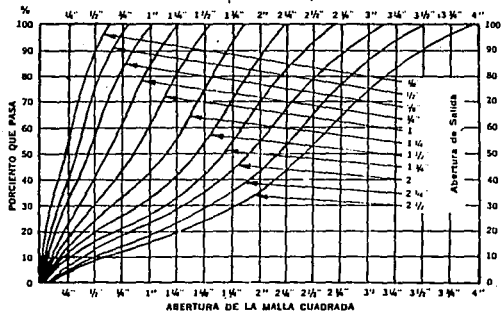
GRAFICA 5.4

### Trituradoras Mod.48, "S"



GRAFICA 5.5

### Trituradoras Mod.66, "S"



GRAFICA 5.6

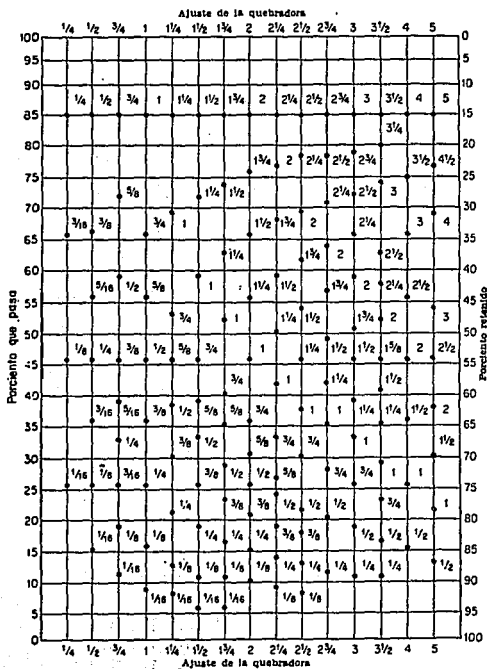
**TRITURADORA DE RODILLO DOBLE LISOS**  
**C A P A C I D A D E S**  
 (TONELADAS POR HORA)

Tamaño de la trituradora (pulg)	Velocidad (rpm)	Potencia requerida (hp)	Abertura de descarga (pulg)							
			1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	
16 x 16	120	15 - 30	14	28	42	56	84	112	140	
24 x 16	80	20 - 35	14	28	42	56	84	112	140	
30 x 18	60	50 - 70	15	29	44	59	88	118	147	
30 x 22	60	60 - 100	18	36	54	72	108	144	180	
40 x 20	50	60 - 100	18	36	54	72	109	145	182	
40 x 24	50	60 - 100	22	44	65	87	131	174	218	
54 x 24	41	125 - 150	24	48	72	97	145	193	241	

TABLA 5.5

# GRAFICA DE PORCENTAJES

ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE AGREGADO DEL PRODUCTO  
DE LAS TRITURADORAS DE RODILLOS



GRAFICA 5.7

Trituradora Terciaria  
Tipo "FC"

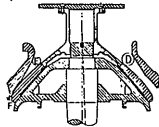


TABLA 5.6

**CAPACIDADES\* TIPO "FC"**  
(TONELADAS CORTAS POR HORA)

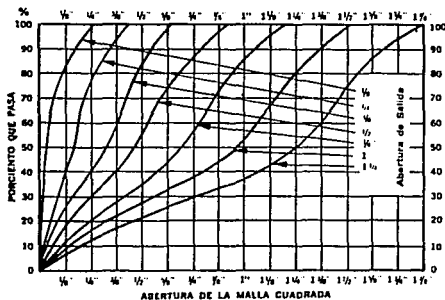
Tamaño de la trituradora y clave	Tipo de tazón	Abertura de admisión		Abertura de descarga mínima recomendada	Abertura de descarga *P* indicada (pulg.)										
		Lado abierto "1"	Lado cerrado "2"		1/8	3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8			
24 FC (2 piezas) Yoanmig	Grueso Mediano Fino	2 1/2" 1 3/4" 1 5/16"	1 7/8" 1 1/8" 1/2"	1/4" 3/16" 1/8"	6	8	10	14	20	25	30				
36 FC (3 piezas) 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 piezas) 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 piezas) Yunan	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			

\* Para materiales que pesen 1500 Kg/m<sup>3</sup>



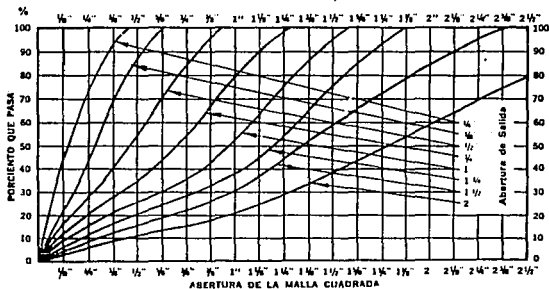
## CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO EN LAS TRITURADORAS DE CONO

### Trituradoras Mod.24, "FC"



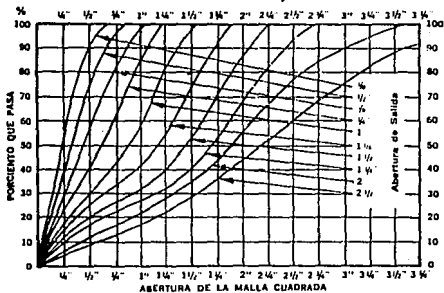
GRAFICA 5.8

### Trituradoras Mod.36, "FC"



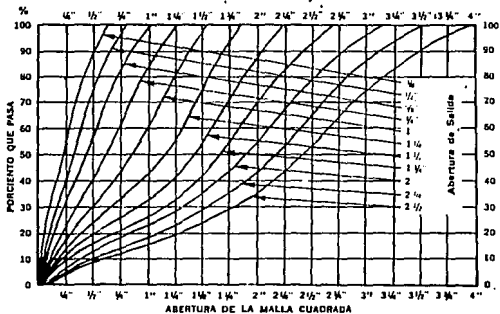
GRAFICA 5.9

### Trituradoras Mod.48, "FC"



GRAFICA 5.10

### Trituradoras Mod.66, "FC"



GRAFICA 5.11

## TRITURADORA DE MARTILLOS CAPACIDADES

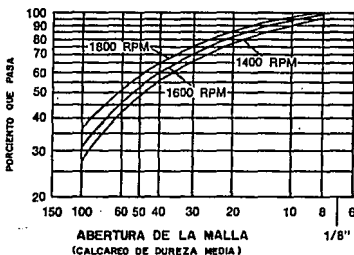
(TONELADAS POR HORA)

Tamaño de la abertura de alimentación (pulg)	Tamaño de la alimentación (pulg)	Velocidad de la flecha (rpm)	Potencia requerida (hp)	Abertura entre las barras (pulg)						
				1/8	3/16	1/4	3/8	1/2	1	1 1/4
6 1/4 x 9	3	1800	15 - 20	2 1/2	3 1/2	5	8	10		
12 x 15	3	1500	50 - 60	9	13	17	23	29	36	39
15 x 25	6	900	100 - 125	18	25	31	40	47	65	70
15 x 37	6	900	150 - 200	27	37	47	60	71	97	105
15 x 49	6	900	200 - 250	36	50	63	80	95	130	140

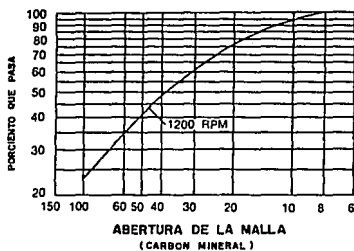
TABLA 5.7

# CURVAS GRANULOMETRICAS

ANALISIS DEL PRODUCTO DE LAS  
TRITURADORAS DE MARTILLOS



GRAFICA 5.12



GRAFICA 5.13

**NOTA:** LAS CURVAS ESTAN BASADAS EN: CUATRO HILERAS DE MARTILLOS,  
ABERTURA DE DESCARGA DE 1/4" Y MAXIMA POTENCIA INSTALADA.

## DIMENSIONES GENERALES TRITURADORAS "VFC"

(MILIMETROS)

Modelo	A (dia.)	B (dia.)	C (max.)	C (min.)	D (dia.)	E (max.)	E (min.)	F	G	H	I	J	K
24 VFC	704	508	575	520	1283	1422	1367	280	1067	70	2134	1840	1194
36 VFC	902	521	219	137	2045	1727	1549	403	1340	152	2718	2169	1588
48 VFC	1168	648	251	175	2451	2013	1842	476	1619	191	3359	2667	2057

TABLA 5.8

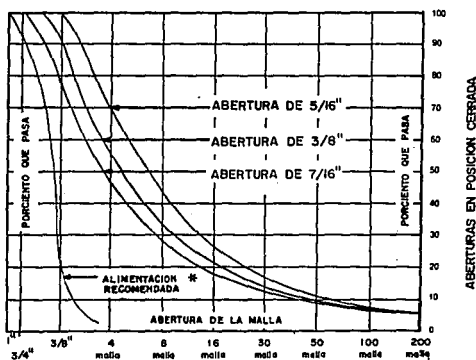
## ESPECIFICACIONES PARA "VFC"

Modelo	Potencia * (HP)	R.P.M. de poleas del triturador	Diámetro de polea del motor, número y tipo de banda	Peso para embarque (Kg)	Volumen aproximado (m <sup>3</sup> )	Capacidad (Tm <sup>3</sup> )
24 VFC	50	1000	527 mm - 4 C	4627	4.8	11 - 22
36 VFC	100	660	711 mm - 7 D	11120	8.5	40 - 54
48 VFC	200	590	864 mm - 10 D	19520	17.0	63 - 90

\* Puede variar con la naturaleza del material

TABLA 5.9

## ALIMENTACION Y GRANULOMETRIA DEL PRODUCTO EN TIPO 36 VFC Y 48 VFC



\* La granulometría de alimentación puede afectar al producto obtenido

GRAFICA 5.14

**ANEXO 2**

## CAPACIDADES Y CARACTERISTICAS DEL ALIMENTADOR DE MANDIL

Tamaño mínimo del alimentador ancho x long.	Longitud mínima en pies	CAPACIDAD en TPE para 25 FPM	H.P. requeridos para las longitudes estándar									Carga muy pesada. Mandil fabricado en fundición de ACEÑO AL KUNGARESO		Carga pesada. Mandil fabricado en placas de ACEÑO FORMAIAS		
			6'	9'	12'	15'	18'	21'	24'	27'	30'	Peso del alimentador de longitud mínima (lb)	Peso por pie adicional (lb)	Peso del alimentador de longitud mínima (lb)	Peso por pie adicional (lb)	
24" x 6'	15'	150	1 1/2	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	7 1/2	7 1/2	10					11885	830	10365	695
48" x 12'	27'	600			7 1/2	7 1/2	10	10	15	15			15605	865	13215	720
54" x 12'	27'	759			10	10	15	15	15	20			17290	945	14740	770
60" x 15'	30"	937				15	15	20	20	20	25		24290	1120	20690	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*		**	**	**	**

\* Potencia total con dos motores eléctricas.

\*\* Tamaño disponible únicamente en fundición de ACEÑO AL CARBÓN.

TABLA 5.10



## CAPACIDADES Y CARACTERISTICAS DEL ALIMENTADOR DE PLATO

Tamaño del Alimentador de Plato Estándar (ancho x long.)	TRABAJO NORMAL				TRABAJO PESADO				
	16"x5'	20"x5'	24"x5'	**30"x5'-6"	**30"x5'-6"	36"x5'	**48"x7'	60"x8'	**72"x10'
CAPACIDAD, en TPH	15-60	25-100	35-140	55-220	55-220	75-300	150-600	240-960	280-1100
Ajuste de la carrera, en pulg.	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	3-8	3-8	3-8	3-8
Velocidad de la flecha excéntrica, en R.P.M.	50	50	50	50	50	40	40	40	30
H.P. requeridos	1 1/2	1 1/2	2	3	5	7 1/2	10	20	40
Peso de la unidad, en lbs.	1100	1150	1320	2180	3200	4100	6700	10000	16700
Peso del esqueleto de madera para exportarse, en lbs.	1250	1300	1500	2450	3600	4600	7500	11250	18000
Volumen, en pies cúbicos	70	90	100	170	170	250	520	650	930

\* Capacidad variable con la longitud y carrera, y con las características de flujo del material alimentado.  
 \*\* Alimentadores con dos excéntricos.

TABLA 5.11

### CAPACIDADES Y CARACTERISTICAS DEL ALIMENTADOR VIBRATORIO

ANCHO ESPALTAR	36" DE ANCHO			42" DE ANCHO			48" DE ANCHO					60" DE ANCHO				72" DE ANCHO				
	12'	14'	16'	12'	14'	16'	12'	14'	16'	18'	20'	16'	18'	20'	22'	16'	18'	20'	22'	
Vibratorio. Peso total (lb)	6375	9610	8145	6900	7390	8260	7345	7765	9340	19000	20400	19850	21350	22600	24300	22450	24750	24350	25850	
Grizzly vibratorio con sección de rejilla de 5". Peso total (lb)	6525	7005	8310	7090	7625	8550	7640	8015	9625	19350	20750	20300	21800	23050	24750	22900	24550	24750	26300	
Grizzly vibratorio con sección de rejilla de 8". Peso total (lb)			8500			9270			11420				21800	23200		23550				
Grizzly vibratorio con sección de rejilla de 9". Peso total (lb)										19900	21650			22500	24700			25250	27000	
Grizzly vibratorio con sección de rejilla de 10". Peso total (lb)															25300				28000	
Extensiones fuera de la zona de carga: ancho	7'10"	7'10"	7'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	8'10"	9'10"	9'10"	9'10"	9'10"	10'15"	10'15"	10'15"	10'15"
Dentro de la cámara	13'6"	13'6"	13'6"	14'0"	14'0"	14'0"	14'6"	14'6"	14'6"	14'6"	14'6"	14'6"	15'6"	15'6"	15'6"	15'6"	16'5"	16'5"	16'5"	16'5"
Extensiones fuera de la zona de carga: peso	8950	10200	11750	9650	10350	11620	10950	11590	13500	14250	15850	13650	14450	16050	16950	13900	14700	16400	17200	
Dentro de la zona: peso	1350	15250	16350	14000	15400	16500	18800	20600	22250	26000	28250	28300	28400	29650	30750	28900	28950	30250	31100	
Motor eléctricos H.P.	15	15	20	15	20	20	20	25	30	30	30	30	30	40	40	40	40	50	50	
Rango en CAPACIDADES en TPD	325- 975	325- 975	325- 975	400- 1150	400- 1150	400- 1150	450- 1325	450- 1325	450- 1325	450- 1325	450- 1325	575- 1700	575- 1700	575- 1700	575- 1700	700- 2050	700- 2050	700- 2050	700- 2050	

TABLA 5.12

## DIMENSIONES DEL ALIMENTADOR DE BANDA

ALIMENTADOR TIPO	ANCHO DE LA BANDA	CENTROS "A"	PESO (KG)	D I H E N S I O N E S					
				B	C	D	E	F	G
FB-A-18-1	18"	4'-0"	426	20"	15"	18"	3"	23"	28"
FB-A-18-2	18"	6'-6"	544	20"	15"	18"	3"	23"	28"
FB-A-24-1	24"	4'-0"	571	24"	18"	21"	5"	27"	34"
FB-A-24-2	24"	6'-6"	707	24"	18"	21"	5"	27"	34"

TABLA - 5.13

## CARACTERISTICAS CRIBA VIBRATORIA INCLINADA

MODELO (ancho x long.) en pies	NUMERO DE TELAS	R.P.M. DE LA POLEA	TAMAJO DE LA UNIDAD VIBRATORIA	R.P. DEL MOTOR A 1750 R.P.M.	PESO* (KO)
3 x 6	1	1105-1365	15-P	5	1160
3 x 6	2	1105-1365	15-P	5	1300
3 x 6	3	955-1180	18P-SA	5	1760
3 x 8	1	1105-1365	15-P	5	1335
3 x 8	2	1105-1365	15-P	5	1520
3 x 8	3	955-1180	18P-SA	5	2095
3 x 10	1	955-1180	18P-SA	5	1692
3 x 10	2	955-1180	18P-SA	5	1920
3 x 10	3	955-1180	18P-SA	7 1/2	2370
4 x 8	1	955-1180	18P-SA	7 1/2	1850
4 x 8	2	955-1180	18P-SA	7 1/2	2105
4 x 8	3	785-985	22SA	7 1/2	2665
4 x 10	1	785-985	22SA	7 1/2	2125
4 x 10	2	785-985	22SA	7 1/2	2460
4 x 10	3	785-985	22SA	7 1/2	2967
4 x 12	1	785-985	22SA	7 1/2	2360
4 x 12	2	785-985	22SA	7 1/2	2747
4 x 12	3	785-985	22SA	10	3278
4 x 14	1	785-985	22SA	10	2577
4 x 14	2	785-985	22SA	10	3005
4 x 14	3	785-985	26SA	15	3640
5 x 10	1	785-985	22SA	7 1/2	2150
5 x 10	2	785-985	22SA	7 1/2	3057
5 x 10	3	785-985	22SA	10	3715
5 x 12	1	785-985	22SA	10	2850
5 x 12	2	785-985	22SA	10	3343
5 x 12	3	785-985	26SA	15	4581
5 x 14	1	785-985	26SA	15	3075
5 x 14	2	785-985	26SA	15	3645
5 x 14	3	745-935	32SA	20	5223
5 x 16	1	745-935	32SA	20	4162
5 x 16	2	745-935	32SA	20	4865
5 x 16	3	745-935	32SA	25	6033
6 x 12	1	745-935	32SA	20	4185
6 x 12	2	745-935	32SA	20	4800
6 x 12	3	745-935	32CA	25	5865
6 x 14	1	745-935	32SA	20	4536
6 x 14	2	745-935	32SA	20	5237
6 x 14	3	745-935	32SA	25	6548
6 x 16	1	745-935	32SA	20	4789
6 x 16	2	745-935	32SA	20	5598
6 x 16	3	745-935	32CA	25	7098
7 x 16	1	745-935	32SA	30	7060
7 x 16	2	745-935	32SA	30	8165
7 x 16	3	MAX-900	40SA	40	8539
7 x 18	1	MAX-900	40SA	40	5087
7 x 18	2	MAX-900	40SA	40	7224
7 x 18	3	MAX-900	40SA	40	9117
7 x 20	1	MAX-900	40SA	40	6489
7 x 20	2	MAX-900	40SA	40	7904
7 x 20	3	MAX-900	40SA	40	9616
8 x 18	1	MAX-800	840SA	40	7960
8 x 18	2	MAX-800	840SA	40	9594
8 x 18	3	MAX-800	840SA	50	11998
8 x 20	1	MAX-800	840SA	40	8330
8 x 20	2	MAX-800	840CA	40	10070
8 x 20	3	MAX-800	840SA	50	12678
8 x 22	1	MAX-800	840SA	50	8664
8 x 22	2	MAX-800	840SA	50	10615
8 x 22	3	MAX-800	840SA	50	13450
8 x 24	1	MAX-800	840SA	50	9315
8 x 24	2	MAX-800	840SA	50	11225
8 x 24	3	MAX-800	840SA	50	14243

\* Peso de la criba sin el motor y la estructura de apoyo.

TABLA 5.14

### CARACTERISTICAS CRIBA VIBRATORIA HORIZONTAL

M O D E L O (ancho x long.) en pies	NUMERO DE TELAS	R.P.M. DE LA POLEA	TAMAFIO DE LA UNIDAD VIBRATORIA	H.P. DEL MOTOR A 1750 R.P.M.	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (KG)
3 x 8	1	540	180 H	7 1/2	6.1	1777
3 x 8	2	540	180 H	7 1/2	6.1	2014
3 x 8	3	540	180 H	10	8.9	2430
3 x 10	1	940	180 H	7 1/2	7.5	1946
3 x 10	2	940	180 H	7 1/2	7.5	2216
3 x 10	3	900	180 H	10	10.6	2722
3 x 12	1	940	180 H	7 1/2	8.0	2137
3 x 12	2	940	180 H	7 1/2	8.9	2407
3 x 12	3	940	180 H	10	12.0	2970
4 x 8	1	940	180 H	10	8.2	2205
4 x 8	2	940	180 H	10	8.2	2295
4 x 8	3	900	180 H	15	11.0	3060
4 x 10	1	940	180 H	10	9.8	2305
4 x 10	2	940	180 H	10	9.8	2835
4 x 10	3	940	220 H	15	13.5	3555
4 x 12	1	940	220 H	15	11.9	2610
4 x 12	2	940	220 H	15	11.9	2970
4 x 12	3	940	220 H	20	15.7	3926
4 x 14	1	940	220 H	15	13.6	2790
4 x 14	2	940	220 H	15	13.6	3195
4 x 14	3	940	280 H	25	17.9	4961
5 x 10	1	940	220 H	15	12.0	2835
5 x 10	2	940	220 H	15	12.0	3172
5 x 10	3	940	280 H	25	16.4	4071
5 x 12	1	940	220 H	15	13.3	3060
5 x 12	2	940	220 H	15	13.3	3510
5 x 12	3	940	280 H	25	19.2	5366
5 x 14	1	940	280 H	25	16.8	4264
5 x 14	2	940	280 H	25	16.8	4759
5 x 14	3	900	280 H	25	21.2	5929
5 x 16	1	940	280 H	25	18.8	4781
5 x 16	2	940	280 H	25	18.8	5479
5 x 16	3	900	280 H	25	24.4	6370
6 x 16	1	830	280 H	30	27.6	6387
6 x 16	2	830	280 H	30	27.6	7065
6 x 16	3	830	280 H	40	35.5	8494
6 x 18	1	830	280 H	30	30.5	6525
6 x 18	2	830	280 H	30	30.5	7380
6 x 18	3	830	280 H	40	39.2	8921
6 x 20	1	830	280 H	30	33.4	6750
6 x 20	2	830	280 H	30	33.4	7695
6 x 20	3	830	280 H	40	43.0	9384

TABLA 5.15



**CARACTERÍSTICAS DEL CLASIFICADOR HELICOIDAL**

Modelo del clasificador (diámetro x longitud de la roca)	20"x17" estapa	24"x22" estapa	30"x22" estapa	36"x25" estapa	45"x3	55,9	55,9	66,7	77,8	112,1	251,0	239,4	342,4
Volumen aproximado (m <sup>3</sup> )	15,7	16,4	26,3	21,7	45,3	35,9	50,9	46,7	77,8	112,1	251,0	239,4	342,4
Peso aproximado vacío (Kg)	2160	3420	4275	5340	8050	6480	10485	7600	15300	11925	22463	14288	26550
Peso aproximado lleno (Kg)	5243	7965	10125	12715	25020	19665	34380	29550	54000	43810	69480	71895	117450
Peso aproximado esbalado (Kg)	2385	3668	4545	5590	8178	6713	11160	7943	15795	12460	23125	15000	27130
R.T./R.P.E. del sector a 100 % de capacidad	3/1150	3,5/1130	10/1150	15/1150	2-15/1150	29/1150	2-20/1150	25/1150	2-25/1150	40/1150	2-40/1150	50/1150	2-50/1150
80 %	3/1150	3,5/1130	10/1150	15/1150	2-15/1150	15/1150	2-15/1150	20/1150	2-20/1150	30/1150	2-30/1150	40/1150	2-40/1150
60 %	3/1150	3,5/1130	1-5/1150	10/1150	2-10/1150	15/1150	2-15/1150	15/1150	2-15/1150	25/1150	2-25/1150	30/1150	2-30/1150
40 %	1,5/1150	3/1150	3/1150	3,5/1130	4-7/1150	1-5/1150	2-5/1150	15/1150	2-10/1150	20/1150	2-20/1150	30/1150	2-30/1150
20 %	1/1160	1,5/1160	2/1160	3/1160	2-3/1160	5/1160	2-5/1160	5/1160	2-5/1160	10/1150	2-10/1150	10/1150	2-10/1150
<b>CAPACIDAD DE ALERASTRE (T.P.E.)</b> Descripción de las sílices	Sílice de la roca		Revolución de la roca										
Altera gruesa	3,4	100 %											
Altera media para concreto	2,7	80 %											
Altera medias 10% malla 100	2,0	60 %											
Altera finas 20% malla 100	1,5	40 %											
Altera muy finas 40% malla 100	0,8	20 %											
<b>CAPACIDAD DE AGUA (L.P.E.)</b> temperatura material													
Malla 100	1560	2120	2420	2990	4580	4730	7720	8060	9200	6630	10130	7560	11310
Malla 100	1550	1960	1710	1530	2460	2350	3660	3030	4630	3325	5085	3780	5180
Malla 200	490	530	600	630	1050	1010	1130	1520	2310	1660	2532	1890	2520

TABLA 5.17

### CARACTERÍSTICAS DEL SUPER DEPURADOR LAVADOR

TAMAJO	ESPESOR DEL TAMBOR	No. DE LLANTAS		P L A C A espesor cantidad	LONGITUD EXTERIOR	H.P. máximo	PESO TOTAL APROXIMADO (lb)				A G U A REQUIERIDA G.P.M.
		MANEJAR	MANEJAR				min impulsión	con impulsión	peso material	PESO TOTAL	
72"x10'-6"	1/2"	4	4	5/8" 36	31"	75	23495	26495	8200	34695	225-1040
72"x14'-0"	1/2"	5	5	5/8" 48	31"	125	26470	33870	11000	44870	
96"x14'-0"	5/8"	10	*	5/8" 64	43"	200	46795	52795	18500	71295	550-2400
96"x21'-0"	5/8"	16	*	5/8" 96	43"	250	66515	73215	28000	101215	
120"x17'-6"	3/4"	16	*	5/8" 100	55"	350	88340	97440	36900	134340	1000-4000
120"x24'-6"	3/4"	24	*	5/8" 140	55"	500	116805	130905	51600	182105	

\* En 96" y 120" todo tamaño de llantas de tracción.  
 Tamaño mínimo de tambor por alimentarse 72"— 4 1/2"; 96"— 8"; y 120"— 12".  
 En arena la dirección del agua es en el sentido del flujo.  
 En grava y roca al sentido en contra flujo.

TABLA 5.18



### TENSION DE TRABAJO PERMISIBLE (LIBRAS)

NUMERO DE CAPAS	PESO POR CAPA (onzas)	ANCHO DE LA BANDA (pulg.)							DIAMETRO DE LA POLEA (pulg.)			
		16	18	20	24	30	36	42	48	20	24	30
3	32	1440	1620							16	12	12
3	36			1800	2160					20	16	12
3	42			2200	2640	3300				20	16	12
3	48				2800	3600				24	20	16
4	28	1800	1800	2000	2400	3000				20	16	12
4	32	1920	2160	2400	2880	3600	4320			20	16	12
4	36			2600	3120	3900	4680			24	20	16
4	42					4800	5760	6720		24	20	20
4	48					6450	7750	9020		30	24	20
5	28	2000	2250	2500	3000	3750	4500			24	20	16
5	32		2700	3000	3480	4500	5400			24	20	16
5	36			3400	4080	5100	6120	7140		30	24	20
5	42					6600	7920	9240	10560	30	24	20
5	48					8700	10400	12180	13920	36	30	24
6	28			3000	3600	4500	5400			30	24	20
6	32				4320	5400	6480	7560		30	24	20
6	36					6300	7560	8820	10080	36	30	24
6	42						9720	11340	12900	36	30	24
6	48						13000	15120	17300	42	36	30
7	28					5250	6300			36	30	24
7	32					6300	7560	8820	10080	36	30	24
7	36						8820	10300	11780	42	36	30
7	42							13200	15140	42	36	30
7	48							17640	20180	48	42	36
8	36							10800	11900	42	30	24
8	42							11760	13450	48	42	30
8	48								17300	48	42	30
8	40								23050	54	48	42
9	32							11340	12900	48	36	30
9	36							13200	15140	54	48	36

TABLA 5.19

## FACTOR DE FRICCIÓN PARA RODILLOS ANTIFRICCIONANTES

Diámetro de la polea del rodillo (pulg)	Factor de fricción
4	0.0375
5	0.036
6	0.030
7	0.025

TABLA 5.20

## PORCENTAJE DE POTENCIA PARA VENCER LA FRICCIÓN DE LAS POLEAS

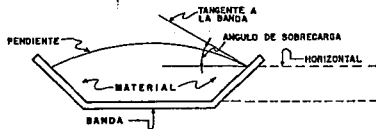
Longitud de la banda (pies)	Pendiente del transportador (grado)				
	0	1-6	6-11	11-16	16-20
20	112	93	53	35	28
30	76	63	36	25	19
50	45	38	22	15	13
75	30	25	15	12	9
100	22	19	11	8	7
150	15	14	9	7	6
200	14	11	8	6	5
250	12	10	7	5	5
300	11	8	6	5	4
400	9	6	5	4	4
500	7	6	5	4	3
600	6	5	4	3	3
700	5	4	4	3	3
800	4	4	3	3	3
1000	4	4	3	3	3
2000	4	4	3		
3000	4	3	3		

TABLA 5.21

## CAPACIDADES MAXIMAS DE LA BANDA

Ancho de la banda (pulg)	Angulo de inclinación de la artesa (grados)	CAPACIDAD MAXIMA DE LA BANDA (TPE) (1)					Tamaño máximo del material (pulg)		
		Angulo de sobrecarga (2)					Tamaño uniforme	Resclado 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		586	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 lb/pie<sup>3</sup> y para una velocidad de la banda de 100 pies/mín. Para otros materiales, para obtener sus capacidades equivalentes hay que multiplicar los valores de la tabla por (lb/pie<sup>3</sup>)/100. Para otras velocidades de la banda, las capacidades equivalentes se obtienen multiplicando los valores de la tabla por (pps/100).
- (2) El ángulo de sobrecarga es el formado entre una línea horizontal y la tangente de la pendiente del material, ambas líneas pasan por el punto donde se toca dicha pendiente con la banda inclinada. Generalmente este ángulo es 10° ó 15° menor que el ángulo de reposo. Ver figura:



- (3) "Material resclado con 50% de finos", por lo menos la mitad de éste material deberá ser menor que la mitad del tamaño máximo contenido en el material.

TABLA 5.22

## CARACTERISTICAS VOLUMETRICAS DE MATERIALES

MATERIAL	TAMANO Y ESTADO	PESO (lb/ste <sup>3</sup> )	ANGULO DE FROTAMIENTO (grados)	ANGULO MAXIMO DE FROTAMIENTO (grados)
Aroilla	particula	60		20
	fin seca	100-120		22
Arena	hmeda	110-130	20-30	22
	seca	90-110	10-20	15
Arena finida	suelta	80-90		
	apilada	100-110		
Asfalto	triturado	45		
	pavimentación	80		
Basalto	1/2"-3"	85-100		
	polvo	80-90		
Taunita	apilado	75-85	20	
Bentonita		50		
Caolín	arotilla	65		
Cemento	portland	75-85	25	20
	clinker	80-95	20	16
Concreto	fragado	110		12-30
	frasco	110-150		12
Creta, tiza	1/2"-3"	70-85		
	polvo	65-75		
Cuarsa	1/2"-3"	80-95		
	polvo	70-80		
Dolomita	triturada	100		22
Feldspato	1/2"-3"	80-85		
	polvo	75-80		18
Fluorapatita (fluorita)	1/2"-3"	95-120		
	polvo	85-95		
Granito	1/2"-3"	80-95		
	polvo	75-80		
Granulado	granular seco	60-65	12	16
	granular hmedado	90-100		22
Grava	seca	90-100	15-25	15-20
	hmeda	100-120		15-20
Grava y arena (mezcla)	1/2"-3"	70-80		
	polvo	100-130		15-21
Indrillo, loesta	duro	125		
	blando	100		
Mármol	edilido, compacto	165		
	suolto	100		
Mica	1/2"-3"	85-95		
	polvo	75-80		
Mineral de cobre	triturado	120-150		
Mineral de hierro	1/2"-3"	130-145	20	22
	polvo	105-120		25
Mortero	hmeda	150		
Piedra caliza	suelta	120		
	apilada	95	25-30	20
	fin	80-85		20
Piedra pómez	tierna	40		
Pizarra, sequito	1/2"-3"	85-95	15	20
	polvo	70-80		15
Roca	triturada	125-145		21
	ordinaria	96	10	20
	fin	75	15	11
Roca fosfórica	suelta quebrada	75	25	15
	hmeda quebrada	85		
	granular	95		
Roca ligera (basalto)	polvo	105		
		95		
Talco	1/2"-3"	85-95		
	polvo	75-80		
Tierra	de sima	70-80	15-30	20
	hmeda	100-110	30	22
Tiyo	polvo	60-70		23

TABLA 5.23

## VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS DE LAS BANDAS

M A T E R I A L			VELOCIDAD DE LA BANDA (PPM)							
			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 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 tabla 5.22, columna correspondiente a "tamaño máximo del material en pulgadas".

TABLA 5.24

## FACTOR DE SERVICIO "A"

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

TABLA 5.25

## FACTOR DE MATERIAL "B"

Tamaño máximo del material (pulg)	FACTOR "B"						
	Peso volumétrico del material (lb/pie <sup>3</sup> )						
	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

TABLA 5.26

## SELECTOR DE RODILLOS

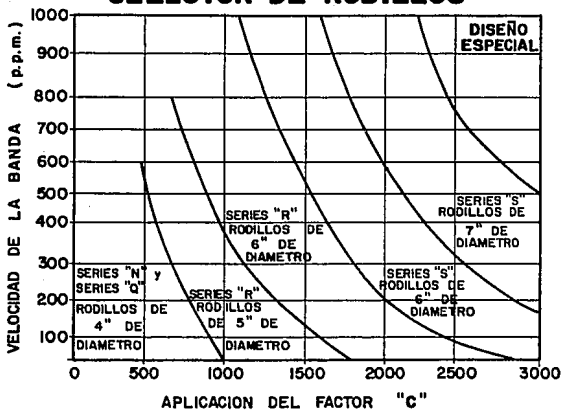


TABLA 5.27

## ESPACIAMIENTO ENTRE RODILLOS

Ancho de la banda (pulg)	ESPACIAMIENTO NORMAL RECOMENDADO						Rodillos de retorno
	Rodillos de carga lateral						
	Peso volumétrico del material (lb/pie <sup>3</sup> )						
	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"

TABLA 5.28

## GRADO DE DUREZA

E S C A L A D E M O H S	
Dureza	E j e m p l o
1	Talco, bauxita, grafito
2	Yeso, mica, caolinita
3	Calcita, mármol, pizarra
4	Fluorita, granito, areniscas
5	Apatita, esquistos, hematita
6	Olivino, feldespato, calcedonia
7	Cuarzo, basalto
8	Topacio, cirión
9	Corindón, serpentina, rubí
10	Diamante.

TABLA 5.29



## B I B L I O G R A F I A

- BENITEZ ESPARZA, Pedro Luis: "Técnicas Modernas en la Producción de Agregados Pétreos", México, FUNDEC A.C., 1986.
- FAVELA LOZOYA, Fernando: "Diseño y Construcción de Pavimentos I: Control de Producción", México, División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., 1987.
- RICO RODRIGUEZ, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo: "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, FFCC y Aeropistas", 3a. Edición, México, Limusa, 1982, Vol. II.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES: "Normas de Servicios Técnicos", México, S.C.T., 1984, Libro 2.
- REYES REYES, Rubén: "Materiales para Pavimentos", México, División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., 1991.
- CRESPO VILLALAZ, Carlos: "Vías de Comunicación: Caminos, FFCC, Aeropuertos, Puentes y Puertos", 2a. Edición, México, Limusa Noriega, 1989.
- A. DAY, David: "Maquinaria para Construcción", 1a. Reimpresión, México, Limusa, 1982.
- FEURIFOY, R.L.: "Métodos, Planeamiento y Equipos de Construcción", 15a. Impresión, México, Diana, 1982.
- TELSMITH, BARBER - GREENE: Catálogos Técnicos Diversos de Equipos.