

6. BASE SUB-BASE Y SUBRASANTE

6.1. Base Hidráulica.

El material correspondiente es una mezcla de los Bancos “Las cruces o Atlacomulco 1, Bombatevi, Las Abejas.” Ver anexos C, con un tamaño máximo de agregado de 1 ½”. Estos materiales se deben disgregar previamente y por separado en Banco.

Una vez mezclados los materiales se disgregan para luego mezclarlos con motoconformadoras hasta homogeneizarlos. El agua no se riega de una sola vez, sino que se distribuye en varias pasadas de la pipa. Es importante que el material húmedo se coloque en el centro de la corona y se vaya distribuyendo hacia los lados. Ver figura 6.1.



Figura 6.1 Incorporación de Agua con la Pipa.

El material acamellonado se abre parcialmente hacia la corona de la obra y pasa la pipa haciendo un primer riego, luego, la motoconformadora abre una nueva cantidad de material y la coloca sobre el ya humedecido, volviendo a pasar la pipa y así en seguida, hasta que proporcione toda el agua necesaria; se homogeneiza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cambios sucesivos del material de un lado a otro, sobre la corona de la obra. Ver figura 6.2.



Figura 6.2 Motoconformadora Homogeneizando el Material.

Ya que se consigue uniformizar la humedad en todo el material, se distribuye a través de la corona para formar la capa con el espesor suelto necesario. Una vez que se ha extendido el material, se compacta con equipo neumático o vibratorio hasta alcanzar el 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo Porter, con una humedad cercana a la óptima, en un espesor mínimo de 23 cm. Es importante mencionar que la base hidráulica tiene el bombeo transversal que indique el proyecto geométrico.

6.2. Capa Subrasante.

El material correspondiente para la capa subrasante será del banco “Manantiales, San Felipe del progreso, o Bombatevi” Ver anexo D. Se construye mediante un espesor mínimo de 30 cm. compactada al 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo Proctor en dos capas de 15 cm.

6.2.1. Materiales para Sub-bases y Bases de Pavimento

Los suelos son seleccionados por sus características físicas para emplearse en la construcción de sub-bases y bases de pavimento, ya sea que se estabilicen o no, con algún producto natural o elaborado.

Los materiales para sub-bases y bases de pavimento, se clasifican como sigue:

- a) Materiales pétreos que no requieran ningún tratamiento de disgregación, cribado o trituración.
- b) Materiales pétreos que para su utilización requieren tratamientos de disgregación, cribado o trituración.
- c) Mezclas de dos o más materiales del grupo a), del grupo b) o de materiales provenientes de ambos grupos.
- d) Materiales de los grupos a), b) o c), mezclados con un material asfáltico.
- e) Materiales de los grupos a), b) o c), mezclados con cemento Pórtland o una mezcla adecuada de cemento Pórtland y puzolana.

- f) Materiales de los grupos a), b) o c), mezclados con cal hidratada, cal hidratada y puzolana, o cal hidratada y cemento Pórtland.

Los materiales que se mencionan en este capítulo se emplean como revestimiento de carreteras, deberán llenar los requisitos siguientes:¹

- a) De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba

- 1) La curva granulométrica del material debe quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3. Ver figura 6.3.

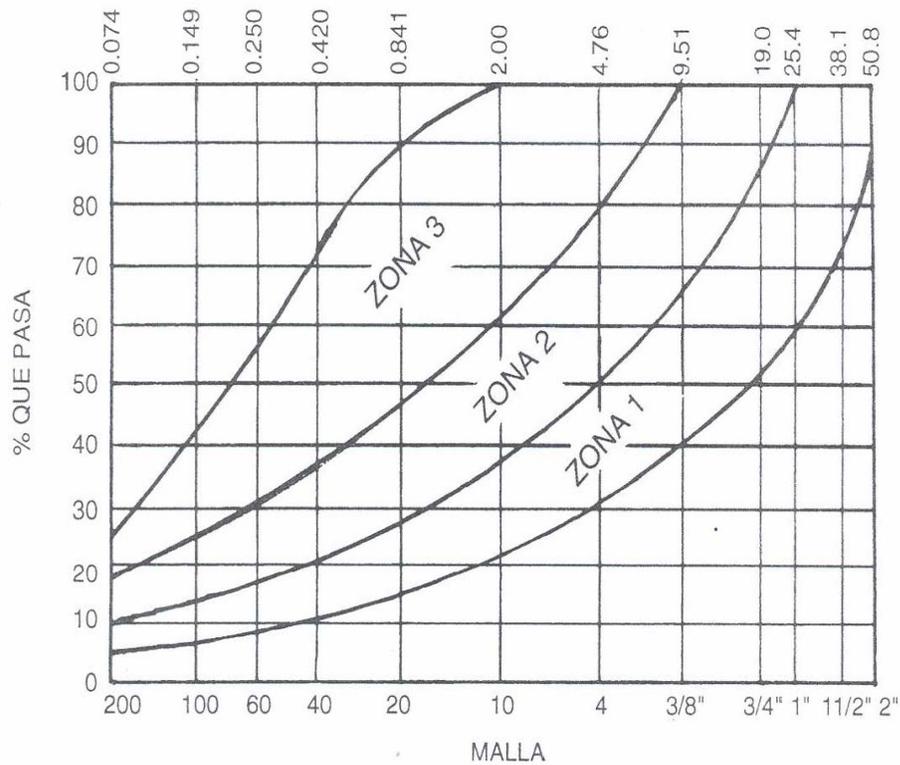


Figura 6.3 Zonas de Especificaciones Granulométricas para Materiales de Sub-Base y Base².

¹ 009-C Normas de Materiales

² Pagina 173 Olivera Bustamante

2) La curva granulométrica debe efectuar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación del porcentaje en peso que pase la malla Núm. 200 al que pase la malla Núm. 40, no debe ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65). Puede aceptarse hasta un cinco por ciento (5%) en volumen, de partículas de tamaño mayor de setenta y seis (76) milímetros (3") en el material transportado a la carretera, en donde deben eliminarse.

b) De contracción lineal, valor cementante y valor relativo de soporte: los valores fijados en la tabla 6.1, determinados con los métodos de prueba.

Tabla 6.1 Zonas en que se Clasifica el Material de Acuerdo con su Granulometría.

Características	1	2	3
Contracción lineal, en por ciento	6.0 Máximo	4.5 Máximo	3.0 Máximo
Valor cementante para materiales angulosos, en Kg. /cm ² .	5.5 Mínimo	4.5 Mínimo	3.5 Mínimo
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en Kg. / cm ² .	8.0 Mínimo	6.5 Mínimo	5.0 Mínimo
Valor relativo de soporte estándar saturado, en por ciento	30 Mínimo	30 Mínimo	30 Mínimo

Cuando la curva granulométrica del material se aloje en dos (2) o más zonas, en la parte correspondiente a las fracciones comprendidas entre las mallas Núms. 40 y 200, la contracción lineal debe 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 quince por ciento (15%) en cuyo caso la zona considerada es aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

c) De grado de compactación en la carretera o aeropista. El material debe compactarse a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Los materiales clasificados en el grupo d), que predominantemente contengan partículas que pasen la malla Núm. 4 (más del 70%), para formar sub-bases de pavimento flexible, deben llenar los siguientes requisitos:

a) Los materiales que acusen valores para la contracción lineal y el equivalente de arena fuera de los límites, pueden utilizarse como sub-bases de pavimento, si una vez estabilizados con algún material asfáltico, satisfacen los requisitos siguientes de valor de estabilidad, expansión y absorción, determinados según los métodos de prueba, (Prueba Hubbard Field Modificada, para estabilizaciones):

- Valor de estabilidad 180 Kg. mínimo. (Tentativo)
- Expansión 2% máximo (Tentativo)
- Absorción 5% máximo (Tentativo)

- b) Los materiales no plásticos, como las arenas, pueden emplearse como sub-bases de pavimento, si una vez estabilizados con un material asfáltico, satisfacen el requisito siguiente de valor soporte Florida modificado (para emplearse en obras localizadas en zonas de climas cálidos), determinado según el método de prueba.
- c) De afinidad, de acuerdo con lo que fije en cada caso el proyecto.
- d) De grado de compactación en la carretera o aeropista. Los materiales indicados en los párrafos a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumétrico máximo, obtenido de la mezcla asfáltica, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Los materiales clasificados en el Grupo antes mencionado, para formar sub-bases de pavimento, deben satisfacer los siguientes requisitos:

- a) En las estabilizaciones de materiales para sub-bases de tipo flexible (suelo modificado), que son aquéllas en las que se mezclan el material pétreo con pequeñas cantidades de cemento Pórtland o de cemento Pórtland mezclado con puzolana, cuyo objeto es disminuir la plasticidad del material por estabilizar:
- El material por estabilizar no debe contener una cantidad de materia orgánica mayor de tres por ciento (3%).
 - Los materiales estabilizados, una vez analizados de acuerdo con los métodos de prueba, deben satisfacer las normas.

- Los materiales ya estabilizados, deben, compactarse en la carretera o aeropista a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

- b) En las estabilizaciones de materiales para sub-bases de tipo rígido (suelo-cemento) en cada caso particular el proyecto y/o la Secretaría fijan las normas de calidad que deben cumplirse.

- c) El cemento Portland que se utilice para estabilizar estos materiales debe satisfacer los requisitos indicados en las cláusulas que fije el proyecto.

- d) El agua que se use debe satisfacer los requisitos indicados en el proyecto y/o determine la Secretaría.

Los materiales clasificados en el grupo mencionado, para formar sub-bases de pavimento, deben llenar los siguientes requisitos:

- a) Para material antes de estabilizarse:
 - Índice plástico, determinado según los métodos de prueba.
 - Limite líquido, determinado según los métodos de prueba
 - Contenido de materia orgánica, determinado por el método de prueba

- b) Para material estabilizado con cal hidratada, con una mezcla de cal hidratada y puzolana o con mezcla de cemento Portland y cal hidratada, se

deberán satisfacer los que correspondan de los requisitos indicados por el proyecto.

- c) La cal hidratada que se emplee para estabilizaciones debe reunir los requisitos indicados en la cláusula, en cada caso esta fijada por el proyecto.
- d) Las puzolanas que se utilicen para la estabilización de estos materiales, deben satisfacer los requisitos indicados en la cláusula de el proyecto.
- e) El cemento Pórtland que se utilice para estabilizaciones debe reunir los requisitos indicados en las cláusulas del proyecto.
- f) Los materiales una vez estabilizados, deben compactarse en la carretera o aeropista a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación será determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Los materiales que se mencionan en los párrafos a), b) y c), cuando se empleen para bases en pavimentos flexibles en carreteras o aeropistas y para sub-bases en pavimentos rígidos para aeropistas, deben llenar los requisitos siguientes:

- a) De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba
 - La curva granulométrica del material debe quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 ver de la figura 6.4.
 - Preferentemente, deben emplearse materiales cuya curva granulométría se localice en las zonas 1 ó 2.
 - La curva granulométrica debe afectar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente 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 sesenta y cinco centésimos (0.65).

- El tamaño máximo de las partículas de material no debe ser mayor de cincuenta (50) milímetros (2”) para el material correspondiente al grupo a) o de treinta y ocho (38) milímetros (1 ½”) (de la Norma 009-B.01) de este Capítulo.

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 debe 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 quince por ciento (15%), en cuyo caso la zona considerada es aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

- b) De valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los fijados en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Datos que Aparecen para Carreteras.

Intensidad de tránsito en ambos sentidos	Valor Relativo se Soporte Standard	Equivalente de Arena (tentativo)	Índice de Durabilidad (tentativo)
Hasta 1000 vehículos pesados al día	80 Mín.	30 Mín.	35 Mín.
Más de 1000 vehículos pesados al día.	100 Mín.	50 Mín.	40 Mín.

Los vehículos pesados incluyendo los autobuses y los camiones en todos sus tipos de acuerdo con la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Datos de Vehículos para Aeropistas.

Peso total de la aeronave	Valor Relativo de Soporte Standard	Equivalente de Arena (tentativo)	Índice de Durabilidad (tentativo)
Hasta 20 toneladas.	80 Mín.	35 Mín.	35 Mín.
Más de 20 toneladas.	100 Mín.	50 Mín.	40 Mín.

- c) De afinidad con el asfalto.
- d) De grado de compactación en la carretera o aeropista. El material debe compactarse al noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Los materiales clasificados en el grupo d), que contengan predominantemente partículas que pasen por la malla Núm. 4 (más del 70%), cuando se empleen para bases en pavimentos flexibles en carreteras de tránsito menor de mil (1000) vehículos pesados diarios y para sub-bases en pavimentos rígidos para aeropistas, deben llenar los requisitos siguientes:

- a) Los materiales que acusen un valor para la contracción lineal mayor de los límites señalados, pueden utilizarse como base de pavimento, si una vez estabilizados con algún material asfáltico, satisfacen los requisitos siguientes de valor de estabilidad, expansión y absorción, determinados según los métodos de prueba, (Prueba Hubbard Field Modificada, para estabilizaciones):

- Valor de estabilidad 180 kg. Mínimo (Tentativo)

- Expansión. 2% máximo (Tentativo)
- Absorción 5% máximo (Tentativo)

b) Los materiales no plásticos, como las arenas, pueden emplearse como bases de pavimento, si una vez estabilizados con un material asfáltico, satisfacen el requisito siguiente de valor soporte Florida modificando (para emplearse en obras localizadas en zonas de climas cálidos) determinado según el método de prueba 65 Kg. mínimo (Tentativo)

c) De grado de compactación en la carretera o aeropista. La mezcla asfáltica elaborada con los materiales indicados en los párrafos a) y b) de este inciso, debe compactarse a noventa y cinco por ciento (95%, mínimo, de su peso volumétrico máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

d) Los materiales asfálticos que se empleen en las mezclas para base indicadas en los párrafos a) y b) de este inciso deben cumplir con las normas.

Los materiales clasificados en este grupo, cuando se empleen para bases en pavimentos en carreteras o aeropistas y para sub-bases de losas de concreto hidráulico y aeropistas, deben satisfacer los requisitos siguientes:

a) En las estabilizaciones de materiales para bases de tipo flexible (suelo modificado), que son aquellas en las que se mezcla el material pétreo con pequeñas cantidades de cemento Pórtland o de cemento Pórtland mezclado con puzolanas, cuyo objeto es disminuir la plasticidad del material por estabilizar:

- El material por estabilizar no debe contener una cantidad de materia orgánica mayor de tres por ciento (3%), determinada por el método de prueba.
- Los materiales estabilizados, una vez analizados de acuerdo con los métodos de prueba, deberán satisfacer las normas.
- Los materiales ya estabilizados, deben compactarse en la carretera o aeropista a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

b) En las estabilizaciones de materiales para bases de tipo rígido (suelo-cemento), en cada caso particular el proyecto y/o la Secretaría fijan las normas de calidad que deben cumplirse.

c) El cemento Pórtland que se utilice para estabilizaciones debe satisfacer los requisitos indicados en las cláusulas.

d) La puzolana que se utilicen para la estabilización de estos materiales, debe satisfacer los requisitos indicados en la cláusula que indique el proyecto.

e) El agua que se use debe satisfacer los requisitos indicados en la cláusula, indicada por el proyecto.

Los materiales clasificados en el grupo f), cuando se empleen para bases en pavimentos de carreteras o aeropistas y para sub-bases de losas de concreto hidráulico en aeropistas, deben llenar los requisitos siguientes:

a) Para material antes de estabilizarse:

- Índice plástico, determinado según los métodos de prueba descritos 10 mínimo.
 - Limite líquido, determinado según los métodos de prueba 45 máximo.
 - Contenido de materia orgánica, determinado por el método de prueba 3% máximo
- b) Para material estabilizado con cal hidratada, con una mezcla de cal hidratada y puzolana o con una mezcla de cemento Pórtland y cal hidratada, deben satisfacer los que correspondan de los indicados. Ver figura 6.4.



Figura 6.4 Material Estabilizado con Cal Hidratada.

- c) La cal hidratada que se emplee para estabilizaciones, debe reunir los requisitos indicados en la Cláusula del proyecto.
- d) Las puzolanas que se utilicen para la estabilización de estos materiales, deben satisfacer los requisitos indicados en la cláusula.
- e) El cemento Pórtland que se utilice para estabilizaciones, deberá satisfacer los requisitos indicados en las Cláusulas.

f) Los materiales una vez estabilizados, deben compactarse en la carretera o aeropista a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo, de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación será determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Los materiales clasificados en el grupo d), pueden emplearse para la construcción de bases asfálticas y/o capas de nivelación, ambas también llamadas bases negras, además, se pueden emplear para bacheos. En todos estos casos los materiales pétreos deben reunir los requisitos siguientes:

a) De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba:

- La curva granulométrica del material debe quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2, preferentemente dentro de la zona 1.
- La curva granulométrica debe afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en dos terceras partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente.
- El tamaño máximo de las partículas del material no debe ser mayor de treinta y ocho (38) milímetros (1 1/2") ni de dos tercios (2/3) del espesor compacto de la capa de base o de nivelación.

b) De contracción lineal, de acuerdo con los métodos de prueba. 3% máximo.

c) De afinidad con el asfalto.

d) Desgaste Los Ángeles, determinado de acuerdo con los métodos de prueba. 45% máximo.

e) La mezcla cuando se elabore con cemento asfáltico debe cumplir con lo indicado en el además con las normas siguientes:

- Tolerancia del contenido de asfalto con respecto al por ciento de proyecto, en peso + 5%
- Contenido de agua libre permitido, con respecto al peso de la mezcla, máximo 1%
- Debe tenderse y compactarse a las temperaturas indicadas.
- Debe compactarse el noventa y cinco por ciento (95%) de su peso volumétrico máximo, salvo que el proyecto fije otro grado de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

f) La mezcla cuando se elabore con asfaltos rebajados o con emulsiones, debe cumplir con lo indicado, además con las normas siguientes:

- Tolerancia del contenido de cemento asfáltico con respecto al por ciento de proyecto, en peso + 10%
- Contenido de aire libre permisible con respecto al peso de la mezcla (sólo para el caso de asfaltos rebajados), máximo 1%
- La relación de disolventes a cemento asfáltico, en peso (valor k), para asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas con disolventes, esta comprendida entre cinco y ocho centésimos (0.05 - 0.08).

- Deben compactarse al noventa y cinco por ciento (95%) de su peso volumétrico máximo, salvo que el proyecto fije otro grado de compactación. La compactación es determinada mediante uno de los métodos de prueba.

Terminando las capas y antes de que se deteriore la base hidráulica de 20 cm. de espesor con tezontle negro cribado a tamaño máximo de 1 ½" y cementado con 20% de tepetate areno-limoso, la mezcla de ambos se compactará al 95% mínimo de su P.V.S.M. Porter