



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

OBTENCION DE MATERIALES Y ELABORACION
DE MEZCLA ASFALTICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
HOMERO AMBRIZ BAEZ



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO.	PAG.
I. INTRODUCCION.	4
II. LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES. PETREOS.	5
II.1 GENERALIDADES.	5
II.2 LOCALIZACION DE BANCOS.	7
II.3 EXPLORACION Y MUESTREO DE BANCOS.	10
II.4 MATERIALES ENCONTRADOS EN LOS BANCOS.	14
III. EXTRACCION DE MATERIALES.	17
III.1 EXPLOTACION DE ROCA.	17
III.2 TRABAJOS PRELIMINARES.	18
III.3 CLASIFICACION DE LAS ROCAS.	18
III.4 PRUEBAS PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DE UNA ROCA.	19

III.5	EXTRACCION.	20
III.5.1	SELECCION DEL EQUIPO DE PERFORACION.	21
III.5.2	SELECCION DEL TRAZO PARA LA PERFORACION.	23
III.5.3	DETONACION DE LAS CARGAS.	23
III.5.4	DEFINICION DE TERMINOS.	26
III.5.6	ABERTURA DE UN BANCO.	27
IV.	TRITURACION.	30
IV.1	DESCRIPCION.	30
IV.2	PRINCIPIOS DE TRITURACION DE LAS ROCAS.	32
IV.3	TRITURADORAS.	33
IV.3.1	QUEBRADORA DE QUIJADAS.	34
IV.3.2	QUEBRADORA GIRATORIA.	35
IV.3.3	QUEBRADORA DE RODILLOS.	37
IV.3.4	TRITURADORA DE MARTILLOS Y DE IMPACTO.	38

IV.3.5	TRITURADORA DE MOLINO DE BARRAS Y BOLAS.	41
IV.4	DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA DE UN MATERIAL.	41
IV.5	DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO DE UN MATERIAL.	43
IV.6	SELECCION DE UNA TRITURADORA.	43
V.	ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA.	45
V.1	MATERIALES.	45
V.2	MATERIALES ASFALTICOS.	46
V.3	MEZCLAS ASFALTICAS.	47
V.4	PLANTAS DE PRODUCCION DISCONTINUA.	48
V.5	FUNCIONES DE LAS DIFERENTES PARTES DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DISCONTINUA.	49
V.6	PLANTA DE PRODUCCION CONTINUA.	59
V.7	GRANULOMETRIAS USADAS EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA.	60
V.8	CONTROL DEL CONTENIDO DE ASFALTO EN LA MEZCLA ELABORADA.	64
VI.	CONCLUSIONES.	69

I. INTRODUCCION

El crecimiento económico de un país va acompañado por el desarrollo de sus vías de comunicación de un modo importante.

La expansión económica que ha experimentado México desde ya hace varios años hizo que el país enfocara inversiones para la construcción de carreteras competentes y con los cambios que se requieren ir actualizando de acuerdo a los adelantos tecnológicos, que se han venido dando año con año. De esta forma en la actualidad México, se puede decir que cuenta con un amplio sistema carretero para satisfacer las necesidades de transporte. Actualmente la construcción de carreteras ha ido en aumento constante.

Año con año los programas para construcción de nuevas carreteras aumenta de modo considerable.

Los motivos para tomar el criterio de construir una nueva carretera puede ser:

- 1.- Integrar a núcleos de población que se encuentran marginados a los beneficios de la sociedad como educación, atención médica, etc. Integrándolos a la vida social del país.
- 2.- Llevar los productos producidos por las regiones agrícolas a los centros de consumo.
- 3.- Incrementar la capacidad de transporte de personas y mercancías de zonas que se encuentran ya comunicados pero su crecimiento obliga a la construcción de nuevas carreteras por volverse las primeras construidas, obsoletas.

Considerando la importancia de las carreteras, calles y avenidas de un país, las

decisiones sobre los trazos, diseños de pavimentos y conservación de los pavimentos existentes son llevados a cabo por gente experimentada en esta área y que a lo largo de los años ha podido observar como cambian las condiciones y los criterios para la construcción de una carretera.

Con el aumento del peso de los vehículos de carga se ha hecho necesario construir las carreteras que no se habían diseñado para estas nuevas condiciones de intensidad de carga y número cada vez mayor de vehículos.

Las alternativas de pavimentos en general se separan en dos grupos: Pavimento Rígido y Pavimentos Flexibles, quedando a criterio del valuador el tipo de pavimento que convenga a las condiciones económicas del país, pero es obvio que para una u otra alternativa, se tienen que utilizar materiales con características similares.

Por todo lo anterior es indispensable encontrar la economía en los materiales que se vayan a utilizar empezando desde su localización y procesos subsecuentes, apegándose a los requerimientos de calidad.

El objeto del presente escrito es hacer una breve descripción de los trabajos que el ingeniero tiene que realizar previamente a la ejecución de una obra, en cuanto a la localización, explotación, extracción, trituración y procesamiento de los materiales pétreos, enfocados, en este caso para la elaboración de mezcla asfáltica, ya que en si este trabajo pretende seguir una secuencia, que comprende desde el inicio (localización de bancos) hasta la elaboración de un producto, con los materiales obtenidos. Cabe mencionar que solamente se hará una breve descripción de dichos procedimientos ya que los temas son muy extensos y por lo mismo en este escrito se tratará de resumirlos tratando de explicar lo más importante. Se mencionara en el primer capítulo lo más

relevante, en cuanto a la localización de bancos de materiales idóneos para la elaboración de mezcla asfáltica.

Es obvio que para la elaboración de la mezcla se tienen que realizar otros procesos como son: Extracción de los materiales y trituración de los mismos, para la extracción de los materiales se cuenta con equipo de muy diversas capacidades y cualidades que le permiten adecuarse a cada caso que se presente en la práctica, ya sea este, extracción con tractor o con explosivos, siendo estos últimos los que se utilizan con mayor frecuencia en la explotación de canteras. El equipo de perforación es una herramienta primordial en la extracción de materiales, este equipo se utiliza desde la perforación con fines de exploración, pudiéndose obtener desde esta etapa, perfiles estratigráficos del banco en estudio. Por otra parte este mismo equipo se usa para la barrenación del macizo rocoso, con fines propiamente para la extracción con explosivos.

En la obtención de materiales con explosivos lo más importante es que los materiales que se obtengan de esta operación cuenten con un tamaño adecuado, apeandose a los tamaños requeridos, para que posteriormente no se les tenga que hacer una segunda reducción.

Lo que continúa después de la extracción es la carga y acarreo, del material obtenido, ya sea que se tenga que transportar para la alimentación de una quebradora o para pedraplenes, para cualquiera de los dos casos, se tendrá que estudiar el ciclo de cada máquina, para así obtener mejores resultados.

La trituración es un proceso por el medio del cual se imparte un dimensionamiento, a las rocas, para lo cual se cuenta con maquinaria especial para este efecto. Por medio de estas máquinas se obtiene una granulometría del material, que posteriormente se

utilizará en obras de ingeniería, la granulometría obtenida depende de cada máquina, su selección es importante y se deberá de hacer en base al tamaño del material que se tenga que alimentar, teniendo en cuenta también que la capacidad de las trituradoras disminuye por factores como son, la dureza y forma del material.

Por último en este trabajo se estudiará la elaboración de la mezcla asfáltica, que es en esta etapa, en donde se le da un uso de terminación de un producto utilizando los agregados obtenidos en las etapas anteriores. Se le dará mayor importancia a la elaboración de la mezcla asfáltica " caliente " ya que cuenta con un alto grado de calidad, principalmente la que se obtiene de plantas de producción intermitente o también llamadas de producción discontinua, a este tipo de plantas es a lo que se enfocará principalmente este capítulo, considerando para lo cual que la calidad es lo principal que se persigue en una obra, debido a que esto representa seguridad para los usuarios. Se describirán las partes que integran a estas plantas con el propósito de que en su operación se puedan encontrar con facilidad las fallas más comunes y más importantes que se presentan en la elaboración de la mezcla.

También se describirán algunas pruebas de laboratorio que se les tiene que hacer a los materiales y a la mezcla obtenida.

En general este trabajo trata de dar una información didáctica sin introducirse a deducciones matemáticas, considerando que para cada tema tratado influyen muchos factores, y que, estos los tendrá que analizar ya en la práctica el ingeniero que tenga que realizar dichos trabajos, apoyándose sí entonces, en métodos matemáticos, de los cuales obtenga, eficiencias, ciclos por máquina, costos etc.

II. LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES PETREOS.

II.1 Generalidades.

Casi la totalidad de las obras de ingeniería Civil, ya sea en el campo de las carreteras, de los aeropuertos, presas, etc. utilizan como materiales básicos los diferentes tipos de suelos encontrados en la naturaleza, empleándolos en forma de rocas, gravas, arenas, arcillas, etc. todos estos llamados agregados. Algunas veces se tiene suerte de encontrar materiales finos y gruesos casi en la superficie y en grandes cantidades; sin embargo, lo más común es que suceda todo lo contrario, y que encontrar materiales que cumplan con las especificaciones sea un verdadero problema, y aún ya encontrados existe la preocupación adicional de la manipulación de los mismos.

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de vías terrestres corresponde a los materiales, roca, grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en uno de los problemas básicos del ingeniero civil en conexión estrecha con el geólogo. La experiencia diaria enseña que, si se da a estas tareas la debida importancia, podrán localizarse depósitos de materiales apropiados cerca del lugar de su utilización, abatiendo los costos de transportación que suelen ser de los que más afectan los totales, otras veces se logrará obtener materiales utilizables en zonas que antes dependían de otras alejadas a este aspecto.

Por estas razones, no es de extrañar que la búsqueda científica y la explotación racional de los materiales ocupe más y más la atención de los grupos técnicos interesados.

De esta manera va habiendo en todas las Instituciones dedicadas al proyecto y la construcción de vías terrestres en cada país, una información cada día más completa sobre

las disponibilidades de materiales en la construcción de una carretera.

Desdichadamente, también es frecuente que esta información se pierda una vez realizada una obra, de manera que los ingenieros que hayan de construir otra, vuelvan a enfrentarse al problema original de buscar materiales apropiados donde otros ya los habían encontrado.

Parece una labor realmente urgente e importante centralizar de alguna manera toda la información que día a día va surgiendo sobre materiales utilizables, localización, volúmenes aprovechables, utilización, tratamientos etc. una vez realizada esta tarea a nivel Nacional, todas las Instituciones Constructoras del país podrán obtener considerables ahorros en la búsqueda de materiales y, a la vez, disponer para una utilización determinada de toda la experiencia de quienes antes hayan usado el mismo banco para los mismos o similares fines.

Una tarea como esta nunca estará terminada pero ya de niveles muy iniciales de su ejecución podrá rendir grandes logros.

Durante muchos años la detección de bancos de materiales dependió de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, etc. En épocas más recientes los estudios geofísicos de gran potencialidad en estas cuestiones han venido a sumarse a la técnica disponible ahorrando mucho tiempo y esfuerzo humano y mucha exploración.

Un punto fundamental de la determinación de bancos de materiales es la valuación de las rocas o suelos contenidos, la que es muy difícil de establecer cuantitativamente en lo que se refiere a las rocas, dos puntos principales deben merecer atención. El primero

se refiere a los cambios físicos que la roca puede sufrir por la fragmentación durante la extracción por manejo o durante la colocación. El segundo a la alteración físico-química que puede tener lugar durante la vida útil de la obra.

Estos mismos factores han de ser considerados cuando se trate de suelos, pero revisten mayor importancia en las rocas, pues los suelos seguramente han sufrido ya sus transformaciones físico-químicas importantes durante su proceso de descomposición que les dio existencia a partir de las rocas.

Las rocas, sobre todo las sanas, trituradas o rotas que no han estado antes sujetas a procesos intensos de motorización y éstos pudieran tener consecuencias muy notables.

Cada caso requiere la realización de pruebas de campo y laboratorio sobre las rocas que forman el banco en estudio. La mejor prueba de campo es quizá, la duplicación de un proceso de excavación análogo al que después se usará en forma masiva, para ver objetivamente que material se obtiene; ésta, será, necesariamente, una prueba a escala suficientemente grande como para ser realista.

La posibilidad de deterioro de la roca con el tiempo es más difícil de establecer. Quizá la mejor orientación pueda tenerse observando lugares en que la roca haya estado expuesta durante mucho tiempo.

II.2 Localización de bancos.

En general las rocas están cubiertas de suelos residuales de un espesor variable. Los afloramientos de roca deben buscarse en los cerros, en cantiles o en lugares donde se tiene un rompimiento brusco en la pendiente del terreno. Sin embargo, en algunas regiones se pueden encontrar en las planicies a poca profundidad; se les descubre por

haber gran cantidad de fragmentos de roca en la superficie.

Los yacimientos de arena y grava deben ser buscados en lugares en donde las corrientes que acarrear los fragmentos, pierden velocidad por una reducción en la pendiente o porque la vía fluvial forme un meandro; se les localiza principalmente en depósitos de terrazas de río, en planicies de inundación, en médanos y a veces en depósitos residuales en donde la roca ha sido alterada por el intemperismo.

Pocos aspectos prácticos son tan importantes en la realización de una vía terrestre y a la vez, resultan más elusivas para un tratamiento general, que el que se refiere al desarrollo de criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales. El tema es de tal importancia que no puede considerarse completo un proyecto digno de autorización para su ejecución si no contiene una lista completa y detallada de los bancos de materiales de los que han de salir los materiales que formarán la obra.

Localizar es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de rocas o suelos que puedan emplearse en la construcción de una determinada parte de una obra, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la Institución constructora y los requerimientos de volumen del caso.

Ha de garantizarse que los bancos elegidos sean los mejores de entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan. En primer lugar, en lo que se refiere a la calidad de materiales exigibles juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicarán. En segundo lugar tiene que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos. En tercer lugar, tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra, que es lo que más repercute en los costos. En cuarto lugar tiene que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su

tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos. En quinto lugar, pero no el menos importante, los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región produciendo injusticias sociales.

Es evidente que en cualquier caso práctico muchos de los requisitos anteriores estarán en contraposición y la delicada labor del ingeniero estriba precisamente en elegir el conjunto de bancos que concilie de mejor manera las contradicciones que resulten en cada caso. La búsqueda y localización de bancos de materiales puede hacerse



Frente de un banco de roca, el cual muestra sólo una pequeña porción de material, para determinar su potencial será necesario hacer una exploración definitiva.

principalmente por fotointerpretación o por otros reconocimientos terrestres directos; estos últimos pueden auxiliarse, a su vez por la fotointerpretación o por métodos de

prospección geofísica Bien sea que se utilice como único método de detección como complemento de un estudio de fotointerpretación, el reconocimiento terrestre del futuro banco es indispensable. En él deberá definirse no sólo la posibilidad de la explotación, sino también el grado de dificultad de la misma, los problemas que pudieran acarrear aguas superficiales o subterráneas, los volúmenes disponibles, las facilidades legales, etc.

El ingeniero que realice esta labor previa ha de recurrir siempre a la experiencia local, que pudiera enseñarle muchas cosas útiles de los que fácilmente pueden pasar inadvertidas.

Los bancos de materiales conviene fijarlos no demasiado espaciados, para no dar lugar a distancias de acarreo excesivas; la separación óptima esta en la mayoría de los casos de la práctica, allá donde se alcance el equilibrio de costos entre el acarreo, por un lado y el costo de despilme y preparación del banco por el otro.

II.3 Exploración y muestreo de bancos.

La exploración de una zona en la que se pretenda establecer un banco de materiales debe tener las siguientes metas.

1.- Determinación de la naturaleza del depósito incluyendo toda la información que sea dable obtener sobre su geología historia de explotaciones previas, relaciones con escurrimientos de agua superficial, etc.

2.- Profundidad, espesor, extensión y composición de los estados de suelo o roca que se pretenda explotar.

3.- Situación del agua subterránea, incluyendo posición y variaciones del nivel freático.

4.- Obtención de toda la información posible sobre las propiedades de los suelos y las rocas, los usos que de ellos se hayan hecho.

La investigación completa está formada por tres etapas:

1.- Reconocimiento preliminar, que debe incluir la opinión de un geólogo, en esta etapa debe considerarse esencial, contar con el estudio geológico de la zona, por sencillo que sea.

2.- La exploración preliminar, en la que por medio de procedimientos simples y expeditos, pueda obtenerse información sobre el espesor y composición del suelo, la profundidad del agua freática y demás datos que permitan, en principio, definir si la zona es prometedora para la implementación de un banco de las características del que se busca y si por consiguiente conviene continuar la investigación sobre ella.

3.- La exploración definitiva en la que por medio de sondeos y pruebas de laboratorio han de definirse detalladamente las características ingenieriles de los suelos y las rocas encontradas.

Las armas de la exploración para localización y valuación de bancos son la fotointerpretación, los sondeos y la prospección geofísica como quiera que rara vez se requiere explorar a profundidades grandes. Los métodos de sondeo preliminar y definitivo pueden no ser diferentes.

La diferencia entre el estudio preliminar y el definitivo suele radicar más bien en el

número de sondeos, que en la investigación definitiva deben corroborar la información preliminar, definiendo claramente las diferentes formaciones existentes y ubicar con la aproximación requerida el volumen de material que vaya a ser necesario.

En bancos de roca, lo normal es atenerse en mucho a los resultados del reconocimiento preliminar, extrayendo de él normas de juicio en cuanto a la extensión del banco y el volumen del material disponible; la razón es que la exploración en roca requiere del uso de métodos rotatorios, con máquinas de perforación todo lo cual resulta costoso y no suele considerarse necesario más que en casos importantes en que existan incertidumbres de consideración.



El despilme en bancos de materiales resulta muy costoso, por lo que se tiene que analizar hasta que profundidad es económico realizarlo.

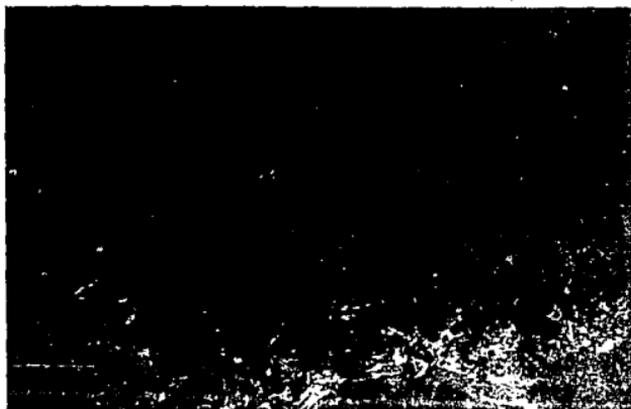
Naturalmente la muestra que se extraiga dependerá de la utilización que dependa hacerse al material. En bancos para terracerías es común realizar análisis granulométricos, límites de plasticidad, pruebas de compactación, cálculo del coeficiente de variación granulométrica; como mínimo se trata de clasificar al material y conocer sus características en cuanto a compactación.

En materiales para pavimento, además de las pruebas anteriores se deberán realizar pruebas de valor relativo de soporte o similares, de acuerdo con el método de diseño que se pretenda utilizar.

En general, las pruebas que requieren los materiales que van a usarse en pavimentos aunque sean las mismas que para terracerías, suelen hacerse con más acuciosidad y en mayor número, por ejemplo, una granulometría en material para terracería, muchas veces no va más allá de la separación de las porciones de grava, arena y finos, en tanto que los materiales de pavimento requieren la curva completa.

En general las pruebas están divididas en tres tipos, los de clasificación, los que tienen por objeto establecer la calidad de los materiales que entre otras cosas permitirán establecer si se cumplen las normas mínimas que establezca la Institución constructora y finalmente las pruebas de diseño propiamente dicho. Sobre todo en este último aspecto pueden haber criterios diferentes entre los diversos organismos que construyen.

- a). Pruebas de Clasificación: Límite de plasticidad, granulometría.
- b). Pruebas de calidad: Prueba de desgaste y/o alterabilidad, afinidad con el asfalto etc.
- c). Pruebas para Diseño: Prueba marshall.



Los bancos de difícil acceso y con distancias de acarreo considerable, resultan antieconómicos.

Algunas de las pruebas antes mencionadas se describirán en los capítulos siguientes.

II.4 Materiales encontrados en los bancos.

Los materiales que el ingeniero encuentra en los lugares de posible explotación son suelos y rocas que han soportado en ese sitio numerosos cambios por evolución, hasta formar los materiales que sea posible encontrar en la actualidad.

La corteza terrestre procede de algo que en origen fue un fluido viscoso y que al paso del tiempo se fue enfriando y endureciendo. Los procesos de meteorización, favorecidos por agrietamientos y acciones tectónicas fueron formando a partir de la matriz original

masas residuales, antecedentes de suelos residuales, la solución y la desintegración. Como se sabe, muchos de estos productos pueden ser transportados por la gravedad, el viento, el agua o el hielo, para formar en nuevas condiciones de localización y ambiente los suelos transportados.

Los suelos transportados y depositados en un nuevo lugar pueden continuar intemperizándose en ese lugar o ser retransportados y redepositados en un nuevo ambiente. Otros se endurecen por consolidación y cementación formando rocas sedimentarias. Las rocas sedimentarias quedan sujetas a la misma distorsión y fracturamiento que la tectónica produce en las rocas ígneas y, de la misma manera que a estas, las afectan los cambios ambientales, que las meteorizan para producir nuevos suelos residuales, en lo que recomienzan los procesos de erosión, transporte, y creación de nuevos depósitos.

Además de estar sujetas a la meteorización y a la erosión, las rocas sedimentarias que van quedando también sometidas a aumentos de temperaturas, de presión y a la acción de nuevos esfuerzos. Como consecuencia, su estructura mineral puede alterarse, para dar origen a las rocas metamórficas, al quedar sujetas a meteorización en donde quiera que queden bajo el ambiente externo, por lo que pueden formar suelos residuales, que posteriormente pueden ser erosionados, transportados y mezclados en nuevos depósitos sedimentarios.

La alteración de una roca es siempre un modo de adaptarse a su ambiente; por ello, cuando una roca antes no expuesta queda sujeta a la meteorización, se altera para adaptarse al nuevo ambiente que le ha sido impuesto. Lo mismo sucede cuando la roca es fragmentada o triturada y colocada en una estructura u obra de ingeniería. Por tal motivo el ingeniero debe de considerar que todas sus manipulaciones son fuente de alteración futura. En la gran mayoría de los casos, los procesos de alteración que el

ingeniero desencadena ocurren a escalas de tiempo dentro de los cuales la vida útil de una obra representa un período insignificante, pero no siempre ocurre así y los casos de alteración muy rápida son, los que más interesan desde un punto de vista práctico.

Las rocas que se utilizan en las diferentes estructuras de una vía terrestre procedentes de los bancos de materiales quedan sujetas en general a compresión e impacto; todas estas son causas adicionales de alteración. Entre las formas de alteración, la rotura de granos puede producir cambios fundamentales en los materiales de pavimento en corto tiempo; el agua y el desarrollo de presiones naturales también pueden producir efectos notorios dentro de la vida útil. Correspondientemente, el ingeniero deberá investigar las características de alterabilidad teniendo en mente estos hechos.

Para pavimentos, no hay que olvidar que uno de los requisitos, de los materiales que formen la superficie de rodamiento, es que sean resistentes al desgaste ocasionado por las llantas de los vehículos, por lo cual se deberá de tener cuidado en este aspecto al seleccionar los materiales.

III. EXTRACCION DE MATERIALES.

III.1 Explotación de roca.

Las rocas se obtienen de canteras que previamente se han localizado.

Las canteras a cielo abierto pueden ser en laderas cuando la roca se extrae de la falda de un cerro o en galerías cuando la roca se extrae de cierta profundidad del terreno, esta última forma de explotación se ha venido desechando actualmente debido a su alto costo.

En la explotación de roca podemos encontrar los siguientes casos importantes:

1.- Roca graduada

Es aquella en la que se piden requerimientos de tamaño para ser procesadas en trituradoras o para pedraplenes etc.

2.-Roca sin graduar

En la que no se piden requerimientos de tamaño como cortes etc.

Ahora bien para llevar a cabo la explotación de un banco o cantera se realizan fundamentalmente los siguientes procesos:

- a). Extracción. Se puede llevar a cabo con arado o con explosivos
- b). Carga. Esta puede ser en distancias cortas para alimentar otra máquina (Quebradora)

En distancias largas para pedraplenes.

III.2 Trabajos preliminares.

Antes de proceder a la extracción del material es necesario retirar los terrenos constituidos de tierra vegetal, tepetate, limos y arcillas etc. realizando las operaciones de despalle y desenraice, esto se puede realizar con escrapas, tractores, arados etc. hasta dejar abierta la pedrera con su frente de ataque con uno o varios pisos con las terrazas respectivas para permitir la evolución de las máquinas de perforación, del equipo de carga y del equipo de evacuación del material extraído.

III.3 Clasificación de las rocas.

Las rocas se dividen en tres grandes categorías geológicas:

- a). Rocas ígneas
- b). Rocas sedimentarias
- c). Rocas metamórficas

Rocas Igneas.- Son aquellas que se originan por el enfriamiento del magma proveniente del interior de la tierra.

Este enfriamiento puede ocurrir de una manera lenta dentro de la corteza terrestre, dando origen a rocas de granos gruesos conocidas como intrusivas o bien, de una forma rápida en contacto con la atmósfera, lo que da lugar a rocas de grano fino conocidas con

el nombre de rocas extrusivas.

Rocas Sedimentarias.- Son aquellas que provienen del arrastre y consolidación de fragmentos de rocas ígneas ocasionados por las acciones de los elementos naturales como viento, lluvia, etc.

Rocas Metamórficas.- Son rocas que por altas temperaturas y presiones cambiaron su textura y propiedades físicas aún cuando las químicas no lo hicieron.

III.4 Pruebas para determinar las características de una roca.

Para conocer las características de la roca que se piensa emplear, es necesario hacer algunas pruebas como son: Esfuerzo de compresión, dureza de Dorry y de abrasión, a través de la prueba de Deval y los Angeles, siendo esta última la más usual, por lo que se resume a continuación.

La prueba de los Angeles evalúa la resistencia a la abrasión a partir del incremento en material fino que se produce al golpear los agregados con bolas de acero dentro de un recipiente. La prueba se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se carga un tambor con 500 gr. de material limpio y seco (A) cuya granulometría sea muy parecida o en su caso igual a la que se pretende utilizar.

A continuación se coloca un peso normalizado de esferas de acero, las cuales habrán de actuar como carga abrasiva. El tambor se hace girar 500 veces a una velocidad de 30 R.P.M. El agregado se saca y repasa por una malla o criba del número 12, el material se lava, se seca y se pesa (B), para calcular el porcentaje de desgaste:

Porcentaje de desgaste = $(A - B) \times 100 / A$

Entre más bajo sea este coeficiente más dura es la roca.

III.5 Extracción.

La extracción puede realizarse por medio de medios mecánicos y por explosivos.

Los materiales suaves, se extraen por medio de equipos análogos a los empleados para las operaciones de despalmes.

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

En muchas ocasiones, a pesar de las precauciones tomadas en las voladuras masivas de los bancos de roca, un porcentaje de bloques, son demasiado grandes para manejarse con los medios de que se dispone. Por lo que es necesario una reducción secundaria de dichos bloques por medio de dinamita o por medios mecánicos, como pueden ser el monco, que consiste en barrenar los bloques de roca grandes y reducirlos por medio de explosivos, o por medios mecánicos como por ejemplo retroexcavadora con equipo de martillo.

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

Para poder excavar sobre roca, es necesario romperla o fraccionarla primero para que pueda ser manejada con los equipos de excavación. El fraccionado se lleva a cabo barrenando hasta cierta profundidad, y colocando explosivos dentro de la perforación, para hacerlos detonar.

Se utilizan varios tipos de equipos de perforación para barrenar, dependiendo la selección del tipo y del tamaño de la obra, de la naturaleza del terreno, de la clase de la roca, de la profundidad y tamaño de los agujeros, y del tipo y tamaño de la roca que se quiera producir; Entre otros equipos podemos mencionar, martillos neumáticos, taladro de vagoneta, taladro de pistón etc.

En general las perforadoras, que van desde el pequeño aparato de fácil manejo, hasta las grandes y complicadas máquinas de perforación, son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión y de rotación de una barrena, que accionada mediante un motor de gasolina, diesel o eléctrico, o en el caso más común por un compresor, va provista de una broca en su extremo de ataque.

La gran variedad de perforadoras dependiendo de su tamaño y aplicación, pueden montarse en barras de acero, carretillas, vagones, camiones, torres, plumas, orugas, etc. están diseñadas adecuadamente con un control que les permite a través del interior de la broca y la barrena, el bombeo de aire o agua, cuya finalidad es conservar y lubricar la broca, extraer los fragmentos barrenados, y mantener la presión necesaria en las paredes del agujero evitando que estas se derrumben.

III.5.1 Selección del equipo de perforación.

Dentro de los límites prácticos el equipo que produzca la mayor economía general

para cada obra en particular, será el más satisfactorio. Muchos factores afectan la selección del equipo. Entre ellos están los siguientes:

- 1.- La naturaleza del terreno. Las superficies accidentadas pueden dictaminar el empleo de martillos.
- 2.- La profundidad requerida de los agujeros.
- 3.- La dureza de la roca.
- 4.- Las grietas o fisuras de la formación rocosa.
- 5.- El tamaño de la obra.
- 6.- Si la roca tiene que romperse para manejarla o triturarla.

Para los agujeros de diámetro pequeño, que se taladran para dinamitado, podrán seleccionarse entre el taladro neumático y los taladros de vagoneta. Si la obra es suficientemente grande, y si el terreno es tal que pueda emplearse los taladros de carretillas, éstos serán más económicos que los de pistón, y podrán perforar con mayor rapidez agujeros de mayor diámetro y profundidad.

La perforación de agujeros más grandes permitirán un mayor espaciamiento de los mismos.

III.5.2 Selección del trazo para la perforación.

El trazo seleccionado para la perforación que se cargará con explosivos, variará según el tipo y el tamaño del taladro empleado, la profundidad de los agujeros, la clase de roca, el tamaño máximo de pedacera permisible.

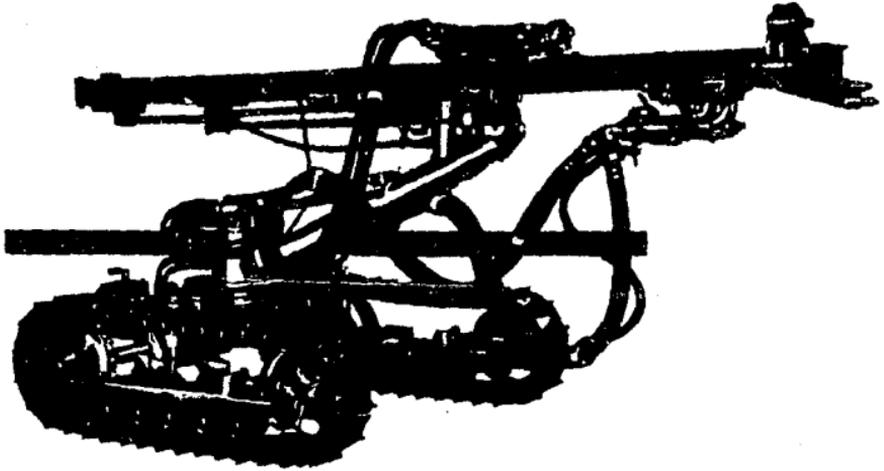
Si los barrenos se taladran para la producción de agregados, el trazo de perforación deberá planearse para producir rocas lo suficientemente pequeñas para que la mayoría de ellas puedan ser manejadas por los cargadores y equipo de acarreo o para pasar por la abertura de la quebradora sin la necesidad de un dinamitado secundario.

Si se taladran agujeros de diámetro pequeño con un espaciamiento cerrado, los explosivos darán como resultado un mejor rompimiento de la roca. Pero si el costo de la perforación excede del valor de los beneficios, no se justificará el espaciamiento cerrado.

Retaque. Una vez que se llena un barreno con explosivos hasta la profundidad requerida, el resto del barreno deberá llenarse con retagues, que puede consistir en cualquier material inerte adecuado, esto permite confinar la energía y aumenta la efectividad de la explosión. Si no se requiere una carga continua de explosivo desde el fondo hasta la parte superior de la carga, puede colocarse retagues entre las cargas a intervalos predeterminados. Cuando se separan las cargas con retagues, deberá proporcionarse un purgador separado para cada una de las cargas.

III.5.3 Detonación de las cargas.

Comúnmente se acostumbra detonar varios barrenos al mismo tiempo usando, ya sea circuitos en serie o en paralelo o una combinación de los mismos. Antes de hacer la



Perforadora (móvil) sobre orugas.

conexión final, cada uno de los circuitos deberá de revisarse, como precaución para eliminar rompimientos y cargas no detonadas.

Para asegurar una buena fractura, de la roca con el grado de fragmentación deseado, frecuentemente es necesario colocar una mayor concentración de explosivos cerca del fondo del barreno. Esto puede hacerse utilizando una dinamita concentrada cerca del fondo y una menos concentrada cerca de la parte superior, o puede obtenerse el mismo efecto separando las cargas por medio de rctaqueos cerca de la parte superior, siempre y cuando la carga total en el barreno sea adecuada.



En bancos de roca que presentan fisuras, en el macizo rocoso, los explosivos no dan buenos resultados por escaparse los gases de estos por dichas fisuras.

Detonantes de acción retardada. Cuando las cargas explosivas en dos o más filas de barrenos paralelos a la cara van a ser detonados al mismo tiempo, es aconsejable detonar las cargas más cercanas a la cara, un poco antes de hacer detonar las de la segunda fila. Este procedimiento reducirá la sobrecarga de los barrenos de la segunda fila y permitirá así que el explosivo de la segunda fila fracture a la roca en forma más efectiva. Si existen más de dos filas de barrenos, las detonaciones pueden progresar en orden ascendente, partiendo de la fila más cercana a la cara.

Las cápsulas de acción retardada se utilizan para obtener esta secuencia de detonaciones. Estas cápsulas pueden encontrarse con intervalos de retardo que varían

desde una pequeña fracción de segundo hasta más de diez segundos. Para los pequeños intervalos de retardo, las cápsulas se conocen como cápsulas de retardo milisegundo.

Manejo de cargas no detonadas. Al hacer detonar explosivos, puede suceder que una varias cargas no estallen. Es necesario deshacerse de estos explosivos antes de excavar la roca fracturada. El método más efectivo es hacerla detonar si es posible.

Si se utilizan cápsulas detonantes eléctricas, deben desconectarse los cables guía de corriente antes de investigar la causa de la carga no detonada. Si quedaron útiles las patas de alambre de la cápsula se debe probar el circuito de la cápsula y si es posible detonar la carga.

La operación conocida como dinamitado se ejecuta a fin de fracturar o fraccionar rocas con el objeto de excavarlas o quitarlas de su posición natural. La voladura se lleva a cabo por la descarga de un explosivo colocado dentro del agujero barrenado para este propósito. La energía generada por la explosión, es el resultado de la presión producida por los gases que se forman al quemarse los elementos del explosivo.

III.5.4 Definición de términos.

Dinamitado. Descarga de un explosivo para romper o fraccionar una roca.

Explosivo. Mezcla de elementos químicos que, en condiciones favorables, detonará rápidamente para producir una alta presión.

Potencia. Este término indica la capacidad de energía de un explosivo, y la fuerza explosiva que es capaz de efectuar.

Dinamita. Es un explosivo cuyo principal componente es la nitroglicerina.

Nitramon. Es un explosivo cuyo principal componente es el nitrato de amonio. Requiere un explosivo primario para detonarlo.

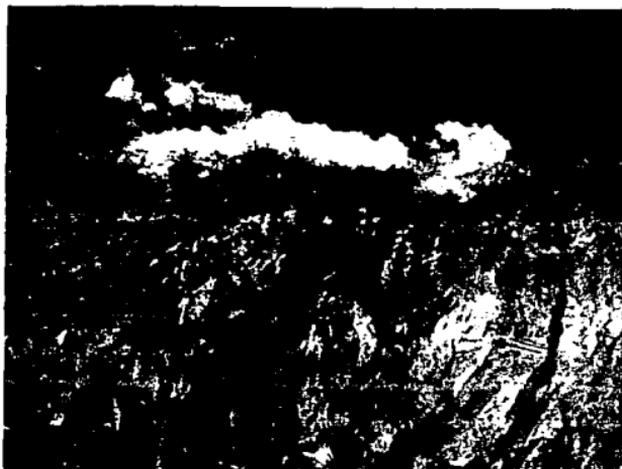
Cañuela de seguridad. Este dispositivo es una mecha de pólvora negra confinada que se utiliza como medio para llevar la flama al explosivo.

Fulminante. Es un pequeño tubo metálico que contiene una carga explosiva sensible. Esta cápsula se hace detonar por medio de una cañuela de seguridad, un extremo de la cual está firmemente insertado en el tubo.

Primacord. Este dispositivo es una cañuela detonante altamente explosiva cuyo núcleo está contenido dentro de una cubierta impermeable, con una considerable resistencia a la tensión. Se utiliza para detonar explosivos como la dinamita.

III.6 Abertura de un banco

Cuando un banco de roca o una cantera con un piso plano se abre a la explotación, al no existir ninguna cara vertical que facilite el dinamitado. En consecuencia, las primeras cargas de explosivos deberán volar las rocas sueltas hacia arriba y esto reduce la efectividad del explosivo. Deberá establecerse una cara tan pronto como sea posible. Por lo tanto los barrenos de las primeras filas se taladran, cargan y se hacen detonar. Si la detonación del explosivo en los barrenos de las filas dos se demora un pequeño intervalo, hasta que se afloje la roca entre los barrenos de la fila uno, serán más efectivos los explosivos en los barrenos de la fila dos. Tan pronto como se saque la roca detonada entre los barrenos de la fila dos, habrá una cara que podrá utilizarse para operaciones



En la extracción de rocas con explosivos se debe de tener cuidado en cada detonación para no perder la cara del banco y dificultar las detonaciones posteriores.

futuras.

Las detonaciones que se tengan que hacer en una cantera, tendrán que prever, en cada una de ellas, el evitar la pérdida de la cara propia para las barrenaciones subsecuentes.

Una vez realizada la extracción se procede a la carga y acarreo, la cual se puede resumir de la siguiente forma. La carga y acarreo a distancias cortas para alimentar una quebradora se utilizan camiones de diferentes capacidades, con el perfeccionamiento de los cargadores frontales, especialmente los de neumáticos, estos han ido desplazando a otras máquinas como las palas, haciendo ellos mismos las dos operaciones. Para carga a

distancias largas solamente es económico en camiones especiales como los tipo euclid.

En cualquiera de los casos de carga y acarreo, se tendrá que analizar que equipo es el más adecuado para realizar dichas operaciones, que en cierta forma estará regido por el ritmo de trabajo de acuerdo a las capacidades de las máquinas, que intervienen directa o indirectamente en estos trabajos. Por un lado, la capacidad de recepción de una quebradora y por el otro el tiempo de acarreo al pedraplen, para cada uno de los casos se tendrá que estudiar el ciclo óptimo de cada máquina para así coordinar en forma económica todas las operaciones.



Perforadora de carretilla.

IV. TRITURACION.

IV.1 Descripción.

Se llama trituración a la fase de reducir por fraccionamiento y al tamaño conveniente los pedazos de roca obtenidos en la cantera, mediante maquinaria fabricada especialmente para este efecto.

Durante el proceso de la trituración, las rocas son reducidas de volumen hasta obtener un tamaño uniforme, cuya granulometría depende de cada quebradora. Para estas operaciones se utilizan máquinas que comprenden cuatro variedades: trituradoras de mandíbula o también llamadas de quijada, giratorias, de rodillos y de martillos.

En ocasiones, el grado de reducción que se obtiene no es suficiente, porque interesa una granulometría más fina. En tal caso se procede a una segunda operación llamada trituración secundaria.

Las máquinas que se emplean son similares a las quebradoras de mandíbulas y a las de cono giratorio, de las que se diferencian: por admitir en su alimentación rocas más pequeñas y porque el grado de finura que resulta es mucho más uniforme. Por lo demás, tanto en construcción como en dispositivos mecánicos y funcionamiento, ambos grupos de máquinas pueden suponerse iguales.

La trituración, involucra, en una forma general, a lo que comprende, desde la extracción del material, reducir el mismo a una forma o tamaño que pueda procesar la planta, carga y transporte del material a la planta para su trituración, esto por un lado por otro tenemos que al estar triturandose el material, comprende otro proceso en el cual intervienen, bandas transportadoras, quebradoras, cribas etc.

Resumiendo lo anterior podemos decir que en la etapa de trituración intervienen: etapas preliminares y equipo propiamente dicho.

a.- Etapas preliminares

- a.1.- Extracción del material
- a.2.- Reducción del material
- a.3.- Carga y transporte del material
- a.4.- Alimentación a quebradora

b.- Equipo

- b.1.- Alimentadores
- b.2.- Trituradoras
- b.3.- Transportadores
- b.4.- Cribas para separar, clasificar y dirigir el material
- b.5.- Tolvas o patios para almacenamiento

Toda planta de producción de agregados tiene un proceso para reducir la alimentación de ciertos tamaños dados a un producto de granulometría específica y a un régimen de producción predeterminado. Como consecuencia, los transportadores y de más equipo para el manejo de materiales incluyendo las trituradoras, deben calibrarse para realizar su parte que les corresponde en la producción. El régimen de producción de una planta de agregados se fija inicialmente para las necesidades que indica el trabajo de ese material. Tal régimen fija a su vez el ritmo de producción de las quebradoras, mismo que determina entonces el material que deben manejar los alimentadores, cribas etc. también debe considerarse que las rocas de diferente origen no se trituran igual, por lo que tienen que hacerse ajustes a la abertura de las trituradoras.

Todo el proceso comprende:

- 1.- Roca en el banco, tamaño adecuado
- 2.- Carga del material, a equipo de acarreo
- 3.- Acarreo, del material a la planta de trituración
- 4.- Planta de trituración
- 5.- Cribas, para seleccionar el material triturado
- 6.- Almacén de agregados, tamaños requeridos

IV.2 Principios de la trituración de rocas.

Las rocas como ya se mencionó anteriormente se trituran para reducir las de volumen, esto se lleva a cabo mediante una, si no varias de las acciones siguientes:

1.- Desgaste, es la acción de dividir o de reducción que se produce por la fricción. todas las quebradoras tienen parte de esta acción, la acción de desgaste se puede utilizar cuando se requiere obtener material de granulometría fina. Se obtienen buenos resultados en material quebradizo o bien material no abrasivo.

2.- La presión o compresión es una acción de exprimido entre dos superficies. ésta acción es más notoria en las quebradoras de quijada aunque también se presenta en otras quebradoras. Esta acción se puede utilizar para materiales duros y abrasivos o cuando se requiere un mínimo de finos. No es útil para materiales pegajosos.

3.- Impacto es la acción del golpe instantáneo producido por un martillo sobre el material, ocasionando que se rompa en trozos pequeños.

El molino de martillos y la quebradora de impacto son ejemplos de trituradoras en las

que se aplica esta acción. Es recomendable cuando el material no es demasiado abrasivo o cuando las rocas son blandas.

4.- Corte es una acción de rebanado que forma parte del trabajo que deben realizar la mayoría de las quebradoras como las giratorias y las de rodillos. Puede recomendarse cuando el material es relativamente blando y fácilmente fracturable, y sin embargo, se desea obtener un mínimo de finos. Para que una trituradora aplique esta acción el material a triturar no debe de ser muy abrasivo o sea que contenga menos de 1.5 % de sílice.

Trituradoras y la acción que utilizan:

Trituradora de impacto, acción impacto

Trituradora de martillos, acción impacto, desgaste, corte

Trituradora de rodillos, acción corte y compresión

Trituradora giratoria, acción impacto, compresión

Trituradora de quijadas, acción impacto, compresión

Trituradoras de cono, acción impacto, compresión.

IV.3 Trituradoras.

Las quebradoras como ya se mencionó anteriormente son máquinas que se utilizan para reducir de volumen a las rocas y que se clasifican de acuerdo a la etapa de trituración que realicen, en primarias, secundarias y terciarias. Una trituradora primaria recibe el material directamente del banco y realiza la primera reducción del material. El material obtenido de la trituradora primaria es dirigido, por bandas transportadoras, a la quebradora secundaria para obtener una segunda reducción y así sucesivamente.

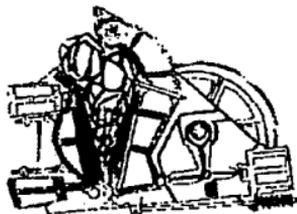
Los materiales obtenidos de cada quebradora pasan primero por una criba para hacer

la selección del material que ya obtuvo un tamaño requerido, el que no lo ha obtenido recircula por la quebradora y criba hasta lograr que pase por las mallas de la criba.

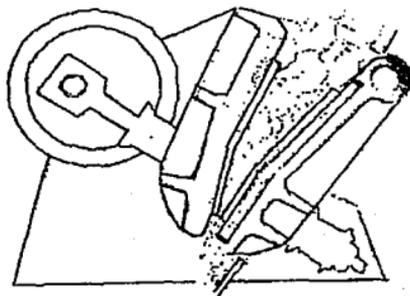
A continuación se describirán algunas de las quebradoras más usuales.

IV.3.1 Quebradora de quijadas.

Esta máquina se utiliza como trituradora primaria, por lo que es preciso contar con una boca de carga o alimentación de dimensiones



Quebradora de quijadas tipo doble biela.



adecuadas.

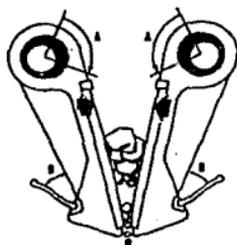
Trituradora de quijadas.

Esencialmente se compone de dos gruesas placas de acero al manganeso, colocadas de tal forma que, una de ellas, en posición vertical, la cual es fija. La otra su posición es inclinada y móvil, dejando pasar el material

hacia abajo a medida que lo va triturando. Esta quijada está unida al bastidor por la parte superior y sometida a un movimiento de vaivén. según la abertura que se les de a las quijadas, en la parte inferior de estas, es el tamaño del material obtenido.

En la parte inferior de la quijada móvil existe un tirante a base de una varilla que en su parte de apoyo al bastidor tiene un resorte para asegurar el retroceso adecuado de la máquina.

En el apoyo del togle se puede quitar y poner libremente calzas o lanas de placa metálica de diversos calibres, si se quiere aumentar o reducir la abertura de la salida.



Quebradora de doble quijada móvil.

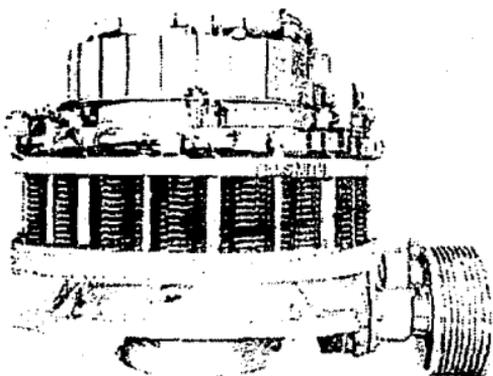
Las quijadas están diseñadas para permitir una elevada eficiencia en una sola operación. el desgaste se reduce en estas máquinas cuando la quijada móvil realiza su trabajo a compresión. Las quijadas son removibles para cambiarlas cuando sea necesario.

Existen quebradoras de quijada gemelas móviles, pero en la actualidad prácticamente han quedado en desuso debido al alto costo de adquisición y operación.

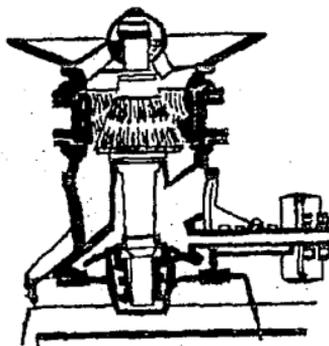
IV.3.2 Quebradoras giratorias.

Estas máquinas a diferencia de las de quijada tienen un trabajo continuo debido a la alimentación.

Su funcionamiento es como sigue: dentro de un espacio de forma de cono truncado invertido llamado casquete, se encuentra el elemento de trituración también cónico, llamado cabeza, que describe en su movimiento pequeños círculos alrededor de su eje vertical. El



Trituradora giratoria.

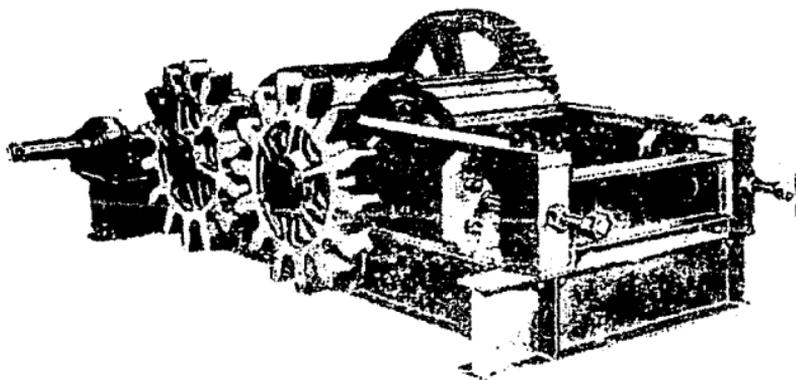


espacio comprendido entre ambos conos es a lo que se le llama cámara de trituración en donde se produce el aplastamiento del material por impacto y compresión, el material que

cumple con el tamaño, es desalojado por la parte inferior.

Para conseguir los mejores rendimientos es fundamental mantener una alimentación controlada, en caudal y tamaño máximo del material a triturar, también es importante cuidar que este material este exento de arenas, arcillas y cuerpos extraños que pudieran atascar la máquina.

IV.3.3 Trituradora de rodillos.

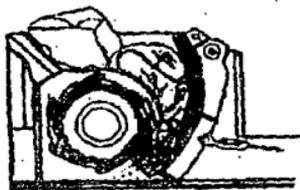


Trituradora de doble rodillo.

Estas máquinas se utilizan como quebradoras secundarias, son trituradoras destinadas a

producir grandes volúmenes de áridos pequeños, a base de triturar rocas que provienen de la producción de otras quebradoras.

La trituradora de rodillos efectúa su trabajo de trituración al hacer pasar las rocas por entre dos o más rodillos de acero al manganeso paralelos longitudinalmente y con movimiento de giro contrario. el material es recogido y comprimido por el giro de los cilindros. Cuanto mayor sea el diámetro de los rodillos, mayor será la reducción que proporcionalmente consiga obtener.



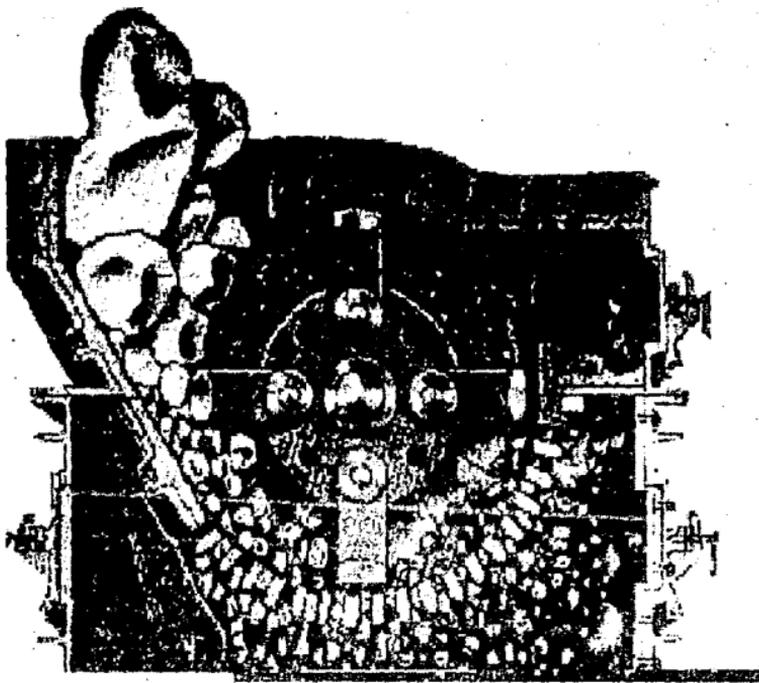
Trituradora de rodillo sencillo.

Los rodillos pueden tener la superficie lisa, dentada o acanalada. Generalmente uno de los rodillos va fijo, mientras que el otro permite juntarse o separarse del fijo permitiendo de esta manera dejar pasar trozos de material no triturable, evitando así que se averíe la máquina.

IV.3.4 Trituradoras de martillo y de impacto.

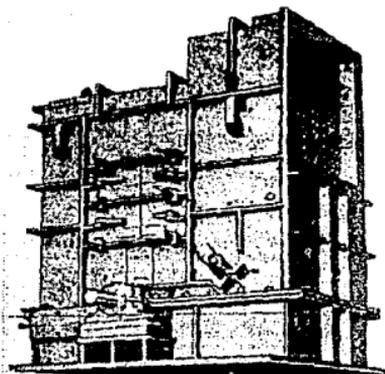
Esta máquina es usada para materiales blandos o poco abrasivos, o para todo tipo de material si se utiliza como quebradora secundaria, están compuestas principalmente de una caja de gran tamaño, llevan en su interior un cilindro con espas o martillos que se hacen girar a gran velocidad para golpear y proyectar contra una placa fija lateral el material que va penetrando en su interior.

Al ser golpeadas las rocas que penetran son trituradas haciéndolas pasar, en algunas trituradoras, a través de una malla, únicamente si las rocas logran su tamaño requerido, pero

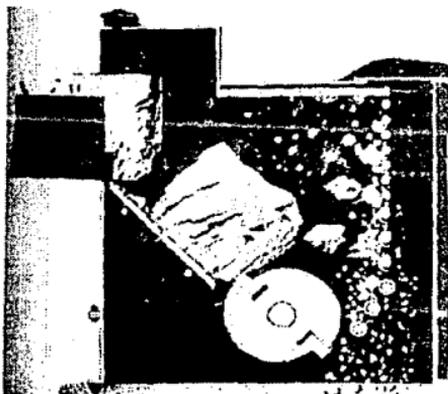


Trituradora de martillos.

si no, vuelven a ser lanzadas contra la placa hasta que lo obtienen. No es conveniente utilizar estas máquinas en materiales abrasivos, ya que esto les ocasiona gran desgaste a los martillos y barras de impacto elevando el costo de mantenimiento en la aplicación de soldaduras especiales.



Trituradora de impacto.



IV.3.5 Trituradora de molino de barras y de bolas.

Estas máquinas se emplea como quebradora terciaria para producir agregados finos a partir de roca que ha sido triturada en tamaños adecuados por otra quebradora.

El molino de barras está constituido por un tambor cilíndrico de placa de acero horizontal, y revestido con placas de acero al manganeso para su protección interior, utiliza para su trituración varias barras de acero en posición horizontal. La roca que es alimentada por una tolva, localizada en uno de sus extremos, está sujeta al constante impacto de las barras en movimiento, que giran para producir la molienda deseada, las características del molino de bolas son exactamente iguales que las del caso anterior, pero en vez de barras usa bolas de acero, son máquinas que efectúan la descarga por uno de sus extremos y a través de una malla.

IV.4 Determinación de la composición granulométrica de un material.

Esta es una prueba definitiva para juzgar la calidad de un material, de acuerdo con el fin que se le destina y se verifica mediante la determinación de los tamaños de las partículas que forman el material, por el procedimiento de cribado.

Con este procedimiento se clasifican las partículas de material hasta un tamaño de 0.074 milímetros que corresponde a la malla número 200.

La composición granulométrica representa, gráficamente o numéricamente, la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el material. Se acostumbra trazar la curva que representa la composición granulométrica en una gráfica que tenga por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.

En términos generales puede decirse que la mayor estabilidad de un material se alcanza cuando se reduce al mínimo la cantidad de vacíos y para que esto pueda lograrse, se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupados por partículas de menor tamaño y que, a la vez, en los huecos que dejan estas últimas se acomoden partículas más finas y así sucesivamente. Existen gráficas que corresponden a materiales bien graduados, estas gráficas deben emplearse como una guía para conocer si la composición granulométrica del material que se está estudiando corresponde a una sucesión ordenada de tamaños para lograr el mínimo de vacíos y encuentran su mayor aplicación en el estudio de los materiales que se utilizan en la construcción de pavimentos.

Un material cuyas partículas tomen las formas de placas o de agujas puede presentar una gran cantidad de vacíos a pesar de que su curva granulométrica indique una sucesión adecuada de tamaños.

Para elaborar la prueba se pesa una determinada cantidad de material obtenida por cuarteos de la muestra representativa anotándose dicho peso, se tamizará a través de las mallas indicadas, comenzando por la de mayor abertura y siguiendo el orden en que aparecen anotadas, para facilitar esta operación se imprimirá a las cribas un movimiento lateral y vertical.

Denominación

1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	# 4	# 10	# 20	# 40	# 60	# 100	# 200
abertura en milímetros											
25.4	19.1	12.70	9.52	6.35	4.76	2.0	0.840	0.420	0.250	0.149	0.074

Se anotan los retenidos en cada malla. Se calcula el retenido parcial con respecto a la muestra ensayada. Después se calculan los porcentajes acumulativos y luego los porcentajes. Con estos últimos se dibuja la curva granulométrica del material, observando en que zona

de granulometría cae el material ensayado, según lo requerido en las especificaciones, se puede decir si el material está bien o mal graduado.

IV.5 Determinación del peso volumétrico seco y suelto.

La obtención del peso volumétrico seco y suelto de los materiales pétreos para mezclas asfálticas tiene por objeto hacer conversiones de pesos de material a volúmenes. La prueba consiste en:

Se toma por cuarteos una cantidad determinada de la muestra representativa que se pretende ensayar se seca y se disgrega para luego colocarla en un recipiente de volumen conocido dejando caer el material de unos 20 cms. Sin apretar dicho material en el recipiente y sin mover éste para evitar que el material se acomode por los movimientos del recipiente. Hecho lo anterior el material se enrasa dentro del molde y se pesa. A este peso se le resta el peso del recipiente y se divide entre el volumen del mismo, obteniéndose así el peso volumétrico seco y suelto de un material.

IV.6 Selección de una trituradora.

Este tipo de equipo es parte de un proceso de producción, interesa que cantidad de material puede manejar cada trituradora en un tiempo determinado. La designación usual para este tipo de régimen de producción de una trituradora es toneladas por hora, a este se conoce como capacidad de la trituradora.

La capacidad de una trituradora depende básicamente, de su ajuste, mismo que depende de su aplicación. Cada trituradora tiene un intervalo de ajuste. Los límites del intervalo indican si la trituradora está diseñada para alimentarse con roca grande, mediana o pequeña. La capacidad de las trituradoras depende no sólo de las características de diseño sino también del material y la forma como se maneja. Las propiedades del material, como su

dureza, adherencia y forma, afectan también a la capacidad de las trituradoras. Asimismo se verá afectada la capacidad por la forma en que se alimente el material a la quebradora. También se tiene que considerar que cada tipo de material rocoso se tritura en forma diferente.

La selección de una trituradora primaria apropiada para su uso dado deberá de basarse en una serie de factores. Estos no están limitados a las características de diseño de las trituradoras. Si la alimentación a la trituradora es roca dinamitada de cantera, el tamaño y el método de manejo de la alimentación son también factores importantes, los cuales se tienen que analizar dentro de un ciclo de trabajo para cada máquina, permitiendo con esto coordinar, dichas máquinas, de acuerdo a sus capacidades derivandose de esto la selección económica de cada máquina.

La selección económica de una trituradora en particular, depende de su capacidad para manejar el tamaño máximo de alimentación y de la relación máxima posible de reducción, al mínimo costo de instalación original, mantenimiento y potencia. En el caso de que la alimentación sea gruesa y de que se requiera trituración por etapas, resultarán más económicas las trituradoras primarias. si la instalación requiere procesamiento por etapas, y si se pueden usar diferentes tipos de máquinas para cada paso, será necesario hacer un análisis de costos para cada combinación posible, a fin de determinar cual es la planta de trituración más eficiente y económica.

Para cualquier situación de procesamiento de materiales en particular, se aconseja hacer determinaciones preliminares sobre los tipos de trituradoras necesarias. Luego, la persona encargada de la planeación debe recurrir a los fabricantes adecuados de los equipos, para hacer una determinación detallada para su trabajo y obtener presupuestos adecuados para la instalación.

V. ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA.

V.1 Materiales.

Los materiales empleados para la elaboración de mezcla asfáltica son principalmente pétreos, asfaltos o aglutinantes y en algunos casos es necesario agregar a estos un filer o aditivo.

Los materiales pétreos pueden ser naturales que requieren tratamientos como. Disgregación, cribado, trituración y algunas veces lavado.

Para determinar el tratamiento que se le debe de dar a los materiales pétreos es necesario conocer sus características naturales en el banco, como son granulometría, plasticidad, afinidad con los asfaltos, desgaste.

Una vez determinadas las características anteriores se procederá a hacerles los tratamientos requeridos para obtener los materiales adecuados para la elaboración de la mezcla. Es importante darse cuenta que, si el pétrico no pasa la prueba de desgaste, el material se tendrá que desechar ya que al ser compactado se producirá degradación y por consiguiente desprendimientos.

La composición granulométrica se determina por el procedimiento de cribado de los tamaños que forman el material. Consiste en hacer pasar las partículas que forman el material por una sucesión de mallas cuadradas, con el fin de separar las partículas, se pesan las porciones que se retienen en cada una de ellas, estos pesos se tomarán como porcentajes de la muestra total.

La granulometría representa la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el material.

La composición granulométrica se representa en una gráfica que tenga por abscisas, en escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes del material que pasa por las mallas a escala aritmética.

Los materiales que alcanzan gran estabilidad lo logran gracias a que se reduce al mínimo la cantidad de vacíos, para que esto sea posible se requiere una sucesión adecuada de partículas de diferentes tamaños que permita que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupadas por partículas de menor tamaño y que a la vez, en los huecos dejados por estas últimas sean ocupados por otras más finas.

V.2 Materiales Asfálticos.

Los materiales asfálticos que se utilizan para la elaboración de mezclas asfálticas son: cementos asfálticos, asfaltos rebajados, y emulsiones asfálticas.

Los cementos asfálticos se obtienen de la destilación del petróleo, los asfaltos rebajados son materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente. éstos pueden ser de fraguado rápido, medio o lento.

Las emulsiones asfálticas son materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, en las que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por glóbulos de asfalto.

V.3 Mezclas Asfálticas

La mezcla asfáltica es un producto obtenido mediante la incorporación y distribución de un material asfáltico en uno pétreo con granulometría definida.

Las mezclas asfálticas en cuanto a su elaboración se pueden dividir en :

a).- Mezclas en frío

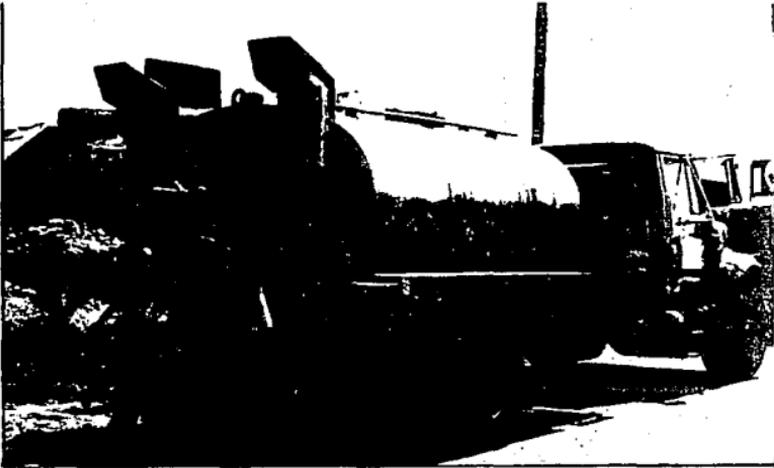
b).- mezclas en caliente

a.- Las mezclas en frío pueden ser, mezclada en el lugar o mezcladas en dosificadora. Para estas mezclas el material asfáltico que se usa es un asfalto rebajado o una emulsión asfáltica.

La elaboración de las mezclas en frío puede hacerse en una planta aunque en la mayoría de los casos la mezcla se elabora en el lugar con motoconformadora, para lo cual se cubica y se extiende con motoconformadora el material pétreo, se le distribuye con una petrolizadora la cantidad necesaria de material asfáltico en uno o vario riegos, procediendo inmediatamente a revolver el material con la motoconformadora para homogeneizar la mezcla.

b.-Mezclas en caliente.

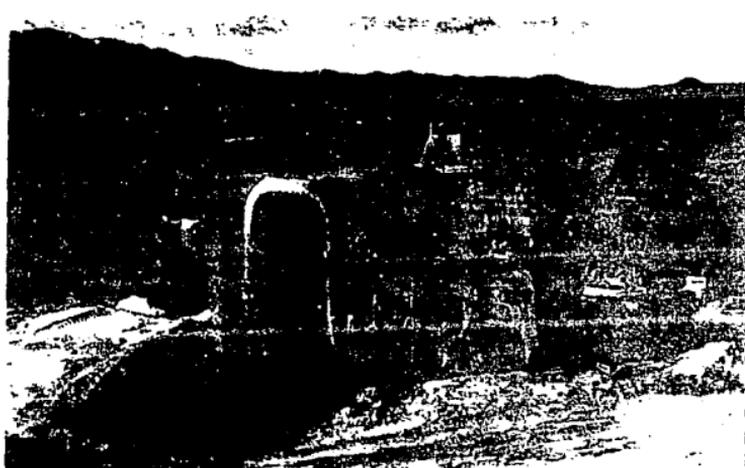
Las mezclas en caliente se elaboran en plantas que pueden ser estacionarias o móviles. y que a su vez las hay de producción discontinua (intermitente o de bachas) y de producción continua.



Petrolizadora.

V.4 Planta de producción discontinua.

En este tipo de plantas, los materiales en las proporciones aproximadas requeridas se transportan del lugar de almacenamiento a tolvas con separaciones para cada tipo de material (grava, arena) de ahí es conducido al elevador de " fríos". Este entrega el agregado combinado al secador, en el cual el agregado cae repentinamente a través de gases calientes hasta que toda humedad se expulsa y el agregado alcanza una temperatura de 140 a 160 grados centígrados. Los agregados calientes combinados a continuación suben por el elevador de " calientes " a la parte superior de la planta mezcladora, en donde caen en una criba y son separados en varios tamaños mediante los tamices de la criba. El almacenamiento temporal en caliente se dispone en tolvas colocadas directamente por debajo de los tamices. Para la elaboración de la mezcla en planta



Planta de producción discontinua.

discontinua, la cantidad prescrita de cada uno de los agregados calientes se extrae sucesivamente de las tolvas y se va almacenando en una caja báscula colocada exactamente abajo de las tolvas de almacenamiento en caliente. Los agregados en su debida proporción se dejan caer de la caja pesadora hacia el mezclador. En este lugar se mezcla perfectamente los agregados con el cemento asfáltico hasta quedar perfectamente revestidos. Finalmente los materiales mezclados salen a través de una compuerta de descarga situada en el fondo del mezclador.

V.5 Funciones de las diferentes partes que integran una planta de producción tipo batch.

1.- Almacenamiento del asfalto.

Debe almacenarse asfalto en cantidad suficiente para mantener a la planta en funcionamiento incluso contando con posibles retrasos en la entrega del material.

Deben tomarse las medidas necesarias para que sea posible la circulación del asfalto a través del sistema de alimentación.

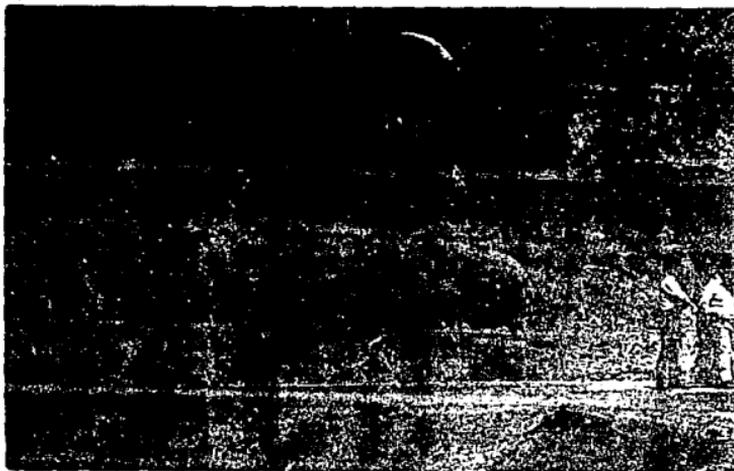
Este sistema debe incluir los elementos precisos para calentar el asfalto a la temperatura adecuada que se comprobará con el termómetro, situados tanto en los tanques de almacenaje como en un punto tan próximo como sea posible a la descarga en la obra del mezclador. Las condiciones de asfalto, la bomba, el recipiente de pesada y el mezclador deben de estar encamisados para hacer posible el calentamiento con aceite térmico regularmente.

2.- Temperatura del asfalto durante el mezclado.

Para que se obtenga una película de asfalto que cubra satisfactoriamente a los áridos, la viscosidad del asfalto debe ser la adecuada, el asfalto se debe calentar por medio de serpentines cerrados situados en los tanques, dispuestos de forma que aseguren un calentamiento uniforme de todo el contenido y a través de los cuales circule aceite caliente.

3.- Separación de los agregados.

Los montones de los materiales pétreos deben separarse por tamaños evitando la mezcla de los mismos. Esto puede conseguirse disponiendo los almacenes suficientemente separados o empleando los elementos necesarios para su separación.



4.- Preparación y manejo de los almacenes de agregados.

Los montones deben separarse por capas mejor que en forma de cono. Cuando los áridos se dejan caer de cierta altura deben emplearse deflectores que eviten la segregación que se produce al caer los áridos gruesos en el lado más alejado, mientras que los finos se reúnen en el punto de caída.

En ocasiones puede ser necesario volver a combinar por mezclado los materiales segregados.

Durante la preparación y manejo de los montones debe tenerse cuidado de evitar la degradación de los áridos por la maquinaria empleada.

5.- Alimentación de áridos fríos.

La alimentación de áridos fríos es uno de los puntos críticos en la producción de una instalación asfáltica. Es significativo que, aunque la mayor parte de los problemas se presentan en algún otro punto de la instalación sus causas se encuentran generalmente en la alimentación.

6.- Alimentador de áridos fríos.

El alimentador de áridos fríos es el elemento más importante de la instalación. Puede cargarse mediante uno de los tres métodos siguientes o en combinación con ellos:

a.- Tolvas descubiertas con dos, tres o cuatro compartimientos alimentados mediante un cargador neumático.

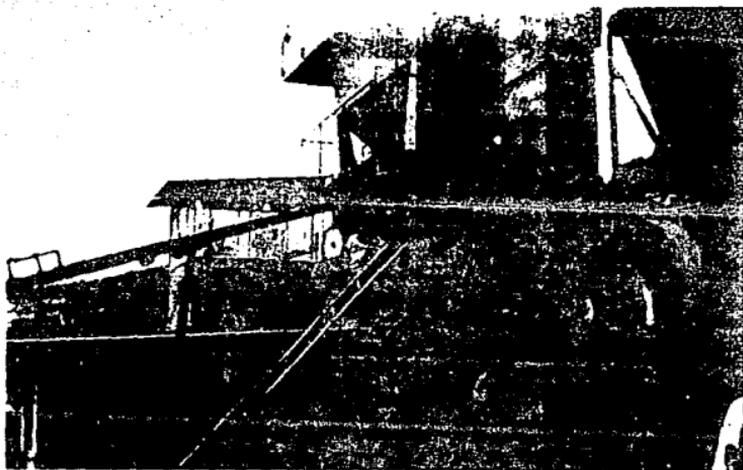
b.- Túnel situado bajo los montones separados por muros. Los materiales se acomodan sobre el túnel mediante cintas transportadoras, camiones o grúas.

c.- Grandes tolvas. Se alimentan usualmente mediante camiones, volquetes que descargan directamente sobre las tolvas.

7.- Carga de las unidades de alimentación en frío.

Durante la carga de las tolvas de alimentación en frío deben tomarse las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y degradación de los áridos.

Todas las tolvas deben de contener material suficiente para asegurar un suministro



continuo y uniforme.

A ser posible debe evitarse el uso de bulldozers, cuando se permita el empleo de este tipo de maquinaria sobre los almacenes, existe el peligro de segregación y degradación. La vibración del tractor puede dar lugar a que las partículas finas desciendan, acumulándose en una capa inferior.

Cuando se emplea un cargador frontal debe advertirse al operador que no tome material del almacén al nivel del suelo. La cuchara debe mantenerse durante el llenado a unos 15 cm. sobre el terreno

8.- Tipos de alimentadores.

Las unidades de almacenaje deben tener compuertas que puedan regularse y fijarse exactamente fijadas bajo las tolvas, de tal forma que aseguren un flujo uniforme de los áridos sobre los alimentadores, entre los que figuran el de banda transportadora continua, el vaivén, el vibratorio y por gravedad, generalmente se considera que los mejores tipos de alimentadores para áridos finos son el de banda transportadora y el vibratorio.

9.- Función de los alimentadores.

Si la producción de la planta debe ser uniforme, la alimentación debe medirse con exactitud. Es imposible exagerar la importancia de que se suministren al secador las cantidades exactamente necesarias de cada tamaño de áridos al ritmo conveniente.

El cumplimiento de las siguientes condiciones dará como resultado una mejor uniformidad en la alimentación:

- a.- La granulometría de los materiales pétreos deberán contener áridos del tamaño adecuado.
- b.- Debe evitarse la segregación.
- c.- Debe evitarse la mezcla de materiales de diversos tamaños.
- d.- Las compuertas del alimentador deben estar calibradas
- e.- Se deberá de colocar una malla de gran abertura sobre las tolvas de alimentación en

frío, para evitar que pasen materiales de sobre tamaño y obstruyan las compuertas.

f.- Las tolvas de alimentación en frío deberán ser rectangulares, esto con el objeto de que el material fluya fácilmente a las compuertas.

La alimentación en frío adecuada es esencial por varias razones como pueden ser:

a.- Una repentina introducción de arena fría puede dar lugar a un considerable cambio de temperatura en los áridos que salen del secador.

b.- Un incremento repentino de la alimentación en frío puede sobrecargar los tamices dando lugar al arrastre de áridos finos a las tolvas de áridos gruesos.

c.- Una alimentación irregular puede dar lugar a que algunas tolvas rebasen su capacidad mientras que otras se quedan vacías.

d.- La presencia de capas de granulometría variable en las tolvas de material caliente, pueden dar lugar a un mezclado no uniforme.

e.- El sistema colector de polvos puede sobrecargarse.

f.- El rendimiento del secador puede disminuir.

10.- Secador.

El secador es un cilindro provisto con un sistema que lo hace girar, en el que se introducen los materiales pétreos para ser calentados mediante un quemador de



Distribución de peines y paletas en el interior del secador.

combustible líquido. El cilindro está provisto de paletas o canales longitudinales ubicados de tal manera que puedan levantar a los áridos y que al ir girando el cilindro los deja caer formando una cortina a través de la flama y los gases calientes del secador. La pendiente del cilindro, su velocidad de giro, su diámetro y la disposición y número de paletas influye en el tiempo necesario para el paso de los áridos a través del secador. Al quitar la humedad de los áridos, el secador, el vapor es arrastrado por el tiro.

Si el aire del soplador, el tiro y la cantidad de combustible no están adecuadamente proporcionados, puede producirse una combustión incompleta del combustible que deja sobre las partículas de los áridos un revestimiento aceitoso perjudicial para la mezcla terminada.



11.- Medida de la temperatura de los áridos.

A la salida del secador debe instalarse un aparato medidor (pirómetro) de la temperatura de los áridos fácilmente visible para el operador del quemador. El exceso de calentamiento de los áridos puede perjudicar al asfalto durante el mezclado. Si el calentamiento es deficiente resulta difícil envolver los áridos y extender la mezcla.

12.- Colector de polvos.

El ventilador del colector de polvos producen el tiro que hace pasar la flama y gases calientes a través del secador. la corriente de aire del tiro arrastra también las partículas de polvo del secador a otras partes de la instalación. Este polvo entra en el colector por su parte periférica superior. Las partículas más pesadas son separadas por la gravedad, se reúnen sobre las paredes del colector en el fondo. El polvo más fino es arrastrado por el aire a través de la chimenea.

13.- Criba para áridos calientes.

Los áridos procedentes del secador son conducidos por el elevador de caliente y son entregados a una criba de material en caliente montada sobre las tolvas de la instalación. La función de esta es separar adecuadamente los áridos en los tamaños especificados. Los tamices de la criba se tendrán que revisar constantemente ya que el excesivo desgaste del alambre de los tamices da lugar a aberturas ensanchadas y a que las tolvas correspondientes contengan material que corresponden a otras.

14.- Tolvas para material caliente.

En estas tolvas se almacenan momentáneamente los áridos clasificados calientes. Todas las tolvas deben tener un aliviadero para evitar que los áridos puedan caer en las otras tolvas al ser llenadas. Se deberán de revisar las compuertas de cada una de las tolvas para evitar la fuga de los áridos hacia la tolva de pesadas. El exceso o falta de material en las tolvas puede corregirse modificando la alimentación en frío.

15.- Orden de descarga de las tolvas de material caliente.

El vertido de áridos de las tolvas de material caliente a la de pesada debe de comenzar por los áridos de mayor tamaño, disminuyendo progresivamente hasta el tamaño mas fino. Esto permite que los áridos vayan mezclándose a medida que caen en el mezclador asegurando de esta manera una mezcla homogénea.

16.- Distribución del asfalto.

El asfalto es introducido y distribuido uniformemente en el mezclador, al ser accionada una válvula que permite la salida del mismo de la tina pesadora.

V.6 Plantas de producción continua.

Las plantas de producción continua modernas, cuentan con sistemas de control por medio de computadora para la elaboración de mezcla asfáltica.

En estas plantas los agregados que son depositados en las tolvas de material, deben ser del tamaño adecuado para la elaboración de la mezcla, una vez llenas las tolvas pasan por medio de bandas transportadoras al secador, antes de entrar a este compartimiento son pesados en la última banda y los datos pasan a la computadora que regula la velocidad de las bandas para dosificar correctamente el material, ya que han pasado por el secador, en la etapa final, se agrega el asfalto y la mezcla pasa posteriormente a silos de almacenamiento para finalmente descargar a camiones de volteo.

V.7 Granulometrías usadas en la elaboración de la mezcla asfáltica.

a).- Materiales para carpeta.

b).- Materiales para base negra.

La carpeta asfáltica es la última capa del pavimento que sirve como superficie de rodamiento en una obra vial. La mezcla deberá elaborarse con agregado pétreo graduado y cemento asfáltico No. 6. Estas superficies deberán estar acondicionadas de tal manera que el desplazamiento de los vehículos pueda realizarse con comodidad, seguridad y rapidez.

a.- Los materiales más usados en la elaboración de mezcla asfáltica son: la caliza, basalto grava y arena. La calidad de la mezcla depende principalmente de las características de sus agregados, ya que estos representan aproximadamente un 90 % en peso de la mezcla.

A continuación se mencionarán algunos de los requisitos que deben cumplir los materiales, que se usarán para la elaboración de la mezcla asfáltica.

1) .- No deben emplearse materiales pétreos en forma de lajas.

2) .- No deben usarse materiales contaminados con arcilla.

3) .- Tener suficiente resistencia para soportar el peso del equipo de compactación sin romperse.

4) .- Los materiales pétreos deben cumplir con las características granulométricas tales que su curva se mantenga entre los límites de las curvas respectivas.

5) .- No deben emplearse materiales contaminados con materia orgánica.

Granulometría para carpetas.

Malla	% pasa
3/4"	100
1/2"	100 - 75
3/8"	100 - 65
No. 4	70 - 47
No. 10	48 - 32
No. 20	33 - 22
No. 40	25 - 16
No. 60	20 - 12
No. 100	15 - 9

No. 200

10 - 5

Tamaño máximo del agregado. 3/4"

La carpeta asfáltica debe ser suficientemente resistente a la acción del tránsito y a los agentes atmosféricos. Para que se cumpla esta propiedad debe existir buena dosificación entre el material pétreo y el cemento asfáltico.

b.- Los materiales empleados en la elaboración de la mezcla para base negra, deben cumplir las siguientes especificaciones:

La base negra es la capa asfáltica del pavimento, con granulometría abierta, situada inmediatamente abajo de la capa de rodamiento. El espesor de esta capa deberá de ser de diez centímetros mínimo de material compacto.

La mezcla asfáltica que se utiliza para base negra deberá de cumplir con las siguientes especificaciones.

1.- granulometría.

Mallas	% que pasa
1-1/2"	100 - 90
1"	80 - 50
3/4"	67 - 42

1/2"	50 - 30
3/8"	42 - 36
No. 4	28 - 18
No. 10	23 - 14
No. 20	18 - 11
No. 40	14 - 7
No. 60	12 - 5
No. 100	9 - 3
No. 200	5 - 0

2.- Tamaño máximo del agregado 1- 1/2".

3.- Contenido de cemento asfáltico: 4.5 a 5 %

Para el tendido de la mezcla asfáltica, deberán aplicarse encima del riego de liga unas paladas de mezcla, para evitar que el tránsito necesario de construcción levante dicho riego. Posteriormente se tenderá la mezcla con una máquina terminadora en un espesor tal que una vez compacto se obtenga el de proyecto. La temperatura recomendable para el tendido debe estar comprendida entre 100 y 130 grados centígrados.

V.8 Control del contenido de asfalto en la mezcla elaborada.

Para determinar el contenido de asfalto en la mezcla existen varios métodos aquí solamente mencionaremos uno ya que este permite conocer en una forma rápida el contenido de asfalto. Este método se llama de lavado o rotarex.

Método del lavado (Rotarex)

Este método nos da una información rápida y útil de comprobar o determinar el porcentaje de cemento asfáltico en una mezcla y permite hacer el análisis granulométrico de la mezcla para comprobar si el material pétreo se encuentra dentro de las especificaciones fijadas con anterioridad.

Se emplea para extraer el cemento asfáltico del material pétreo, un extractor centrífugo. La muestra a ensayar de la mezcla respectiva deberá ser de 200 a 500 grs. según sea el tamaño mayor de las partículas, esta cantidad se coloca en la taza del extractor y se tapa herméticamente.

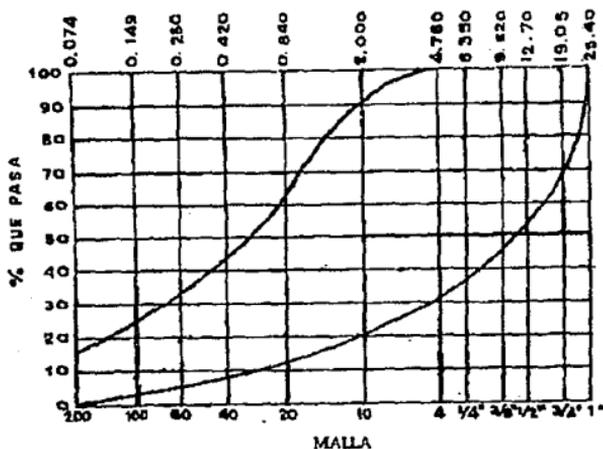
Se le añade un solvente que puede ser tetracloruro de carbono, bisulfuro de carbono, cloroformo, se cubre la taza con papel filtro y se le hace girar hasta que el disolvente haya salido por la llave de descarga. Se repite esta operación hasta que salga limpio el disolvente, o sea que ha disuelto todo el material asfáltico que recubriera la mezcla.

Una vez efectuado lo anterior, se saca el material pétreo lavado, junto con el material fino que pudiera haber quedado adherido al papel filtro.

En caso de que el papel filtro siga teniendo un aumento de peso, en relación al peso

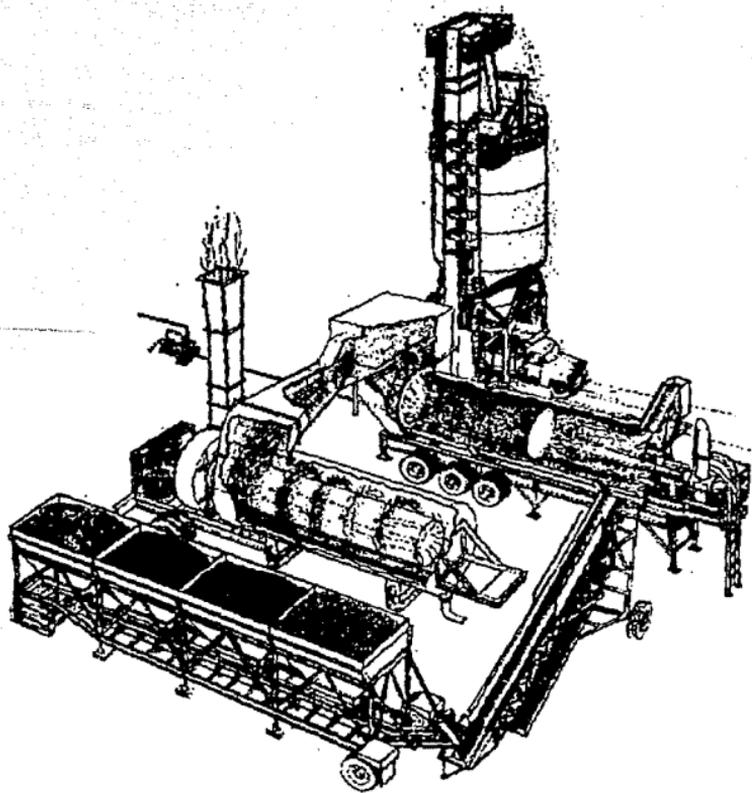
original del mismo, este aumento se suma al peso del material pétreo, y la cantidad total se le resta al peso de la mezcla original, obteniendo en esta forma la cantidad en peso del cemento asfáltico contenido en la mezcla original pesada.

El valor así obtenido puede quedar sujeto a una corrección que depende de la cantidad de finos que pudieran pasar con el solvente, aunque en realidad la cantidad de finos que pudieron pasar con el solvente se considera, que en relación a la cantidad de la muestra total, representa un porcentaje muy bajo y que no tiene mayores consecuencias.



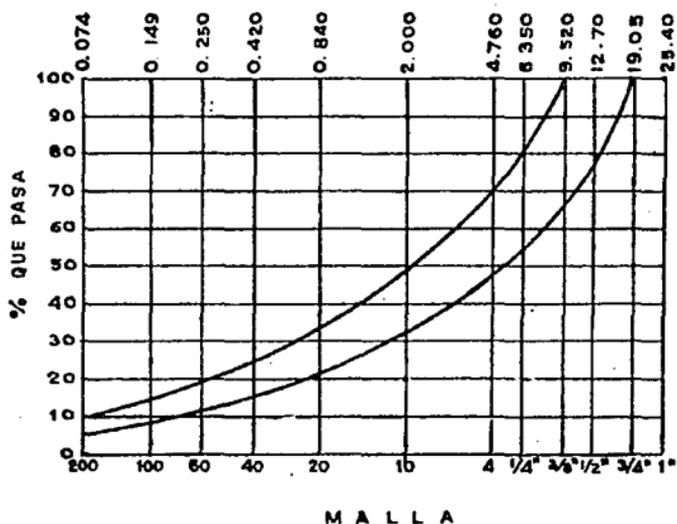
Gráfica para base negra.

En todos los casos en que se determine el contenido del cemento asfáltico de una mezcla asfáltica, se deberá realizar invariablemente la granulometría del material pétreo contenido en la mezcla, para por medio de esto poder conocer de inmediato las causas



Planta de producción continúa.

que pudieran determinar las deficiencias de la elaboración de la mezcla, por lo que al determinar alguna de ellas, de inmediato se procederá a la corrección de la misma, haciéndole saber al operador de la planta las modificaciones pertinentes en las pesadas de los materiales.



Gráfica de composición granulométrica para carpeta.



Mantenimiento de carreteras, fresado y reposición.

VI.

CONCLUSIONES

Actualmente existe en México una política de desarrollo sustentado en factores como la estabilidad monetaria, la reforma fiscal, la estimación periódica de los posibles recursos de inversión y la necesidad de crear empleo suficiente para los millones de mexicanos que año con año se incorporan a la población económicamente activa; esta política permite la formulación de planes sectoriales de los que se derivan programas coordinados para todo el gobierno federal.

Con base a estos lineamientos se establecen los estudios necesarios de planeación para la selección de alternativas óptimas de inversión, que aporten un beneficio en el horizonte económico del país.

Las estrategias de inversión tanto en el sector público como en el privado, necesitan el apoyo de los métodos de selección de proyectos que les reditúan mayor beneficio; en el sector público las inversiones se fijarán en obras que aporten beneficios para los usuarios, en tanto que el sector privado manejaría criterios de evaluación que tendrían como primordial importancia la captación de las más altas utilidades.

Los constructores privados considerarán la rapidez de recuperación de utilidades para una inversión sin interesar en algunos casos los beneficios sociales, que la obra aporte a la población, de modo que el ingeniero debe de considerar los dos casos para cuando

tenga que tomar una decisión en cualquiera de estos casos.

Las obras de ingeniería, principalmente las obras de construcción pesada las construye el gobierno para beneficiar a la población, dándoles servicios como, luz, agua, medios de comunicación, etc. Cualquiera que sea la obra que se tenga que construir deberá de cumplir con los siguientes requisitos: Seguridad, economía, que sea funcional y que además se construya en el tiempo programado. Todo lo anterior está totalmente relacionado a los materiales con que se tenga que construir dicha obra, por lo que su estudio empezando desde su localización hasta la colocación de los mismos o de los derivados de estos es de primordial importancia para poder garantizar que dicha obra cumple con los requisitos de necesarios de calidad.

En las obras de ingeniería civil se utilizan materiales, entre los más usuales se encuentran los materiales pétreos, a estos se les puede utilizar tal y como se obtienen del banco o se les hace algún tipo de proceso para obtener un tipo de material más refinado, pero para poder utilizar dicho material lo más importante localizarlo cerca del lugar donde se va a utilizar y que este material además cumpla con los requisitos de calidad. Si el banco se localiza cerca del lugar de construcción se minimizarán las distancias de acarreo, que es uno de los conceptos más caros en estas obras.

Los trabajos para la localización de los bancos de materiales los tiene que realizar personal que tenga experiencia en este ramo de la ingeniería ya que de esto dependerá

gran parte del éxito de la obra que se tenga que construir. La localización de bancos de materiales no es fácil para los constructores porque rara vez cuentan con la información necesaria de los bancos de materiales que se localizan cerca del lugar donde se tenga que construir una obra o en ocasiones tienen la ubicación del banco pero este no cuenta con el suficiente material requerido o también puede ocurrir que una parte de este banco cumpla con los requerimientos de calidad y otra no, por lo que se tiene que pensar si es económico hacerle un tratamiento a dicho material.

En sí el ingeniero que se encargue de estos trabajos deberá de ir equilibrando todas las opciones posibles, con el único propósito de elegir entre las opciones que se presenten, la mejor en cuanto a adquisición del banco sin problemas con los colonos, mínima capa por despallar del banco, calidad del material, distancias mínimas de acarreo etc.

Al decidir la implementación de un banco para materiales pétreos, se tuvieron que aprobar estudios preliminares y estudios definitivos para lo cual ambos estudios debieron haberse enfocado principalmente en: La determinación de las características del material, esto con el fin de tener un marco de referencia para saber si el material es el requerido o no y calcular la potencialidad del banco, o sea determinar en una forma aproximada la cantidad de material que se puede extraer del banco, en forma económica, redituable y sin causar problemas a la comunidad del lugar.

La tecnología para la construcción de carreteras es más común que la que se usa en

la elaboración de concreto hidráulico, ya que se cuenta con plantas estacionarias, medios de transporte de diversas capacidades y equipo adecuado para su tendido y compactación además el concreto asfáltico resulta menos costoso y cubre una mayor área permitiendo con esto dar más servicios a los usuarios.

Por último concluimos este escrito diciendo que:

Para cualquiera de las etapas o capítulos descritos en esta obra, se deberá de contar con un laboratorio y un ingeniero que obtenga muestras de los materiales que se pretenden o se utilizarán en la elaboración de la mezcla asfáltica.

Ahora con los sistemas ecológicos que se han establecido en los últimos años, se tendrán que localizar bancos y lugares en donde estacionar las plantas para la elaboración de la mezcla y además se tendrán que adoptar sistemas para evitar la contaminación en sus diversas formas.

Con el tratado de libre comercio, si es que se establece a inicios de 1994, se tendrá que competir en todas las ramas de la industria con la calidad de los productos, en cuanto a las carreteras estas deberán de contar con los diseños adecuados para soportar vehículos con mayor capacidad de carga, por lo que la calidad de los materiales es indispensable para que lo anterior se cumpla.

- VIAS DE COMUNICACION.

ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ.

- METODOS PLANEAMIENTO Y EQUIPO DE CONSTRUCCION.

R.L. PEUREFOY.

- MANUAL DEL ASFALTO.

THE ASPHALT INSTITUTE.

- CURSO DE PAVIMENTACION.

GONZALEZ.

- TECNICAS MODERNAS EN LA PRODUCCION DE AGREGADOS PETREOS.

ING. PEDRO LUIS BENITEZ E.

- INGENIERIA DE CARRETERAS

HEWES Y OGLESBY.

COSTOS Y EMPLEO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION EN VIAS TERRESTRES.

ING. JULIAN NAME M.

- MANUAL PARA EL USO DE EXPLOSIVOS.

DUPONT.