

2j. 173



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“CONSTRUCCION DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS”

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JORGE F. ROMO MILLARES

DIRECTOR DE LA TESIS:
ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ



MEXICO, D. F.

1986



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.

I N D I C E

INDICE

PAG.

CAPITULO I

I. INTRODUCCION	1
-----------------------	---

CAPITULO II

II. IMPORTANCIA DE LA PLANEACION DE LOS TRABAJOS

II.1. DEFINICION	4
II.2. PARTES DE LA PLANEACION	5

CAPITULO III

III. TERRACERIAS

III.1. DEFINICION	12
III.2. MATERIALES	14
III.3. ESTABILIZACION DE SUELOS	17
III.4. CONSTRUCCION	26

CAPITULO IV

IV. PAVIMENTOS ASFALTICOS

IV.1. DEFINICION	32
IV.2. MATERIALES	41
IV.3. CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS	44
IV.3.a. EXPLOTACION DE BANCOS EN ROCA	44

IV.3.b. PRODUCCION DE AGREGADOS	67
IV.3.c. TENDIDO POR MEDIO DE PAVIMENTADORAS	75
IV.3.d. COMPACTACION EN EL CAMPO	78
IV.3.e. PAVIMENTOS ASFALTICOS	84
IV.3.f. CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS	95
IV.3.g. OTROS MATERIALES DE PAVIMENTACION	99

CAPITULO V

V. PAVIMENTOS RIGIDOS

V.1. DEFINICION	101
V.2. TRABAJOS PREVIOS	102
V.3. FRABRICACION Y TRANSPORTES DEL CONCRETO	102
V.4. COLOCACION, COMPACTACION Y TERMINACION	105
V.5. TERMINADO FINAL	108
V.6. ASERRADO DE JUNTAS DE CONSTRUCCION	108
V.7. APLICACION DE SELLADOR EN JUNTAS	109
V.8. APLICACION DE PELICULA DE CURADO	109

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES	110
------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	113
--------------------	-----

CAPITULO I

I. INTRODUCCION

El transporte tanto de personas como de cosas es un aspecto ligado totalmente a la Historia del - - Hombre y cuyo progreso ha influido notablemente en el progreso de todas las demás actividades del mismo. En la -- Historia Humana, hablar de transportes antes del siglo XIX y en particular de la Revolución Industrial es referirse - a una actividad, que si bien era de una gran importancia - dentro del comercio, para la mayoría de las personas el -- transportarse de un lugar a otro resultaba indeseable de bi do a el largo tiempo de transporte, la incomodidad del mis mo y el riesgo existente al llevar a cabo esta actividad. - A partir de la Revolución Industrial, el conocimiento Huma no aumenta notablemente en todas sus ramas, y dentro de la transportación se inicia una carrera por mejorar la transportación tanto de personas como de bienes, así como su ra pidez y seguridad. Este progreso en los medios de transporte crea la necesidad de construir la infraestructura ne cesaria para su utilización. De este modo nace la necesi dad de la construcción de mejores superficies de rodamien to para el uso de vehículos, automotores y de aviones.

Esta Tesis tiene como objetivo fundamental- mostrar las técnicas actuales, así como los elementos prin cipales que influyen en la construcción de Aeropuertos; -- siendo similar ésta, a la construcción de cualquier pavi mento.

En la actualidad la realización de estas --
Obras de infraestructura, está dentro de la autoridad de -
la Ingeniería Civil. Hablar de un Ingeniero Civil en la-
construcción es hablar de alguien que en base a los recur-
sos existentes y a la planeación que se haga de éstos, rea-
lizará Obras de la forma más óptima y económica, siendo -
esto diferente a la realización de las mismas, basándonos-
únicamente en la experiencia. Esta es, en mi modo de --
ver, la diferencia entre un Constructor y un Ingeniero Ci-
vil. Esto no quiere decir que no existan Constructores -
muy buenos tanto en Construcción como en Administración e-
Ingenieros muy malos, pero, en mi opinión, la Ingeniería -
Civil actual requiere personas de más conocimiento en las-
nuevas técnicas de Construcción, así como en la Administra-
ción. En la actualidad un elemento básico de optimiza-
ción de recursos es la Planeación tratada en el Capítulo -
II. En la Planeación proyectamos la Obra y los medios --
efectivos para su realización óptima. En los últimos --
años, las técnicas de Construcción se han desarrollado ---
grandemente, por lo que un buen Ingeniero debe conocer --
éstas, con el fin de que si son soluciones convenientes --
utilizarlas. Dentro de la Planeación Económica de la ---
Obra, también han existido progresos importantes, tales co-
mo la evaluación de proyectos, utilizando la llamada Inge-
nería Económica, en donde podremos, por medio de diferen-
tes métodos, tales como la Tasa Interna de retorno o el ín-
dice de relación, ver hasta que punto es conveniente la --
Construcción de una Obra o la realización de una inversión
así como la sensibilidad de los elementos que conformen la
Obra a los cambios. El conocimiento de estas técnicas es

importantísimo dentro de la Construcción, ya que es factible su utilización en procesos muy inflacionarios.

El Capítulo Tercero se refiere a la Construcción de las Terracerías, dando importancia al conocimiento de los materiales con que están formadas, así como al mejoramiento de éstos, utilizando estabilización de suelos, para posteriormente construir los pavimentos asfálticos o rígidos, cuyos temas son tratados en los Capítulos Cuarto y Quinto respectivamente.

En el Capítulo Cuarto definimos cuales materiales son los adecuados ha utilizar en un pavimento asfáltico, así como la explotación de bancos para la obtención de los mismos, este tema es válido también para la obtención de agregados en la elaboración de concretos en los pavimentos rígidos. La parte final de este Capítulo se refiere a la Construcción en sí del pavimento asfáltico, así como su colocación.

En el Capítulo Quinto se indican los procedimientos necesarios en la Construcción de pavimentos a base de concreto hidráulico de Aeropuertos.

CAPITULO II

II. IMPORTANCIA DE LA PLANEACION DE LOS TRABAJOS

II.1. DEFINICION

La Planeación es proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo. Es un instrumento por el cual podemos anticipar las consecuencias de las acciones actuales, sacrificar las ganancias a corto plazo a cambio de mayores beneficios, a largo plazo y la habilidad de controlar lo que es controlable y de no inquietarse por lo que no es.

Evidentemente la Planeación es un proceso de toma de decisiones pero a su vez es igualmente claro que la toma de decisiones no siempre equivale a la Planeación. Esta Relación Planeación - Toma de decisiones tiene tres características primordiales.

1) La Planeación es algo que hacemos antes de efectuar cualquier acción, de este modo, es una toma de decisión anticipada; esto es, decidir lo que se va a hacer y como se va a realizar antes de que se necesite actuar.

2) Frecuentemente es necesario la toma de decisiones interdependientes entre sí dentro de un sistema cuyo fin es el hecho futuro deseado. Este conjunto de decisiones forma un sistema si el efecto de cada decisión so

bre los resultados del conjunto, depende de una o más de las decisiones restantes; en este caso, la Planeación debe rá valorar cada una de las decisiones y la relación que -- existe entre ellas, necesitando ser, a su vez, flexible -- con el objeto de actualizar y mantener operable el plan.

3) La Planeación es un proceso que se dirige hacia la Producción de uno o más estados futuros deseados y que no es probable que ocurran a menos que se haga algo al respecto. Así pues, la Planeación se interesa -- tanto por evitar las acciones incorrectas como por reducir los fracasos aprovechando las oportunidades. De este modo, la Planeación aumentará la probabilidad de obtener resultados favorables.

II.2. PARTES DE LA PLANEACION

La Planeación debe ser un proceso continuo y por tanto, ningún plan es definitivo, está siempre sujeto a revisión. Por consiguiente, un plano nunca es el -- producto final del proceso de planear. Como anteriormente vimos, el conjunto de decisiones que implica la Planeación no puede dividirse en subconjuntos independientes. -- Por tanto, las partes de un plan y las fases de un proceso de Planeación al cual pertenecen, deben actuar entre sí. -- Estas partes son:

1. FINES: Se especifican metas y objetivos- para producir un estado deseado, pudiendo hacerse en un -- tiempo específico comprendido dentro del plan, siendo ésta la diferencia entre objetivos y metas.

En muchos casos, el factor ganancia es el -- fin perseguido, por lo que el problema bien enfocado se -- convertirá en la maximización de utilidades y de la lucra- tividad.

$$\begin{aligned} \text{UTILIDADES} &= \text{GANANCIA} - \text{PERDIDA} \\ \text{LUCRATIVIDAD} &= \frac{\text{GANANCIAS} - \text{PERDIDAS}}{\text{INVERSION}} \end{aligned}$$

A su vez, se deberá entender cuáles son los factores que producen dichas ganancias, pérdidas y lucrati- vidad. La investigación y análisis de éstos proporciona- un entendimiento valioso de cómo opera el sistema objeto - de la Planeación e identifica las variables controlables - con el fin de mejorarlas.

2. MEDIOS: Se eligen políticas, programas, - procedimientos y prácticas con las que habrán de alcanzar- se los objetivos, la diferencia entre éstos son los distin- tos niveles de generalidad. En orden decreciente serían:

- CURSO DE ACCION. Es el acto específico de una persona o de un grupo, por ejemplo: -- realizar una compra específica.
- PRACTICA. Es un curso de acción que se repite en circunstancias similares.
- PROCEDIMIENTO. Es una secuencia de operaciones que se dirige hacia una sola meta y se hace repetidamente; por ejemplo la fabricación de concretos, el tendido de una capa para la formación de un pavimento, etc.
- PROGRAMA. Es un conjunto ordenado de ---- acciones interrelacionadas dirigido hacia un objetivo específico; por ejemplo: un programa de Construcción.
- POLITICA. Son las normas en donde se decide de qué cursos de acción se deberán llevar a cabo.

La Planeación se interesa, no solamente en valorar los medios existentes para alcanzar los objetivos, sino también por desarrollar nuevos y mejores medios, siendo la clave para evaluar y para diseñar alternativas el -- comprender el sistema que se planea, pudiéndose utilizar - modelos que representen las partes y funciones de un sistema.

Del mismo modo, la experiencia es un factor importante en la toma de decisiones, más no debemos olvidar que en un momento dado esta misma nos cerrará las puertas de una solución mejor debido al temor a la innovación, prefiriendo el camino de la costumbre.

3. RECURSOS: Se determinan los tipos y cantidades de recursos que se necesitan. Se define como deberán adquirirse o generarse, y como habrán de asignarse a las actividades.

Los recursos se dividen en cuatro clases:

- a) DINERO
- b) EQUIPO E INSTALACIONES
- c) MATERIALES
- d) MANO DE OBRA

La primera fase de la Planeación de los recursos requiere de que se determine cuáles serán las necesidades en cantidad y tipo de cada recurso para cada plan, así como la disponibilidad de los recursos necesarios con que cuenta la Empresa. De este modo, podremos saber que recursos necesitamos generar o adquirir, pudiendo existir el caso de tener más recursos de los necesarios pudiendo vender o deshacernos de éstos. Esta comparación entre recursos disponibles y necesarios es la segunda fase de la Planeación de recursos.

Por último, en la fase final de la Planeación de los recursos, interviene la distribución de los recursos disponibles entre los programas y la organización necesaria. Dentro de esta fase está la presupuestación del plan, la cuál tiene una especial importancia en la Industria de la Construcción, ya que la generalidad de Obras con un costo importante son lanzadas a concurso, en donde es necesaria la elaboración de un presupuesto mucho antes de saber el costo real de producción, por lo que en este caso tiene una vital importancia la buena Planeación de los recursos.

La Planeación Financiera es la parte de la Planeación en donde se pronostica la posición Financiera de la Compañía en cada año o en cada plan revelando la posible existencia de déficits con el fin de evitarlos.

Dentro de la Planeación del equipo y las instalaciones, podremos determinar óptimamente su disponibilidad, asignación de trabajos por ejecutar, abastecimiento, ubicación, su mantenimiento y su reembolso.

Se deben revisar los materiales y suministros futuros para determinar si estarán disponibles en cantidades suficientes y a costos aceptables; de este modo podremos planear la compra de los mismos en el momento adecuado optimizando los recursos.

La Planeación de Personal requiere el desarrollo de funciones de respuesta del Personal que indique la conexión entre el número y tipo de Personal asignado a una tarea y a la producción.

4. REALIZACION: Con el fin de que el plan - pueda realizarse, se diseñan los procedimientos para tomar decisiones, así como la forma de organizarlos.

Se debe dirigir la Planeación de la Organización para identificar las tareas necesarias y lograr los objetivos de la Empresa, agrupándolos en puestos y asignándolos a individuos y grupos. Se debe proporcionar al Personal responsable la información pertinente, los métodos - apropiados de evaluación del rendimiento y la motivación - para actuar a favor de los intereses de la Compañía.

5. CONTROL: Se diseñan los procedimientos - para prever o detectar los errores o las fallas del plan, - así como para prevenirlos o corregirlos. El proceso de - control involucra cuatro pasos:

- a) Pronosticar los resultados de las decisiones en la forma de medidas de rendimiento.
- b) Reunir la información sobre el rendimiento - real.
- c) Comparar el rendimiento real con el pronosticado.
- d) Al detectar una decisión deficiente, se corrregirá el procedimiento que la produjo, así como sus consecuencias, hasta donde sea posible.

Las decisiones tomadas en la Planeación o fuera de ella, deben estar controladas por un sistema de control. Por tanto el control dado al planear debe incluir el control de las decisiones normales de operación.

CAPITULO III

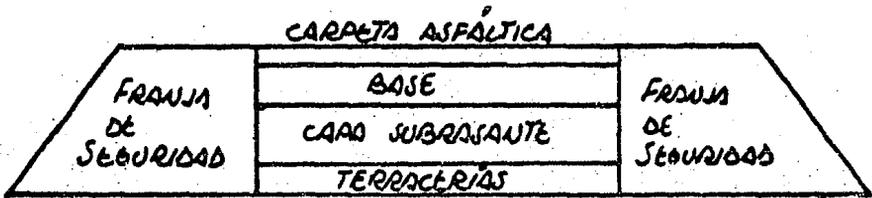
III. TERRACERIAS

III.1. DEFINICION

Dentro de la Ingeniería Civil, las Terracerías se definen como el movimiento de tierras que comprende la ejecución de cortes y terraplenes, con el fin de formar una estructura hasta el nivel de la subrasante. Estos cortes y terraplenes están dados por la curva masa que nos da además los volúmenes de los mismos, así como el del material de préstamo y la distancia de acarreo de éstos para formar la estructura.

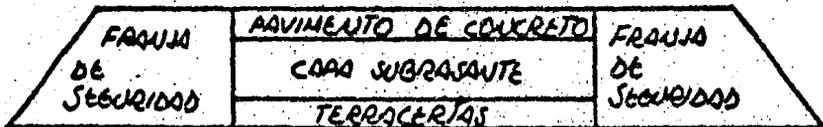
La estructuración típica de terracerías y pavimentos en Aeropuertos es en general de la siguiente manera:

PAVIMENTOS FLEXIBLES

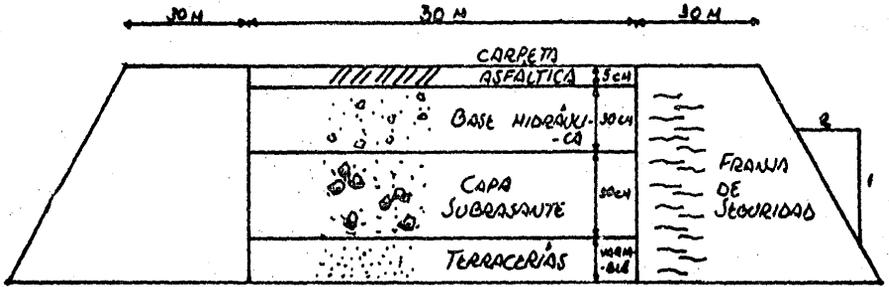


AEROPUERTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE

PAVIMENTOS RIGIDOS



AEROPUERTO CON PAVIMENTO RÍGIDO.



SECCIÓN TIPO: AEROPUERTO DE STA. ROSALÍA B.C.S.

III.2. MATERIALES

Es común que el terreno de cimentación y la terracería en Aeropuertos y en carreteras no sean diseñados para soportar cargas, sino que este se concreta a exigir un valor relativo de soporte (V.R.S.) mínimo.

Esto implica que la calidad necesaria de los materiales para la construcción de las terracerías es muy baja en comparación con la calidad exigida en los pavimentos, utilizándose para las primeras preferentemente material de préstamos laterales o de bancos, cuya explotación nos de algún beneficio. Un ejemplo sería la explotación de algún monte que invada el espacio aéreo del Aeropuerto. Otro factor importante en la elección del lugar de explotación para obtención del material de las terracerías, es la distancia a la que se acarreará éste; lo anterior ocurre debido al volumen tan grande de material que se mueve en la Construcción de un Aeropuerto y el costo que implicaría acarrear éste de una mayor distancia.

El requisito básico para aceptar o rechazar un material para terracerías es la deformabilidad de éste, dado que un material deformable no servirá como soporte de un pavimento ya que, aunque la terracería se diseña para no soportar cargas. Está en la realidad si llega a sen-

tir los efectos de la carga aplicada al pavimento. En este caso se encuentran los fragmentos grandes y medianos, - cuya dificultad constructiva es el darles el adecuado acomodo a las partículas.

El otro gran problema de los materiales para las terracerías es cuando éstos están formados por suelos con alto contenido de finos y que tengan una alta - - compresibilidad. Como regla, estos suelos no deben utilizarse como material para terracerías.

Un factor importante para el buen funcionamiento de las terracerías, es el dado por las condiciones climáticas, el drenaje y el subdrenaje de la estructura, - ya que un mal comportamiento de ésta frente al agua podría hacer fallar la estructura o reducir la vida útil de la - - misma.

En muchos casos, no es posible el evitar el uso de arcillas para las terracerías en Aeropuertos, de--- biéndose de tener cuidado con el potencial expansivo que - tengan éstas. Las características principales de estos - suelos son:

- Contracción al secarse la arcilla
- Expansión al humedecerse
- Disminución de la resistencia al corte
- Disminución de la capacidad de carga como consecuencia de la expansión

- Desarrollo de presiones de expansión en los suelos confinados en donde se restringe la expansión.

Los efectos que se producen en el pavimento son:

- Desigualdades e irregularidades por cambios de nivel de la superficie de rodamiento y agrietamientos en el pavimento.

Dentro de esta estructuración las terrazas comprenden el terreno natural, la capa subrasante y el terraplen en las franjas de seguridad.

En México, el organismo que rige la Construcción de Aeropuertos es la Dirección General de Aeropuertos dependiente a su vez de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, siendo esta última la que da las especificaciones que se deben seguir en la Construcción de las estructuras. Estas especificaciones nos dicen, cuáles son las actividades a realizar y los límites que se deben respetar en la Construcción. Cabe aclarar que la Secretaría no indica cuál es el procedimiento que se debe seguir en la Construcción, dejando esto al Contratista, el cuál debe ser seleccionado por Concursos a base de Precios Unitarios.

III.3. ESTABILIZACION DE SUELOS

Es el cambiar o alterar las propiedades del material existente con el fin de obtener un material con una mejor calidad que satisfaga los requisitos necesarios para su uso.

La estabilización de suelos es la solución adecuada cuando se ha tomado la decisión de no remover ni aceptar para su uso el material existente.

Existen diferentes tipos de estabilizaciones, siendo los más estudiados y los más comunes en la Construcción de Terracerías y Pavimentos la estabilización mecánica, la estabilización por drenaje y la estabilización química. La estabilización mecánica es la realizada con equipos mecánicos, tales como compactadores o vibradores. La estabilización por drenaje es la realizada al eliminar el agua que ocupa los vacíos entre las partículas del suelo, y la estabilización por medios químicos, como veremos más adelante, es aquella que utiliza mezclas de cemento, cal o productos asfálticos.

Estos métodos y en general cualquier método que se utilice para estabilizaciones tiene como fin el modificar alguna de las siguientes características:

a) Estabilidad de suelos por expansiones en presencia de agua. Esta es una característica muy frecuente cuando se trabaja con suelos arcillosos, controlándose la misma al transformar la masa de arcilla expansiva en --

una masa rígida o granulada en donde las partículas de arcilla estén fuertemente unidas entre sí, soportando así las presiones de expansión. Las estabilizaciones más usadas en este tipo de suelos son las químicas, aunque se han utilizado métodos térmicos y eléctricos, en capas inferiores de suelos con buen éxito aunque a un alto costo, que no hace factible el empleo de los últimos en terracerías y pavimentos.

b) Resistencia del Suelo.

La resistencia de los suelos es un factor básico para el buen comportamiento de los mismos en cualquier Obra de Ingeniería. La resistencia se obtiene al aumentar el peso volumétrico del material, con el fin de reducir los vacíos. En el caso de arcillas, la compactación se puede realizar precargando el material o eliminando o reduciendo el agua que contenga, ya sea con un buen drenaje o por medio de electroósmosis. En el caso de arena se pueden utilizar compactación mecánica, la precarga, la vibroflotación y la compactación con métodos sísmicos.

Otros métodos usuales para aumentar la resistencia son la estabilización mecánica con mezcla de varios suelos y la estabilización química. La primera consiste en mezclar finos a materiales gruesos con el fin de tener un producto final sin vacíos. Este tipo de estabilización es frecuente en nuestro país en una proporción hasta del 18 % de finos no plásticos para materiales hasta bases. Así tenemos, por ejemplo, que los Aeropuertos de Puebla, Tepic y Tlaxcala, actualmente en Construcción están utilizando para bases, arcillas de baja plasticidad en

una proporción del 15 % del material fino. Es conocido - que este tipo de mezclas en pavimentos asfálticos tiene -- propensión a deformarse con el paso del tiempo disminuyendo así su resistencia, por lo que usar o no mezclas para - estabilizar suelos, viene a ser una decisión de tipo econó mico.

c) Permeabilidad.

El problema de la permeabilidad en los suelos nos afecta en 2 situaciones: en lo relativo a la presión que existe entre las partículas, la cual puede producir, de ser excesiva, deslizamientos entre las mismas y, - por lo tanto, en las terracerías. La segunda situación - es lo relacionado con el flujo de agua a través del suelo, el cual puede originar tubificaciones y arrastres.

La compactación es uno de los métodos que - reduce la permeabilidad, existen defloculantes y aditivos- líquidos y emulsiones que sellan los poros finos.

Los métodos de estabilización para modifi-- car la permeabilidad no necesariamente mejoran su estabili- dad ni su resistencia, siendo en algunos casos contraprodu- cente para éstos.

Al estabilizar un suelo la decisión del mé- todo a usar será función de las características que se --- quieran mejorar. Cabe mencionar que los métodos anterior- mente expuestos no tienen buen funcionamiento al tratarse- de suelos orgánicos.

Estabilizaciones recomendables en diferentes suelos.

Arenas - Mezcla con finos no plásticos: para estabilizar el suelo.
- Cemento: para incrementar resistencia
- Asfalto: para adquirir cohesión

Materia Orgánica - Estabilización Mecánica.

Limos - Asfaltos: para adquirir cohesión.

Limo-Arenosos - Estabilización Mecánica.

Arcilla - Estabilización con Cal.

ESTABILIZACIONES QUIMICAS.

a) Estabilización con cemento. Suelo-Cemento.

En los últimos años la estabilización con cemento Portland ha sido la más utilizada, ya que las reacciones que se producen entre el suelo y el cemento dan como resultado una liga entre las partículas de grava, are

na, y limo aumentando su resistencia y durabilidad y disminuyendo la porosidad. En suelo arcillosos se tiene una -disminución en la plasticidad y un aumento de resistencia. En roca triturada, el cemento nos facilita el manejo, facilita la compactación al controlar el contenido de agua en la compactación y evita deformaciones de capa tendida bajo el tránsito del equipo de compactación.

Los contenidos típicos de cemento para diferentes tipos de suelos son:

<u>TIPO DE SUELO</u>	<u>PORCENTAJE DE CEMENTO EN PESO</u>
ROCA TRITURADA	0.5-2
GRAVAS ARENO-ARCILLOSAS BIEN GRADUADAS	2-4
ARENAS BIEN GRADUADAS	2-4
ARENAS UNIFORMES	4-6 (1)
ARCILLA ARENOSA	4-6
ARCILLA LIMOSA	6-8
ARCILLA	8-12
ARCILLA MUY ACTIVA	12-15 (2)
SUELOS ORGANICOS	10-15 (3)

(1) Debido a la uniformidad del material, se debe tener mucho cuidado en la segregación del cemento.

(2) Se recomienda un tratamiento con cal en un 2-3%, y un tiempo de curado no mayor a 3 días, esto debido en la dificultad en el manejo y mezclado de las arcillas.

(3) Al igual que en las arcillas activas se recomienda tratar el suelo con cal o con un 2% de cloruro de calcio.

El requisito de compactación es igual que para suelos no tratados con cemento, aunque el control de compactación se debe obtener muestreando la mezcla antes de su compactación, obteniendo así, su peso volumétrico se co máximo.

CONSTRUCCION DEL SUELO - CEMENTO.

Las actividades necesarias para la fabricación del suelo-cemento son:

- Escarificación, pulverización y pre-humedecimiento del suelo.
- Dosificación del cemento.
- Aplicación del agua.
- Mezcla de los materiales.
- Compactación.
- Acabado.
- Curado.

Las instrucciones de proyecto nos indican un tamaño máximo de 2" en las partículas del suelo escarificado por lo que es necesario disgregarlas o eliminarlas de la mezcla. Esta escarificación consiste en remover la cara superficial de una terracería o pavimento con los fi-

nes de mejorar la compactación de la parte descubierta, o servir de liga para capas de material estabilizado o no, que se colocarán sobre las existentes. El equipo utilizado principalmente para esta actividad es la motoconformadora.

En la actualidad existen equipos mezcladores provistos de aditamentos de recolección del material acamellonado, tolva de mezclado provista de tornillo sinfín o de rotor con aspas y de dispositivos de tendido del material estabilizado con control de espesores. Otra forma de efectuar la mezcla es por medio de plantas estabilizadoras estacionarias, formadas por silos o tanques de almacenamiento, dispositivos para dosificar los materiales pétreos y el agua por peso o por volumen, cámara de mezclado provista de rotor con aspas y con espreas para el agua y compuerta de descarga al equipo de transporte. El acarreo debe efectuarse cubriendo con lonas el material para evitar la pérdida de humedad o la contaminación del mismo. El tendido se recomienda hacerse con extendedoras (Finisher).

Posteriormente al tendido, se efectuará la compactación al grado fijado de proyecto, siendo recomendable efectuarla lo más rápidamente posible después de efectuada y tendida la mezcla con el fin de obtener la máxima resistencia a la compresión simple, ya que el tiempo de retraso en la compactación nos disminuirá esta última.

Con el fin de que el suelo-cemento no pierda su humedad es común cubrir al suelo con plásticos, papel impermeable, telas humedecidas o paja húmeda. De no-

ser así la capa debe mantenerse húmeda mediante riegos.

b) Estabilización con Cal.

Esta estabilización es similar a la realizada con el cemento con excepción de que su utilización va encaminada a suelos arcillosos, debido a su configuración química que produce una acción puzolánica con el calcio y con los minerales arcillosos, siendo diferente al cemento que únicamente necesita su hidratación.

La cantidad de cal varia de un 2 a un 8% en peso teniendo sus máximas resistencias en este último porcentaje y dando los mejores resultados en resistencia en -- gravas-arcillosas.

En resumen los efectos que produce la cal en los suelos son:

1. Modificación de plasticidad y humedad.
2. Proporción de resistencia.

Las ventajas de la estabilización con cal son:

- Es más barata que el uso del suelo-cemento.
- El curado del suelo-cal no necesita realizarse inmediatamente.

**CONTENIDOS USUALES DE CAL HIDRATADA
EN DIFERENTES SUELOS**

<u>TIPO DE SUELO</u>	<u>PRE-TRATAMIENTOS</u>	<u>ESTABILIZAC. DEFINITIVAS</u>
ROCA TRITURADA (1)	2-4	NO RECOMENDADA
GRAVAS ARCILLOSAS- BIEN GRADUADAS	1-3	3
ARENAS (2)	NO RECOMENDADA	NO RECOMENDADA
ARCILLA ARENOSA	NO RECOMENDADA	5
ARCILLA LIMOSA	1-3	2-4
ARCILLA PLASTICA	1-3	3-8
ARCILLA MUY PLAS- TICA	1-3	3-8
SUELOS ORGANICOS	2	3-8

(1) Sólo recomendable con finos plásticos.

(2) Recomendable antes de la estabilización con asfalto, pues mejora la adherencia.

III.4. CONSTRUCCION.

Las actividades básicas necesarias para la Construcción de terracerías son:

1) DESMONTE. El desmonte consiste en eliminar la vegetación existente en las áreas de Construcción y en las zonas de explotación de bancos. Las actividades que comprende el desmonte es la tala de árboles y arbustos la limpieza de maleza y hierba, el desenraice de troncos, y la limpia y quema del material producto del desmonte.

El trabajo de desmonte se puede realizar -- con gente o con maquinaria acostumbrándose utilizar, en el último caso, tractores con o sin cadena.

2) DESPALME. Consiste en excavar y retirar fuera de las secciones del proyecto o lejos del banco de explotación la capa de tierra vegetal con el fin de eliminar materiales orgánicos dejando únicamente el material sano.

3) EXCAVACION Y CARGA. Con el fin de ejecutar la Obra respetando las líneas de proyecto, es necesario hacer cortes de material tanto en la zona del terraplén como en el banco de préstamo. Estas excavaciones -- pueden ser en cualquier material, pero como veremos más -- adelante, que el material necesario para terracerías no debe tener una buena calidad, se tratan de evitar las excavaciones en roca, las cuáles implicarían el uso de explosivos y así un mayor costo.

El material excavado debe ser cargado y acarrreado al sitio de su colocación.

4) ACARREOS. Los acarreos de materiales - para la Construcción de terracerías son aquellos que consisten en transportar el material hasta el sitio de su colocación o al sitio de desperdicio, pudiendo ser material de cortes o de despalmes.

En México, dentro de la S.C.T., la forma en que se manejan los acarreos es diferenciando los materiales de las terracerías compensadas de los materiales, productos de bancos de préstamo.

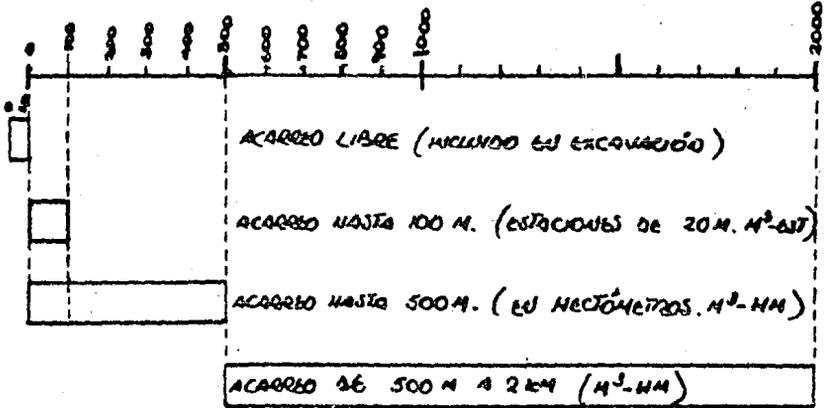
Para materiales de terracerías compensadas, se deben considerar:

a) ACARREO LIBRE. Es el que se efectúa -- hasta una distancia de 20 M. Este acarreo debe ser in--- cluido dentro del concepto de extracción o carga.

b) ACARREO HASTA 100 M. Dividiéndose en - 5 estaciones de 20 M., contándose a partir del término del Acarreo Libre.

c) ACARREO HASTA 500 M. Dividiéndose en - 5 hectómetros contándose a partir del término del Acarreo Libre.

d) ACARREO DE 500 M. A 2 KM. Es decir de 5 HM. hasta 2 KM contados a partir del término del Acarreo Libre



ACARREOS DE TERRACERIAS COMPENSADAS

Para material de préstamo de banco se considera de la siguiente manera:

- Acarreo Primer Km. (Unidad: M³)
- Acarreo Kms. subsecuentes al primero - - (Unidad: M³ - Km).

5) FORMACION DEL TERRAPLEN

5.1) TENDIDO DEL MATERIAL. Consiste en la colocación del material producto de excavaciones dentro de las líneas de proyecto, con el fin de formar el terraplen. Esta actividad dependiendo del proyecto, puede necesitar realizarse en capas o no.

5.2) COMPACTACION. Consiste en aumentar el peso volumétrico del material, reduciendo los vacíos del material, con el fin de aumentar la resistencia mecánica y la impermeabilidad del suelo, aumentando, de este modo, la vida útil del terraplen. En terracerías y pavimentos, esta actividad es posterior al tendido del material o al escarificado del terreno natural.

Dado que el fin de la compactación es el aumento del peso volumétrico del material, no podemos considerar que, para diferentes materiales se tenga el mismo peso volumétrico máximo, por lo que para cada material y específicamente para cada Obra se tendrán que hacer ensayos del mismo.

El peso volumétrico máximo se obtendrá compactando el material en laboratorio siendo el contenido de humedad la variable principal. Las pruebas más usadas son:

- Prueba Proctor (fragmentos < 3/8")

- Prueba Proctor Modificada (fragmentos < 3/8")

- Prueba Porter (fragmentos > 3/8")

En estas pruebas se encontró que el contenido de humedad óptima varía dependiendo del material de 8 A 15%.

De este modo, si se encontró que el peso volumétrico máximo de un material es 1800 kg/M^3 y el proyecto nos indica compactar el material al 95% de la misma prueba, tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de $1800 \times 0.95 = 1710 \text{ kg/M}^3$.

Debemos de tener cuidado en no compactar el material más de lo especificado, ya que es factible la formación de costras en la parte superior del terraplen compactado que nos dará, como consecuencia, una vida menor del terraplen.

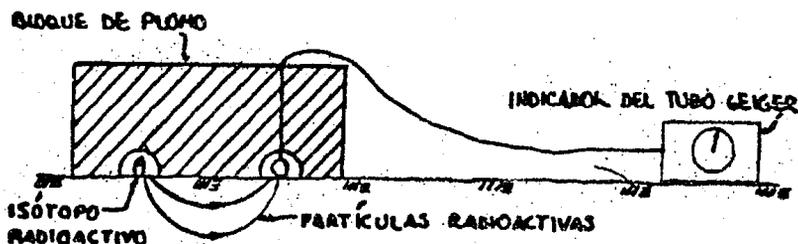
En terracerías, el porcentaje de compactación que se maneja varía desde un 90% en áreas de desplante hasta un 100% en la formación del terraplen. En franjas de seguridad no se solicita ningún porcentaje.

Para medir en la Obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado existen varios métodos:

a) MEDIDA FISICA DE PESO Y VOLUMEN: Se obtiene al secar una muestra de suelo y compararla con el-

volumen húmedo de la misma, el peso volumétrico seco obtenido debe estar dentro del rango solicitado, siendo la diferencia de pesos, la humedad contenida en la muestra.

b) PRUEBA DE MEDICION NUCLEAR: Consiste en hacer partículas radioactivas por el suelo. El número de partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del material, es decir del peso volumétrico. Esta medida debe compararse con otra hecha en una capa que tenga el peso volumétrico especificado.



CAPITULO IV

IV. PAVIMENTOS

IV.1. DEFINICION

Un pavimento es la capa o conjunto de capas formadas por materiales naturales o tratados, con o sin la adición de otros materiales ligantes o estabilizantes que permiten transitar a los vehículos sobre de ellas a la velocidad de operación considerada en el proyecto geométrico con seguridad sin que la superficie se desintegre o deteriore, bajo la acción de las cargas, así como del clima para la cual deberán ser capaces de distribuir las presiones que transmiten los vehículos a niveles tales que las terracerías puedan soportarlas sin deformaciones importantes, - ya sean estas transitorias o permanentes, evitando así, el agrietamiento de la superficie o la distorsión de su geometría.

Dentro de los pavimentos existen dos grandes grupos. Los Pavimentos Flexibles y los Pavimentos Rígidos; esta diferenciación no es correcta en su totalidad, ya que no es fácil precisar la rigidez o la flexibilidad de un pavimento, más existe la práctica por conveniencia de llamar pavimentos rígidos a los pavimentos cuya superficie de rodamiento está formada por concreto hidráulico y - pavimentos flexibles a los pavimentos constituidos por concreto asfáltico en su superficie de rodamiento .

Las características fundamentales de un pa-

vimiento flexible son:

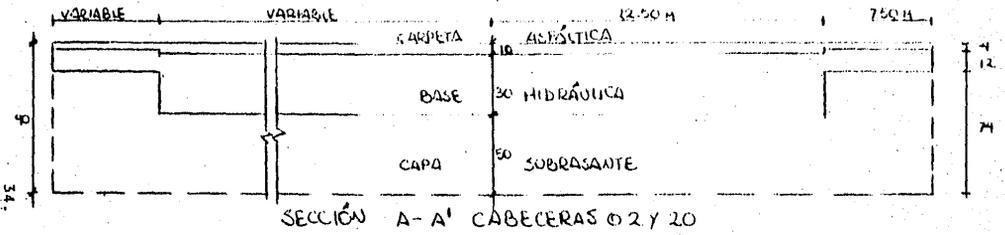
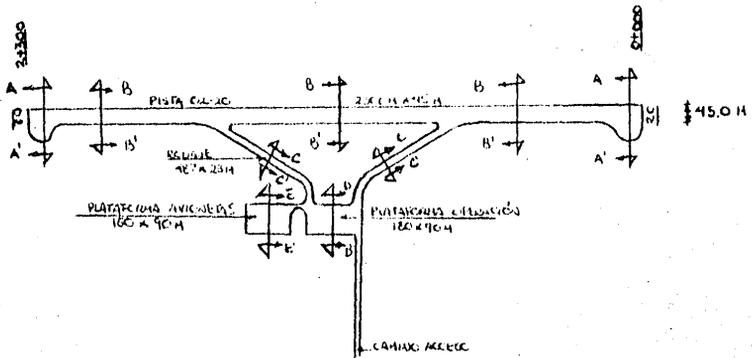
- Resistencia Estructural
- Deformabilidad
- Durabilidad
- Costo
- Requerimientos de Conservación
- Comodidad

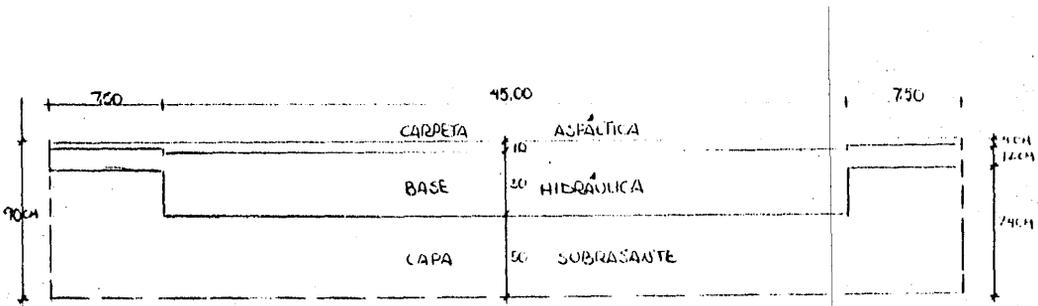
Las capas que forman al Pavimento Flexible-
son:

- Sub-base
- Base
- Carpeta

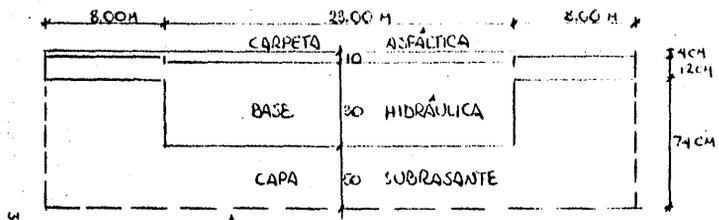
La Sub-base es la capa de material seleccionado, colocada sobre la capa sub-rasante con la resistencia necesaria para soportar las cargas transmitidas por la Sub-base. La principal función de la Sub-base de un pavimento flexible, es de carácter económico. Se trata de -- formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una capa de menor calidad, aunque se tenga -- que aumentar el espesor pues, naturalmente cuanto menor sea la calidad del material colocado, tendrá que ser mayor el espesor necesario para soportar y transmitir los esfuerzos.

AEROPUERTO DE TEPIC NAYARIT

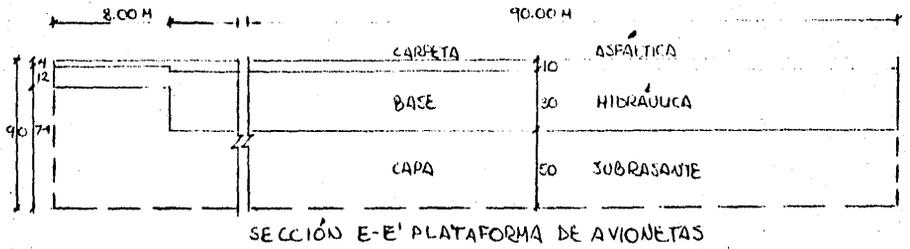
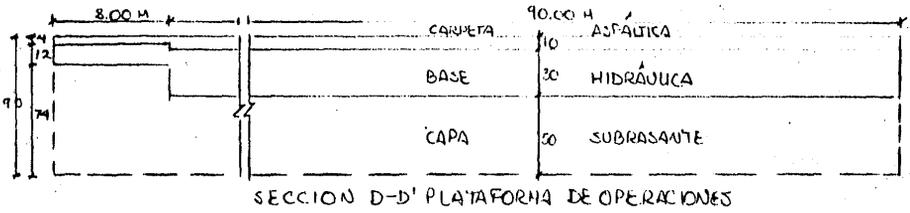




SECCION B-B' PISTA 02-20



SECCION C-C' CALLES DE RODAR



Otra función de la Sub-base consiste en ser vir de transición entre el material de la Base, generalmente granular grueso y el de la subrasante, que tiende a -- ser mucho más fino. La Sub-base actúa como filtro de la Base impidiendo su incrustación en la subrasante.

La Sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante; por ejemplo:

Cambios volúmetricos asociados a cambios -- de humedad, que podrían llegar a reflejarse en la superficie del pavimento.

Otra función de la Sub-Base es actuar como dren para desalojar el agua que se filtre desde arriba y -- para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua -- procedente de la terracería.

La figura siguiente muestra la zona en la -- que debe desarrollarse la curva granulométrica del mate--- rial que se emplee en una Sub-base, según las normas de la Secretaría de Obras Públicas de México.

Se pide que la curva granulométrica, además de estar comprendida en las zonas 1, 2 ó 3, tenga una forma semejante a los trazos que marcan esas zonas, sin cambios bruscos de curvatura. La relación del porcentaje, -- en peso, que pase la malla No. 200 al que pase la malla No 40 no deberá exceder de 0.65. El tamaño máximo del material se limita a 51 MM (2").

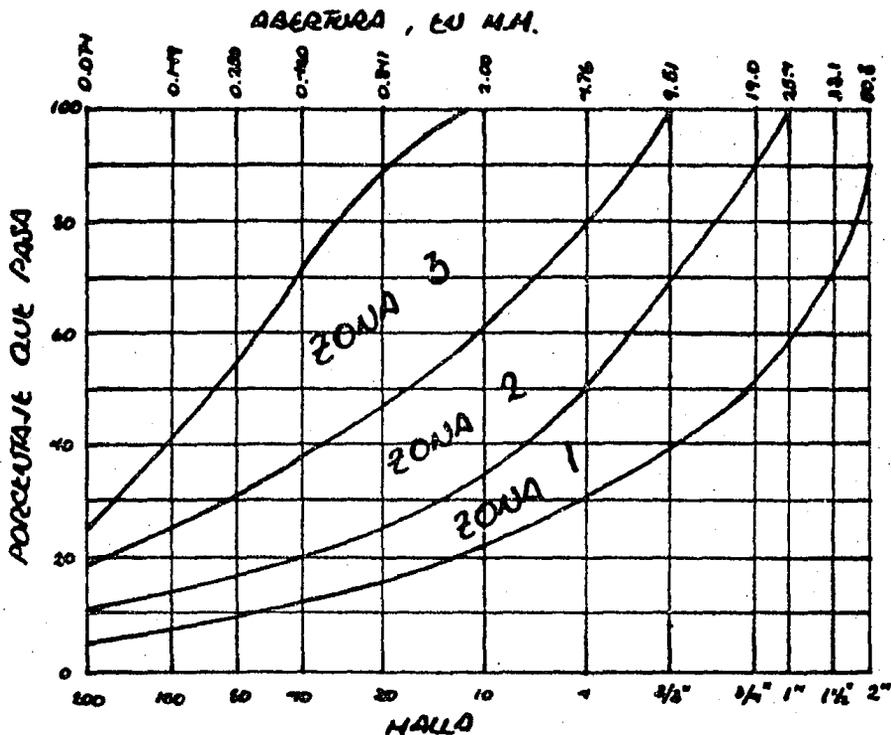


FIG. REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS DE UN MATERIAL DE SUB-BASE.

La Secretaría de Obras Públicas utiliza muy extensivamente el método del valor relativo de soporte para proporcionar sus pavimentos; a los materiales de Sub-base se les fija un valor relativo de soporte mínimo de 50%, con el material en condición saturada. Respecto al grado de compactación, la Secretaría de Obras Públicas exige el 95%. Los espesores de Sub-base son muy variables y dependen

den de cada proyecto específico, pero suele considerarse - 15 CM como la dimensión mínima constructiva.

Hasta cierto punto existe en la base, que es la capa que sigue a la Sub-base en el orden ascendente, una función económica análoga a la de la Sub-base, pues -- permite reducir al espesor de la carpeta, más costosa, pero la función fundamental de la Base de un Pavimento Flexible es estructural y consiste en proporcionar un elemento-resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz-de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades - adecuadas. La Base tiene también una importante función-drenante ya que debe eliminar fácil y rápidamente el agua-que llegue a infiltrarse a través de la carpeta, así como-de impedir la ascensión capilar del agua que provenga de - niveles inferiores.

El material que constituya la Base de un Pavimento Flexible debe ser friccionante y suficientemente - provisto de vacíos. El material friccionante garantizará la resistencia estructural adecuada, así como la permanencia de esto al variar las condiciones en que se encuentre, como por ejemplo, el contenido de agua. Estas características suelen exigir que a los agregados pétreos se les some-ta a trituración; ésta produce efectos sumamente favora---bles en la resistencia y en la deformabilidad, pues da lu-gar a partículas de aristas vivas entre las que es impor---tante el efecto de acomodo, que es una de las fuentes de - resistencia, a la vez que favorece la deformabilidad.

Las mismas zonas señaladas en la Fig. - para el caso de Sub-bases son las utilizadas para limitar-

las curvas granulométricas de las Bases, debiendo quedar comprendidas en las zonas 1 ó 2. La relación del porcentaje en peso, que pase la malla No. 200 al que pase la malla No. 40 no deberá ser mayor de 0.65. El tamaño máximo del agregado pétreo se fija en 51 MM (2") en materiales naturales que no requieran tratamiento y en 38 MM (1½") en materiales que han de cribarse o triturarse.

El grado de compactación fijado por las especificaciones Mexicanas es del 95% respecto a los estándares usuales en el País, pero es práctica normal llevar la compactación hasta el 100%.

Un aspecto importante en el cual los especialistas no se han puesto de acuerdo, es la conveniencia o no de añadir al material friccionante una cierta cantidad de finos. En México es utilizada la práctica de añadir hasta un 20% de finos al material friccionante. La ventaja de añadir finos es aumentar su manejabilidad y hacer más estable el material en la capa expuesta; la desventaja consiste en bajar la calidad en resistencia de un material. La recomendación a hacer es trabajar con un porcentaje no mayor del 5% y en el caso de utilizar únicamente materiales friccionantes el cubrir la superficie expuesta lo más rápidamente posible con algún riego de impregnación o con la carpeta.

La carpeta debe proporcionar en el Pavimento Flexible una superficie de rodamiento estable capaz de resistir la aplicación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de frenaje, los impactos, --

etc., debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo y un frenaje apropiado. Debido a estas solicitudes es necesario que la carpeta esté formada con material que posea cohesión, y es el producto asfáltico que liga los agregados pétreos el que la proporciona, en el caso de las carpetas asfálticas o bituminosas.

IV.2. MATERIALES

En los Pavimentos al igual que en las terracerías los materiales pétreos que se utilicen para la Construcción de estos constituyen uno de los aspectos principales para que estas estructuras tengan un buen funcionamiento, tanto en el servicio que presten como en la duración que se espera de ellas. El Pavimento como vimos en la definición, es la estructura que soporta directamente las cargas y la que tendrá el contacto directo con los aviones y con los vehículos automotores, esto implica que la calidad de los materiales, así como la calidad que se tenga en la colocación y compactación de los mismos, nos dará la diferencia entre un buen y un mal Pavimento. Es necesario mencionar que el trabajo de Pavimentación en comparación con el de terracerías es un trabajo donde el control de calidad debe ser mayor.

Los tamaños de los agregados pétreos utilizados en la Construcción de Aeropuertos son:

a) Sub-base de 2" A 0"

b) Base	de 1½"	A	0"
c) Carpeta	de 3/4"	A	0"

Materiales pétreos más frecuentes en la ---
 Construcción de Pavimentos.

a) Gravas-Arenas de río

Su uso es frecuente en Sub-bases y Bases --
 Hidráulicas, debiéndose someter generalmente a una tritura
 ción parcial y cribado y en muchos casos es necesario mez-
 clarlo con otro material para mejorar sus características,
 granulometría, plasticidad y cementación.

b) Conglomerados.

Los conglomerados son formaciones sedimenta
 rias de grava-arenas depositadas por corrientes fluviales-
 que han sido cementadas posteriormente con materiales aca-
 rreados. Se encuentran generalmente en las proximidades-
 de los ríos y en cauces antiguos. Su uso en Pavimenta---
 ción requiere generalmente trituración parcial y cribado -
 para Sub-bases y para Bases, y de trituración de la grava-
 para carpetas.

Cabe mencionar que aunque la explotación de
 bancos de conglomerados es sencilla, el costo del material
 triturado es alto, esto debido al bajo rendimiento que se-
 tiene en el proceso de trituración de boleas.

c) Areniscas.

Se utilizan en la Sub-base o como mejora---
miento de la Base en un porcentaje que varía del 15 al 25%
en peso.

d) Rocas Alteradas.

Se utilizan en Sub-bases dándoles un trata-
miento de disgregado o de trituración parcial también sir-
ven para mejorar la base.

e) Rocas sin Alterar.

Las rocas sanas procedentes de bancos o de-
pepena se emplean generalmente en Bases y en carpetas, re-
quieren para su uso trituración total, cribado y, en mu---
chas ocasiones, lavado del material.

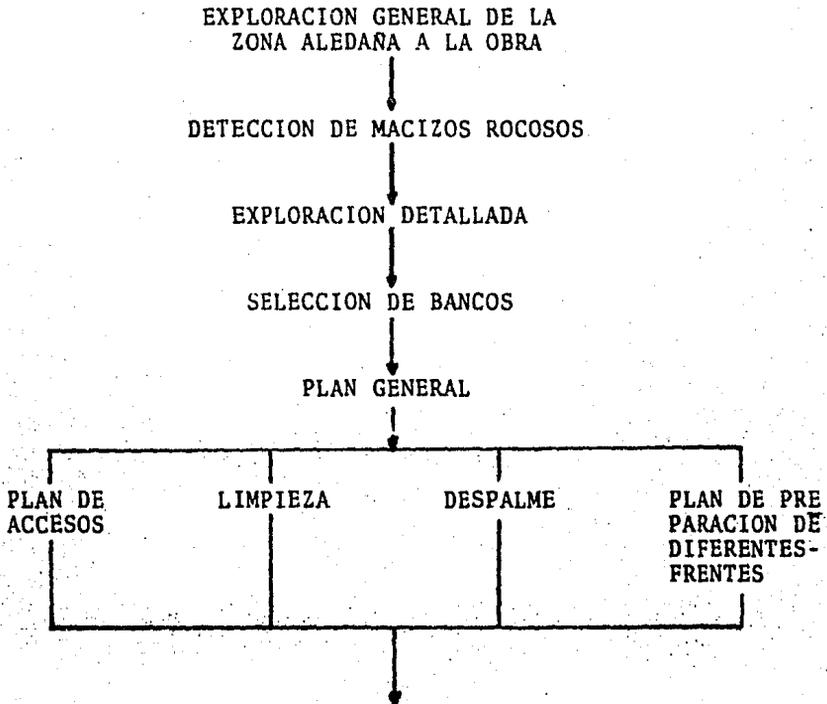
f) Tezontle.

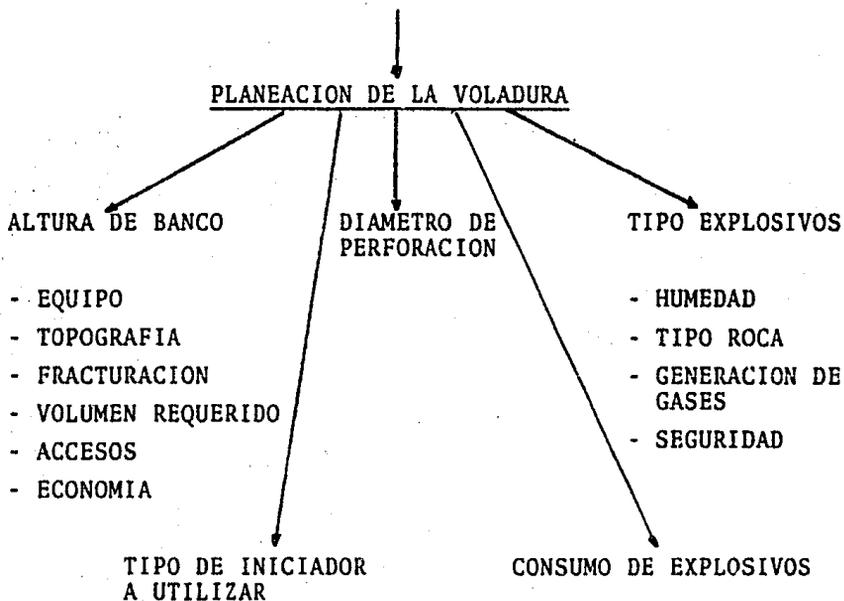
Su uso es adecuado en Sub-bases y Bases Hi-
dráulicas, siempre y cuando se tenga un adecuado control -
en lo referente a tamaño, calidad (no se degrade) y cemen-
tación (es necesaria su mezcla con materiales adecuados).

IV.3. CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

IV.3.a. EXPLOTACION DE BANCOS DE ROCA

Con el fin de la obtención de agregados pétreos, es necesaria la explotación de Bancos de Roca. Generalmente esta actividad se necesita hacer con el empleo de explosivos. Las actividades necesarias para la buena elección del sitio a explotar, así como el modo en que se lleve a cabo son:





Debido a lo amplio del tema, se tratarán --
someramente algunas de las actividades en excavaciones en-
roca.

BARRENACION EN ROCA

La Barrenación es una actividad en donde --
por medio de equipo neumático rotatorio, se perfora la su-
perficie con un diámetro constante y a una profundidad no-
mayor de 15 m. en el caso de excavaciones a cielo abierto,
esta profundidad es la máxima recomendada para un buen ---
comportamiento del Banco.

Los factores más importantes relativos al tipo de Roca por perforar son:

- DUREZA
- TAMAÑO DE GRANO
- TENACIDAD
- ABRASIVIDAD (CONTENIDO DE SILICE)
- ESTRUCTURA: FISURAS, FALLAS, INCLINACION, ETC.
- HOMOGENEIDAD

EQUIPO DE PERFORACION

La perforación se realiza con equipo neumático, existiendo 3 diferentes tipos de maquinaria:

- PERFORADORAS MANUALES
- PERFORADORAS SOBRE ORUGAS (TRACK-DRILL)
- PERFORADORAS DOWN THE HOLE

El sistema más utilizado en explotación de Bancos es el uso de Track-Drills. Los inconvenientes de utilizar Perforadoras manuales es el bajo rendimiento en metros de perforación las limitaciones que tiene en diámetro (hasta 1½") y longitud (6 M.).

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ROCAS

TIPO DE ROCA		R O C A	GRAVEDAD ESPECIFICA	TAMARO GRANO (MM)	CONTENIDO SILICE (%)	ABUNDAMIENTO
IGNEAS	INTRUSIVAS	DIORITA	2.65 - 2.85	1.50 - 3	- -	1.5
		GABRO	2.85 - 3.20	2	50	1.6
		GRANITO	2.70	0.10 - 2	70	1.6
	EXTRUSIVAS	ANDESITA	2.70	0.1	50	1.6
		BASALTO	2.80	0.1		1.5
		RIOLITA	2.70	0.1		1.5
		TRAQUITA	2.70	0.1		1.5
SEDIMENTARIA	CONGLOMERADO	2.60	2	80 - 95 50 - 62 2 - 10	1.5	
	ARENISCA	2.50	0.1 - 1		1.5	
	LUTITA	2.70	1		1.35	
	DOLOMITA	2.70	1 - 2		1.60	
	CALIZA	2.60	1 - 2		1.55	
	LIMOLITA	1.50 - 2.60	1 - 2		1 - 1.60	
	GNEISS	2.70	2	98	1.50	
	MARMOL	2.70	0.1 - 2		1.60	
	CUARCITA	2.70	0.1 - 2		1.55	
	ESQUISTO	2.70	0.1 - 1		1.60	
	PIZARRA	2.70	0.1		1.50	

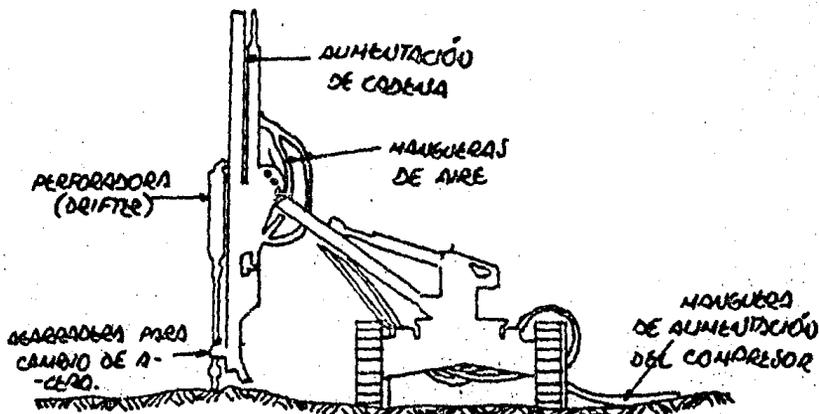
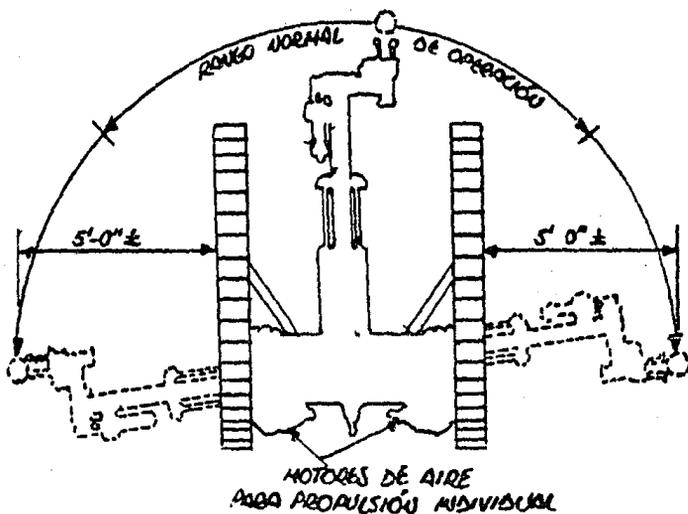
Las Perforadoras Down The Hole son utilizadas generalmente para perforaciones profundas y su uso se limita a la perforación de pozos. La diferencia con las Perforadoras normales es que en éstas el golpe se da junto a la broca mientras el giro se da en la parte superior.

En las Perforadoras sobre orugas, el llamado Drifter se encarga de dar el giro y el golpe al acero de perforación.

El trabajo de estos 3 sistemas es producido por aire a presión generado por un compresor y el aire requerido estará en función del tamaño y potencia del Drifter.

		CONSUMO	DIAMETRO
	DRIFTER	PCM (ft ³ /MIN)	PERFORACION
PERFORADORA MANUAL	- - -	60	1½"
TRACK-DRILL LM-100	YD90M	365	2½"
TRACK-DRILL CM-350	VL120	600	3½"
TRACK-DRILL CM-350	VL140	750	4½"

Actualmente la tendencia de la barrenación es hacer las perforaciones inclinadas con el fin de evitar la Pata de Roca que queda cuando se hacen las perforaciones verticales, aún considerando la sobreperforación, además de que la roca rompe más fácilmente en la confluencia del fondo del agujero con el piso de la cantera.



PERFORADORAS SOBRE ORUGAS.

Esto significa que podemos explotar más roca con el mismo número de agujeros perforados verticalmente. La pendiente normal de inclinación de los agujeros es de 2:1 a 3:1 y el bordo y el espaciamiento pueden ser incrementados hasta un 10 %.

EXPLOSIVOS

Los explosivos son elementos que son capaces de producir rápidamente mucha energía, y que, convirtiendo esta potencia en trabajo pueden realizar trabajos de fracturación súbita de macizos rocosos.

Las características principales de los elementos explosivos son:

POTENCIA

Es el contenido de energía de un explosivo que, a su vez, contribuye a la fuerza y poder que desarrolla y, al trabajo que es capaz de efectuar.

La calificación de la potencia toma como referencia a la dinamita pura tomando el porcentaje de nitroglicerina de ésta. Así, una dinamita regular de 40%, tendrá 40% de nitroglicerina o de otros elementos que den la misma energía que el 40%, y el restante 60% será de elementos que contribuyen a la producción de energía. Tomando en cuenta esto, tenemos que la relación existente entre --

los diferentes tipos de energía en % de nitroglicerina, no es una relación lineal de este modo, una dinamita al 60% es 1.5 veces más fuerte que una al 20%.

DENSIDAD

El manejo y conocimiento de la densidad de los elementos explosivos es importante desde el punto de vista de que hay zonas en que es necesario concentrar cargas y otras donde la extracción no requiere la energía producida por explosivos con alta densidad para la extracción del material.

SENSIBILIDAD

Otra característica de los explosivos es la capacidad que tienen de propagación de la energía en el aire con el fin de producir la explosión de otro agente.

VELOCIDAD

La velocidad es la medida de la rapidez con que viaja la onda de detonación a través de una columna de explosivo. La variación de velocidades en las dinamitas es de 1200 a 7000 M/Seg. y al influencia que tiene respecto al material, es la mayor fragmentación del mismo a velocidades mayores.

La eficacia en el manejo de explosivos, tomando en cuenta la Potencia, la Densidad y la Velocidad da rán como resultado una buena o mala fragmentación del mate rial explotado.

RESISTENCIA AL AGUA

Esta es una característica que difiere según el tipo de explosivo a utilizar, teniendo la más alta-resistencia en las dinamitas gelatinas y en las amoniaca-- les, aconsejándose usar alguna de éstas al encontrar agua, ya que el tiempo de exposición de las dinamitas en agua -- varía por factores de eficiencia y factores no controla--- bles, como puede ser la presencia de una tormenta eléctrica, que nos obligará a posponer la tronada con algunos ba-- rrenos cargados en agua.

ELEMENTOS EXPLOSIVOS

En la actualidad, se ha generalizado el uso de explosivos licuados (Hidrogeles) y de agentes explosi-- vos en la explotación de Bancos a cielo abierto e inclusive en México, los únicos explosivos que se pueden conse--- guir son éstos. Debemos decir que en general sus caracte-- rísticas satisfacen todos los requerimientos, más no dejan la posibilidad de trabajar con explosivos más baratos para iguales rendimientos o de trabajar por ejemplo con explosi-- vos de más baja velocidad de la onda de detonación que en-

EXPLOSIVOS

DEFLAGANTES

POLVORA

Se puede utilizar para tronadas, pero su acción es lenta

DETONANTES

DINAMITAS

EXTRAS Dinamita Extra 40%
Dinamita Extra 60%

EMPLEO BAJO TIERRA Dinamex A
Duramex G

SEMIGELATINAS Gelamex No. 1
Geiamex No. 2

GELATINAS Gelatina Extra 40%
Gelatina Extra 60%
Gelatina Extra 75%
T o v a l

PERMISIBLES Mexobel No. 2

SISMOGRAFICAS Geomex 60%

AGENTES EXPLOSIVOS

DU PONT

Mexamón D
Super Mexamón D

Anfomex X
Anfomex XX

Nitrato de Amonio y Diesel (ANFO)

HIDROGELES

Tovex 100
Tovex 700
Tovex Extra
Godyne

* Las dinamitas extras producen muchos gases y se utilizan a cielo abierto.

EXPLOSIVO	POTENCIA	VELOC. (M/S)	RESIST. AGUA	GASES TOXICOS	DENSIDAD GR/CM3	APLICACIONES
EXTRAS						
Dinamita Extra 40%	40%	3100	Regular	Muchos	1.29	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajos Aire Libre - Roca Mediana Dureza - Bueno P/Moneos - Resistencia Escasa
Dinamita Extra 60%	60%	3700	Regular	Muchos		
BAJO TIERRA						
Dinamex A	50%	3000	Buena	Muy Pocos	1.23	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo Descapote - Terrenos Media Dureza - Para Carga de Columna - P/Mat. Suave - P/Smooth Blasting.
Dinamex G	25%	2700	Ninguna	Pocos	1.00	
SEMIGELATINAS						
Gelamex No. 1	60%	4000	Muy Buena	Muy Pocos	1.28	<ul style="list-style-type: none"> - Escavac. Subterráneas - P/Mats de Mediana a no excesiva Dureza - Gran Versatilidad
Gelamex No. 2	45%	3800	Buena	Muy Pocos	1.16	
GELATINAS						
Gelatina Extra 40%	40%	4400	Excelente	Muy Pocos	1.57	<ul style="list-style-type: none"> - Apropriadas P/Bajo Tierra o en trabajos o en trabajos de Sup. - P/mucha Humedad - Rocas muy Duras - Bajo cualquier tipo de Condiciones - P/Minas de Carbón
Gelatina Extra 60%	60%	4700	Excelente	Muy Pocos	1.44	
Gelatina Extra 75%	75%	5000	Excelente	Muy Pocos	1.39	
Toval	75%	4000	Excelente	Muy Pocos	1.60	
PERMISIBLES						
Mexobel No. 2	60%	2700	Regular	Muy Pocos		<ul style="list-style-type: none"> - P/Minas de Carbón
SISMICA						
Geomex 60%	60%	6000	Excelente	Muchos	1.47	<ul style="list-style-type: none"> - P/Explorac. Sismol. - Soporta Presiones Hidrostática, largas exposiciones en agua
AGENTES EXPLOSIVOS						
Mexamón Supermexamón D Anfomex X Anfomex XX Anfo	60%	3800	No Tiene	Pocos	0.65 - 0.75	

EXPLOSIVO

POTENCIA

VELOC.
(M/S)

RESIST.
AGUA

GASES
TOXICOS

DENSIDAD
GR/CM3

APLICACIONES

HIDROGELES

Tovex 100
Tovex 700
Tovex Extra
Godyne

40%
60%

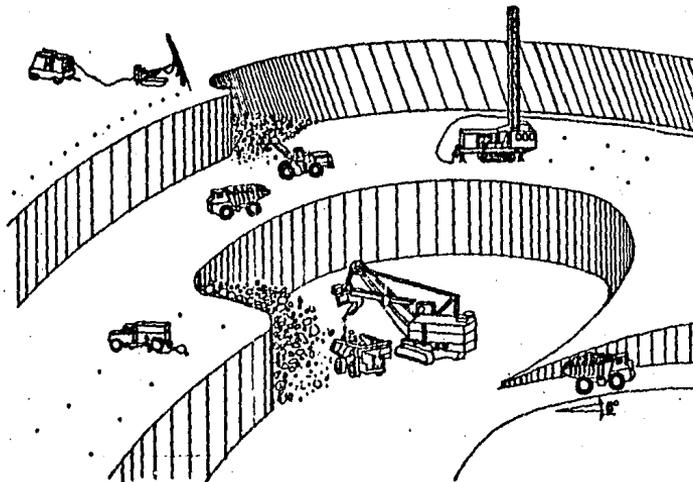
3800-4190
4800
5500

Excelente
Excelente
Excelente

Muy Pocos
Muy Pocos
Pocos

1.10
1.20
1.35

- Diam. 7/8" - 1 1/2"
1 3/4" A 3"
4 " A 8" Requiere
Detomex



algunos casos, como sería en roca muy dura y sana, nos - -
diera mejor fracturación de la misma.

DISPOSITIVOS PARA LA INICIACION

Son los elementos utilizados para iniciar -
la explosión, ésta se puede producir de tres maneras:

- 1) Por medios eléctricos.
- 2) Por medio de la transmisión de una flama
- 3) Llevando una onda de detonación de un --
punto a otro.

1. DISPOSITIVOS ELECTRICOS DE INICIACION.

El trabajo de iniciación de la explosión es
llevado a cabo por el Estopín Eléctrico, el cual puede ser
instantáneo o de retardo. Básicamente un Estopín Eléctri
co consiste en un casquillo metálico, dentro del cual se -
colocan diferentes cargas de pólvora, y de un elemento - -
Eléctrico de Ignición conectado a un par de alambre aisla
dos.

En los Estopines Eléctricos instantáneos, -
las cargas de pólvora consisten de una carga base de alto-
explosivo, una carga de Cebo y una carga de Ignición, den-

tro de la cual se coloca el elemento Eléctrico de Ignición. Este es un pequeño tramo de alambre de alta resistencia - que se suelda a los extremos de los alambres formando un - puente. En el extremo del casquillo está firmemente suje - to un tapón de hule que rodea a los alambres precisamente - arriba del puente de alambre. Esto forma un cierre alta - mente resistente al agua y también da una posición firme - al puente en el centro de la mixtura de Ignición. Cuando se hace pasar suficiente energía Eléctrica a través del -- sistema, el puente se calienta lo necesario para encender - la mezcla de Ignición, lo que a su vez provoca la detona - ción de la carga del Cebo y ésta la detonación de la carga base.

En los Estopines Eléctricos de retardo se - interpone entre la mezcla de Ignición y la carga de Cebo - un elemento de retardo. Este elemento requiere de un pe - ríodo definido de tiempo para quemarse, lo que proporciona un intervalo de retardo predeterminado entre la aplicación de la corriente eléctrica y la detonación del estopín.

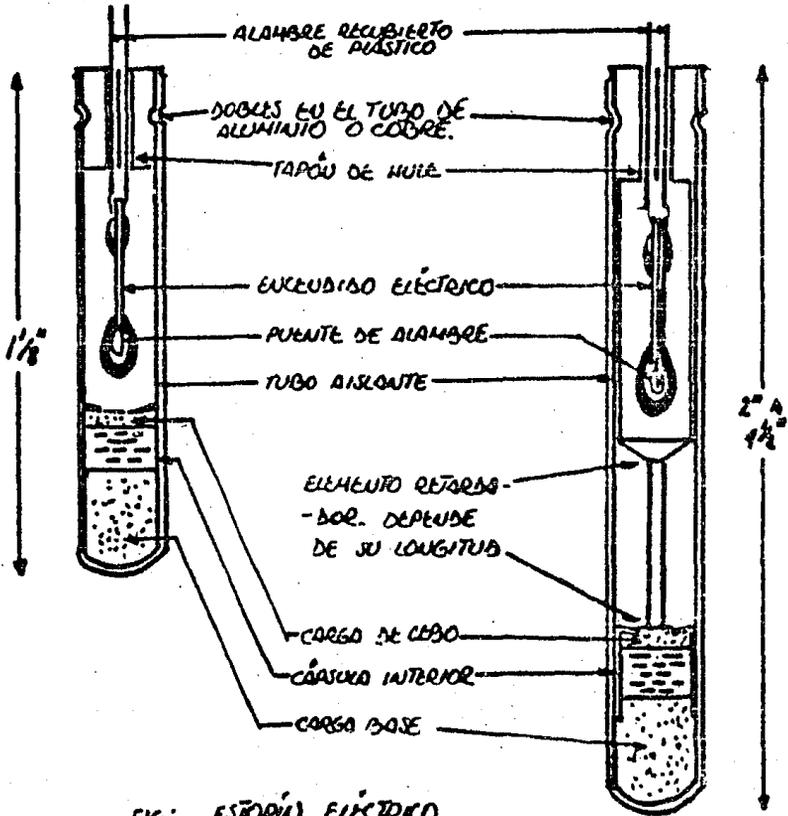


FIG: ESTOPÓN ELÉCTRICO

FORMAS TÍPICAS DE CEBADO

- MENOR 2" Ø



- MAYOR 2" Ø



En el mercado Dupont, se pueden encontrar - Estopines con los siguientes tiempos de retardo en milisegundos. (1000 milisegundos = 1 segundo).

MS-25, MS-50, MS-75, MS-100, MS-125, MS-150
MS-175, MS-200, MS-250, MS-300, MS-350, MS-400, MS-450, --
MS-500, MS-600, MS-700, MS-800, MS-900, MS-1000.

Los medios para disparar Estopines Eléctricos son de dos tipos:

a) TIPO DE DESCARGA DE CONDENSADOR

Este utiliza baterías para cargar un banco de condensadores, para posteriormente descargar la energía al circuito de voladura al cerrar el interruptor de disparo.

b) TIPO DE GENERADOR

Este descarga directamente la energía al -- circuito de voladuras.

2. DISPOSITIVO DE INICIACION POR MEDIO DE UNA FLAMA.

Los elementos que constituyen esta forma de iniciación son fulminantes y mecha de seguridad. Los primeros son detonadores que están diseñados para disparar -- por medio del fuego o chispa producidos por el quemado de la mecha de seguridad. Consisten en casquillos de aluminio con tres diferentes tipos de cargas de Ignición, de Cebo y Base, siendo las dos primeras de ellas las que convierten la flama en detonación.

La mecha de seguridad es el medio a través del cual se transporta la flama hasta el fulminante. Esta está formada por un tren de pólvora negra y se encuentra fuertemente envuelta y protegida contra la abrasión y la penetración de agua por cintas, textiles y materiales impermeables habiendo en el mercado dos diferentes velocidades de quemado: 120 y 90 seg/yd.

La mecha de seguridad puede encenderse con cerillos comunes o encendedores especiales (de tubo de plomo, por frotamiento de alambre caliente).

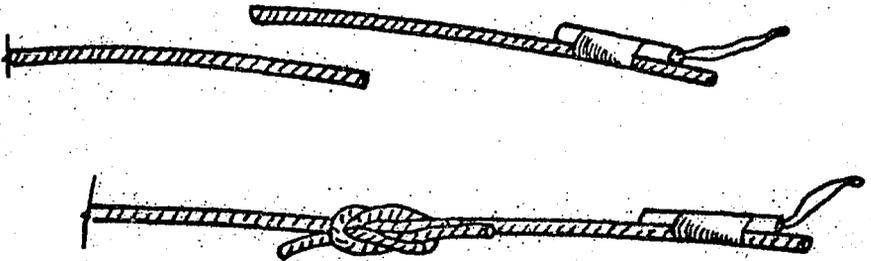
Un aspecto importante al usar mecha de seguridad es el conocimiento de que la velocidad de quemado de la misma bajo el confinamiento del barreno es más rápida que la velocidad de quemado al aire.

3. CORDON DETONANTE.

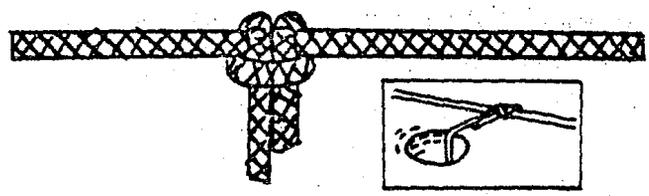
El último método para efectuar voladuras es el empleo de cordón detonante cuyo principio es el llevar una onda de detonación producida por cualquiera de los métodos anteriores de un sitio a otro. Esta formado por un núcleo de alto explosivo el cual al explotar produce la detonación de los explosivos que se encuentren junto a éste.

Debido a su elevada velocidad de detonación (4 millas/seg.) que provoca casi instantáneamente la explosión, existen en el mercado retardadores para el empleo de cordón detonante.

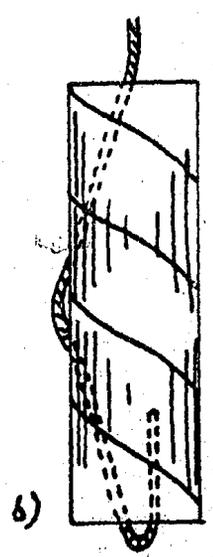
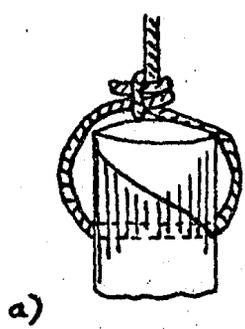
- a) Forma de iniciar y sujetar una cola de cordón detonante a la línea principal con estopín.



b) Conexión típica a la línea principal



c) Formas de Cebado



Empleo de elementos de retardo.

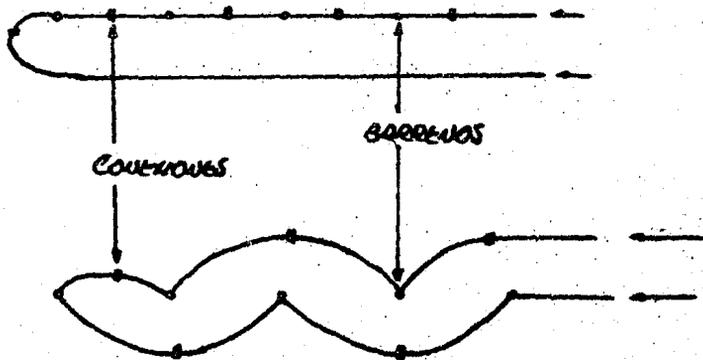
VENTAJAS

- Producen una mejor fragmentación.
- Menor número de barrenos cortados.
- Menor cantidad de pólvora sin explotar en la rezaga.
- Menor cantidad de explosivos.
- Lanzamiento controlado.

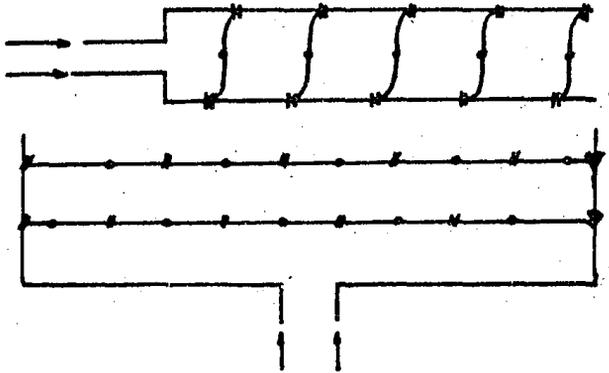
Utilizando los anteriores elementos, se muestran a continuación algunos ejemplos de explotación de bancos y canteras abiertas.

A. DISPAROS CON ELECTRICIDAD.

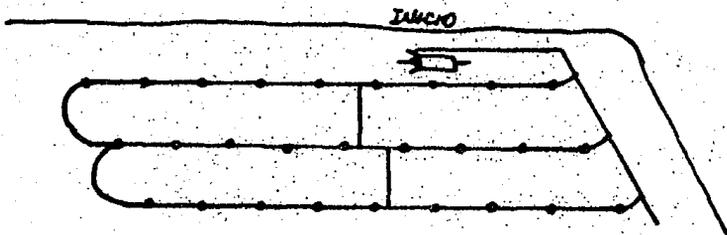
a) Circuitos en una sola serie



b) Circuito en series paralelas

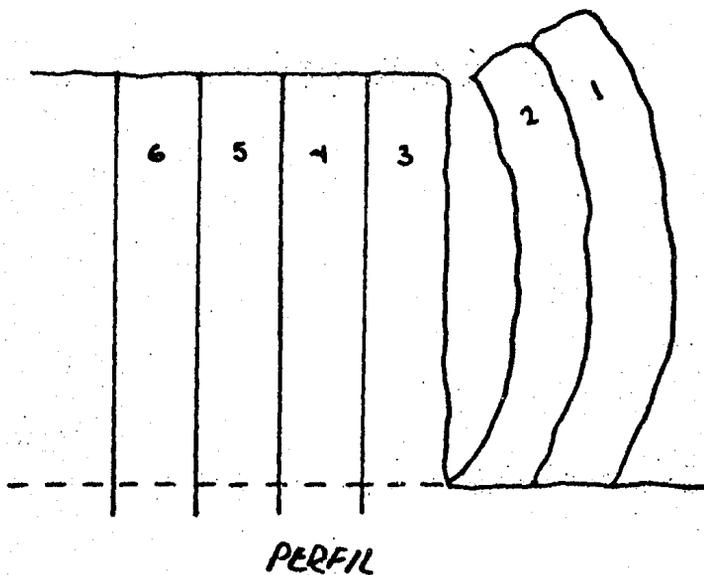
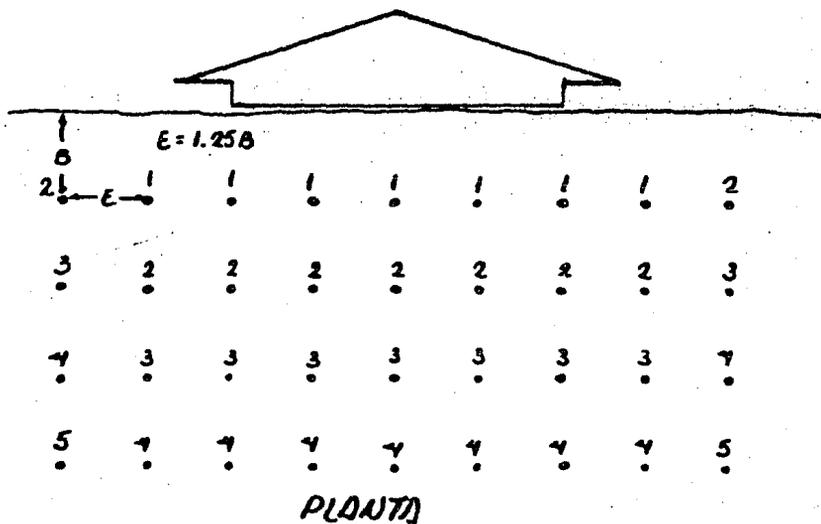


B. DISPAROS CON CORDON DETONANTE

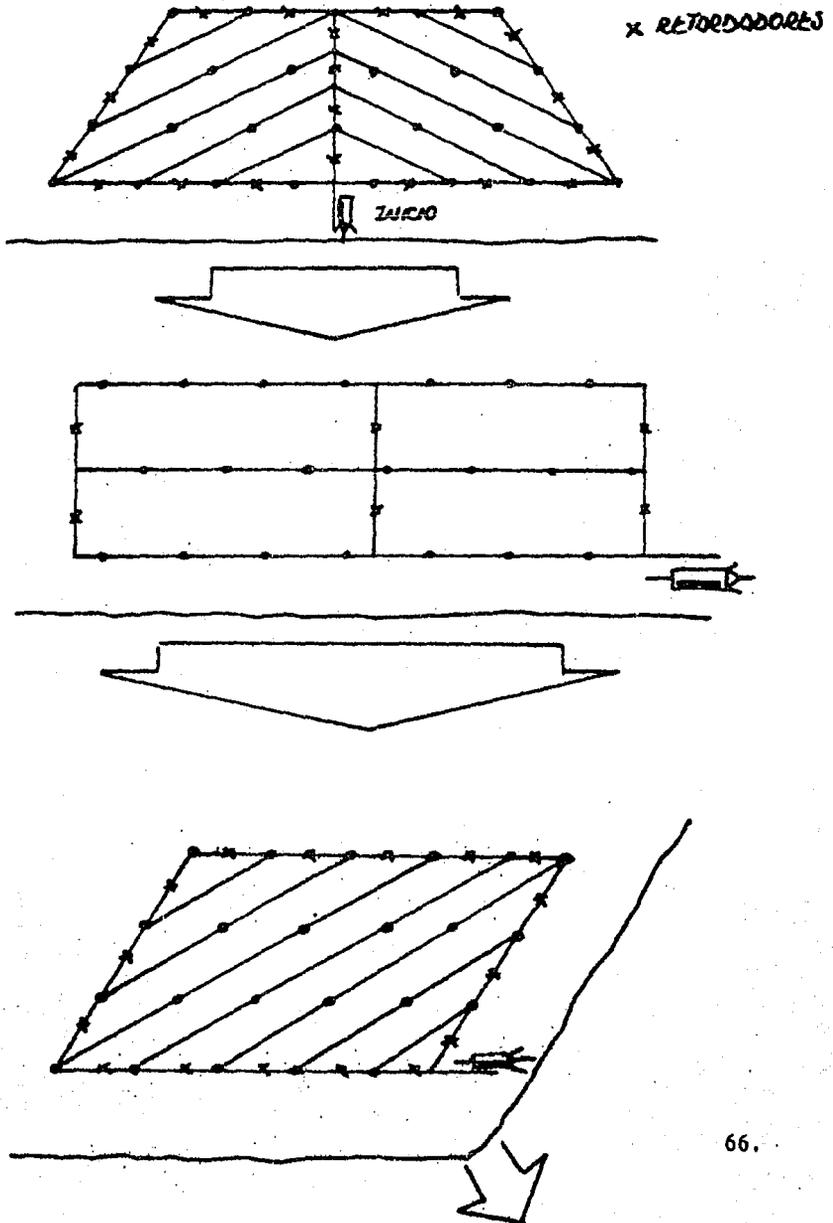


PLANTILLAS EN DISPAROS RETARDADOS

b) Con estopines



b) Con mecha detonante



IV.3.b. PRODUCCION DE AGREGADOS

PLANTAS DE TRITURACION

Consisten en una combinación integrada por quebradoras, medios de alimentación y transporte, clasificación y almacenamiento. Esta combinación de elementos debe estar diseñada para transformar a los tamaños solicitados para los agregados pétreos rocas extraídas de bancos de préstamos con un rendimiento adecuado.

Los tamaños de las máquinas y accesorios, así como su número difieren grandemente de acuerdo con las condiciones de alimentación y descarga dependiendo su arreglo del tiempo de las máquinas, del tamaño de la roca, y del tamaño del material producido.

Los elementos primordiales de una planta de trituración son:

- 1) Unidad de alimentación.
- 2) Unidad primaria de trituración.
- 3) Unidad secundaria.
- 4) Unidad terciaria.
- 5) Medios de transporte, cribado, lavado y descarga.

1. UNIDAD DE ALIMENTACION

El proceso de producción de agregados tiene como inicio la alimentación en greña a la quebradora prima ria, la cual puede realizarse por el vaciado directo de -- los medios de transporte arrojando la roca a la boca de la quebradora, o bien por medio de alimentadores con o sin -- dispositivo de pre-cribado.

Los tipos más populares de alimentadores -- son:

- a). Alimentador de mandil. Consiste en una banda transportadora formada por placas-metálicas.
- b). Alimentador recíprocante o de plato. - Consiste de una placa metálica rectangular animada de un movimiento de vaivén - producido por una biela excéntrica.
- c). Alimentador vibratorio con rejilla de -- precribado. Para pre-clasificar el material.

QUEBRADORAS

En la actualidad los equipos de trituración más utilizados para la producción de agregados son:

- a) Trituradoras de Quijada. (Trituración primaria)
- b) Trituradoras de Conos. (Trituración secundaria y terciaria)

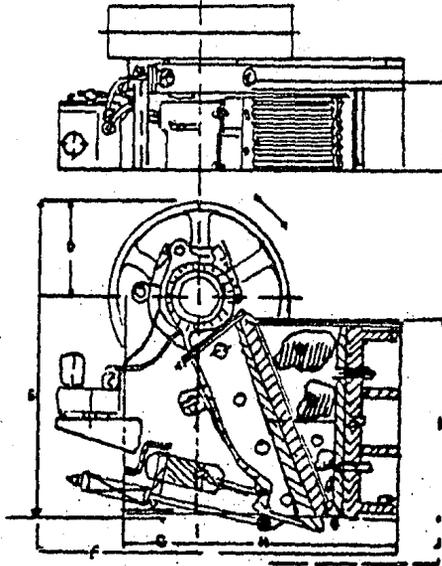
Las ventajas que estas quebradoras tienen respecto a otros equipos de trituración como pueden ser quebradoras de rodillos, martillos, de impacto, y de barras y de bolas, es que las primeras tienen un costo de producción menor en su vida útil gracias a su bajo costo de mantenimiento y reparación y su alto rendimiento. Por lo que este trabajo tratará únicamente de estos equipos.

En términos generales, en la etapa primaria de reducción, se reduce la roca natural a un tamaño máximo entre 4" y 10". En la etapa secundaria, se reducirá el producto de la trituración primaria a un tamaño entre 1½" y 3". En la trituración terciaria, se reducirá el producto de la trituración secundaria a un tamaño menor de ¾".

2. UNIDAD PRIMARIA: TRITURADORA DE QUIJADAS.

Consiste en una cámara a la que se introduce la piedra por triturar que se obliga a pasar entre dos muelas y se reduce al tamaño deseado.

De las muelas normalmente, sólo una es móvil, aún cuando hay modelos en que pueden serlo las dos.- La más utilizada es la de simple togle con excéntrico superior.



Las quebradoras de quijadas se clasifican por el tamaño de la boca de entrada. Esta medida se da en pulgadas (ancho X longitud) y van desde 10" X 16" hasta 50" X 60" con producciones desde 4 ton. cortas/hr. hasta 1680 ton. cortas/hr. (1 ton. corta = 907 Kg.)

La producción de una máquina se reduce considerablemente al incrementar la relación de trituración. La relación de trituración se define como la relación del tamaño de alimentación al tamaño del producto triturado, pudiendo variarse cualquiera de las dos. Para las trituradoras de quijadas esta relación es del orden de $8 \div 1$. Otro factor que influye en el rendimiento deseado es la velocidad angular del eje la cual debe ajustarse a la especificada por los fabricantes, pues aumentando la velocidad, la máquina se fuerza, sin lograr un aumento de producción que compense el desgaste.

3,4. TRITURADORAS DE CONOS.- UNIDADES SECUNDARIAS Y TERCIARIAS DE TRITURACION.

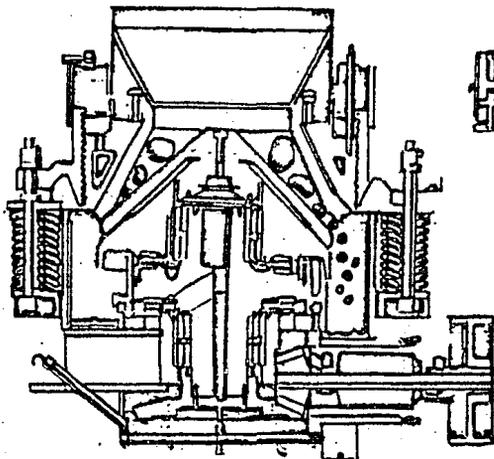
Constan de un cono con un movimiento excéntrico dentro de una envoltura y la exterior del cono son las que Trituran la piedra. La graduación del tamaño de salida se efectúa separando más o menos la envolvente del cono.

La quebradora consiste esencialmente de una superficie fija de trituración en la forma de un tronco de cono invertido alrededor del eje sobre el que gira una superficie movable de trituración que tiene la forma de un tronco de cono en posición recta. El material por triturar cae en el espacio entre las dos superficies de trituración y se quiebra cuando las superficies se acercan y cae el material triturado cuando las superficies se alejan.

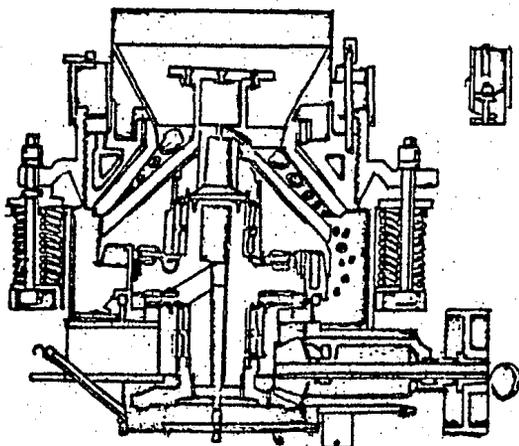
Otras ventajas además de su bajo costo de mantenimiento y de operación son:

- a) Producciones altas con alto índice de reducción (relación de trituración) del orden de 10 a 1.
- b) Poco desgaste por abrasión.
- c) Buen coeficiente de forma del material.
- d) Protección contra la introducción accidental de elementos no triturables (fragmentos metálicos) a base de resortes perimetrales.
- e) Dimensiones compactas que hacen práctica su instalación en grupos móviles de trituración.

Al igual que las quebradoras de quijadas la abertura de descarga será el elemento clave que aumente o disminuya la producción para las trituradoras de cono tipo "S" (Secundarias) y tipo "FC" (Terciarias).



A) TIPO "S"



B) TIPO "FC"

5. MEDIOS DE TRANSPORTE. CRIBADO Y LAVADO.

Los elementos que conforman este punto son bandas transportadoras o elevadores de cangilones, cribas vibratorias de uno o varios pisos y gusanos lavadores. -- Estos elementos son básicos para el buen funcionamiento - del grupo de trituración, ya que la descompostura de cual quiera de ellos detendrá parte del proceso de trituración o todo éste.

IV.3.c. TENDIDO POR MEDIO DE PAVIMENTADORAS

Dentro de la actividad de tendido de materiales asfálticos, el empleo en la actividad de pavimentadoras llamadas comunmente Finisher se ha generalizado, esto debido a 3 principales factores: su alto rendimiento en M³ colocados que, frecuentemente sobrepasa y por mucho el rendimiento de la planta productora de material asfáltico; su buena calidad de tendido final superior al dado con el empleo de motoconformadoras y finalmente la larga vida - - útil de este tipo de maquinaria. Estos equipos deben ser capaces de manejar toda clase de mezclas de asfaltos, deben distribuir y comprimir uniformemente estos materiales en una capa semiacabada, dejándola lista para la compactación final por cualquier método, debe compensar por irregularidades menores en la base y nivel, debe ser capaz de formar los abombados y elevaciones correctas y debe ser capaz de empujar camiones al tendido el material.

Las pavimentadoras estan compuestas de 2 unidades básicas: el Tractor y la Enrasadora. El Tractor recibe y manipula el material de pavimentación mientras tira de la Enrasadora hacia adelante. La Enrasadora distribuye y sitúa el material en una capa suave y compacta. Esta está fijada al tractor por brazos laterales. Estos no soportan la enrasadora cuando esta en la posición de pavimentación. La acción flotante de la Enrasadora, cuando es remolcada por el Tractor, compensa por cualquier aspere

za o irregularidad pequeña en la superficie base sobre la cual está operando la enrasadora.

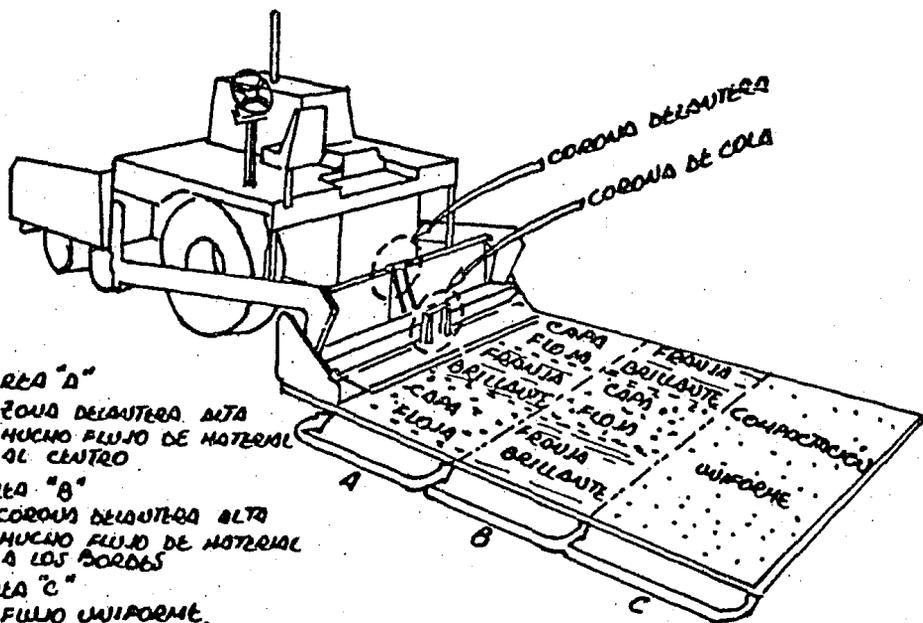
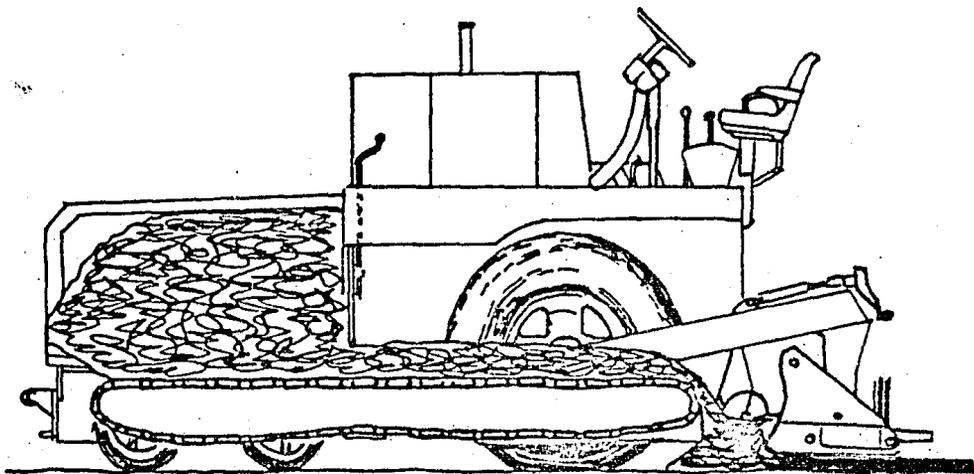
Los ajustes básicos en una pavimentadora --
son:

1. Compuertas de flujo: Estan ubicadas en -
la parte posterior de la tolva y permiten el paso de el --
material de la tolva al sinfín.

2. Sinfines y transportadores: Entrega mater
rial de la tolva a todo lo largo de la enrasadora. Su --
uso inadecuado provoca una mala pavimentación, pre-compac-
tación del material y desgaste excesivo del sinfín

3. Ajuste del abombado: Los ajustes de con-
trol del abombado o corona en el centro de la enrasadora -
suministran el contorno deseado del pavimento terminado. -
Existen dos zonas de ajuste localizadas al centro de la --
enrasadora una delante de otra en donde la primera contro-
la el flujo del material y la segunda da el acabado final-
de la capa.

4. Velocidad de pavimentación. Esta velo-
cidad debe tratar de igualar la velocidad de producción de
la planta de asfalto para mayor rendimiento al tener menor
error humano.



AREA "A"

ZONA DELANTERA ALTA
MUCHO FLUJO DE MATERIAL
AL CENTRO

AREA "B"

CORONA DELANTERA ALTA
MUCHO FLUJO DE MATERIAL
A LOS BORDOS

AREA "C"

FLUJO UNIFORME.

IV.3.d. COMPACTACION EN EL CAMPO

Como anteriormente dijimos, la compactación consiste en aumentar el peso volumétrico al reducir los vacios del material, aumentando la resistencia mecánica y la impermeabilidad del suelo, alargando de este modo la vida-útil del terraplen.

Los factores básicos que influyen en la - - compactación son:

- Contenido de humedad
- Granulometría del material
- Número de pasadas de equipo
- Peso del compactador
- Presión de contacto
- Velocidad del equipo de compactación
- Espesor de la capa a compactar

Dentro de la Construcción los equipos de -- compactación realizan su trabajo de cuatro maneras principales o combinación de las mismas.

a) PRESION ESTATICA. Este principio se basa en la aplicación de pesos grandes sobre la superficie - del suelo, de este modo, la compactación se realiza de -- arriba hacia abajo, alcanzando las capas superiores mayor densidad que las inferiores. Su principal inconveniente es la frecuente mala compactación de las capas inferiores, así como su bajo rendimiento al compactar adecuadamente.

b) COMPACTACION POR IMPACTO. Esta se logra aplicando repetidamente una fuerza sobre el suelo, con alta amplitud y baja frecuencia.

c) COMPACTACION POR AMASAMIENTO. Esta se lleva a cabo al penetrar una pata de cabra dentro de un material ejerciendo presión hacia todos los lados. De este modo la compactación se lleva a cabo de abajo hacia arriba densificando primero las capas inferiores y las superiores posteriormente. Este tipo de compactación se emplea generalmente en suelos cohesivos dando buenos resultados.

d) COMPACTACION POR VIBRACION. Este principio de compactación es el que mayor desarrollo ha tenido en los últimos años, debido a su eficiencia con respecto a compactadores de otro tipo. En este método se aplica una cierta presión, sometiendo al material a rápidas y fuertes vibraciones.

Debido a las vibraciones producidas, se reduce la fricción interna produciendo el acomodo de los espacios vacíos por las partículas del suelo. Otra característica de la compactación por vibración es su capacidad de compactación de un espesor mayor del material a compactar. La compactación se realiza de abajo hacia arriba.

Enumerando las ventajas de la compactación por vibración, tenemos:

- Debido a la presión estática y a los impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias a las cuales

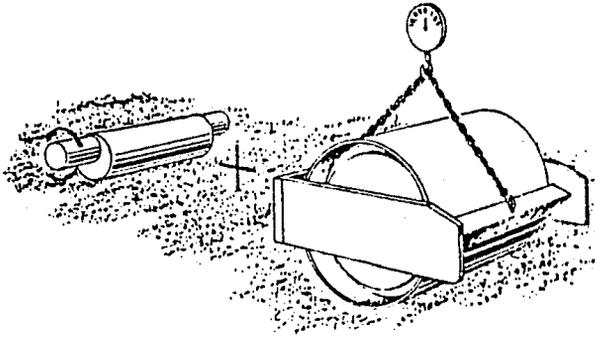
se ven sujetas las partículas del material, se puede lograr una buena compactación a un menor esfuerzo.

- Se puede trabajar sobre capas de mayor espesor.

- El costo se reduce al trabajo con equipos más pequeños con altos rendimientos de compactación.

A continuación se presentan algunos datos básicos relativos a la compactación por vibración.

Como anteriormente nombramos, la compactación por vibración se consigue por medio de la influencia del impacto y el peso estático del tambor contra el suelo. Cada compactador deberá estar equipado con un eje excéntrico necesario para producir la acción vibratoria. Un eje con un peso excéntrico gira con cierta frecuencia lo que ejerce una fuerza hacia afuera llamada fuerza centrífuga, la cual es proporcional al peso del excéntrico, la distancia entre la pesa y el centro de rotación y a la velocidad que gira dicho peso. Como ejemplo, supongamos tener una pesa a un extremo de una cuerda y que luego se empieza a darle vueltas. El tirón que se siente en la cuerda es la fuerza centrífuga generada al tirarla. Cuanto mayor sea la velocidad a la que se gira, tanto mayor será la fuerza sentida en la cuerda. Si se aumenta el peso al extremo de la cuerda, también será mayor la fuerza sentida.

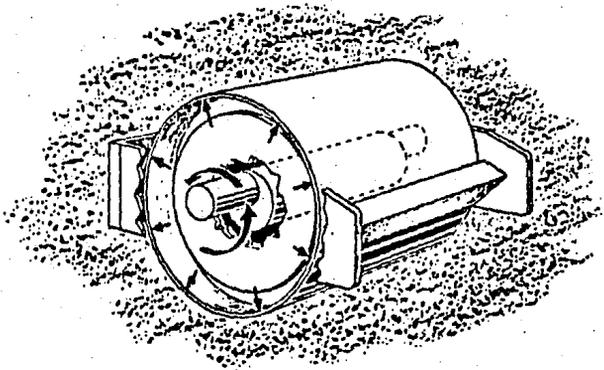


Todos los compactadores vibratorios producen fuerza centrífuga generada por el eje excéntrico, y la magnitud de esta fuerza está predeterminada de acuerdo con el tamaño del excéntrico y la velocidad de rotación. La fuerza centrífuga creada por el eje excéntrico se dirige en una distribución de fuerza de 360° de acuerdo con la rotación del eje excéntrico.

La fuerza centrífuga actúa dentro del - - - tambor o de la placa. Esta fuerza no es igual a la fuerza dinámica que se está impartiendo al suelo. La frecuencia (V.P.M.), amplitud y peso del tambor vibratorio, además de las propiedades del suelo, dependerán de los resultados de la fuerza dinámica generada. Esta fuerza no es una medida exacta del esfuerzo de compactación, sino proporciona un valor aproximado de acuerdo con la variación en el material del suelo. En consecuencia la fuerza total aplicada al suelo, será la suma de la fuerza centrífuga generada por el tambor vibratorio y el peso estático -- del mismo.

FRECUENCIA Y AMPLITUD

La frecuencia es la velocidad a la que gira el eje excéntrico. Cada máquina está diseñada para funcionar a una frecuencia determinada para dar una eficiencia máxima, ya que es así como se genera la máxima fuerza del tambor. El nivel de frecuencia se desglosa en una gama baja (500 - 1000), una gama media (1000 - 3000) y una gama alta (3000 - 5000) vibraciones por minuto (V.P.M.). Al girar a la frecuencia prescrita, el eje excéntrico desarrolla una fuerza centrífuga, mientras que el conjunto del tambor se desplaza de la posición de descanso y queda retenido dentro del sistema de aislamiento. La distancia vertical total cubierta por el tambor vibratorio se llama la amplitud, la cual está directamente relacionada al peso del tambor y a la conformación del eje excéntrico. La amplitud también depende de las propiedades del suelo.



La aplicación más efectiva de una máquina - está predeterminada por su frecuencia y amplitud. Por -- ejemplo, si la aplicación requiere la compactación de un - material muy elástico, para conseguirlo normalmente haría- falta una elevada amplitud y una baja frecuencia. La ra- zón de esta selección está en la necesidad de romper el ma terial cohesivo resistente; por consiguiente, para pene--- trar material de esta naturaleza es más conveniente una -- amplitud alta. Otro ejemplo sería la compactación de ba- ses bituminosas y otros tipos de superficies asfálticas -- que requieren el uso de altas frecuencias y bajas amplitu- des para obtener resultados satisfactorios.

IV.3.e. PAVIMENTOS ASFALTICOS

ASFALTO. DEFINICION.

El Asfalto es un componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución. El petróleo crudo se destila para separar sus diversas fracciones y recuperar el asfalto. Procesos similares producidos naturalmente han dado lugar a yacimientos naturales de asfalto.

Es un material de particular interés para el Ingeniero porque es un aglomerante resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se combina usualmente además, es altamente resistente a la mayor parte de los ácidos, álcalis y sales. Aunque es una sustancia sólida o semisólida a temperaturas atmosféricas ordinarias, puede licuarse fácilmente por aplicación de calor, por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación.

CARPETAS ASFALTICAS

La Carpeta Asfáltica es la capa o capas, formadas de agregados pétreos y asfalto, colocadas sobre la capa base. Su función es proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos. Debe te-

ner suficiente resistencia tanto al desgaste como a la - -
fractura para soportar las cargas. Debe ser antiderrapante
y no deformable.

Los materiales asfálticos para la Construcción de Carpetas son:

- CEMENTO ASFALTICO. Proviene de los as--
faltos refinados o al refinar el producto destilado de pe
tróleos en que predomina la base asfáltica. Es pesado y-
viscoso y tiene una consistencia semisólida cuando esta a-
la temperatura ambiente, debiendose calentar, o bien adel-
gazar con algún material fluido o con ambos, antes de su -
utilización.

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO. --
(FR). Son los materiales asfálticos líquidos, compuestos
de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la - -
nafta o gasolina.

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO. - -
(FM). Son los materiales asfálticos líquidos, compuestos
de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo del queroseno.

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO. - -
(FL). Son los materiales asfálticos líquidos, compuestos
de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatili-
dad o aceite ligero.

- EMULSIONES ASFALTICAS. Son los materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases - no posibles de mezclar, en los que la fase continua de la emulsión esta formada por agua y la fase discontinua por - pequeños glóbulos de asfalto. Dependiendo del agente - emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos de asfalto tienen carga electronegativa o catiónicas, si los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva. El uso de emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas dependerá del tipo de carga eléctrica que tengan los agregados pétreos. Las emulsiones asfálticas - pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento.

Las temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo serán las siguientes:

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

FL-0 DE 20°C a 30°C
FL-1 DE 30°C a 45°C
FL-2 DE 75°C a 85°C
FL-3 DE 85°C a 95°C
FL-4 DE 90°C a 100°C

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO

FM-0 DE 20°C a 40°C
FM-1 DE 30°C a 60°C
FM-2 DE 70°C a 85°C
FM-3 DE 80°C a 95°C
FM-4 DE 90°C a 100°C

- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO

FR-0	DE	20°C	a	40°C
FR-1	DE	30°C	a	50°C
FR-2	DE	40°C	a	60°C
FR-3	DE	60°C	a	80°C
FR-4	DE	80°C	a	100°C

- EMULSIONES ASFALTICAS

DE 5°C a 40°C

No deberán aplicarse riegos de materiales asfálticos cuando la temperatura sea menor de 5°C, cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento -- impida que la aplicación sea uniforme.

En México la producción de asfaltos se reduce a los asfaltos FM-1, FR-3, Cemento Asfáltico No. 6, - - Emulsiones, rompimiento rápido, medio y lento, Emulsiones-catiónicas y aniónicas y su compra se tiene que hacer para los asfaltos FM-1, FR-3 y Cemento Asfáltico No. 6 a PEMEX- en Cd. Madero, Tamps., para las emulsiones, su compra se - puede hacer a Caminos y Puentes Federales de Ingreso en -- Irapuato, Gto. o en Chontalpa, Tab.

Para la correcta conformación del pavimento se realizan pruebas de control de calidad a los asfaltos, a los agregados y a la mezcla de ambos. Como vimos antes los productos asfálticos los surten únicamente dependencias Gubernamentales, por lo que se considera en la mayoría de los casos que estos productos pasarán las pruebas de control. En el caso de los agregados y de su mezcla con los asfaltos, las pruebas más comunes son:

A) AGREGADOS

A.1.) Ensayo de Granulometría por via Seca

A.2.) Ensayo de Granulometría por via Húmeda
En el caso de que los agregados contengan polvo extremadamente fino o arcilla que puedan pegarse a las partículas más gruesas.

A.3.) Ensayo Los Angeles. Para medir la resistencia de los agregados al desgaste o a la abrasión.

A.4.) Ensayo de Resistencia a los Sulfatos

A.5.) Peso Específico

A.6.) Humedad

B) MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTACION

B.1.) Ensayo Marshall. El ensayo Marshall para mezclas asfálticas para pavimentación se emplea en mezclas con agregados pé----

treos cuyo tamaño máximo no exceda de 1". Las principales características del ensayo son el análisis densidad - huecos y -- los ensayos de estabilidad y fluencia sobre probetas de mezcla compactada. Ensayando varias muestras podremos obtener el contenido de asfalto óptimo de la mezcla a la deformación.

B.2.) Método de Hveem. Comprende tres ensayos principales.

- Ensayo del Estabilómetro
- Ensayo del Cohesímetro
- Ensayo del Equivalente Centrífugo en -- Queroseno (CKE).

Los dos primeros Ensayos se emplean en La laboratorio para proyectar mezclas con tamaño máximo de agregados de 1". El CKE se emplea también como ensayo de Obra.

El primer ensayo es de tipo Triaxial en -- donde se miden las presiones laterales de sarrolladas para valores verticales. El ensayo de Cohesímetro es una prueba de -- flexión en la que una probeta se rompe -- por tensión.

El último ensayo determina el contenido -- de asfalto óptimo al mezclarse Queroseno a los agregados para centrifugarse poste--riormente y agregarse aceite lubricante. --

La mezcla se deja escurrir un tiempo determinado y en base al peso de la nueva mezcla se calcula el contenido de asfalto - - óptimo.

- B.3.) Método Hubbard Field
- B.4.) Método Triaxial
- B.5.) Densidad y Huecos
- B.6.) Recuperación del Asfalto
- B.7.) Destilación
- B.8.) Entumecimiento

Las Carpetas de Mezclas Asfálticas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Carpetas en Frío
- Carpetas en Caliente
- Carpetas de Riegos

Para la Construcción de Aeropuertos se utilizan las dos primeras.

CARPETAS EN FRIO

Son las elaboradas con asfaltos rebajados o con emulsiones asfálticas, los cuales se incorporan a los agregados pétreos. El cementante usa como vehículo: Gas

lina o Queroseno, para el caso de asfaltos rebajados; en el caso de las emulsiones, se utiliza agua.

Los materiales asfálticos que deberán - - - emplearse en la Construcción de Carpetas Asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, serán rebajados de fraguado rápido o medio (Generalmente se utiliza el asfalto FR-3), o emulsiones de rompimiento medio o lento.

Antes de proceder a la Construcción de la Carpeta, la base deberá estar debidamente preparada e - - impregnada por un Riego de Liga. Este Riego de Liga se deberá hacer por medio de una Petrolizadora en toda la superficie que quedará cubierta con la Carpeta utilizando -- asfaltos rebajados (principalmente Asfalto FM-1), o emulsiones de rompimiento rápido.

Cuando el Riego de Sello adquiera la viscosidad especificada por el Laboratorio se procedera a tender la Carpeta elaborada en Plataforma. El procedimiento de elaboración consiste en la incorporación de asfalto o emulsión al agregado pétreo acamellonado. Esta incorporación se realiza por volumen, en forma aproximada; el material se revuelve por medio de una Motoconformadora para su posterior traslado al sitio de su colocación; en donde sustenido se podrá hacer con Motoconformadora o con Finisher. La Compactación se deberá hacer cuando la Carpeta haya perdido prácticamente todo el solvente o agua contenida.

El factor principal a cuidar es la humedad de los agregados y en el caso de trabajar en zonas muy húmedas se recomienda usar emulsiones.

CARPETAS EN CALIENTE.

CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.

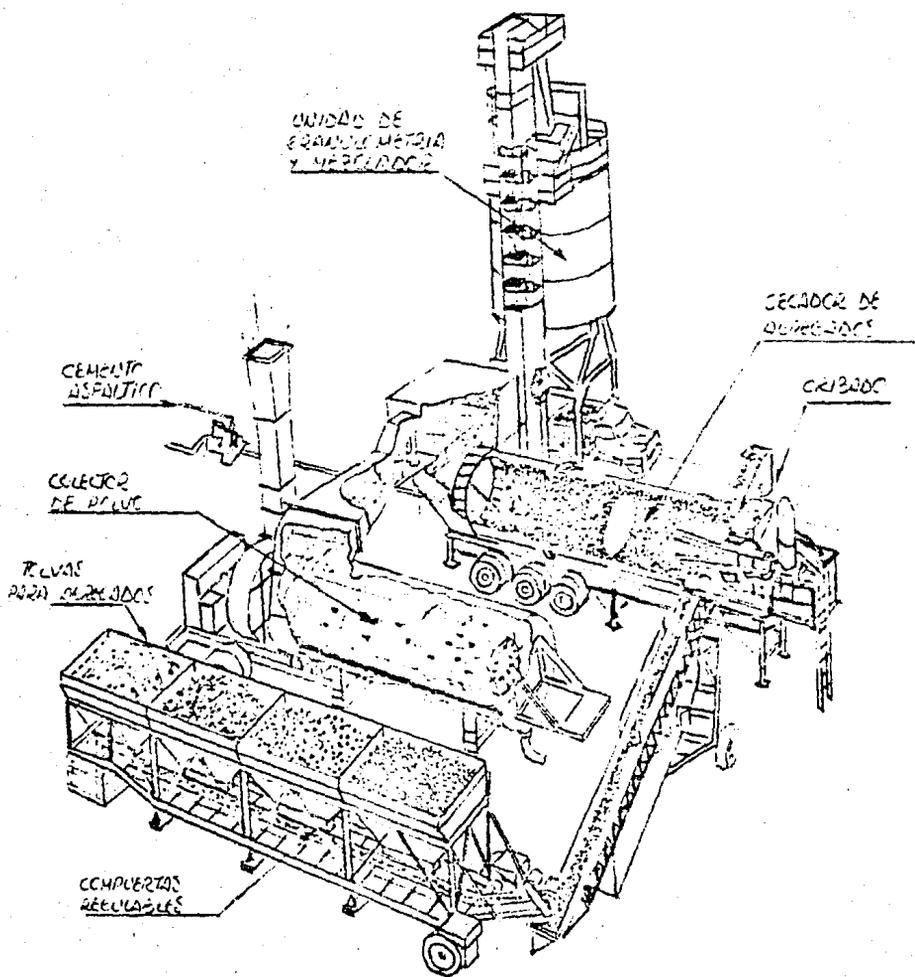
Estas Carpetas proporcionan los pavimentos de más alta calidad, los cuales son elaborados en plantas estacionarias en donde se lleva un riguroso control tanto del aglutinante como de los agregados de los que se lleva un registro de calidad, cantidad y tamaños. En estas plantas los agregados y el asfalto son calentados a una temperatura superior a los 150°C, después de lo cual son mezclados hasta lograr una mezcla homogénea, la cual es transportada y colocada en el lugar estando aún caliente, realizando inmediatamente la compactación de la misma.

Al igual que en el procedimiento de mezcla en el lugar, es necesario preparar la base por medio de un barrido y un riego de liga.

Las instalaciones mezcladoras modernas para la obtención de concretos asfálticos en caliente, han llegado a tal punto de perfección mecánica que cuando se instalan y regulan adecuadamente la producción de mezcla uniforme es casi automática. Mediante el empleo de controles eléctricos e hidráulicos y dispositivos automáticos un sólo hombre puede iniciar el proceso y vigilar la instalación mientras ésta realiza los diversos ciclos de dosificación automática, mezclado en seco, pesado y adición del asfalto, mezclado y descarga de la mezcla en los camiones.

Los elementos que constituyen las plantas -
de asfalto son:

- a) Tolvas alimentadoras de agregados con --
compuertas regulables.
- b) Cribas para clasificación de agregados
- c) Secador de agregados con inclinación - -
ajustable
- d) Colector de polvo
- e) Equipo para almacenar y calentar el ce--
mento asfáltico con dispositivos de medi
ción de temperaturas.
- f) Dispositivos de dosificación del cemento
asfáltico.
- g) Mezcladora de agregados y cemento asfál-
tico.
- h) Dispositivo para agregar finos.



PLANTA DE ASFALTO

IV.3.f. CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

NUEVOS DESARROLLOS

REUTILIZACION DEL PAVIMENTO

La Reutilización o reciclaje y la recuperación de materiales de pavimentos gastados constituyen una tendencia que atrae interés Internacional. Ha generado una completa y nueva línea de maquinarias y conducido a cambios y modificaciones en las existentes.

Uno de los primeros perfeccionamientos fue el de montar un tambor rotatorio al cual se le habían empernado puntas de corte cónicas en la parte inferior de una explanadora motorizada. Este accesorio, que originalmente tenía un ancho no mayor de 1 M, estaba concebido para triturar y moler, a manera de preparación para la repavimentación de una calle. En comparación, las Quebradoras o Cepilladoras en frío de la actualidad pesan hasta 30 ton. y pueden cortar trozos de pavimento hasta de 5.4 M de ancho, con profundidades que llegan a 30 cm.

Tradicionalmente, los trozos cortados se descartaban, pero a medida que aumentó la productividad de los equipos de trituración, la idea de recuperarlos se hizo más interesante y factible. Los experimentos iniciales, en los cuales se colocaron dichos trozos en una planta de mezcla en caliente, según el sistema convencional,

no fueron exitosos porque al quemarse creaban problemas de emisión de gases. Se obtuvieron mejores resultados cuando los trozos se introdujeron a medio camino en el cilindro de mezcla en caliente mientras se añadía agregado fresco en la forma convencional. La proporción entre material fresco y usado varía entre 20 a 80 y 50 a 50, según las condiciones locales.

La trituración del asfalto viejo sirve también para mejorar el producto final. Las trituradoras tipo impacto de baja velocidad son adecuadas para este fin. Su ventaja es que no crea finos. Las pavimentadoras y cilindradoras convencionales siguen siendo aceptables para operaciones de tendido.

Una desventaja del proceso de reciclaje en caliente eran los acarrees que se tenían con los trozos, de la Obra a la planta y viceversa. En la actualidad, existen plantas de mezcla en caliente montadas en remolques con capacidad hasta de 100 ton. por hora formando un tren de equipos para reciclar en el sitio el 100% del material.

En un sistema de reciclaje en frío se emplea una trituradora equipada de forma tal, que surte un aditivo líquido para aglomerar el asfalto a medida que muele el pavimento. Del material triturado se saca el aglomerante y cualquier agregado que fuese necesario para preparar la adecuada proporción de mezcla de material nuevo y viejo (esta se establece a base de pruebas). El material reciclado se disemina y compacta con máquinas comunes

y la superficie final se protega con un revestimiento para sellar. Todo se hace en el propio sitio, en una sola pasada.

Actualmente, se recicla inclusive en los pavimentos hidráulicos. El concreto extraído y triturado puede utilizarse como sub-base granular y como agregado en una mezcla de reutilización. El mayor problema para reutilizar concreto es el de hallar una forma fácil de romper y remover el pavimento; para este fin se han ideado una infinidad de equipos tales como desgarradores, sierras, martillos, etc. El equipo más singular es una nueva máquina del tamaño de un gran compactador con rueda de acero, la cual utiliza vibraciones de alta frecuencia para romper el pavimento. Los escombros se acarrearán con un cucharón de arrastre. Su herramienta de corte vibratorio puede penetrar de 5 a 7 cm. en el concreto, a una velocidad hasta de 30 M/Min. Otra ventaja de este equipo es que no deteriora las instalaciones subterráneas del servicio público.

TEXTILES

Los geotextiles constituyen uno de los recientes desarrollos en Ingeniería. Soluciona problemas de estabilización y drenaje de suelos. Son permeables pero retienen la tierra y sirven a menudo para estabilizar suelos blandos y húmedos sobre caminos de poco volumen de tráfico. Puede colocarse relleno directamente encima del geotextil, evitando que se pierda en la tierra blanda, y disminuyendo, así, la cantidad de relleno requerida.

El geotextil se puede reforzar con fibra de vidrio, pudiendo utilizarse de este modo en reencarpeta-- dos, utilizándose como unión polimeros asfálticos.

IV.3.g. OTROS MATERIALES DE PAVIMENTACION

En búsqueda de mayor eficiencia de los materiales para pavimentación y un mayor rendimiento con relación al costo, se han desarrollado investigaciones sobre aditivos especiales para corregir deficiencias de los materiales tradicionales para pavimentación.

Los superreductores de agua (Superplastificantes) pueden modificar las mezclas de concreto con cemento Portland en pavimentos hidráulicos con el fin de obtener mayor resistencia.

El caucho, utilizándolo como aditivo en mezclas de concreto asfáltico produce una mezcla elástica para capas de sellado, y en capas intermedias disminuye la deformación previniendo agrietamientos.

Para la adhesión entre el cemento asfáltico y el agregado, la cal hidratada, la amina y los óxidos férricos en pequeñas cantidades, han dado buenos resultados. Hay varios tipos de fibras que, agregadas al cemento Portland o a los concretos asfálticos, aumentan la resistencia a la fractura de los pavimentos.

Con el fin de impermeabilizar la superficie se han desarrollado varios métodos, uno de los cuales produce un sellado interno producido por glóbulos de cera en reemplazo de una pequeña parte de agregados, del cual, des

pués del curado de concreto se calienta la superficie, deritiendo la cera y formando un bloque impermeable. Otro método que ha dado buenos resultados es el uso de estos -- nuevos materiales, salvo en raras ocasiones, no justifican su uso debido al gasto adicional y las complicaciones que se presentan en las mezclas.

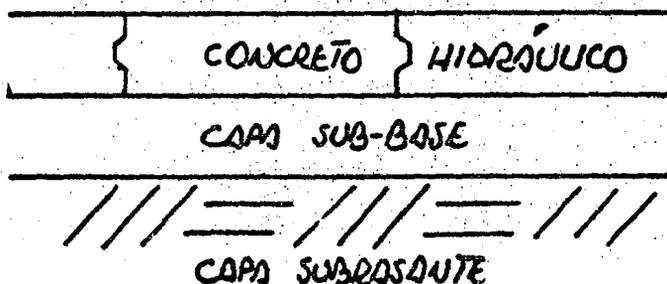
Una excepción a este caso fue la pavimentación del tramo Cárdenas - Villahermosa de la carretera --- Coatzacoalcos - Villahermosa, realizada en 1985, en donde se empleo una mezcla en caliente de arena, azufre y asfalto, debiéndose hacer esto debido a la gran distancia de -- los bancos de grava respecto a la Obra. Las ventajas -- observadas del uso de esta mezcla fueron: Economía de Asfalto y Mejor Estabilidad y Resistencia. Las proporciones de los ingredientes fueron: Azufre, 10% del peso de la Arena y Asfalto No. 6, 6% del peso de la Arena. El Azufre empleado puede ser sólido o líquido, dando mejores resultados el líquido, ya que el Azufre sólido produce un -- polvo muy fino, que al estar en suspensión en el aire produce molestias al personal, como irritación en los ojos y en la piel a pesar del equipo de protección.

CAPITULO V

V. PAVIMENTOS RIGIDOS

V.1. DEFINICION

Los pavimentos típicamente rígidos, son los de concreto, los cuales difieren mucho de los de tipo flexible. Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten a una área muy amplia de la subrasante. La losa, por su rigidez, tiene un comportamiento estructural como si fuera una viga y absorbe prácticamente toda la carga soportando excelentemente todas las condiciones de tráfico intenso pesado sin afectar su calidad y durabilidad. El concreto utilizado será de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ teniendo espesores de losa en el rango de 30 a 56 cm para pavimentos de concreto simple.



V.2. TRABAJOS PREVIOS.

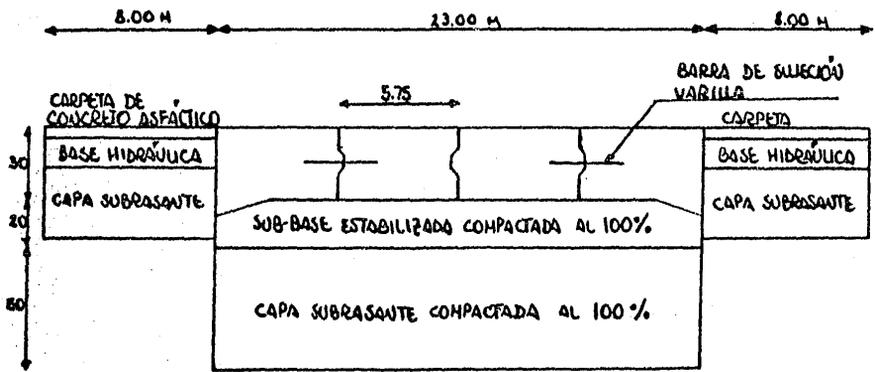
Antes de iniciar los trabajos de colocación de concreto se deberá tener la sub-base dentro de los niveles especificados, ya que el no estar construyendo dentro de las tolerancias puede causar serios problemas al avance de la Obra y consecuentemente, el costo de la misma hacia el Constructor aumentará. En el caso de que los niveles queden abajo habrá que rellenar y renivelar hasta el nivel de proyecto. En el caso de que los niveles estén altos, se tendrá que recortar la sub-base hasta el nivel de proyecto, esta actividad no es fácil, tomando en cuenta la -- granulometría del material de sub-base que es generalmente hasta de 2"Ø, por lo que seguramente se recortará más volúmen y se tendrá que sustituir por concreto, provocando costos mayores.

Como podemos advertir el cuidado de niveles y preparación de la sub-base, será de gran importancia para la buena realización de la Obra.

Finalmente se recomienda humedecer la sub-base, a fin de no perder humedad al colocar el concreto.

V.3. FABRICACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO.

3.1. FABRICACION. Para la fabricación -- del concreto es necesaria la utilización de un equipo de -- dosificación, el cual deberá tener un sistema de alimenta-



SECCIÓN CALLES DE RODAJE
MARATUÁN, SIV.

ción para cemento, ya sea envasado o en silos. Deberá tener tolvas pesadoras, básculas y controles de dosificación para el cemento, agregados y agua. El equipo de fabricación, por ser esencial en la Construcción de pavimentos rígidos, tendrá una producción mayor estimada que la mínima-requerida.

El revenimiento en la mezcla por especificaciones será de un valor muy bajo, teniendo como máximo de 6 cm (+ 2.5) y siendo necesario en algunos casos el uso de aditivos fluidizantes o retardadores.

3.2. TRANSPORTE. Para transportar el concreto al sitio de colado se necesitan equipos que garanticen la entrega del concreto de buena calidad, sin segregación y sin pérdida de humedad.

El elemento básico en la decisión sobre que tipo de equipo utilizar, es la distancia de acarreo de la dosificadora al sitio de su colocación. Para distancias hasta de 3 km. y en caminos parejos se pueden utilizar camiones de volteo con la caja en buen estado y que selle perfectamente. En este caso es recomendable cubrir la caja con lona para evitar la pérdida de humedad.

Para distancias mayores se deberán utilizar camiones con caja en forma de media pera equipado con un agitador dentro de la caja y vacía la caja mediante volteo (dumpcrete).

El uso de ollas revolventoras no es recomendable, ya que este equipo maneja concretos con revenimientos altos.

Después de cada viaje de concreto es necesario lavar las cajas de los camiones para retirar cualquier material adherido o seco.

V.4. COLOCACION, COMPACTACION Y TERMINACION.

Estas actividades se pueden dividir en dos grandes grupos:

a) EQUIPOS CON CIMBRA DESLIZANTE.

b) EQUIPOS CON CIMBRA ESTACIONARIA.

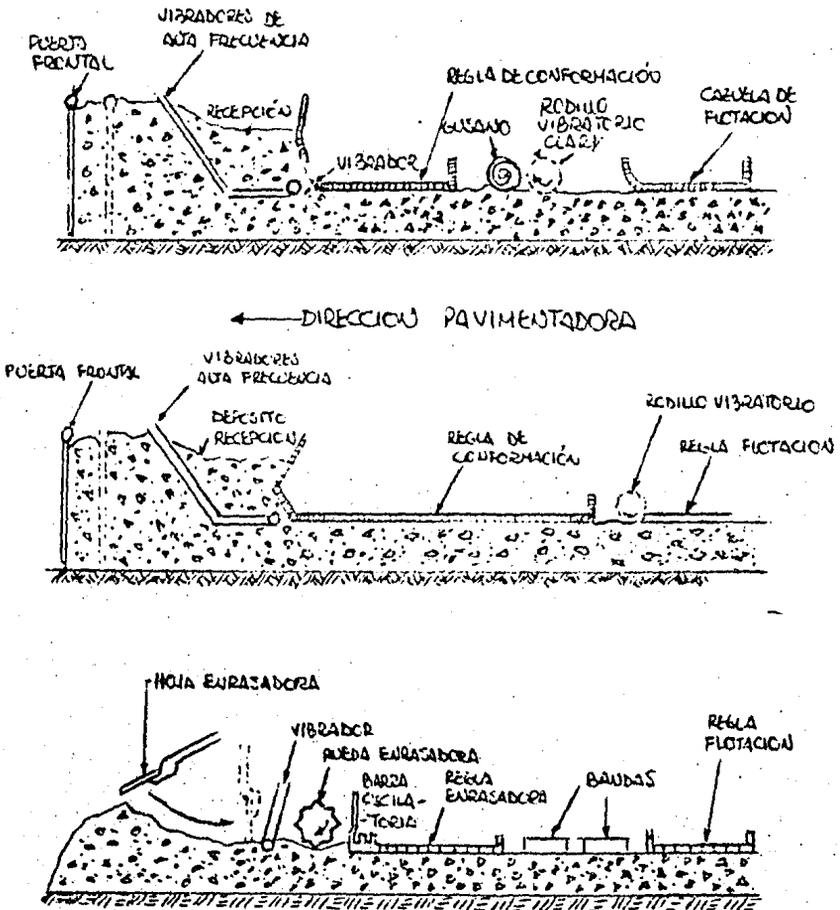
a) EQUIPOS CON CIMBRA DESLIZANTE.

En la actualidad, el empleo de extendedoras de concreto deslizantes se ha generalizado en trabajos donde sea necesaria la colocación de concretos en gran escala, esto sucede debido al alto rendimiento, al ahorro en mano de obra y en general al menor costo en comparación al de cimbra fija.

Existen diferentes sistemas (ver Fig. A) de colocación, compactación y terminación con cimbra desli

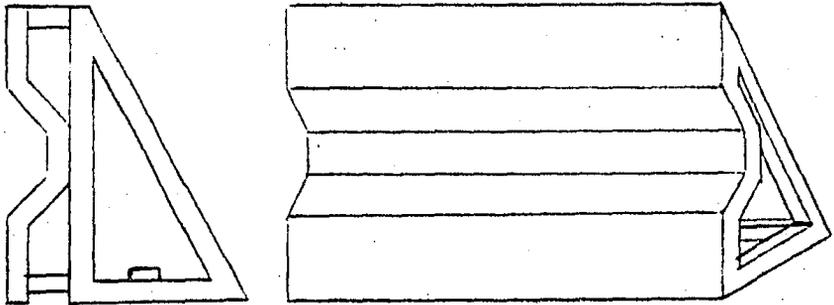
zante, pero en general todos estos sistemas son combinaciones de depósitos de recepción vibradores de alta frecuencia, enrasadoras, gusanos y conformadoras. Al igual que las extendedoras de asfalto, el rendimiento de las primeras depende del rendimiento de la dosificadora.

FIG. 4.- EQUIPO PARA COLOCACION, COMPACTACION Y TERMINACION CON CIMBRA DESLIZANTE



b) EQUIPOS CON CIMBRA ESTACIONARIA.

Para efectuar este tipo de colados es necesario tener con anterioridad colocadas formas estacionarias, las cuales generalmente son de acero y de 3 M. de largo con aditamentos que permitan su rápida alineación y colocación para quedar perfectamente unidas entre sí, y un sistema de fijación a la sub-base, de no menos de 3 pijas por forma.



CIMBRA ESTACIONARIA

La ventaja que presenta el uso de estas formas es su facilidad de nivelación y el no tener desplomes en los hombros (caso frecuente al emplear cimbra deslizante). Estos aspectos y principalmente el primero pueden influir mediante un estudio económico y de control de calidad a construir Aeropuertos utilizando este método, desechando la cimbra deslizante.

La actividad de colocación y compactación es por medio de la conjunción de extendedoras, enrasadoras vibradores profundos (peines), rodillos vibratorios (equipo Clary) y reglas vibratorias para el acabado (equipo magines). Estos equipos deberán colocar 5 a 6 M. de ancho por pasada.

V.5. TERMINADO FINAL.

Para realizar esta actividad se utiliza frecuentemente cepillos de raíz o banda con el fin de dar un acabado a la superficie sin alterar ésta.

V.6. ASERRADO DE JUNTAS DE CONSTRUCCION.

Esta actividad se realiza entre 8 y 10 hrs. después de efectuado el colado y tiene como fin el formar juntas que absorban las contracciones por cambios de temperatura, que de no hacerse fracturarían la losa. Para el aserrado se usan discos de diamante de 1/8" y 1/4", aserrando a una profundidad de 1/4 del espesor de la losa, debiéndose tener siempre una máquina más de repuesto de las necesarias.

V.7. APLICACION DE SELLADOR EN JUNTAS.

Posteriormente al aserrado es necesario el colocar sellador en las juntas. En esta actividad se recomienda el empleo de 2 tipos de producto, siendo el más barato el que se colocará en el fondo de la junta, sellando los 2 cms. superiores con el sellador más caro, teniendo de este modo ahorros significativos en esta actividad.

V.8. APLICACION DE PELICULA DE CURADO.

La actividad de curado se deberá hacer por medio de membranas colocadas cuando el concreto pierde el brillo de la humedad después del colado, pudiéndose utilizar equipos de aspersion similares a los usados para fumigar.

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES.

Dentro del progreso Humano un elemento básico para el desarrollo del mismo, ha sido el aumento en calidad y capacidad de los elementos de infraestructura en los sistemas de transporte. Para las vías terrestres, se han tenido que desarrollar nuevas técnicas para la Construcción de las mismas, buscando siempre la optimización de los recursos tanto económicos como materiales existentes. Esta labor de optimización cae dentro del campo de trabajo de la Ingeniería Civil; de este modo el Ingeniero Civil no se encarga únicamente de la labor de Construcción sino debe también poder planear, dirigir, administrar y controlar cualquier tipo de Obra. Dentro de Obras de pavimentación como carreteras, caminos, calles, aeropuertos, plataformas, etc., es necesario el buen conocimiento de los recursos, así como de las técnicas de Construcción. Este trabajo trata de introducir básicamente estos conocimientos enfocados hacia la Construcción de pistas y plataformas para aeronaves.

Para la Construcción de terracerías y pavimentos tenemos como primeros elementos los materiales que constituirán los mismos, así como el manejo que deberán tener éstos para su correcta utilización. Dentro de este manejo, frecuentemente será necesario el mejoramiento de los materiales (estabilización), a fin de mejorar las características de los mismo.

La obtención de gravas para la fabricación de capas del pavimento asfáltico o hidráulico, es otro fac

tor importante en la Construcción de un Aeropuerto. En esta Tesis, este tema se trata, dentro del capítulo de pavimentos, en donde se procura enseñar la técnica de explotación de bancos con explosivos, así como se trata de enseñar básicamente el equipo que interviene en la trituración de la roca al tamaño requerido para su posterior utilización.

En la Construcción de las capas del pavimento, el tendido y compactación de los materiales es otro -- aspecto esencial dentro de la Obra, éste está ligado íntimamente a la calidad del trabajo en general, por lo que -- tiene que dársele prioridad al control (de niveles, topografía, compactación, y granulometría) de estas actividades, -- ya que el gasto que se tenga por éste, reedituará económica -- mente para el bien de la Obra.

Para la elaboración de pavimentos flexibles es necesario el conocimiento de las propiedades de los productos asfálticos, así como las características del equipo para fabricación, tendido y compactación, ya sea de concreto asfáltico o de asfaltos en general. De este modo, para pavimentos flexibles, se deberán colocar superficies de rodamiento constituidas generalmente por agregados pétreos y cemento asfáltico, los cuales formarán la llamada carpeta asfáltica.

En el caso de pavimentos rígidos la conformación de capas es generalmente de la siguiente forma: capa subrasante, sub-base y losa de concreto hidráulico. Esta última está formada por concreto hidráulico generalmen-

te con una $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y un espesor entre 30 y 56 - cms.

El manejo y conocimiento de los elementos - que conforman la Construcción de un pavimento es el objetivo de esta Tesis, de este modo, los aspectos de diseño y - control están incluidos en este trabajo. Igualmente el - aspecto económico no se incluye en esta Tesis, ya que, el - costo de Construcción requiere otro tipo de estudios basa- dos principalmente en las características y rendimientos - de los recursos a disponer.

Finalmente, no se debe olvidar la importan- cia que da la experiencia dentro de la Construcción de --- cualquier Obra, al igual que en cualquier otro aspecto de- la vida.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

1. RUSSELL L. ACKOFF
"PLANEACION DE EMPRESAS"
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
MEXICO, D. F., 1986.
2. ANTHONY J. TARQUIN Y LELAND T. BLANK
"INGENIERIA ECONOMICA"
EDITORIAL MCGRAW - HILL
MEXICO, D. F., 1978
3. JESUS MONCAYO V.
"MANUAL DE PAVIMENTOS"
EDITORIAL CECSA DE MEXICO
MEXICO, D. F., 1980
4. ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO
"LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES
VOLUMEN I"
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
MEXICO, D. F., 1982
5. JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ
"MECANICA DE SUELOS TOMO I"
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
MEXICO, D. F., 1980

6. JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ
"MECANICA DE SUELOS TOMO II"
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
MEXICO, D. F., 1980
7. PECK, HANSON Y THORNBURN
"INGENIERIA DE CIMENTACIONES"
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
MEXICO, D. F. 1983
8. JULIAN NAME
"COSTOS Y EMPLEO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION EN
VIAS TERRESTRES"
CURSO DE ACTUALIZACION
SAHOP, 1976
9. A. BRINTON CARSON
"GENERAL EXCAVATION METHODS"
MCGRAW - HILL COMPANY NEW YORK, N. Y., 1978
10. THE ASPHALT INSTITUTE
"MANUAL DEL ASFALTO"
COLLEGE PARK, MARYLAND, U.S.A., 1980
11. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
"APUNTES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS"
MEXICO, D. F., 1981
12. MARTIN Y WALLAGE
"PAVIMENTOS ASFALTICOS"
EDITORIAL AGUILAR
MEXICO, D. F., 1976

13. ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION, SCT
MEXICO, D. F., 1984

14. HENRY MOZAZER
"CONSTRUCCION DE CAMINOS: NUEVOS DESARROLLOS, -
MAYOR EFICIENCIA.
DESARROLLO NACIONAL AMERICA LATINA
ENERO/FEBRERO, 1985

15. RICHARD W. MAY
"MATERIALES DE PAVIMENTACION"
DESARROLLO NACIONAL AMERICA LATINA
JUNIO/JULIO, 1983

16. BLAW - KNOX
"MANUAL DE PAVIMENTOS"
BLAW - KNOW, U.S.A.
MATTOON ILLINOIS, U.S.A. 1984

17. INGERSOLL - RAND
"COMPACTACION"
MANUAL DE DATOS INGERSOLL - RAND, U.S.A. 1979

18. TAMROCK
"HANDBOOK OF SURFACE DRILLING AND BLASTING"
TAMROCK, FINLAND. 1978

19. DUPONT
"MANUAL DE USO DE EXPLOSIVOS"
DUPONT
MEXICO, 1974

20. "GOMACO WORLD, VOL 13, No. 6"
SLIPFORM PAVER, IOWA, U.S.A., 1985

21. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE
INGENIERIA, U N A M.
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO I"
MEXICO, D. F., 1985