

82
2 Jan



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"Bancos de Material para Subrasante,
Sub-Base, Base y Carpeta".**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

Ingeniero Civil

p r e s e n t a :

FELIPE HERNANDEZ SOLIS



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

	Página
INTRODUCCION.....	1
I. GENERALIDADES.....	5
1.1. Formas de obtención de materiales.....	5
1.2. Comentarios de geotecnia.....	7
II. LOCALIZACION DE BANCOS.....	12
2.1. Introducción.....	12
2.2. Aspectos importantes para la localización.....	13
2.3. Procedimientos de localización.....	17
2.4. Diferentes tipos de bancos.....	21
2.5. Exploración y muestreo de bancos.....	25
2.6. Pruebas de laboratorio.....	35
III. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.....	58
3.1. Capa subrasante.....	58
3.2. Sub-base.....	60
3.3. Base.....	63
3.4. Carpeta.....	66
IV. TRATAMIENTOS	72
4.1. Eliminación de desperdicios.....	72
4.2. Disgregación.....	72
4.3. Cribado.....	73
4.4. Trituración.....	74
4.5. Lavado.....	74
V. EJEMPLO DE UTILIZACION DE INFORMACION.....	75
CONCLUSIONES.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	86

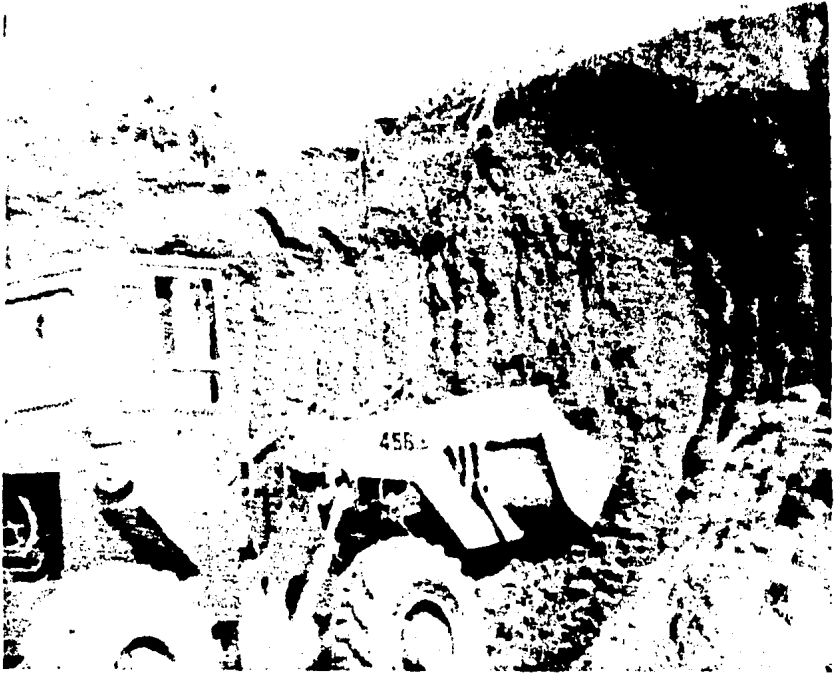


FOTO 1

UN BANCO DE MATERIAL PARA CAPA SUBRASANTE UBICADO
EN COATZACOALCOS, VER.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es proporcionar la mayor información posible sobre las técnicas que existen para la localización de bancos de materiales, así como los procedimientos y criterios a seguir para determinar el tipo de uso que de ellos pueda hacerse en la construcción de un pavimento.

Las capas a que se refiere el tema de este trabajo, son las partes constitutivas de un pavimento, por lo que será necesario dar una definición general para una mayor claridad de lo que aquí se exponga.

Un pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto; y está constituido de una o varias capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento y en la que cada capa deberá cumplir con funciones de resistencia, a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas --- impuestas por el tránsito; además, la superficie de rodamiento deberá -- ser uniforme, de color y textura apropiados.

La actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes, por lo que se tendrá la opción de elegir la más apropiada para las condiciones específicas del caso que se trate.

Los pavimentos se clasifican en flexibles y rígidos, sin embargo es-

hasta cierto punto materia de juicio el precisar que tan rígido puede ser un pavimento flexible, o que tan flexible puede llegar a ser un pavimento rígido. El hecho es que los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de que están constituidos y de como se estructuran esos materiales y no, por la forma en como distribuyen los esfuerzos y las deformaciones producidas por los vehículos a las capas inferiores. En general se acepta que un pavimento rígido es aquel cuyo elemento fundamental resistente es una losa de concreto hidráulico y, en cualquier otro caso el pavimento se considerará flexible.

La obtención de los materiales necesarios para la construcción de vías terrestres tienen gran importancia en los costos, por lo que será necesario su localización y selección, tomando en cuenta que los costos de transportación son los que más afectan en el costo total y es uno de los problemas básicos del Ingeniero Civil, en conexión estrecha con el Geólogo como más adelante se podrá notar. 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; otras veces se logrará obtener materiales utilizables en zonas que antes dependían de otras más alejadas en 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.

El tema de este trabajo comprende principalmente los procedimientos que se siguen para localizar bancos de materiales, siendo necesario para ello, la exploración, el muestreo y la realización de pruebas de laboratorio a fin de determinar las características mecánicas del material que

nos interesen y poder así, tomar decisiones sobre el uso del banco o bancos que se estén estudiando; tomando en cuenta también, que a partir de lo investigado, sea necesario o no, de algún o algunos tipos de tratamientos a los materiales de dichos bancos para un mejor comportamiento. Por consiguiente a continuación se describe de manera general el contenido de este trabajo.

En los dos primeros capítulos se describen los procedimientos para la obtención de materiales, los pasos que se siguen para la localización de bancos, la exploración y muestreo de bancos que se debe llevar a cabo, y las pruebas de laboratorio en el caso de materiales para capa subrasante, sub-base y carpeta, que son los objetivos de este trabajo.

El tercer capítulo contiene las especificaciones necesarias que deben cumplir los materiales según la capa que se trate. Las especificaciones que se mencionan se tomaron de las Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Capítulos 1, 2 y 3 del Tomo VIII.

En el cuarto capítulo se describen los diferentes tratamientos que pueden ser o no necesarios, según el tipo de capa y especificaciones constructivas que deben cumplir y también según el material que se extraiga.

Como quinto capítulo se tiene la exposición de un ejemplo que tiene como finalidad, mostrar la utilización de la información referida en este trabajo, como la obtenida de los estudios de geotecnia y pruebas de laboratorio especiales en la tecnología de los pavimentos.

Un aspecto que se debe comentar para tener una referencia, es sobre los espesores de las capas. Respecto a esto, se debe tomar en cuenta que-

al abordar el tema de este trabajo, se considera que existe ya una cierta estructuración del pavimento, o sea los espesores de las capas a construir, en función del tipo del camino, y que a partir de aquí, se determinan los volúmenes necesarios de los materiales a utilizar, procediendo después a calcular las cantidades de material que se deberá traer de los bancos.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 FORMAS DE OBTENCION DE MATERIALES

En general los materiales para formar las terracerías se obtienen de las tres siguiente maneras:

- 1) Compensación longitudinal.
- 2) Préstamo lateral.
- 3) Bancos de préstamo.

1) Compensación longitudinal.

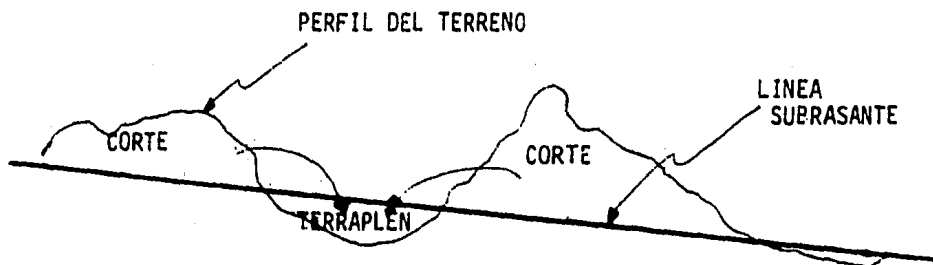
La compensación longitudinal consiste en utilizar el material obtenido de la excavación de un corte para formar un terraplén vecino, como se puede observar en la Fig. 1.1. Este procedimiento resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir los volúmenes de desperdicio y a utilizar todo el material removido; es obvio que en muchos casos la compensación que se logra no es completa, produciéndose faltantes o desperdicios, según los volúmenes de terraplén superen o no a los de corte, y es obvio también que el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan al excavar los cortes y la que se requiera en el que se haya de colocar en los terraplenes.

2) Préstamo lateral.

En el préstamo lateral se extrae el material necesario de excavaciones paralelas al eje de la vía y adosadas a ésta, generalmente dentro del derecho de vía (Ver Fig, 1.2). Con este procedimiento se disminuyen los acarreos de los materiales, que son un renglón importante en el costo total--

de construcción. El método está limitado, en primer lugar, por la calidad de los materiales existentes en el terreno de cimentación que, sobre todo en zonas planas, agrícolas, inundables o pantanosas, puede dejar mucho -- que desear; además, las zanjas producto de la excavación, cercanas al camino pueden ser una seria fuente de humedecimiento para los terraplenes, cuando se llenan de agua de lluvia y pueden resultar difíciles de drenar, sobre todo en terrenos planos, en los que, lógicamente el préstamo lateral resulta más ventajoso y es, por ello más usado. Otras veces, lo estrecho del derecho de vía obliga a excavar zanjas muy profundas, con lo que los problemas de drenaje y encharcamiento se agravan. El préstamo lateral tampoco es recomendable por los ingenieros de tránsito, que temen a su mala influencia psicológica y a la gravedad de los accidentes que en ellos pueden ocurrir. Por todo lo anterior, solo debe emplearse cuando produzca materiales apropiados, sean fáciles de drenar las zanjas a que da lugar y quede a razonable distancia de la vía terrestre.

FIGURA 1.1



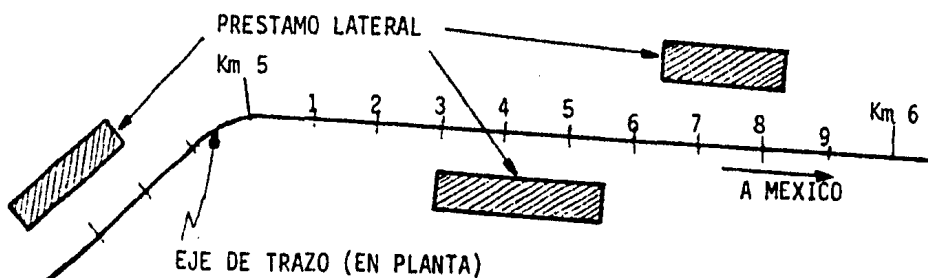


FIGURA 1.2

3) Bancos de préstamo.

Los bancos de préstamo consisten en la localización de depósitos o --formaciones naturales, constituidos por un material de características --apropiadas, el cual se explota en forma masiva, para acarrearlo y tenderlo en la vía.

1.2 COMENTARIOS DE GEOTECNIA

La compensación longitudinal, el préstamo lateral y el uso de bancos--deberá detallarse en los estudios geotécnicos. Los dos primeros deberán --ponderarse al llegar a conocer la estratigrafía y propiedades del terreno de cimentación próximo a la vía y las características de las lomas en que se efectuarán cortes susceptibles de generar material aprovechable para --formar terraplenes; como en este último caso será preciso conocer al sub--suelo en profundidades mucho mayores que las que son usualmente alcanza--

bles por la metodología de exploración que se utiliza en la realización de estudios geotécnicos, es muy útil emplear los métodos de prospección geofísica como complemento, pues además de que darán información sobre la atacabilidad de los suelos y rocas, con vistas a definir métodos de explotación y costos, servirán también para definir la calidad de los materiales producto de la exploración y su eventual utilización para formar, en todo o en parte los terraplenes vecinos. La prospección geofísica consiste en medir, desde la superficie, ciertas propiedades físicas del material subyacente, e interpretar estas mediciones para la determinación de la estructura geológica y la litología. Hay que aclarar desde el principio, que los datos de las determinaciones geofísicas solo son útiles para el ingeniero cuando se interpretan correctamente desde el punto de vista geológico. Las propiedades que pueden investigarse a través de mediciones físicas son, la densidad, la elasticidad, la conductividad eléctrica y el magnetismo.

Los cuatro métodos principales de la exploración geofísica son: el gravimétrico, el magnético, el sísmico y el eléctrico. De entre ellos, son los métodos sísmico y eléctrico los que tienen mayor campo de aplicación en la práctica de la ingeniería civil.

Los bancos de materiales deberán ser objeto de una búsqueda especial, que se detallará más adelante, y cada uno de los encontrados deberá llenarse una tabla con una serie de datos en la cual se deberá proporcionar información precisa sobre utilización, forma del banco, posición de los frentes de ataque, volumen aprovechable, localización y, por supuesto, tratamientos necesarios según el uso que de los materiales pretenda hacerse.

En general para los tres casos anteriores será necesario establecer - ciertas distinciones entre las formaciones de roca y los de suelo. La -- transición entre los dos materiales genéricos es, en este caso todavía -- más difícil de establecer con precisión que en otros; la roca puede pre-- sentarse con muy diversos grados de alteración o el material que se en-- cuentra puede ser mixto, en el sentido de contener formaciones rocosas -- como auténticos suelos.

Un punto fundamental en la determinación de bancos de materiales es - la valuación de las rocas o suelos contenidos. En lo que se refiere a las rocas, dos puntos principales merecen atención. El primero se refiere a - los cambios físicos que la roca puede sufrir por fragmentación durante -- la extracción, por manejo o durante la colocación; el segundo a la altera-- ción físico-química que pueda tener lugar durante la vida útil de la obra. En cuanto a los suelos, se consideran estos mismos factores, pero revis-- ten mayor importancia en las rocas, pues los suelos han sufrido ya sus -- transformaciones importantes.

La tabla 1.1 puede servir para proporcionar una valuación preliminar - de las diferentes clases de rocas, en cuanto a sus características como - materiales de construcción, sin embargo para cada caso particular se re-- quiere la realización de pruebas de campo y de laboratorio sobre las ro-- cas que forman el banco en estudio, las cuales se mencionan en la tabla - 2.2. La posibilidad de deterioro de la roca con el tiempo es mucho más -- difícil de establecer. Quizá la mejor orientación pueda tenerse observan-- do lugares en que la roca haya estado expuesta durante mucho tiempo.

La valuación preliminar de los suelos se hace sobre todo con base en experiencia precedente; la clasificación se hace en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que nos ayuda en la mayoría de los casos, pues este sistema lleva aparejado al encasillamiento en un grupo determinado, todo un conjunto de índices de comportamiento. La valuación en detalle de los suelos constitutivos de un banco ha de hacerse con base en pruebas de laboratorio.

Cabe hacerse notar que mucho de lo que se diga de los bancos de materiales será aplicable a los préstamos laterales y aún a los materiales -- que se obtengan por compensación longitudinal.

TABLA 1.1

Características de algunas rocas como materiales de construcción

ROCA	METODO DE EXCAVACION REQUERIDO	FRAGMENTACION	SUSCEPTIBILIDAD A LA METEORIZACION
Granito Diorita	Explosivos	Fragmentos irregulares, que dependen del uso de los explosivos.	Probablemente resistente.
Basalto	Explosivos	Fragmentos irregulares, que dependen de las juntas y grietas.	Probablemente resistente
Toba	Equipos o explosivos	Fragmentos irregulares, muchas veces con finos en exceso.	Algunas variedades se deterioran rápidamente.
Arenisca	Equipos o explosivos	En lajas, dependiendo de la --- estratificación.	Según la naturaleza del - cementante.
Conglomerado	Equipo o explosivos	Exceso de finos, dependiendo -- del cementante.	Algunas se alteran para - formar arenas limosas.
Limonita Lutita	Equipo	Desde pequeños bloques a lajas.	Muchas se desintegran rápidamente para formar arcillas.
Caliza Masiva	Explosivos	Fragmentos irregulares; muchas veces lajas.	Las vetas pizarrosas se - deterioran, pero las otras son resistentes.
Cuarcita	Explosivos	Fragmentos irregulares, muy - angulosos.	Probablemente resistente.

CAPITULO II

LOCALIZACION DE BANCOS

2.1 INTRODUCCION

La búsqueda científica y la explotación racional de los materiales--- ocupa cada vez más la atención de los grupos técnicos interesados en esta cuestión, por lo que resulta importante desarrollar criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales.

Una labor realmente necesaria de las instituciones y empresas dedicadas al proyecto y construcción de vías terrestres es la de centralizar de alguna manera toda la información que día a día va surgiendo sobre materiales utilizables, localización, volúmenes aprovechables, utilización, tratamientos, etc., una vez bién 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.

El tema es de tal importancia que no puede considerarse completo un proyecto o 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 suelos y rocas que se utilizarán en la obra.

Localizar un banco es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en-

la construcción de una determinada parte de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volumen del caso. El problema tiene otras muchas implicaciones, ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan; -- esos aspectos se tratan a continuación en el siguiente inciso.

2.2 ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA LOCALIZACION

1) Calidad.

La calidad de los materiales es uno de los requisitos más importantes que deberán tenerse en cuenta al seleccionar un banco de materiales pétreos para pavimentación, siendo necesario que de acuerdo con el destino que se le pretenda dar a estos materiales, sea la calidad que deberán cumplir con un cierto margen de seguridad, de acuerdo con las normas establecidas para el tipo de obra que se vaya a ejecutar, ya que si no es así y se seleccionan bancos cuya calidad esta en el límite tolerable por las especificaciones, el riesgo que se corre es grave, debido a que durante la producción se pueden obtener materiales inaceptables para el fin propuesto.

Este aspecto es muy importante, principalmente en lo que se refiere a ciertas características y algunos materiales, las cuales en ocasiones tienen variaciones apreciables durante su explotación.

2) Accesibilidad .

Este es otro de los factores importantes que hay que tomar en cuenta, ya que de no considerarlo se pueden llegar a tener fracasos económicos de importancia si se fijan bancos inaccesibles o de muy difícil acceso, --

tales como los ubicados en las márgenes opuestas de ríos caudalosos, donde no hay puentes para cruzarlos y los materiales sólo se pueden transportar por medio de chalanes* en ciertas épocas del año, lo que resulta oneroso; los bancos en cantiles o laderas escarpadas en donde para llegar a ellos es necesario construir caminos de acceso muy largos, caros y peligrosos de transitar o bien, cruzar zonas anegadas o pantanosas en donde es difícil y costoso construir y conservar el camino de acceso.

3) Facilidad de explotación.

Las ventajas que presenta un banco en relación con otros, en lo que se refiere a facilidad de explotación, deberá tomarse en cuenta al fijarlo ya que tiene influencia directa tanto en el aspecto económico, como en el cumplimiento de los programas de la obra.

Por tal motivo, hasta donde sea posible, se evitará localizar bancos en zonas montañosas en las cuales no se tengan sitios apropiados para la instalación del equipo para su explotación, tratamiento, maniobras y almacenamientos de los materiales procesados en sitios tan próximos a las obras por construir, que al efectuarse el ataque del banco se ocasionan obstrucciones en ellas, con el material producto de la explotación; en las cercanías de instalaciones que son costosas de mover, tales como lí-

(*) chalanes.- entiéndase como un equipo especial para transportar materiales, cruzando ríos y arroyos.

neas de transmisión de energía eléctrica, subestaciones eléctricas, canales, tuberías (gasoductos, oleoductos, etc.) o bien, en donde se ponen en peligro estructuras como cortinas de presas, torres de transmisión, edificios, etc. Otro caso que es conveniente evitar es el de extracción de materiales en playones de ríos, en donde los espesores aprovechables son pequeños y la calidad es variable o bien, cuando el material tiene que extraerse bajo agua con el consiguiente deterioro del equipo, disminución de rendimientos y consecuente aumento de costo; lo anterior se acentúa cuando es necesario usar chalanes o algún otro equipo adicional.

Con objeto de evitar en lo posible problemas como los citados anteriormente, es necesario tomar en cuenta la facilidad de explotación, estudiando la posibilidad de explotar bancos, que aunque estén más alejados de las obras presenten menos dificultades para su ataque.

4) Volúmen disponible.

Este es otro de los factores que deberán tomarse en cuenta al localizar un banco, ya que en los casos en donde el material requiere para su utilización cierto tratamiento por medio de máquinas o instalaciones costosas, el volúmen por extraer debe justificar estos gastos a fin de que la explotación del banco resulte económica; el caso de banco de materiales con volúmenes reducidos en los cuales se requieren tratamientos complicados, no es recomendable su explotación a menos que no se encuentren otros bancos en la región.

5) Tratamiento.

Bajo el tratamiento a que deberán sujetarse los materiales de los bancos para su utilización es otro aspecto importante para tenerse en cuenta al seleccionarlos, ya que de preferencia es conveniente trabajar con ma--

teriales cuyos tratamientos sean sencillos, tales como el disgregado, el cribado, o cuando más, el triturado, a fin de evitar aquéllos que requieran procedimientos adicionales complicados como el lavado u otros más elaborados como es el caso de las estabilizaciones; estos últimos procedimientos resultan caros y en ocasiones, por no disponerse de todo el equipo especializado necesario, se recurre a adaptaciones que al final no producen el material con la calidad adecuada, que es factible obtener, por lo que se recomienda que en caso de ser necesarios los procedimientos señalados, se utilice el equipo apropiado.

6) Aspecto legal.

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.

7) Costos.

Es necesario antes de recomendar el empleo de cualquier banco de material, efectuar un análisis económico de los que se tengan disponibles, teniendo en cuenta los aspectos básicos anteriormente tratados, con lo cual se estará en posibilidad de eliminar aquéllos que no sean competitivos.

COMENTARIOS EN RELACION A LOS ASPECTOS ANTERIORES

Es evidente que en cualquier caso práctico, muchos de los requerimientos anteriores estarán en contraposición por lo que la labor del ingeniero estriba en elegir el conjunto de bancos que concilie de la mejor manera las contradicciones que resulten en cada caso.

La interrelación entre los materiales de construcción y el proyecto de la obra es esencial a tal grado que, como se dijo, el proyecto de una vía terrestre carece de sentido si no se le enfoca como un conjunto que comprenda los bancos de materiales disponibles y la utilización que de ellos pretenda hacerse.

Evidentemente el complicado balance que deberá realizarse comienza -- con una etapa de localización simple, al final de la cual el ingeniero -- debe disponer de un mapa donde aparezcan todos los posibles aprovechamientos de material que pueden interesar a su obra, habiéndose probablemente excluido otros muchos, por algún o algunos inconvenientes obvios. Entre todo este conjunto de bancos que se vean factibles, deberá el ingeniero -- desarrollar sus líneas de opción en estrecha vinculación con su proyecto.

2.3 PROCEDIMIENTO DE LOCALIZACION

La búsqueda y localización de bancos de materiales puede hacerse -- principalmente por fotointerpretación o por reconocimientos terrestres directos; estos últimos pueden auxiliarse a su vez, por la fotointerpretación o por métodos de prospección geofísica.

Los mapas geológicos constituyen una información básica invaluable -- para el proyecto de las vías terrestres. Con trabajo de campo o con foto interpretación de pares estereoscópicos de aerofotografías pueden determinarse los tipos de formaciones de suelos y rocas, así como sus límites y secuencias, lo cual proporcionará la primera idea en relación con las propiedades mecánicas de los suelos existentes en la zona en que se proyecta la vía terrestre, además de información sobre problemas de estabilidad. -

Por los mismos procedimientos es posible definir las estructuras geológicas de interés, tales como fallas, trayectorias de juntas y fisuras, deslizamientos de tierras anteriores, etc. Un estudio geológico que incluya un mapa geológico con suficiente detalle es, entonces, el primer paso obligado en el proyecto de una vía terrestre. La elaboración de estos estudios debe verse invariablemente como económica e imprescindible.

Las técnicas de la fotointerpretación se han incorporado más y más al conjunto de estudios para proyecto que la mejor experiencia va viendo como obligatorios. Estas técnicas permiten acelerar notablemente la producción de información y ahorran un gran número de recorridos de campo. Los principales datos que es posible obtener de estudios de fotointerpretación son los siguientes:

a) Características sociales y económicas de la zona por la que se desarrollará la vía terrestre, incluyendo poblaciones, industrias, cultivos, minería, y un levantamiento de las obras de ingeniería existentes en la región.

b) Topografía de la zona incluyendo facilidades de acceso.

c) Datos climáticos y relacionados con el clima, tales como vegetación, humedad, etc.

d) Factores hidrológicos, tales como corrientes importantes, longitud y localización de puentes y la configuración precisa del drenaje regional.

e) Descripción general de rocas y suelos.

f) Identificación de características geológicas de interés, tales como formaciones lacustres o pantanosas, formaciones inestables, lugares de erosión ecentuada, falta o abundancia de materiales de construcción, posibles dificultades para realizar excavaciones, zonas de infiltración, llanuras de inundación, etc.

g) Definición del uso de la tierra, de los tipos de cultivo, etc.

Una vez completado el trabajo de fotointerpretación, será preciso verificar sus conclusiones en el campo, examinando las zonas más probables para los bancos.

Entonces como se ha visto anteriormente, la fotointerpretación ofrece un método sin rival para explorar grandes áreas a bajo costo, en forma -- que fácilmente puede equivaler en precisión a un reconocimiento terrestre, especialmente si la institución que busca los bancos utiliza geólogos bien entrenados en la aplicación del método; de hecho éste es, sin duda, uno de los aspectos en que la geología aplicada puede contribuir más eficazmente a la tecnología de las vías terrestres.

Bién sea que se utilice como único método de detección o 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 realiza esta labor previa ha de recurrir siempre a la experiencia local, que podrá enseñarle muchas cosas útiles, de las que fácilmente

pueden pasar inadvertidas.

Para hacer el recorrido de campo para la localización de bancos de materiales es necesario contar con un plano de la región por explorar, de preferencia que este plano sea fotográfico y de ser posible fotointerpretado; en el caso de no poder contarse con estos datos se necesitará un plano en el que se tengan ubicados los ríos existentes, los accidentes topográficos importantes, las poblaciones con sus vías de acceso, la existencia de minas o canteras en explotación o que hayan sido explotadas, etc. Además, deberá recavarse con los habitantes de la región, información sobre la obtención de los materiales de construcción empleados en la zona por explorar y vaciarla en el plano, en el cual también se deberá señalar el desarrollo del camino por pavimentar o la ubicación de la obra que se trate.

Una vez que se cuente con un plano como el indicado anteriormente se procederá a efectuar la exploración de la región, para lo cual, si no se está familiarizado con ella, es conveniente hacerse acompañar por una persona conocedora de la zona; los recorridos de exploración se podrán efectuar en helicóptero, vehículo automotor (en ocasiones será necesario de doble tracción), lancha, caballo o a pié, según sea necesario; durante los recorridos se corregirá y completará el plano si fuera necesario, señalando tiempos de recorridos, distancias, ubicación de ríos o arroyos no consignados, así como la localización de probables bancos, indicando su posible empleo, desviación aproximada al camino u obra por pavimentar, tipo de material y volumen aproximado disponible.

Comúnmente es necesario localizar bancos para material de terracerías,

para capa subrasante, para sub-base y base de pavimento, en el caso de carreteras y aeropistas. En añadidura podrán requerirse bancos para la obtención de los materiales necesarios para la elaboración de concretos de piedra para mampostería u otros especiales. Se puede decir que, muchas veces un mismo banco puede proporcionar material para varios de esos usos, sometiendo su producto a diferentes tratamientos.

2.4 DIFERENTES TIPOS DE BANCOS

Los bancos de materiales se presentan en la naturaleza en varias formas, siendo las más comunes las siguientes:

1) Playones de ríos.

Estos bancos se forman por la sedimentación de los materiales que arrastran los ríos desde su nacimiento en las partes altas de las montañas hasta su desembocadura en los mares o lagos; a través de su recorrido se van depositando los materiales arrastrados, quedando los boleos en las zonas de pendiente fuerte del cauce y por consiguiente donde las velocidades del agua son elevadas, en otras en donde la pendiente del canal es menos fuerte y la velocidad es menor, se depositan gravas, arenas, limos y arcillas, hasta llegar a las desembocaduras o sus proximidades en donde se depositan materiales finos. La formación de playones en los márgenes de los ríos, principalmente en las curvas del cauce, se deben a las diferentes velocidades que alcanza la corriente según la sección transversal del río.

Los playones de ríos en general presentan una buena graduación en el tamaño de los materiales que los constituyen, sin embargo en ocasiones --

por un proceso de lavado natural las partículas finas como las arenas, -- los limos o pequeñas cantidades de arcilla, son arrastradas quedando materiales inertes y/o mal graduados, los que en ciertas etapas de la construcción de las obras no son muy adecuados; en otras ocasiones, debido a las crecientes de los ríos, los playones son cubiertos con tirantes-reducidos de agua con velocidades de traslado bajas, originando que se sedimenten limos y arcillas, lo cual puede dar origen a bancos con materiales de características plásticas que a veces no son deseables en la obra.

2) Depósitos.

Los depósitos en general están formados por materiales que llenaron algunas depresiones del terreno natural, que llegaron por ahí por medio de arrastre fluvial, glacial o por eyección de volcanes, etc. En ocasiones se encuentran prácticamente descubiertos y en otros cubiertos por otro material arrastrado. Los referidos depósitos pueden estar compuestos por fragmentos de roca, gravas, arenas, limos, arcillas, cenizas volcánicas, o fragmentos de origen piroclástico.

3) Mantos de roca.

En general, los mantos de roca presentan una capa intemperizada que puede tener varios metros de espesor o bien cubiertos por material de arrastre, aunque en ocasiones la roca sana aflora debido a la erosión de la capa alterada o por fenómenos y formaciones geológicas que dan lugar a que se descubran dichos mantos. Las rocas que constituyen los referidos bancos pueden ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico.

Entre las rocas ígneas más comunes están el basalto, la riolita, la andesita, el granito, el gabro y las tobas; entre las sedimentarias están

las calizas, las areniscas, los conglomerados, las brechas; entre las metamórficas, el mármol, la cuarcita, la pizarra y el gneiss. La forma en que se presentan las rocas en los mantos puede ser en masas sólidas y duras, en formas estratificadas, en fragmentos y en alguna otra variante, - caracterizadas en ocasiones por el origen de la roca.

4) Conglomerados.

Los conglomerados son formaciones de origen sedimentario y están constituidos por gravas con o sin fragmentos de roca y cantidades apreciables de arena, que generalmente han sido depositados por corrientes fluviales, todo lo cual ha sido cementado posteriormente con materiales acarreados.- En estos bancos las gravas y fragmentos son de forma redondeada y su cementación puede ser fuerte, como en los conglomerados calizos, o baja, -- dependiendo del tipo de los materiales cementantes.

Los bancos de conglomerados se encuentran generalmente en las proximidades de corrientes fluviales, en cauces antiguos; en algunas ocasiones se presentan formando estratos más o menos gruesos y en otras formando lomas originadas probablemente por erosiones o por movimientos telúricos.

5) Aglomerados.

Los aglomerados son formaciones de mezclas heterogéneas, poco o nada cementadas, de gravas, arenas, limos y arcillas, los cuales son de origen sedimentario. También hay materiales semejantes constituidos por fragmentos angulosos de origen ígneo, a los que se les llama aglomerados.

6) Zonas de pepena.

En algunas regiones del país se presentan zonas donde sobre la superficie del suelo se encuentran fragmentos duros de roca, cuyo origen geológico

gico puede ser variado. Se considera que dichas zonas a las que se les ha llamado de pepena se formaron por erosión de la roca, o por erupciones volcánicas, quedando sobre el terreno los corazones o fragmentos más duros, de un tamaño tal que pueden ser cargados a mano, aunque a veces se puede necesitar, en algunos fragmentos grandes, el empleo de explosivos (moneo). Se hace notar que estos fragmentos se pueden encontrar limpios o cubiertos con una capa más o menos gruesa de arcilla, probablemente resultante de la desintegración de la roca original. Así, conociendo el origen de los depósitos anteriormente mencionados, podemos comentar de donde es más común utilizar el material para las capas del pavimento:

Los bancos para subrasante suelen encontrarse en los oteros* bajos y extendidos, en formaciones de roca muy alterada, en las zonas limoarenosas de los depósitos de ríos en zonas de depósito volcánico de naturaleza piroclástica, como conos cineríticos o tobáceos, en horizontes arenosos de formaciones estratificadas extensas, etc. Las distancias comunes entre bancos pueden extenderse en este caso hasta 10 Km.

Los materiales para sub-base y base de pavimento, suelen encontrarse en playones y márgenes de ríos, en frentes y cantiles rocosos, cerros relativamente elevados y de pendiente abrupta, etc. En este caso, como los materiales están condicionados en forma importante por los tratamientos mecánicos que llegan a requerir para satisfacer las normas de calidad, --

(*) Otero.- cerro aislado que domina un llano.

mismos que, en añadidura, necesitan de la instalación de equipos especiales y plantas complejas, que no conviene mover mucho. Por todo ello, los bancos suelen estar muy espaciados, al grado que, distancias del orden de 50 Km. no son difíciles de ver.

Los materiales para concretos asfálticos o hidráulicos se obtienen ca si siempre por trituración, a partir de formaciones rocosas sanas.

2.5 EXPLORACION Y MUESTREO DE BANCOS

Una vez bien definida una zona en la que se pretenda establecer un -- banco de materiales, deberá llevarse a cabo una investigación completa -- formada, que por lo general constan de tres etapas que a continuación se describen:

1) Reconocimiento preliminar.

Este reconocimiento debe incluir la opinión de un geólogo. En esta etapa debe considerarse esencial el contar con el estudio geológico de la zona por sencillo que sea; según la topografía de la región, tipo de vegetación, extensión del área por explorar, vías de acceso existentes y de más características, será el procedimiento de exploración a efectuar pudiendo llevarse a cabo a pie, a caballo, en vehículo automotor, lancha o helicóptero. Por cualquiera de los procedimientos citados se puede llevar a cabo la exploración y durante ella se toman todos los datos necesarios de los bancos probables que se encuentren. Los datos necesarios son los que se mencionan en el inciso 2.2.

2) La exploración preliminar.

En la que por medio de procedimientos simples y expeditos, pueda obte

nerse información sobre el espesor y composición del subsuelo, la profundidad del agua freática y de más datos que permitan en principio, definir si la zona es prometedora para la implantación de un banco de las características del que se busca y si, por consiguiente conviene continuar la investigación sobre ella.

En esta etapa se hace lo siguiente: después de llevar un croquis del área probable del banco, se señalarán sus dimensiones aproximadas, incluyéndose en el mismo un esquema con su ubicación en relación con el camino o la obra donde se empleará; a continuación se ejecutarán, según el área estimada del banco, algunos sondeos que por lo general se hacen a cielo abierto, distribuidos adecuadamente en toda el área, los que se señalarán en el croquis.

Los referidos sondeos se llevarán a cabo anotando en el registro de cada uno de ellos, el espesor de la capa de despalme y su tipo de material, la estratigrafía de los materiales aprovechables encontrados indicando con claridad sus características, dureza o dificultad en su ataque, humedad natural, nivel de aguas freáticas si se llega a encontrar, tipo de material subyacente al material aprovechable, tratamiento y uso probable del material aprovechable, época del año en que se efectuaron los sondeos y todas las observaciones de campo que se consideren necesarias como puede ser la existencia de estratos de arcilla, fisuras con o sin relleno, tipo de relleno o empaque, etc. Una vez efectuados los sondeos a cielo abierto, los cuales tratándose de un estudio preliminar podrán ser del orden de 4 a 6 por cada 50 000 m³ de probable material aprovechable, se procederá a tomar una muestra representativa de cada sondeo, identificándola en forma adecuada a fin de evitar confusiones en el laboratorio. A todas-

las muestras se les efectuarán ensayos completos de calidad y de acuerdo con los resultados que se obtengan, se podrán juzgar si del estudio preliminar se pasa al definitivo o bien, por la calidad resultante de los materiales se elimina el banco o se amplía el estudio hacia alguna otra zona, que por el resultado de los ensayos y las observaciones de campo, resulte conveniente estudiar por considerar que posiblemente hacia ella se extienda el material de buena calidad. En algunas ocasiones se hacen estudios geofísicos mencionados anteriormente, con objeto de detectar con mayor aproximación el área que conviene sondear y muestrear. En los casos en -- que los bancos se localicen en cortes naturales, se aprovecharán éstos para tomar en sus paredes muestras en canal, previa eliminación de la capa superficial que se encuentre alterada por acción del intemperismo; dichas muestras complementarán las hechas en los sondeos a cielo abierto. Lo anteriormente expuesto es aplicable a los materiales que son susceptibles de atacarse con pico y pala, ya que en caso de no ser así, el estudio preliminar se limitaría a efectuar algunas barrenaciones hasta una profundidad adecuada, y considerando el tipo y características físicas del polvo que se extraiga, la dificultad en la barrenación y algunas otras observaciones de campo hechas durante este trabajo (grietas, empaque, etc.), se podrán definir si se pasa al estudio definitivo o se concluye que no es conveniente efectuarlo.

3) Estudios definitivos.

Si el estudio preliminar ha conducido al definitivo, el croquis del banco se debe efectuar con mayor precisión midiendo con exactitud sus dimensiones y estacándolo para delimitar la zona de los materiales aprovechables; su ubicación con respecto al camino es necesario determinarla --

con mayor precisión y calcular su volumen teniendo en cuenta el área estudiada aprovechable y el espesor promedio resultante de la capa o capas de materiales aprovechables, deduciendo los volúmenes de los desperdicios -- que se prevean.

En el estudio definitivo es conveniente distribuir los sondeos a cielo abierto distribuidos en la zona donde se localizan los bancos, de tal manera que la distancia entre vértices adyacentes sea de 20 a 100 m., según la uniformidad, tipo de los materiales, y espesor aprovechable; además; es aconsejable para su fácil identificación, poner una estaca a un lado del sondeo con su número correspondiente; también deberá llevarse un registro de cada sondeo en donde se señalen datos como los indicados para los sondeos preliminares y además los espesores de los diferentes materiales encontrados, clasificación estimativa, y todos los datos que se consideren de interés. Terminados los sondeos se tomará una muestra representativa en cantidad suficiente del material extraído de cada uno, identificándola correctamente para evitar errores en el laboratorio; a continuación se procederá a efectuar a todas las muestras individualmente los ensayos de calidad correspondientes y en el caso de que las características de ellas resulten uniformes, se obtendrá por cuarteo una muestra representativa de material del banco o bien, si hay algunas zonas con características diferentes se obtendrán muestras representativas de éstas por medio de los materiales extraídos de los sondeos de cada una de dichas zonas; a éstas muestras representativas se les efectuarán todos los ensayos de calidad correspondientes y se les determinarán los porcentajes de las partículas retenidas en las mallas de 76.2 mm, 50.8 mm, 38.1 mm, 19.1 mm. y 12.7 mm, según sea el destino del material, así como el tamaño máximo -

de las mismas, con lo cual se podrá definir el tratamiento probable a que deberán sujetarse dichos materiales.

Lo anteriormente expuesto es aplicable al caso de bancos en los que los sondeos se pueden hacer con pico y pala, ya que en el caso de que esto no sea posible, se procederá a efectuar algunos sondeos a cielo abierto por medio de explosivos y a ejecutar algunas otras barrenaciones para determinar el área y espesor del material aprovechable y como consecuencia su volumen. De los sondeos a cielo abierto se tomarán muestras representativas, las cuales en el laboratorio se someterán a trituración por medio de una máquina o por marreo, a fin de poder efectuar todos los ensayos de calidad.

Conociendo los resultados de los ensayos de calidad, el tratamiento aplicado en el laboratorio para obtener material trabajable (disgregado, cribado, triturado parcial o total, lavado, etc.), volumen de material disponible y ubicación, se estará en posibilidad de recomendar el banco y su utilización, según las especificaciones que cumpla.

Conviene hacer los siguientes comentarios acerca de los estudios preliminar y definitivo; como quiera que sea rara vez se requiere explorar a profundidades grandes mayores de 10 m., los métodos de sondeo preliminar y definitivo pueden no ser diferentes. El pozo a cielo abierto, la sondeadora y los barrenos helicoidales son los métodos más empleados en suelos. 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 distintas formaciones existentes y ubicar con la aproximación requerida-

el volumen del material que vaya a ser necesario.

No debe excluirse, al realizar exploración definitiva en suelos, el empleo de métodos de exploración más refinados o capaces de ir a mayores profundidades, que pudieran requerirse en algunas ocasiones; se utilizarán entonces máquinas perforadoras, con técnicas de sondeo más avanzadas. 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 al volumen de 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.

Los bancos de suelo han de muestrearse para conocer en el laboratorio las características que interesen para definir o autorizar su uso. No existe ninguna regla para fijar el número de sondeos que es necesario hacer en un caso dado. En algunas instituciones fijan un determinado número de sondeos por cada número de metros cúbicos de material por explotar, lo cual no toma en cuenta ni la homogeneidad o heterogeneidad de la formación, ni ninguna otra de las características geológicas particulares, por lo que lo anterior no parece ser un buen criterio para definir la exploración; será preferible ceñirse en cada caso a las características específicas del banco en estudio, teniendo muy en cuenta las condiciones geológicas locales, los frentes que han de atacarse, etc.

Naturalmente, la muestra que se extraiga dependerá de la utilización que pretenda hacerse del suelo. En bancos para terracerías es común rea

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

En materiales para pavimento, además de las pruebas anteriores, los bancos de suelos deberán sujetarse en general a pruebas de Valor Relativo de Soporte o similares, de acuerdo con el método de diseño que se pretenda utilizar. Se excluye, naturalmente, toda la gama de pruebas que en relación con los asfaltos han de hacerse a una carpeta, por considerarlos fuera de los alcances de este trabajo.

En general, las pruebas que requieren los suelos que van a usarse en pavimentos, aunque sean las mismas que las de las 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. De la misma manera los análisis de compactación y Valor Relativo de Soporte probablemente han de hacerse con mayor intensidad en la subrasante y demás capas de pavimento que en otras partes más bajas del terraplén.

Al tratar con bancos de suelo que vayan a usarse en pavimentación es también frecuente que se distinga un conjunto de pruebas dentro de una etapa de estudio preliminar, de otras pruebas que se hagan posteriormente con carácter definitivo. Este criterio permitirá seleccionar las zonas más prometedoras dentro de un banco dado o establecer racionalmente alternativas de uso entre varios bancos vecinos.

La tabla 2.1 presenta de un modo general el tipo de pruebas que se hace a los distintos materiales provenientes de los bancos, según el uso que de ellos pretenda realizarse, y en el inciso 1.5 se describen las pruebas-necesarias, que se mencionan en el capítulo III.

En general las pruebas están divididas en tres tipos, las de clasificación, las 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 puede haber, criterios diferentes entre los diversos organismos que construyen; la tabla está hecha presuponiendo un tanto que la prueba básica para el diseño-de pavimentos sea la de Valor Relativo de Soporte. Otro punto en el que -- suele haber bastante diferencia institucional es el que se refiere a la fi-
jación de las pruebas para fijar las características de expansividad de --
los suelos.

TABLA 2.1

Pruebas de laboratorio que se efectúan a los suelos que se extraen de bancos, según su utilización.

I. Terracerías

- a) Clasificación: Límites de plasticidad y Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo y a veces, Valor Relativo - de Soporte.

II. Capa Subrasante

- a) Clasificación: Límites de plasticidad y Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo, Valor Relativo de Soporte, Expansión y Equivalente de arena.
- c) Diseño: Determinación del Valor Relativo de Soporte (Método del Cuerpo de Ingenieros, U.S.A.), o bien:
Pruebas de Hveem.
Pruebas Triaxiales de Texas.

III. Base y Sub-base

- a) Clasificación: Límites de plasticidad y Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo, Valor Relativo de Soporte, Equivalente de arena y Expansión.
- c) Diseño: Si se desea hacer un diseño estructural por capas, -deberán realizarse las pruebas indicadas para la -- capa subrasante.

IV. Carpeta asfáltica

- a) Clasificación: Límites de plasticidad y Granulometría.
- b) Calidad: Pruebas de desgaste y/o alterabilidad.
Equivalente de arena.
Expansión.
Afinidad con el asfalto.
Pruebas para definir la forma de los agregados.
- c) Diseño: Prueba de Marshall, o bien:
Pruebas de Hveem.
El contenido óptimo de Asfalto puede determinarse -
también por el método C.K.E.

En lo que se refiere a las rocas, las principales pruebas que han de hacerse a los materiales producto de banco son las que definen su modo de fragmentación y su susceptibilidad a la meteorización. La tabla 2.2 -- contiene una relación de las pruebas índice que es más común hacer a las rocas, aún cuando en muchos casos de la práctica se omiten algunas de --- ellas o aún todas, utilizando el material simplemente con base en la ob--servación del banco y en la experiencia precedente.

TABLA 2.2

Pruebas índice más comunes para materiales rocosos, con vistas a definir su comportamiento ingenieril.

Densidad de sólidos.
Peso volumétrico seco.
Contenido de agua.
Porosidad.
Índice de alteración.
Permeabilidad al agua.
Permeabilidad al aire.
Alterabilidad.
Resistencia.
Deformabilidad.

2.6 PRUEBAS DE LABORATORIO

A continuación se describen brevemente las pruebas de laboratorio que deben efectuarse al material que se pretende utilizar con el objeto de conocer su calidad y así poder determinar para que tipo de capa puede utilizarse, según las Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Capítulo 1, 2 y 3 del Tomo IX, 1a. Parte.

1) Granulometría.

Consiste en separar las partículas de suelo, tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, a fin de relacionar dichos retenidos, co

mo porcentajes de la muestra total, para obtener la composición granulométrica. Con este procedimiento se clasifican las partículas de suelo hasta un tamaño mínimo de 0.074 mm. que corresponde a la malla número 200.

2) Límite Líquido,

Se toma una muestra de 150 gr., aproximadamente, del material preparado, se coloca en una cápsula de porcelana y se procede a hacer homogéneo el material, manipulándolo con una espátula, sin aplicar una presión excesiva. Una vez logrado lo anterior, se coloca en la copa de latón del aparato de Casagrande, en cantidad ligeramente excedida, de manera que al ser extendido el material por medio de una espátula se tenga en el centro un espesor de 1 cm. El material deberá ser extendido del centro hacia los extremos y, una vez nivelado con la espátula, se procederá a dividirlo en la mitad utilizando el ranurador. Accionando la manivela, se hará caer la copa desde una altura de 1 cm, a razón de dos golpes por segundo, hasta lograr una liga íntima de los bordes inferiores de la ranura, en una longitud de 13 mm. Si el número de golpes es superior a 25, la humedad de la muestra es inferior al límite líquido debiendo entonces retirarse el material de la copa, juntarlo al que quedó en la cápsula y agregar una pequeña cantidad de agua, manipulándolo con la espátula hasta lograr una distribución uniforme de la misma. Si la humedad de la muestra ensayada resulta superior al límite líquido, es decir, si el número de golpes necesario para cerrar la ranura es inferior a 25, entonces deberá dejarse evaporar el agua removiendo constantemente el material con la espátula; por ningún motivo deberá agregarse material seco para disminuir la humedad. La prueba se repetirá el número de veces necesario hasta lograr que con 25 golpes se cierre la ranura en la forma especificada. La humedad que contiene la muestra en estas condiciones es precisamente la del límite líquido y se deter-

mina con la siguiente fórmula:

$$W_L = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_t} \times 100$$

En la cual:

W_L = Humedad del límite líquido.

P_1 = Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente.

P_2 = Peso de la muestra seca + peso del recipiente.

P_t = Peso del recipiente.

3) Contracción lineal.

Para esta determinación se utilizará el material que sobró de la prueba del límite líquido inmediatamente después de terminada esta última o en su defecto, una muestra preparada de acuerdo con lo especificado en las -- Normas de Construcción de la S.C.T. que contenga la humedad del límite líquido. Con la mezcla de suelo y agua en las condiciones indicadas se procederá al llenado del molde de prueba que deberá haber sido engrasado previamente para evitar que se adhiera material a las paredes. El llenado de los moldes se efectuará en tres capas y golpeando en cada ocasión el molde contra una superficie dura. Para verificar esta operación, deberá tomarse el molde de sus dos extremos y golpearlo, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base, lo cual se consigue manteniéndolo, durante la caída, paralela la base del molde a la superficie sobre la cual se golpea. Esta operación deberá continuarse hasta lograr la expulsión casi total del aire. Al final se engrasará el material en el molde utilizando una espátula. Deberá dejarse secar la barra al aire hasta que su color cambie de oscuro a claro y a continuación, se pondrá a secar en el horno por un período de 18 horas, aproximadamente. Finalmente con el calibrador se medirá la longi

tud de la barra de material seco y la longitud interior del molde, calculándose enseguida la contracción lineal de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C.L. = \frac{(L_1 - L_2)}{L_1} \times 100$$

Siendo:

L_1 = Longitud del molde o sea, de la barra de suelo húmedo.

L_2 = Longitud de la barra de suelo seco.

4) Peso volumétrico.

La determinación del peso volumétrico seco en el lugar encuentra su principal aplicación como prueba de control de compactación durante la construcción de una terracería. En terracerías ya construidas se emplea para conocer el grado de compactación alcanzado por los suelos que forman dicha estructura, con el fin de hacer el estudio de su valor relativo de soporte. Se aplica también para conocer el abundamiento de los suelos desde los préstamos o bancos al equipo de transporte y al terraplén.

Para realizar la prueba se hará una excavación en el suelo cuyo peso volumétrico se desee determinar, utilizando la cuchara y la barreta y procurando que sea lo más regular posible, de sección sensiblemente circular o cuadrada. Se pesará inmediatamente el material extraído de la excavación y se tomará una muestra para determinar su humedad; se deberá determinar el volumen de la excavación mediante el siguiente procedimiento: se pesará una cantidad conveniente de arena, que sea mayor de la que puede llenar la excavación, anotando este peso inicial P_1 . Se llenará la excavación con la arena, dejándola caer desde una altura constante de 10 cm, que deberá con-

trolarse mediante la regla de ésa longitud. Se nivelará la arena hasta el borde superior de la excavación dejando una superficie plana con ayuda de la regla. Deberá anotarse el peso del resto de la arena que llenó la excavación mediante la fórmula:

$$P_a = P_1 - P_f$$

Siendo:

P_a = Peso de la arena que llenó la excavación.

P_f = Peso de la arena sobrante.

Se calculará el volumen de la excavación dividiendo P_a entre el peso - volumétrico de la arena, previamente determinado con toda exactitud en el laboratorio, dando en el campo la misma altura de caída constante de 10 cm.

El peso volumétrico húmedo del suelo se calculará dividiendo el peso - del material húmedo extraído de la excavación entre el volumen de la misma.

$$\gamma_w = \frac{P_w}{V} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

Una vez determinada la humedad que contiene el suelo, se calculará el peso volumétrico seco de éste mediante la fórmula:

$$\gamma_s = \frac{\gamma_w}{100 + w} \times 100$$

o bién:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} = \frac{P_w}{V(100 + w)} \times 100$$

Siendo:

γ_s = Peso volumétrico seco del suelo, en Kg/m^3

w = Humedad del suelo.

5) Compactación.

La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas, -- dentro de un molde de dimensiones y forma especificadas, por medio de golpes de un pisón, también especificados, que se deja caer libremente desde una altura prefijada; esta prueba se llama Prueba Proctor Estándar.

El molde es un cilindro de 0.94 litros de capacidad aproximada, de --- 10.2 cm de diámetro y 11.7 cm de altura, provisto de una extensión desmontable de igual diámetro y 5 cm de altura. El molde puede fijarse a una base metálica con tornillos de mariposa.

El pisón es de 2.5 Kg de peso y consta de un vástago en cuyo extremo inferior hay un cilindro metálico de 5 cm de diámetro. Los golpes se aplican dejando caer el pisón desde una altura de 30.5 cm.

Dentro del molde el suelo debe colocarse en tres capas que se compactando 25 golpes, repartidos en el área del cilindro, a cada una de --- ellas. Con los datos anteriores la energía específica de compactación es de 6 Kg cm/cm^3 .

Debido al rápido desenvolvimiento del equipo de compactación de campo-comercialmente disponible, la energía específica de compactación en la --- Prueba Proctor Estándar empezó a no lograr representar en forma adecuada - las compactaciones mayores que podían lograrse con el nuevo equipo. Esto - condujo a una modificación de la prueba aumentando la energía de compactación, de modo que conservando el número de golpes por capa se elevó el número de éstas de 3 a 5, aumentando al mismo tiempo el peso del pisón y la altura de caída del mismo. Las nuevas dimensiones son 4.5 Kg y 45.7 cm respectiva y aproximadamente. La energía específica de compactación es ahora-

de 27.2 Kg cm/cm³.

Repitiéndose los procedimientos anteriores con un contenido de agua diferente y que se hayan obtenido, por lo menos dos puntos en la gráfica de compactación que se sitúen arriba de la humedad óptima, se dibuja la curva que tenga como abscisas, los diferentes contenidos de agua resultantes y como ordenadas los pesos específicos seco y de la masa. Se dibuja también la curva de saturación completa.

Las fórmulas que se aplican para estas curvas son:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + w}$$

Donde:

γ_d = Peso específico seco.

γ_m = Peso específico de la muestra.

w = Contenido de agua.

y para el 100 % de saturación, se obtiene calculando los pesos específicos secos del mismo suelo con la fórmula:

$$\gamma_d = \frac{S_s}{1 + wS_s} \gamma_o$$

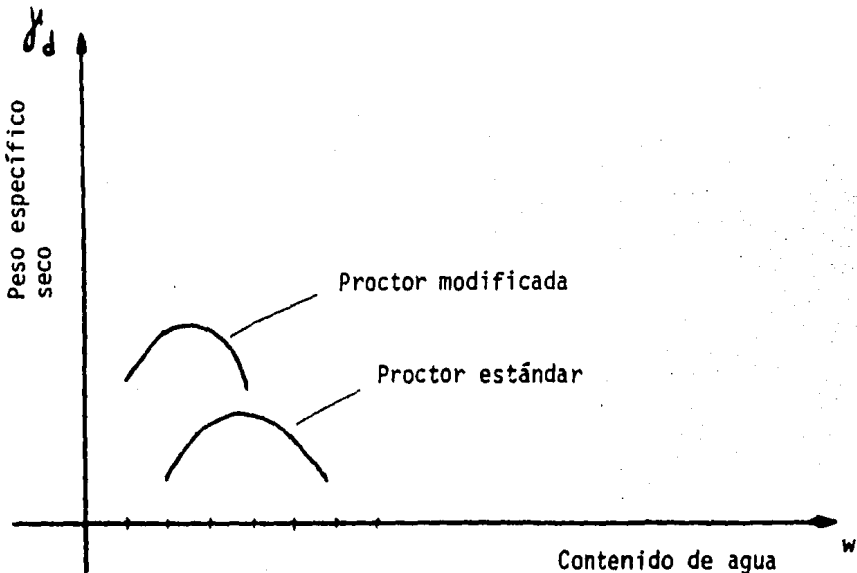
siendo:

S_s = Peso específico relativo de la fase sólida.

γ_o = Peso específico del agua.

Las anteriores pruebas de laboratorio, se aplican en materiales que pasen la malla de 101.6 mm y que no carezcan de cementación.

Para los suelos con agregados gruesos hasta de 25.4 mm. y materiales que pasen la malla número 4 que carezcan de cementación, se realiza la prueba de compactación con carga estática. Esta prueba consiste en colocar en tres capas dentro del molde de prueba, dándole a cada una de ellas 25 golpes con una varilla metálica, y al terminar con la última capa, se compacta el material aplicando carga uniforme lentamente, de modo de alcanzar la presión de 140.6 Kg/cm^2 en un tiempo de 5 minutos, la que deberá mantenerse durante un minuto e, inmediatamente, hacer la descarga lentamente en el siguiente minuto. Este proceso se repite hasta observar que la base del molde se humedece significando que se encuentra con una humedad ligeramente mayor que la óptima, dibujándose las curvas $\gamma_d - w$ de la misma manera que en las pruebas anteriores de compactación.



Curvas de compactación en Pruebas Proctor Estándar y Modificada.

6) Valor Relativo de Soporte (V.R.S.).

Se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de --- 19.4 cm^2 de área se hace penetrar en un espécimen de suelo a razón de --- 0.127 cm/min ; se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen en 0.25 cm . El Valor Relativo de Soporte del suelo se define como la relación, expresada como porcentaje entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm y la presión requerida para tener la misma penetración en un material arbitrario, adoptado como patrón, que es una piedra triturada en la que se producen las presiones en el vástago que se anotan en la siguiente tabla:

Penetración cm	Presión en el vástago Kg/cm^2
0.25	70
0.50	105
0.75	133
1.00	161
1.25	182

Como se dijo, la penetración que se usa para calcular el V.R.S. es la de los primeros 0.25 cm ; como regla general, el V.R.S. disminuye cuando la penetración en que se hace su cálculo es mayor, pero a veces si su cálculo con la penetración de 0.5 cm resulta más grande que el obtenido de la primera penetración; en tal caso, se adopta como V.R.S. el obtenido con la segunda penetración (0.5 cm).

El espécimen de suelo con el que se hace la prueba está confinado en un molde de 15.2 cm de diámetro y 20.3 cm de altura,

7) Prueba del valor cementante.

Para realizar la prueba se requiere el procedimiento que se indica a continuación: se toma una muestra que pase la malla de 101,6 mm para obtener unos 3 Kg. Se adiciona agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación y se manipulará hasta lograr una repartición uniforme de la misma. Se tomarán muestras para efectuar la prueba por triplicado, debiendo tener los tres especímenes la misma altura. Para esto deberá emplearse la misma cantidad en peso de material húmedo para elaborar cada espécimen.

Se compactará el material en tres capas para formar un espécimen de forma sensiblemente cúbica, apisonando con una varilla dando 15 golpes y dejándola caer de una altura libre de 50 cm para cada capa. El molde con el material compactado se colocará en el horno a temperatura de 40°C y se mantendrá en este último hasta que se pierda la suficiente humedad para permitir la remoción del molde. Se continuará el secado a una temperatura de 100°C a 110°C hasta que se pierda toda la humedad. Se saca el espécimen del horno, se dejará enfriar, y se probará a la compresión, debiendo colocarse unas placas de cartón sobre la cara superior e inferior del espécimen o bien se procederá a cabecear los cubos con azufre o una mezcla de arena y yeso, dejando las caras paralelas, conservando la posición en que fué compactado.

El valor cementante es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida en los tres especímenes y se se expresa en Kg/cm^2 . Si uno de los valores de resistencia discrepa mucho de los otros dos se desecha para el cálculo.

8) Equivalente de arena.

La prueba consiste en introducir una cantidad prefijada de la fracción del suelo que pasa la malla de 101.6 mm en una probeta estándar, parcialmente llena con una solución que, entre otros efectos, propicia la sedimentación de los finos. Tras un periodo de vigorosa agitación para homogeneizar la suspensión, la probeta se deja en reposo en su posición natural durante 20 min, al cabo de los cuales se ve el perfil de sedimentación en el fondo, que básicamente debe consistir de dos capas fácilmente distinguibles, una inferior que tendrá prácticamente todas las partículas de arena y otra, superior, formada por la cantidad de arcilla que haya alcanzado a depositarse en el tiempo transcurrido, bajo el efecto floculante que produzca la solución utilizada, el cual, obviamente, dependerá de la concentración con que se fabrique ésta.

De esta manera el estudio de perfil de sedimentación permite establecer un índice volumétrico de las respectivas proporciones de los materiales contenidos en el suelo original, que pueden en principio, clasificarse como arenas o como arcillas. Además como se verá, el perfil de sedimentación permite obtener también una idea de carácter cualitativo, pero seguramente bastante apropiada, de la actividad que puede atribuirse a la fracción arcillosa.

La solución está formada básicamente con cloruro de calcio, que es un material floculante; se le añade algo de glicerina, pues se vió que así se producía un efecto estabilizante que hacía la prueba más consistente al ser repetida por operadores diferentes y una porción de formaldehído, cuyo objeto es el de esterilizar la solución para neutralizar la posibilidad de desarrollo de organismos que pudiera contener el suelo original. -

La base de la solución es agua destilada o razonablemente limpia. Muy especialmente, la cantidad de cloruro de calcio determina el poder floculante de la solución; con cantidades diferentes se tienen volúmenes de arcilla depositadas muy diferentes y, por lo tanto, también muy distintos equivalentes de arena, pues este concepto se define y se determina con base en los respectivos espesores de arena y arcilla en el perfil de sedimentación.

Una vez obtenido el perfil de sedimentación y anotado el nivel superior de la capa de arcilla, se introduce en la probeta un pisón de peso estándar, el cual se apoya sobre la arcilla, permitiendo que se hunda en ella, lo que ocurre prácticamente hasta que se alcanza la capa de arena; la altura a que queda este pisón se mide también y se considera la altura de la frontera superior de la capa de arena. El pisón es necesario, pues, como es natural, durante la deposición no se define nítidamente un plano de transición entre la arena y la arcilla. Se define como Equivalente de Arena la relación:

$$E.A. = \frac{\text{Lectura en el nivel superior de la arena.}}{\text{Lectura en el nivel superior de la arcilla.}}$$

9) Pruebas de afinidad entre el material pétreo y el asfalto.

Como su nombre lo indica, estas pruebas tienen por objeto determinar el grado de afinidad que existe entre el agregado pétreo y la película asfáltica que lo cubre. Las fallas encontradas en los pavimentos asfálticos debidas a falta de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto obedecen, en la mayor parte de los casos, a la introducción de agua en la carpeta asfáltica.

Para la determinación de la afinidad del agregado pétreo con el asfalto se cuenta con las siguientes pruebas: las de desprendimiento por fricción y la pérdida de estabilidad por inmersión en agua.

En la prueba de desprendimiento por fricción, los resultados se cuantifican por la inspección visual de las partículas de agregado cubiertas con una película asfáltica, que han sido sometidas a la acción del agua y agitadas para provocar el desprendimiento de la película.

En la determinación de la pérdida de estabilidad por inmersión del espécimen en agua, se observa el efecto de esta última sobre la mezcla asfáltica. Este efecto es medido por la pérdida de estabilidad sufrida, con relación a la de un espécimen elaborado en las mismas condiciones, que se prueba a la compresión sin haber estado sujeto a la inmersión en agua.

La prueba de desprendimiento por fricción tiene dos variantes, la primera se describe a continuación:

El procedimiento de prueba comprende la verificación por duplicado de las pruebas de desprendimiento por fricción, tomando como testigo un material que haya probado tener buena afinidad con el asfalto. Para asegurar la misma graduación del agregado pétreo en todas las mezclas de prueba, deberá cribarse en seco una muestra del material a través de las mallas de 12.7 mm, 6.35 mm, 1.651 mm y 0.420 mm, para obtener muestras de material de diferentes tamaños; de las cuales se tomarán las cantidades correspondientes, de acuerdo con la granulometría proyectada del material pétreo, para combinarlas y formar 6 mezclas con peso aproximado de 500 gr cada una. En esta forma, se disminuyen considerablemente las discrepancias en los resultados, ocasionadas por variaciones en la composición gra

mulométrica, que afectan al espesor de la película asfáltica. Cuando se trate de un material heterogéneo, será necesario determinar en que proporción se encuentran los materiales predominantes que constituyen la muestra, por si alguno de ellos presenta características de baja adherencia.- Si la mezcla va a hacerse en planta, deberá calentarse el agregado pétreo hasta una temperatura de 100°C a 110°C y el producto asfáltico a su temperatura de aplicación recomendada. Si se trata de mezcla en el lugar o de un tratamiento superficial, se calentará el producto asfáltico hasta la temperatura recomendada de aplicación y el agregado pétreo hasta la temperatura que se estime llegará a tener en la obra. A cada una de las 6 muestras del material pétreo deberá agregarse la cantidad de producto asfáltico que corresponde a los siguientes contenidos de cemento asfáltico, expresados como porcentajes del peso del material pétreo:

Dos muestras con el contenido calculado + 0.5%

Dos muestras con el contenido calculado + 1.0%

El contenido calculado de asfalto se determina por medio de fórmulas empíricas. El producto asfáltico se agregará paulatinamente al material pétreo, y se manipulará con la cuchara de albañil para lograr una distribución uniforme del primero, de manera de obtener una película delgada. Para compensar la pérdida de temperatura durante el proceso de incorporación del asfalto, será necesario colocar por breves instantes la charola con la mezcla asfáltica sobre la parrilla eléctrica, o cualquier otra fuente de calor adecuada, procurando evitar un sobrecalentamiento que pueda modificar las características del asfalto. No deberá excederse la temperatura adecuada de aplicación del producto. En el caso de los asfaltos rebajados, es necesario conocer la acción de los solventes en la adheren-

cia entre el asfalto y el agregado pétreo, para lo cual una mezcla se probará con la cantidad de solventes necesaria para la compactación y la otra, elaborada con el mismo porcentaje de asfalto, se ensayará después de haber eliminado la mayor parte de los solventes, según se indica a continuación:

Aplicando la fórmula

$$Pe = (Ps - K Pc)$$

Siendo:

Pe = Peso de los solventes que se deberán eliminar, en gramos.

Ps = Peso del solvente que contiene el producto original, en gramos.

Pc = Peso del cemento asfáltico que contiene el producto original, en gramos.

K = Coeficiente que, multiplicado por el peso del cemento asfáltico, da la cantidad de solventes que deben quedar en la mezcla.

De cada una de las mezclas ya frías y aireadas se seleccionarán dos muestras de 50 gm, aproximadamente; de material de tamaño comprendido entre las mallas de 12.7 mm y de 6.35 mm, y del material fino menor de 6.35, las cuales se colocarán en los frascos de vidrio, se añadirán 200 cm³ de agua pura, de preferencia destilada, y se tapanán herméticamente los frascos, que se dejarán en reposo durante 24 horas.

Si el desprendimiento de asfalto es de consideración, el material puede clasificarse como altamente hidrófilo. Si no ha ocurrido un desprendimiento apreciable de la película de asfalto, los frascos con su contenido deberán agitarse vigorosamente por tres períodos de 5 minutos cada uno, -

debiendo ser examinadas las muestras después de cada período. La forma de agitar los frascos deberá ser con los brazos en alto con movimiento alter_{na}tivo sobre la cabeza del observador. Si no se nota un desprendimiento de asfalto al terminar el tercer período de agitación, o que haya habido un desprendimiento ligero comparable al del testigo, puede considerarse que el material trabajará satisfactoriamente en las condiciones necesarias de uso, y se clasificará como de adherencia normal con el asfalto. En caso contrario, se considerará al material pétreo una adherencia regular o baja, de acuerdo con el desprendimiento ocurrido y será necesario aumentar la adherencia por algunos de los procedimientos, como son: el empleo de adiconantes, la trituración del agregado pétreo, el lavado del agregado pétreo, el cambio del producto asfáltico o la substitución de materiales.

La segunda variante de la prueba de desprendimiento por fricción consiste en el mismo procedimiento anterior, excepto en lo concerniente a la agitación, que en este caso se efectuará en un aparato, que gira a una velocidad de 45 a 50 revoluciones por minuto. Las muestras se sujetarán a un período de agitación de 15 minutos, después del cual se examinarán y por inspección visual se determinará aproximadamente el porcentaje del área cubierta en que ha habido desprendimiento. Si este no es de consideración se repetirá el proceso tres veces más hasta completar un total de tiempo de agitación de una hora, haciendo las inspecciones correspondientes al final de cada período. Al finalizar el último período de agitación se observará la cantidad de asfalto desprendido y se cuantificará en forma aproximada, por inspección visual, el porcentaje de la superficie total del agregado en que ha ocurrido desprendimiento de la película de as-

falto. Se comparará el desprendimiento habido con el del material testigo para fines de clasificación del agregado pétreo, por lo que a su adherencia con asfalto se refiere. Si el comportamiento del agregado es semejante al del testigo, o el desprendimiento no excede de un 10 % de la superficie, se reportará una adherencia normal con asfalto. Si la superficie -- en que ocurrió el desprendimiento sobrepasa a un 25 % de la superficie -- total del agregado, éste se clasificará como de baja adherencia con asfalto, y en la condición intermedia entre las enunciadas anteriormente se -- considerará al material pétreo una adherencia regular con asfalto. En estos dos últimos casos deberán mejorarse las características de adherencia, para que pueda emplearse el material ensayado en la elaboración de carpetas asfálticas.

En la determinación de la pérdida de estabilidad por inmersión del espécimen en agua, el procedimiento de prueba será como sigue: se elaborarán seis especímenes, utilizando la cantidad de producto asfáltico que corresponde a los siguientes contenidos de cemento asfáltico, expresados como porcentajes del peso del material pétreo:

Dos muestras con el contenido calculado + 0.5 %

Dos muestras con el contenido calculado + 1.0 %

De los especímenes elaborados, cuando han alcanzado todos ellos la -- temperatura ambiente, se seleccionará un espécimen de cada contenido de -- asfalto empleado, para ser probado a la compresión sin confinar, aplicando la carga uniforme y lentamente hasta alcanzar la ruptura. Los especímenes restantes serán colocados en el tanque de saturación y se mantendrán sumergidos en agua durante un período de 4 días; transcurrido dicho-

tiempo se sacarán del tanque de saturación y se probarán a la compresión sin confinar en las mismas condiciones que los especímenes que no fueron saturados. Es importante que la temperatura de los especímenes al momento de hacer la prueba sea la misma en ambos casos. Se calculará la resistencia unitaria de cada espécimen la cual se expresará como porcentaje de las resistencias obtenidas en los especímenes que se probaron sin saturar, para cada uno de los contenidos de asfalto respectivos. La diferencia a 100 de este valor, expresará el porcentaje de pérdida de estabilidad sufrida por el efecto de saturación. Si la pérdida de estabilidad es mayor de 25 % deberá iniciarse una investigación para ver cual de los procedimientos mencionados anteriormente, puede llegarse a resultados satisfactorios.

10) Prueba de desgaste Los Angeles.

El equipo de prueba es el siguiente: una máquina de abrasión de Los Angeles, constituida por un cilindro de acero, hueco cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 71.1 cm y una longitud de 50.3 cm. El cilindro esta montado sobre ejes fijos a las bases, pero que no se proyectan al interior, de manera que pueda girar sobre su eje en una posición horizontal con una velocidad angular de 30 a 33 revoluciones por minuto. Está provisto de una abertura para la introducción del material, la cual podrá cerrarse herméticamente por medio de una cubierta provista de pernos y diseñada de manera de conservar el contorno de la superficie interior. El cilindro llevará en su parte interior una placa de acero removible de 2.54 cm de espesor, que se proyecta radialmente 8.9 cm sobre el cilindro en toda su longitud, esferas de hierro fundido o de acero de 4.76 cm de diámetro y peso de entre 390 y 445 gramos.

El procedimiento se describe a continuación: la muestra original de material deberá lavarse para eliminar el polvo que lleven adherido las partículas y secarse en el horno hasta peso constante. Después se cribará a través de las mallas anotadas arriba para conocer su graduación y se formará una granulometría de acuerdo con lo indicado en la tabla 2.3 seleccionando aquella que más se asemeje a la granulometría propuesta para la carpeta asfáltica. Es muy conveniente efectuar pruebas por separado de los tamaños gruesos y finos, para tener una mayor información de las características del material. Si la muestra está formada por trozos de roca, éstos deberán triturarse y formar una de las granulometrías indicadas. La Tabla 1.4 proporciona información de las cantidades de material y sus tamaños respectivos que deberán utilizarse para la prueba, así como de la carga abrasiva y del número de revoluciones que deberá darse a la máquina.

La muestra seleccionada, que ha sido pesada previamente, P_i , se colocará junto con las esferas en la máquina, la cual se hará girar hasta completar el número de revoluciones especificado. Se sacará la muestra de la máquina y se lavará a través de la malla de 1.68 mm. El retenido sobre la malla se secará en el horno y se pesará obteniéndose así el peso P_f .

La pérdida por desgaste se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

TABLA 2.3

TIPO	TAMARO	CANTIDAD EN GRS. DE LA MUESTRA	CARGA ABRASIVA		No. DE REVOLUCIONES
			No. DE ESFERAS	PESO EN GRS.	
A	De 38.2 mm a 25.40 mm De 25.4 mm a 19.05 mm De 19.05 mm a 12.7 mm De 12.7 mm a 9.52 mm	1250	12	5000 ±25	500
B	De 19.05 mm a 12.7 mm De 12.7 mm a 9.52 mm	2500	11	4584 ± 25	500
C	De 9.52 mm a 6.68 mm De 6.68 mm a 4.699 mm	2500	8	3330 ± 20	500
D	De 4.699 mm a 2.362 mm	5000	6	2500 ± 15	500
E	De 76.2 mm a 63.5 mm De 63.5 mm a 50.8 mm De 50.8 mm a 38.1 mm	2500 2500 5000	12	5000 ± 25	1000
F	De 50.8 mm a 38.1 mm De 38.1 mm a 25.4 mm	5000	12	5000 ± 25	1000
G	De 38.1 mm a 25.4 mm De 25.4 mm a 19.05 mm	5000	12	5000 ± 25	1000

11) Prueba de la pérdida por intemperismo acelerado.

La prueba de intemperismo acelerado, al determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos, causada por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfato de sodio o de magnesio en huecos o fisuras de agregado, es un índice de grado de alteración que puede alcanzar éste por la acción de los agentes atmosféricos. Estos datos son muy valiosos, principalmente cuando no se cuenta con información adecuada del comportamiento del material expuesto a las condiciones de intemperismo existentes en la región. Deberá hacerse únicamente cuando se tengan dudas acerca de la calidad del material que pretende emplearse en la elaboración de carpetas asfálticas.

El procedimiento de prueba se detalla a continuación: prepárese una solución saturada de alguna de las sales en agua, de manera de obtener no solamente una saturación, sino la presencia en exceso de cristales al momento de hacer la prueba. La disolución de los sulfatos, se hace a una temperatura de 25° a 30°C y se mantiene a una temperatura de 21°C, por lo menos 48 horas antes de emplearla. Deberá agitarse perfectamente cuando va a iniciarse cada ciclo. Se recomienda emplear las siguientes cantidades de sal para asegurar la presencia de cristales en la solución: Solución de sulfato de sodio, si es anhidro (Na_2SO_4), 350 gr/litro; si posee agua de cristalización ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 750 gr/litro. Solución de sulfato de magnesio, ($\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), (Sal de Epsom), 1400 gr/litro.

Existen procedimientos de prueba que se aplican de acuerdo con la forma en que se presenta el material, describiéndose solo uno de ellos, ya que el otro se realiza en forma análoga.

Si el material es graduado, la pérdida en material retenido en la malla de 4.699 mm se calculará como sigue: se determinará la composición -- granulométrica del material retenido en la malla número 4 (4.699 mm). Se deberá obtener, por separado, las cantidades de muestra indicadas, en cada uno de los diferentes tamaños, que deberán ser ensayadas individualmente.

TAMAÑO			CANTIDAD DE MUESTREO GRS.
De 4.699 mm	a	12.7 mm	300
De 12.7 mm	a	19.05 mm	500
De 19.05 mm	a	25.4 mm	1000
De 25.4 mm	a	38.1 mm	1500
De 38.1 mm	a	50.8 mm	1500

Si en la muestra original el material que pasa la malla de 25.4 mm y se retiene en la de 12.7 mm es menor de 5% del total del material mayor de la malla de 4.699 mm, no deberá hacerse la prueba en dicho tamaño y se le considerará una pérdida por intemperismo igual al promedio obtenido para el tamaño inmediato anterior y posterior.

Una consideración semejante se hará para el material que pasa la malla de 50.8 mm y se retiene en la de 25.4 mm. Las muestras de material de cada tamaño, previamente secadas en horno hasta peso constante, se colocarán por separado en charolas que contengan la solución saturada de sulfato de sodio o magnesio, de manera que queden perfectamente cubiertas y se mantendrán por espacio de 16 a 18 horas a temperatura de 21°C. Finalizando el período de saturación, las muestras se sacarán hasta peso constante a temperatura de 100 a 110°C; se dejarán enfriar y se colocarán nuevamen-

te en el recipiente con solución de sulfato de sodio o magnesio. El ciclo anterior se repetirá 5 veces y al terminar el último se lavarán las muestras hasta eliminar todo sulfato de sodio o magnesio, después de lo cual se secarán hasta peso constante. Cada muestra se cribará sobre la malla inferior y se anotará el peso del material retenido; la diferencia de este peso con el peso original, expresada como porcentaje de este último, representará la pérdida por intemperismo de cada tamaño ensayado. Se calculará la pérdida total por intemperismo acelerado del material grueso -- (retenido en la de 4.699 mm), multiplicando los porcentajes de material de cada tamaño ensayado, por la pérdida determinada y dividiendo entre 100 estos productos. La suma de ellos, representará la pérdida total del material ensayado.

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

3.1 CAPA SUBRASANTE

De acuerdo con las Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para obtener mejores resultados, al usar los materiales para terracerías se recomienda, que sus características, cumplan con lo indicado en el cuadro número 3.1.

Los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán cumplir con las normas de calidad que se indican en la última columna del cuadro arriba mencionado en un espesor no menor de 30 cm. Cuando se trate de una terracería ya existente y su capa subrasante no reúna las características adecuadas deberá dársele el tratamiento que el Representante* indique, -- para ponerla dentro de las normas de construcción, o bien, si esto no es posible, se construirá una nueva capa subrasante, ya sea sobre la anterior, o bien, después de rebajar ésta en el espesor necesario, si hay necesidad de respetar un determinado nivel de la subrasante.

En algunos casos y a juicio del Representante podrán emplearse en la construcción de la capa subrasante, materiales estabilizados con cal, cemento Portland, materiales puzolánicos, o materiales asfálticos, siendo -

(*) Representante.- es la persona representante de la S.C.T., que supervisa los trabajos de construcción.

necesario, para esto, hacer los estudios y proyectos correspondientes.

Resumiendo en forma general, las características de los materiales -- para subrasante se tiene lo siguiente:

- espesores de 30 a 50 cm para caminos.
- espesor de 50 cm o más para aeropistas.
- materiales con partículas de tamaño máximo de 3 pulgadas (7.6 cm).
- eliminar los suelos finos MH y CH cuyo LL > 100% y OH cuyo LL > 50%.
- se especifica grados de compactación mínimos del 95% respecto a los estándares.
- para el caso de aeropistas se pide un 100% de grado de compactación y se prohíbe el uso de cualquier MH, CH u OH.

TIPO	SUB-TIPO	SIMBOLO DE GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	USO PARA LA TIPOLOGIA DE TRAZADO EN LOS PLANOS VERTICAL Y HORIZONTAL	CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUBSISTANTE EN TERRAPLENES Y CORTES	
PACAMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg	Resistentes de acomodar en caso tractor y/o con el equipo de construcción		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más estable, según las condiciones que el simple visto no resuelve sin aumento adecuado.	NO DEBEN USARSE	
		Fgm					
		Fgn					
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fn			Resistentes de acomodar en caso tractor y/o con el equipo de construcción	Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más estable, según las condiciones que el simple visto no resuelve sin aumento adecuado.	NO DEBEN USARSE
		Fnm					
		Fng					
	CHICOS MAYORES DE 7.5 cm y MENORES DE 20 cm	Fc	Resistentes de acomodar en caso tractor y/o con el equipo de construcción		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más estable, según las condiciones que el simple visto no resuelve sin aumento adecuado.	NO DEBEN USARSE	
		Fcm					
		Fcn					
S E L O S	GRANES	GW	Resistentes de cualquier tamaño con equipo especial	AASERO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINAMICA En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90% de Compactación	95% de Compactación	
		GP					
		GM					
		GO					
		NW					
		NP					
	FINOS	AM			Resistentes de cualquier tamaño con equipo especial	90% de Compactación	NO DEBEN USARSE
		CM					
		OM					
		AMH					
		CMH					
		OMH					
ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	PL			NO DEBEN USARSE		

El presente manual especifica los tipos de materiales que se pueden utilizar en los cuerpos de terraplenes y cortes. Las marcas de fricción de peso y altura, en que se mencionan, deben indicarse en el plano de construcción. Este solo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto figura el procedimiento a seguir en caso caso.

No debe usarse material con valor relativo de espesor máximo menor de 5% o espesor mayor de 5%.

3.2 SUB-BASE

Para materiales pétreos que no requieran ningún tratamiento de disgregado, cribado o trituración; para materiales pétreos o de origen animal, que para su utilización requieren tratamientos de disgregado, cribado o trituración, y para mezclas de dos o más materiales de los grupos antes mencionados, cuando se empleen para sub-bases en pavimentos flexibles de caminos, patios y plataformas, deberán llenar los requisitos siguientes:

1) De granulometría.

a) La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura número 3.1, y deberá tener una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

La relación del porcentaje en peso que pase la malla Núm.40(0.420 mm), no deberá ser mayor de 0.65.

b) El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 2 pulgadas.

2) De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, según los valores fijados en el siguiente cuadro.

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.		
	1	2	3
Contracción lineal, en %	6.0 Máx.	4.5 Máx.	3.0 Máx.
Valor cementante para materiales angulosos en Kg/cm ² .	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en Kg/cm ² .	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.
Valor Relativo de Soporte estándar saturado, en % .	50 Mín.	50 Mín	50 Mín
Equivalente de arena, en %.	20 Min (Tentativo)		

Cuando la curva granulométrica del material se aloje en dos zonas, en la parte correspondiente a la fracción comprendida entre las mallas Núms. 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la -- cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla Núm. 200 sea menor de 15 %, en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longi-- tud de la totalidad de la curva.

3) De grado de compactación en el camino, patio o plataforma.

a) El material deberá compactarse a 95% mínimo de su peso volumétri-- co seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compacta-- ción.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

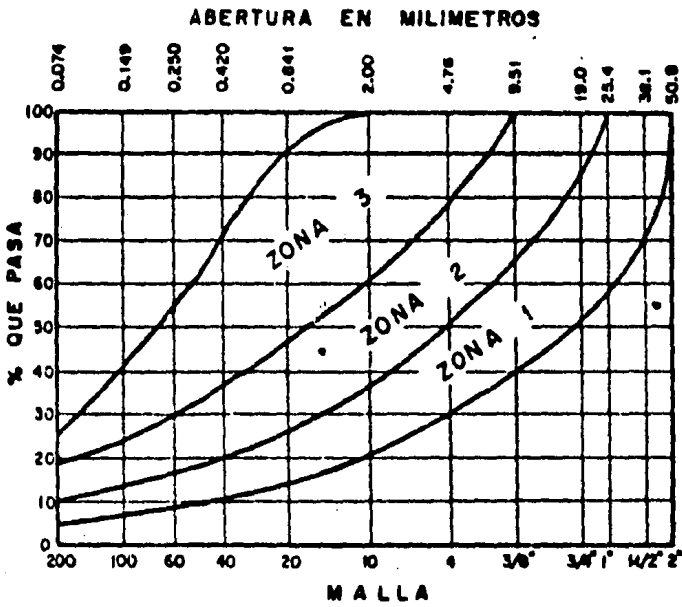


FIGURA NUMERO 3.1

3.3 BASE

Para los materiales mencionados en el inciso 3.2, cuando se empleen - para bases en pavimentos flexibles en caminos, patios y plataformas, debe rán llenar los requisitos siguientes:

1) De granulometría

a) La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figu ra 3.1. Preferentemente, deberán emplearse materiales cuya curva granulométrica se localice en las zonas 1 ó 2.

b) La curva granulométrica deberá tener una forma semejante a la de - las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pen--- diente y la relación del porcentaje en peso que pase la malla Núm. 200 al que pase la malla Núm. 40, no deberá ser mayor de 0.65.

c) El tamaño máximo de las partículas de material no deberá ser mayor de 50 mm (2 pulg.) para el material pétreo que no requiera ningún trata-- miento de disgregado, cribado; o de 38 mm (1 1/2 ") para el material co-- rrespondiente al grupo de material pétreo que requiera los tratamientos-- antes mencionados.

2) De límite líquido, contracción lineal y valor cementante, los fija dos en el cuadro siguiente:

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.		
	1	2	3
Límite líquido, en %	30 Máx.	30 Máx.	30 Máx.
Contracción lineal, en %	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
Valor cementante, para materiales angulosos, en Kg/cm ²	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos, en Kg/cm ²	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.

Cuando la curva granulométrica del material se aloje en dos o más zonas, en la parte correspondiente a las fracciones comprendidas entre las mallas Núms. 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla Núm. 200 sea menor de -- 15 % en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

3) De Valor Relativo de Soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los fijados en los cuadros que figuran a continuación:

a) En caminos:

INTENSIDAD DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR %	EQUIVALENTE DE ARENA (Tentativo) %	INDICE DE DURABILIDAD (Tentativo) %
Hasta 1000 vehículos pesados al día.	80 Mín.	30 Mfn.	35 Mfn.
Más de 1000 vehículos pesados al día.	100 Mfn	50 Mfn.	40 Mfn.

b) En patios y plataformas.

PESO TOTAL DE CAMIONES	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR %	EQUIVALENTE DE ARENA (Tentativo) %	INDICE DE DURABILIDAD (Tentativo) %
Hasta 20 ton.	80 Mín.	35 Mín	35 Mín.
Más de 20 ton.	100 Mín	50 Mín	40 Mín.

4) De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo siguiente:

PRUEBA CAPA DE PAVIMENTO	DESPRENDIMIENTO POR FRICCIÓN %	CUBRIMIENTO CON ASFALTO %	DESPRENDIMIENTO DE LA PELICULA %	PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSION EN AGUA %
Base de pavimento flexible, no estabilizada	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	—

Los requisitos de aceptación son: que cumpla cuando menos con dos de las pruebas marcadas.

5) De grado de compactación en el camino, patio o plataforma.

a) El material deberá compactarse al 95 % mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación.

3.4 CARPETA

Los materiales pétreos naturales que requieran uno o varios de los --tratamientos de disgregado, cribado, trituración y lavado o la mezcla de dos o más materiales del grupo anterior, cuando se empleen para carpetas -asfálticas, elaboradas por los sistemas de mezcla en el lugar y en planta estacionaria, deberán satisfacer las siguientes normas:

1) De granulometría.

a) La curva granulométrica del material pétreo para mezclas en el lugar, deberá cumplir con lo que indique el proyecto en cada caso y, en términos generales, deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 2 de la figura 3.2. La zona 1, corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa y la zona 2, a los materiales pétreos de granulometría fina.

La curva granulométrica del material pétreo, deberá tener una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en las dos terceras partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

b) La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la figura Núm. 3.3. En cada caso el proyecto señalará la granulometría correspondiente, de acuerdo con los requisitos fijados en el diseño de la mezcla.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR

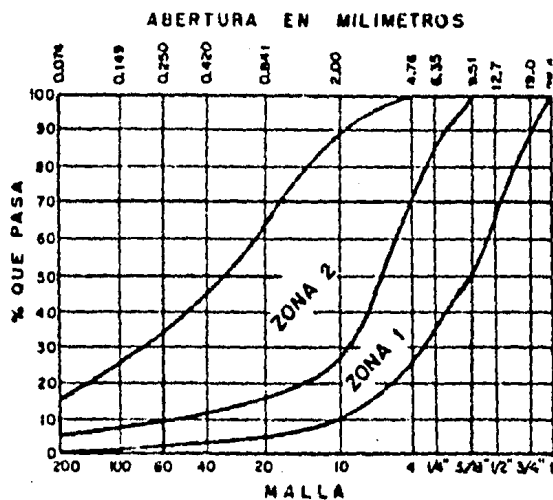


FIGURA NUMERO 3.2

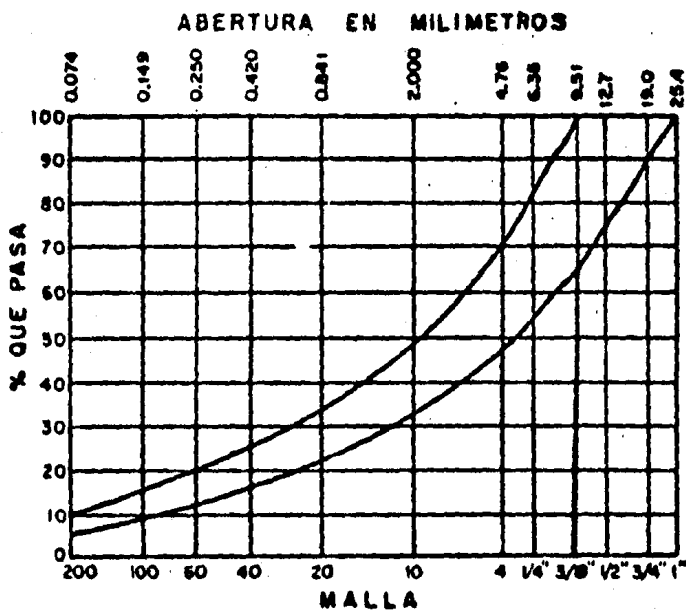


FIGURA NUMERO 3.3

La granulometría del material cumple con los requisitos de proyecto, si está dentro de las siguientes tolerancias:

TAMANO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, POR CIENTO EN PESO DEL MATERIAL PETREO
MALLA QUE PASA	RETENIDO EN MALLA	
Correspondiente al tamaño máx	4.76 mm (Núm. 4)	± 5
4.76 mm (Núm. 4)	2.00 mm (Núm. 10)	± 4
2.00 mm (Núm. 10)	0.420 mm (Núm. 40)	± 3
0.420 mm (Núm. 40)	0.074 mm (Núm. 200)	± 1
0.074 mm (Núm. 200)		± 1

2) De contracción lineal:

a) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede ubicado en la zona 1 de la figura Núm. 3.2 ----- 3 % Máx.

b) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede ubicada en la zona 2 de la figura Num. 3.2 ----- 2 % Máx.

c) Material pétreo para concreto asfáltico ----- 2 % Máx.

3) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo----- 40 % Máx.

4) De forma de las partículas.

Partículas alargadas y/o en forma de laja----- 35 % Máx.

5) Equivalente de arena ----- 55 % Máx.

6) De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla-
3.1.

Cuando los materiales se utilicen para carpetas asfálticas por el sistema de riegos (tratamientos superficiales) y para riegos de sello, deberán satisfacer los siguientes requisitos:

1) De granulometría de acuerdo con la tabla Núm. 3.2.

2) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo.

----- 30 % Máx.

3) De intemperismo acelerado-----12 % Máx.

4) De forma de las partículas, para partículas alargadas y/o en forma de laja ----- 35 % Máx.

5) De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla 3.1.

TABLA 3.1

PRUEBA CAPA DE PAVIMENTO	DESPRENDIMIENTO POR FROTECIÓN % (1)	CUBRIMIENTO CON ASFALTO — Método inglés % (2)	DESPRENDIMIENTO DE LA PELÍCULA % (3)	PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSION EN AGUA % (4)	REQUISITOS DE ACEPTACION
Sub-base de pavimento rígido, no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos.	....	90 Mín.	25 Máx.	....	Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas.
Sub-base de pavimento rígido, estabilizada con materiales asfálticos.	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas.
Base de pavimento flexible, no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos.	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	....	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.
Base de pavimento flexible, estabilizada con materiales asfálticos.	25 Máx.	90 Mín.	25 Máx.	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.
Carpetas y bases asfálticas (mezcla en el lugar y plantas estacionarias).	25 Máx.	90 Mín.	....	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas.
Carpetas asfálticas por el sistema de siegos.	25 Máx.	90 Mín.	....	....	Que cumpla con las dos (2) pruebas marcadas.
Morteros asfálticos.	25 Máx.	....	....	....	Que cumpla con la prueba marcada.
Guarniciones asfálticas.	....	....	25 Máx.	25 Máx.	Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas.

Nota: Los valores anteriores son tentativos.

TABLA 3.2

ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
EN CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS O PARA RIEGOS DE SELLO

DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	POR CIENTO QUE PASA LA MALLA										
	50.8 mm (2")	38.1 mm (1 1/2")	32.0 mm (1 1/4")	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.7 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	4.76 mm (Núm. 4)	2.38 mm (Núm. 8)	0.425 mm (Núm. 40)
1			100	95 Mín.		5 Máx.		0			
2					100	95 Mín.		5 Máx.		0	
3-A						100	95 Mín.			5 Máx.	0
3-B							100	95 Mín.		5 Máx.	0
3-E						100	95 Mín.		5 Máx.	0	

CAPITULO IV

TRATAMIENTOS

Los materiales de bancos que van a ser usados en terracerías no suelen sujetarse a ningún tipo de tratamiento especial y se utilizan tal como se obtienen; en esa condición natural deberán cumplir las especificaciones constructivas y de calidad que se señalen, pero se considera universalmente irrazonable desde el punto de vista económico el empleo de tratamientos, salvo casos muy especiales.

En los trabajos de pavimentación, por el contrario, es usual, como ya se mencionó, someter los materiales a diversos tratamientos que los adecúen a sus funciones. Los tratamientos más usuales son:

4.1 ELIMINACION DE DESPERDICIOS

Se trata, por ejemplo, de eliminar en bancos de suelos un determinado porcentaje de partículas cuyo tamaño máximo sobrepasa el que se haya considerado en el proyecto (frecuentemente en el orden de 7.5 cm). Esta eliminación se hace muchas veces a mano.

4.2 DISGREGACION

Esta operación se hace generalmente en bancos de suelo duro, de roca muy alterada o en materiales con la consistencia de aglomerados poco cementados. La disgregación se hace muchas veces con arados y cuchillas -- dispuestas en la máquina o con rodillos de compactación del tipo pata de cabra o similar.

4.3 CRIBADO

Generalmente se utiliza para lograr en un material de naturaleza friccionante una granulometría adecuada o para eliminar porcentajes altos de partículas mayores que el tamaño máximo requerido, que generalmente son desperdicios; se ha dicho que porcentajes arriba de 10 o 15 % conviene ya eliminarlos cribando.

Las instalaciones de cribado para eliminación de tamaños grandes suelen ser muy sencillas. Normalmente el material se maneja por gravedad, recogiendo en un camión el material que pasa una criba determinada. Este método tiene peligros de segregación, que conduce a la obtención de materiales no uniformemente mezclados. Cuando se requiere una buena dosificación de materiales en diversos tamaños ha de recurrirse a plantas de cribado, con cribas vibratorias, dispuestas en dos o tres niveles; el ritmo de vibración suele ser de 1200 ciclos por minuto. Estas plantas se utilizan generalmente en combinación con equipos de trituración.

En la actualidad se usan cada vez más cribadoras por centrifugación, con cribas cilíndricas concéntricas que giran a la vez, de manera que el material va pudiendo pasar de una a otra recorriendo, según su tamaño, diferente camino desde el centro hasta la periferia del sistema. Es obvio que este tipo de plantas garantizan mejor que ninguna otra la obtención de dosificaciones precisas.

4.4 TRITURACION

Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca. Es normal realizar la trituración en varios pasos o etapas, según el producto final a que desee llegarse; así se habla de trituradoras primarias, secundarias o terciarias.

La trituración suele realizarse en plantas muy completas que incluyen alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de material y dispositivos trituradores de quijada, de impactos, de rodillos de diferente separación, etc.

Es importante la relación de tamaños de la partícula en las etapas iniciales y final del proceso, que define el tipo de equipo que ha de usarse y el costo de la operación. También es importante la forma que adquiere la partícula triturada, pues de ella depende en mucho el comportamiento mecánico posterior. Una forma equidimensional, con aristas vivas es obviamente la más deseable.

Es usual hablar de trituración total o parcial, denotando la intensidad del proceso requerido en un caso dado.

4.5 LAVADO

Se aplica en materiales contaminados por arcilla, materia orgánica o polvos; frecuentemente se usa en conexión con operaciones de trituración y cribado. El lavado se realiza por diversos sistemas, desde el chiflonaje durante el cribado, hasta el empleo de tanques lavadores, en los que el material es removido con paletas mecánicas, mientras se le somete a riegos de agua a presión.

CAPITULO V

EJEMPLO DE UTILIZACION DE INFORMACION

En el presente ejemplo se trata de ilustrar la utilización de la información a que se refiere este trabajo, el cual como puede observarse, esta enfocado principalmente a la geotecnia.

El ejemplo consiste en dar la información precisa sobre los bancos de materiales recomendados después de un estudio geotécnico. Toda la información que se expone, fué tomado de la Dirección General de Servicios Técnicos de la S.C.T., y se refiere al estudio geotécnico del "Libramiento Montemorelos", Km 197 + 000 al Km 208 + 600 del camino Cd. Victoria-Monterrey, con origen en Cd. Victoria Tamaulipas.

El tramo en estudio se localiza en un terreno de lomeríos suaves, -- los cuales están constituidos por suelos aluviales y conglomerados que provienen de la intemperización y erosión de las formaciones de lutita.

El clima en la zona del libramiento es semicálido, por su grado de humedad es subhúmedo, con una temperatura media anual mayor de 18°C y la temperatura del mes más frío hasta de -3°C, con lluvias de verano, con una precipitación media anual menor de 43.2 mm.

Con el fin de conocer el tipo de suelo sobre el cual se construirá el libramiento, así como para conocer sus propiedades físicas y mecánicas se realizaron sondeos tipo cielo abierto en toda la línea del trazo, hasta una profundidad máxima de 3.20 metros. Con los datos de campo y la laboratorío, se obtuvo la estratigrafía del terreno.

Dada la importancia del tramo estudiado, para el que se espera un --- fuerte volumen de tránsito, tanto en número como en peso de vehículos, se consideró conveniente mejorar la parte superior de las terracerías con la construcción de una capa de transición de 50 cm de espesor, entre las te-- rracerías y la subrasante, formada con un material de calidad controlada.

En base al estudio geotécnico se considera que las terracerías podrán construirse con un material procedente de las excavaciones de los cortes-- en lutitas o de bancos de préstamo en zonas donde aflora ésta.

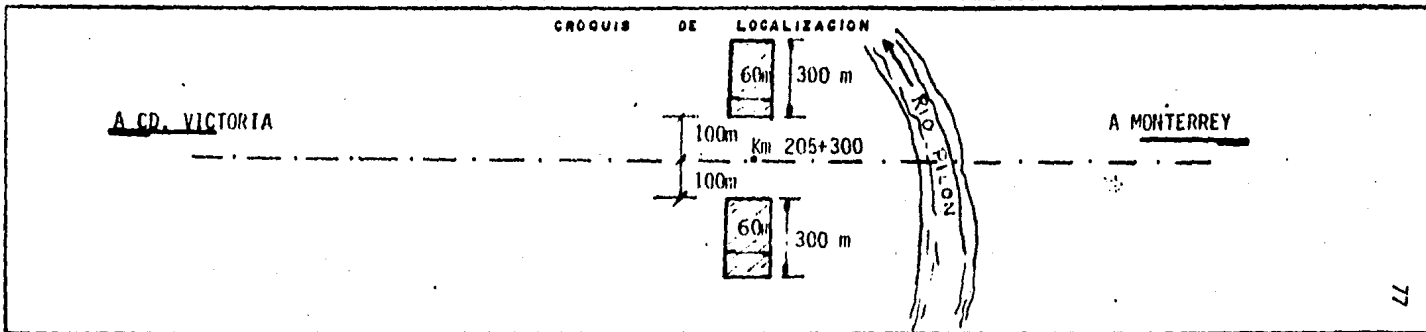
Respecto a la capa de transición y subrasante, se utilizará el mate-- rial procedente de los préstamos que se indican en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3. En dichas tablas se da la información de geotecnia necesaria, así -- como su localización.

TABLA 5.1

BANCOS DE MATERIAL

SUB-TRAMO _____ TRAMO LIBRAMIENTO MONTEMORELOS
 KM. Km 197+000 al Km 208+600 ORIGEN CD. VICTORIA, TAMPS.

PRESTAMO DE MATERIAL PARA <u>CAPA TRANSICION</u>			DENOMINACION _____						
U B I C A C I O N	ESTRATO		C L A S I F I C A C I O N S.O.P.	T R A T A M I E N T O PROBABLE	C O E F I C I E N T E D E V A R I A C I O N V O L U M E T R I C A				C L A S I F I C A C I O N P R E S U P U E S T O A B C
	Nº	ESPESOR (m.)			90 %	95 %	100 %	BANDEADO	
Km 205+300 a 100 m ambos lados	1	0.30	Arcilla arenosa café poco firme (CL)	Despalme					100-00-00
	2	Indef.	Conglomerado cementado (Bsc) se obtendrán gravas arcillosas con 5% de fragmentos chicos- (GC)	Compactado	1.00	0.95	0.90		00-100-00
DIMENSIONES Largo <u>120</u> m. ANCHO <u>600</u> m. ESPESOR <u>3.0</u> m.		VOLUMEN APROVECHABLE <u>216,000</u> m ³		OBSERVACIONES Una vez tendida la capa se deberán retirar mediante piqueta los fragmentos mayores de 7.5 cms.					



BANCOS DE MATERIAL

INDIA 5.2

TRAMO LIBRAMIENTO MONTEMORELOS

SUB-TRAMO

Km Km 197+000 a Km 208+600 ORIGEN CD. VICTORIA, TAMPS.

PRESTAMO DE MATERIAL PARA CAPA TRANSICION

DENOMINACION

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
	Nº	ESPESOR (m.)			90 %	85 %	100 %	DANDEADO	A	B	C	
Km 205+ 440 a 100 m ambos lados	1	0.30	Arcilla arenosa, poco firme (CL)	Despalme								100-00-00
	2	Indef.	Conglomerado cementado (Rsc) se obtendrán gravas arcillosas con 5% de fragmentos chicos - (GC)	Compactado	1.00	0.95	0.90					00-100-00
DIMENSIONES		VOLUMEN APROVECHABLE		OBSERVACIONES								
LARGO 160 m. ANCHO 600 m.		288,000 m ³		Una vez tendida la capa se deberán retirar mediante pepena los fragmentos mayores de 7.5 cms.								
ESPESOR 3 m.												

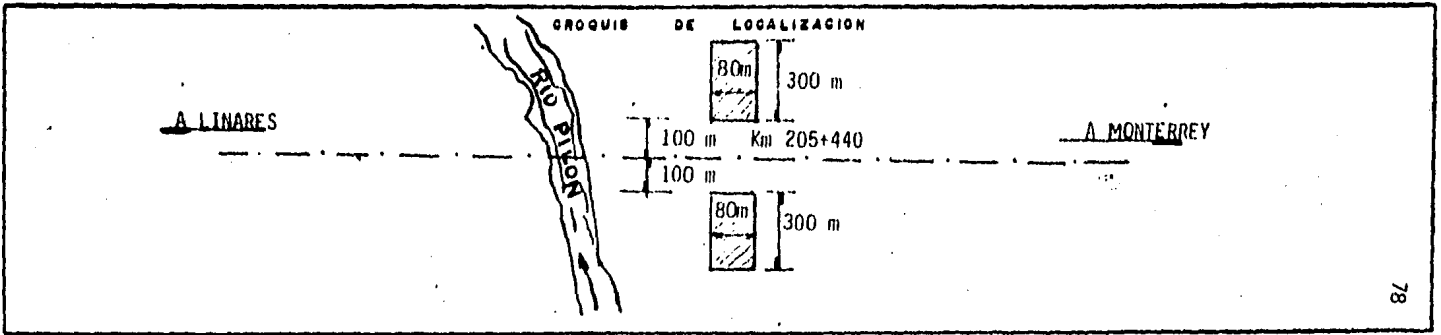
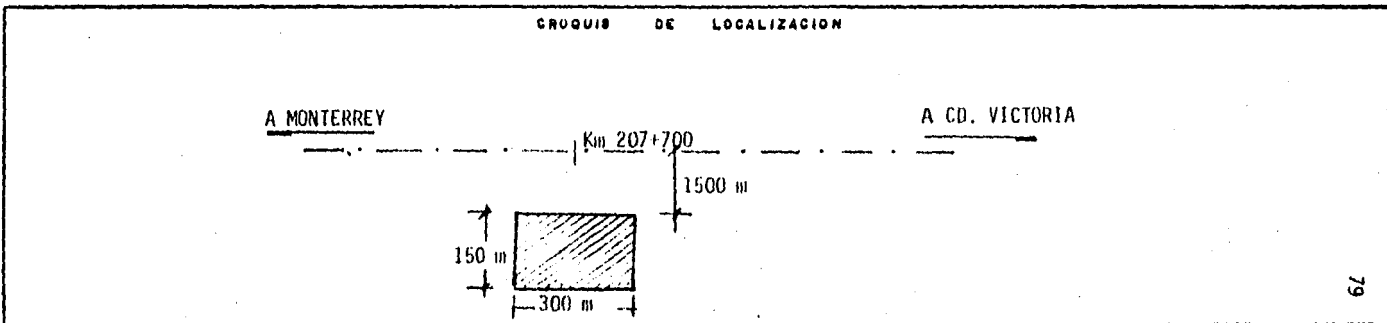


TABLA 5.3

BANCOS DE MATERIAL

SUB-TRAMO _____ TRAMO LIBRAMIENTO MONTEMORELOS
 _____ KM. 197+000 al Km 208+600 ORIGEN CD. VICTORIA; TAMPS.

PRESTAMO DE MATERIAL PARA <u>CAPA SIBRASANTE</u>				DENOMINACION _____								
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
	Nº	ESPESOR (m.)			90 %	95 %	100 %	BANDEADO	A	B	C	
Km 207+700 desviación izquierda 1500 m.	1	0.4	Arcilla limosa con materia orgánica.	Despalme								100-00-00
	2	Indef.	Grava limosa compacta con arena y 5% de fragmentos chicos (em)	Compactado	1.05	1.00	0.95					30-70-00
DIMENSIONES LARGO <u>300</u> m. ANCHO <u>151</u> m. ESPESOR <u>5</u> m.			VOLUMEN APROVECHABLE <u>225,000</u> m ³		OBSERVACIONES Una vez tendida la capa se retirarán mediante pepena las partículas mayores de 7.5 cms.							



DISEÑO DEL PAVIMENTO

En el diseño del pavimento se tomaron en cuenta los estudios de aforo, realizados por la Unidad de Ingeniería de Tránsito del Centro de la S.C.T en Nuevo León.

Los movimientos vehiculares en Montemorelos N.L. según los aforos registrados del año 1978 a 1982, indican que de los 7865 vehículos diarios que llegan, el 76% (5871 vehículos) se queda en la ciudad y solo el 24% (1814 vehículos) va de paso. De estos 1242 corresponden al movimiento Monterrey-Linares.

La clasificación del tránsito es el siguiente:

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO
A (Automóvil y Pick-up)	62 %
B (Autobus y camión)	8 %
C (Camión de carga y trailer)	30 %

Para el cálculo de espesores se consideran los siguientes datos:

TDPA inicial en el libramiento = 1242 vehículos.

El tránsito en el carril de proyecto para una vida útil del camino de 10 años y una tasa de crecimiento anual del 12%, es de 1.01×10^7 de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

El Valor Relativo de Soporte de la terracería que se considera para diseño es de 10%

El Valor Relativo de Soporte que se estima para la capa subrasante --- (grava-arena limosa limosa, procedente del banco Garrapatas) es de 40%.

El Valor Relativo de Soporte de la base, grava-arena parcialmente tri-

turada, procedente del banco 1 ó 2 (playones del río Pilón) se considera mayor de 100%.

El material pétreo triturado parcialmente para carpeta que se propone, se considera que tendrá características dentro de especificaciones.

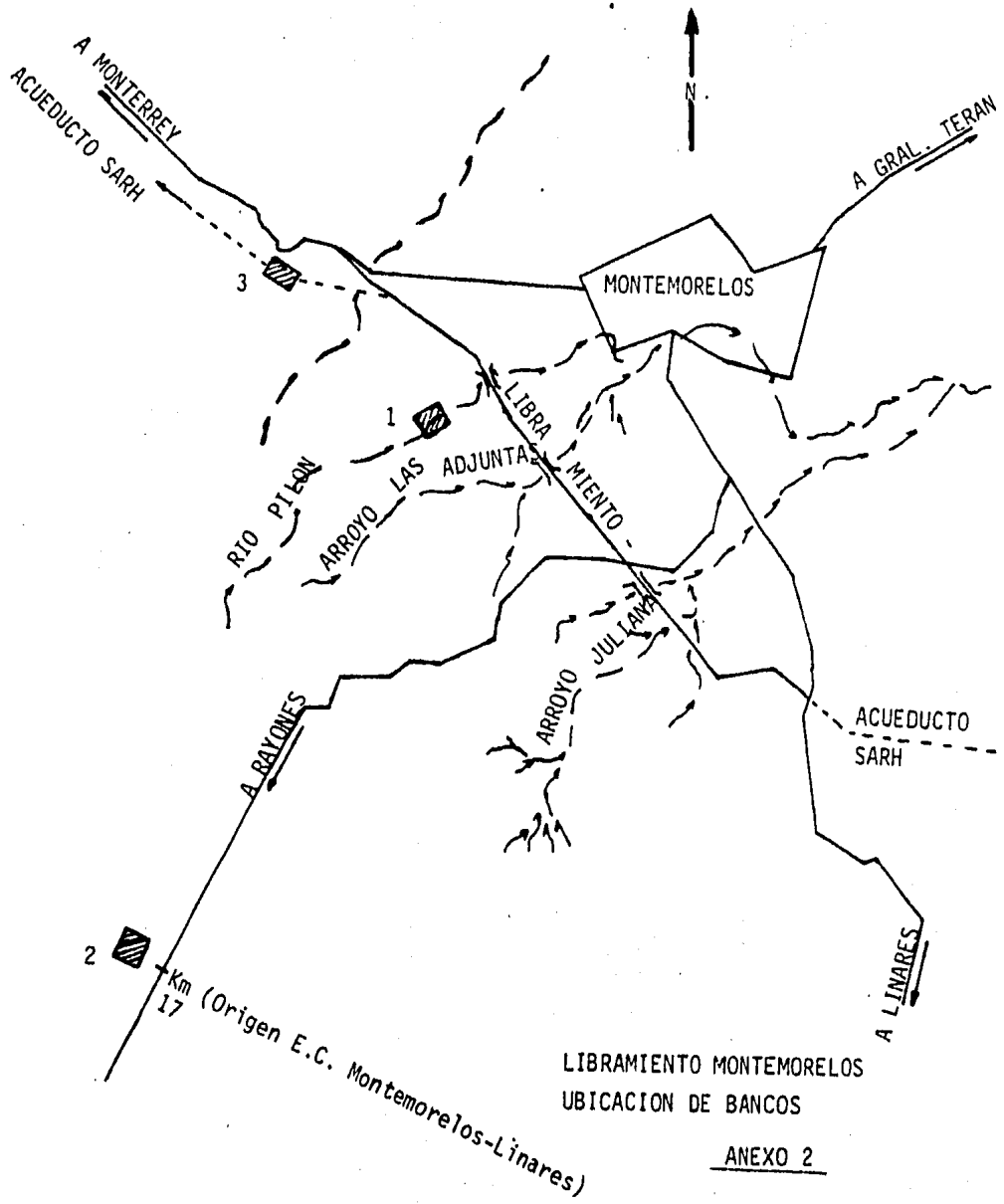
La estructura del pavimento que se propone, en base al tránsito equivalente en el carril de proyecto y a las características del material con que se formarán las terracerías y la capa subrasante, es la siguiente.

Carpeta de concreto asfáltico	5.0 cm
Base hidráulica	15.0 cm
Sub-base hidráulica	15.0 cm
Capa de subrasante	30.0 cm

La calidad de los materiales que se empleen para formar el pavimento y los procedimientos de construcción, deberán ser los especificados por la S.C.T.

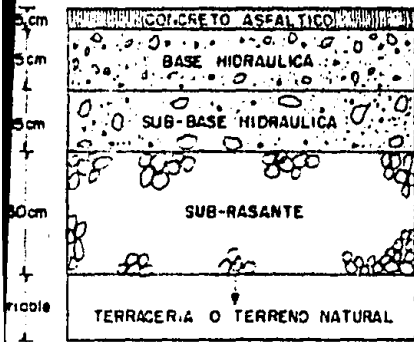
En los anexos 1, 2 y 3 se proporcionan la relación de los bancos de material que se proponen para la construcción del pavimento, su croquis de localización y la sección transversal tipo.

No. DE BANCO	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIFICACION PRESUPUESTO	DESPALME (m)	TRATAMIENTO	UTILIZACION
1	TRIMOSA (Triturados Montemorelos S.A.)	Km 205+800 del Libramiento con 1000 mts. de desviación izquierda.	Grava-arena-Limosa (Caliza)	40-60-00	0.30	Trituración parcial	Carpeta Base Sub-base
2	S/NOMBRE	Km 202+000 del Libramiento con 14000 mts. de desviación izquierda.	Grava-arena (Caliza)	30-70-00	0.10	Trituración parcial	R. sello Carpeta Base Sub-base
3	GARRAPATAS	Km 207+700 con 1500 de desviación izq.	Agglomerado (Grava-arena Limosa con boleros chicos)	30-70-00	0.40	Desperdiciar los tamaños mayores a 3"	Capa de subrasante.

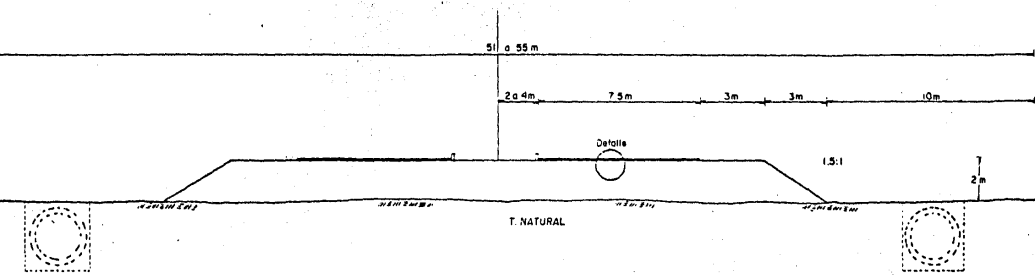


LIBRAMIENTO MONTEMORELOS
UBICACION DE BANCOS

ANEXO 2



**SECCION TRANSVERSAL TIPO
LIBRAMIENTO MONTEMORELOS**



SECCION EN TERRAPLEN

CONCLUSIONES

La localización y explotación de los bancos de material deberá ser como se indicó al principio de este trabajo, de una manera metódica, o sea científica y racional con todos los adelantos posibles que existan, para así minimizar los costos de transportación que son los que más afectan en el costo total.

Como se sabe, existen otras fuentes de materiales que deberán tomarse muy en cuenta ya que están íntimamente relacionados con los bancos de materiales. Estas fuentes se mencionan en el inciso 1.1, y el uso de ellas dependen principalmente de las características mecánicas del material que se requiera desde el punto de vista geotécnico. Así, primero se trata de utilizar la más económica que es la de compensación longitudinal, le sigue el préstamo lateral y después los bancos de materiales, aunque generalmente en la práctica se utiliza las tres fuentes y es por ello la importancia de este tema.

La localización de bancos consiste en una serie de pasos aplicados --correctamente, con criterios que dependen de los ingenieros encargados de éste trabajo y que al final, los bancos recomendados deberán cumplir con los siguientes aspectos: la calidad de los materiales según el uso a que se destine, la facilidad de acceso y explotación, las mínimas distancias de acarreo, que conduzcan a procedimientos sencillos y económicos en la construcción, que estén localizados de tal manera que no conduzcan a problemas legales y que no perjudiquen a los habitantes de la región. De todos estos aspectos, los ingenieros deberán llevar a cabo un balance, pues to que en la práctica, varios de ellos estarán en contraposición.

BIBLIOGRAFIA

1. LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES
Alfonso Rico R. - Hermilo del Castillo, 1981. Vol. I y II. Ed. LIMUSA
2. NOTAS DEL CURSO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS I
Centro de Educación Continua, 1983.
3. NORMAS DE CONSTRUCCION DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
1o. Edición, 1981. Tomos VIII Y IX.
4. MECANICA DE SUELOS
Juárez badillo- Rico Rodriguez, 1975. Vol. I y II. Ed. LIMUSA