
NOTAS TÉCNICAS

PLATAFORMA, SUB-BASE Y BASE EN CAMINOS Y CALLES

CUANDO SE TRATA de pavimentar una calle o un camino es necesario estudiar las diferentes etapas de que consta su construcción. Por lo tanto, es indispensable que el ingeniero dedicado a la construcción y pavimentación de calles y carreteras, enfoque el problema en forma racional y conozca, además, los ensayos de laboratorio, las especificaciones generales y el método de construcción que se requieren en cada caso; pues de la selección de buenos materiales, de la cabal interpretación de las pruebas efectuadas en laboratorio y de la correcta ejecución y control de los trabajos en el terreno, dependen la calidad, economía y duración de un pavimento.

El objeto de este artículo es presentar en forma clara y condensada los métodos de muestreo y ensayos, las especificaciones generales para este tipo de trabajo que ha normalizado la "American Association of State Highway Officials" (A.A.S.H.O.)¹ por las cuales se rigen la Dirección de Vialidad, la Dirección de Pavimentación Urbana y la Dirección de Pavimentación de Santiago en nuestro país y también recomendar un método de construcción, dado en forma muy general por la "International Road Federation" en su manual FP-61¹, por el Departamento de Caminos del Estado de Georgia de E.U.A. en sus "Especificaciones Estándar"³ y por experiencia propia obtenida a través de 22 años de laboratorio.

TERMINOLOGIA

Pavimento: Toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que se halla formada por algunas o todas las siguientes capas: sub-base, base, capa de rodado y sello.

Suelo natural o de fundación del pavimento: Aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que, una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

Subrasante: La superficie correspondiente al terreno de fundación del pavimento.

Sub-base: Capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante.

Base: Capa que se coloca sobre la sub-base, o sobre la subrasante cuando no se coloca sub-base, y que puede estar constituida de material ripioso, suelo-cemento, mezcla bituminosa o piedra triturada.

Capa de rodado: La que se coloca encima de la base y está destinada a soportar el rodado de vehículos. Generalmente está constituida por hormigón de cemento, mezcla bituminosa o adoquinado.

Sello: Capa que se suele colocar para sellar el pavimento y está formada por una mezcla bituminosa.

Empréstito: Depósito natural de material a ocuparse en la construcción del pavimento.

Acopio: Material extraído de los pozos de empréstito y colocado cerca de la obra en cantidad considerable.

Cordón: Franja de material destinado a la construcción del pavimento, que se coloca con sección trapezoidal a lo largo de la calle o camino a pavimentar.

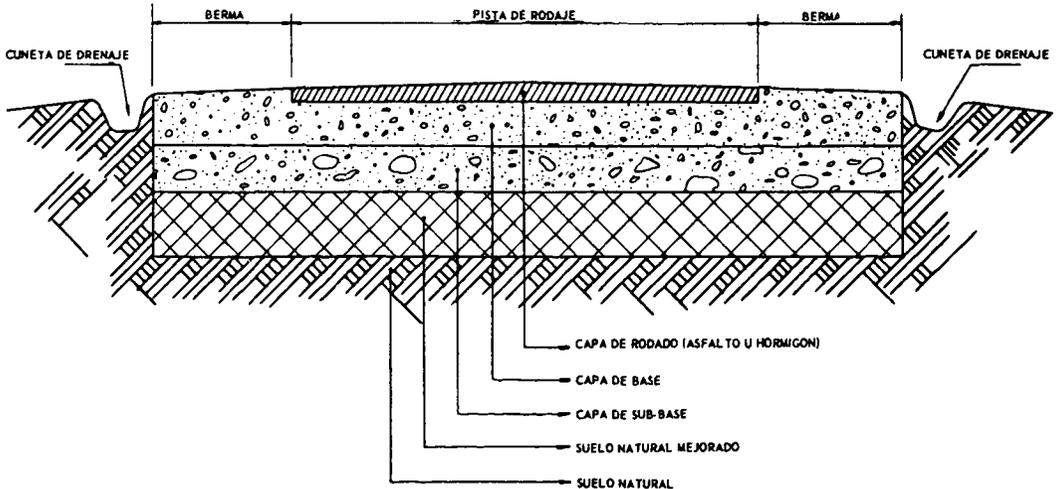


Fig. 1. Sección transversal de un pavimento.

1. MUESTREO Y ENSAYES

1.1. Suelo natural o de fundación del pavimento

El suelo natural deberá muestrearse a lo largo de la calle o camino a pavimentar abriendo pozos de reconocimiento, por lo menos cada 70 m lineales

si se trata de calles y cada 150 m lineales si se trata de caminos. Estos pozos deberán tener una profundidad mínima de 1 m para calles o caminos de tránsito liviano y 1,50 cuando sean de tránsito pesado. El laboratorista deberá tomar estratigrafía de cada pozo indicando claramente el espesor de cada estrato y extrayendo, al mismo tiempo, una muestra representativa de cada uno de ellos.

La muestra será superior a 10 kg si se trata de suelos finos (limos y arcillas) y mayor de 30 kg si el suelo es de grano grueso (gravas y arenas).

Las muestras obtenidas se someterán a análisis de clasificación (granulometría, límites de Atterberg, peso específico, densidad aparente, etc.) según el sistema de clasificación de la AASHO¹. Una vez efectuados estos análisis se podrá agrupar las muestras de características similares en una sola muestra representativa, con el objeto de abreviar los ensayos correspondientes a la determinación del poder de soporte California (C.B.R.) y el de relación humedad - densidad (Proctor).

El perfil estratigráfico del suelo natural correspondiente a las calles o caminos en estudio, los análisis de clasificación AASHO y el CBR servirán de base para el diseño de los espesores de las distintas capas que componen el pavimento.

Para nuestro país, donde existen condiciones de clima tan diferente entre el norte y el sur, es recomendable, para el diseño del espesor del pavimento, el método del Estado de Wyoming⁴ que considera el valor CBR y las condiciones de precipitación anual, acción de las heladas, situación de la napa freática, etc.

1.2. Materiales para la sub-base y base

Deberán ubicarse zonas de empréstito para obtener grava, arena y arcilla (esta última puede provenir de las excavaciones de la misma calle o camino si el suelo es apto) o de una mezcla natural de estos materiales.

Las muestras obtenidas de los empréstitos se someterán a análisis de clasificación como los indicados para el suelo natural o de fundación. Con estos análisis se verá si alguno de los materiales cumple las especificaciones para la base y/o sub-base; de lo contrario, se estudiará una mezcla de dos o tres materiales que cumpla estas especificaciones.

A los materiales naturales u obtenidos por mezcla que se destinen para la base y para la sub-base se les determinará la relación humedad-densidad y el CBR, lo que servirá posteriormente para el diseño de los espesores de estas capas.

1.3. Métodos de muestreo, ensayos y control para el suelo natural, sub-base y base.

Los muestreos y ensayos de clasificación y control de los materiales debe-

rán ser ejecutados por un laboratorio de suelos debidamente autorizado y se ceñirán a los siguientes métodos de la AASHO:

Muestreo	AASHO	T-2
Análisis granulométrico	AASHO	T-11, T-27 y T-28
Preparación de muestras	AASHO	T-87
Límite líquido	AASHO	T-89
Límite plástico	AASHO	T-91
Índice de plasticidad	AASHO	T-91
Equivalente de arena	AASHO	T-176
Peso específico	AASHO	T-85 y T-100
Densidad aparente	AASHO	T-19
Determinación de densidad		
“in situ”.	AASHO	T-147
% de desgaste	AASHO	T-96
Relación humedad-densidad	AASHO	T-180
Determinación del CBR	ASTN	D-1883

2. ESPECIFICACIONES GENERALES

2.1. *Para la preparación del suelo natural o de fundación del pavimento*

2.1.1. El suelo natural o de fundación deberá compactarse y tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

2.1.2. En los sectores donde aparezcan bolsones y lentejas de material no apto para fundar el pavimento (pantanos, suelos vegetales, basurales, etc.) se eliminará, hasta una profundidad de 1m, medido a partir del nivel de la subrasante, y deberá ser reemplazado por material del suelo natural, compactado a no menos del 90% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de relación humedad-densidad (AASHO T-180).

2.1.3. Una vez realizada la operación indicada en el párrafo anterior se compactará en su totalidad el suelo natural. En un espesor de 0,25 m bajo la subrasante, el suelo natural deberá tener una densidad superior al 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de relación humedad-densidad (AASHO T-180).

En caso de terraplenes o de rellenos; éstos deberán compactarse en capas no mayores de 0,20 m de espesor compactado y de acuerdo con la norma establecida para la plataforma de suelo natural, hasta alcanzar el nivel de la subrasante.

2.2. *Para la sub-base*

El material para la sub-base deberá cumplir las siguientes especificaciones:

2.2.1. *Material*

El material a usarse deberá estar constituido por un suelo del tipo A-1a, A-1b o A-2-4, del sistema de clasificación de la AASHO o bien por una mezcla de materiales que cumplan con las especificaciones. (Siendo menores las exigencias para el material de la sub-base, sólo en contadas ocasiones se presenta la necesidad de prepararlo por mezcla).

El material o la mezcla de materiales deberá estar homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, materias vegetales o cualquiera otra sustancia perjudicial.

2.2.2. *Graduación*

La graduación del material o de la mezcla de materiales deberá ser uniforme y quedar dentro de las especificaciones para materiales para sub-base, de la designación M-147 de la AASHO.

2.2.3. *Condición general*

La fracción del material que pasa por la malla nº 200 (0,074 mm) no deberá exceder los 2/3 de la fracción del material que pasa por la malla nº 40 (0,42 mm).

2.2.4. *Plasticidad*

La fracción del material que pasa por la malla nº 40 (0,42 mm) deberá tener un límite líquido inferior a 25% y un índice de plasticidad inferior a 8.

2.2.5. *Desgaste*

El agregado grueso deberá tener un desgaste, según el ensaye de Los Angeles (AASHO T-96), inferior a 50%.

2.2.6. *Poder de soporte California (CBR)*

El poder de soporte California (CBR) determinado por el método D-1883 de la ASTM, para condiciones de saturación, 0,1" de penetración y al 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de humedad-densidad (AASHO T-180), deberá ser superior a 30%. (Esta exigencia de CBR es aplicada para la sub-base, en pavimentos rígidos y flexibles, por el Laboratorio de la Dirección de Vialidad).

2.2.7. *Compactación*

La sub-base deberá compactarse con el contenido óptimo de humedad de compactación y a una densidad seca superior al 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de relación humedad-densidad (AASHO T-180).

2.2.8. *Dosificación de los agregados (para caso de mezcla)*

Deberán efectuarse dos dosificaciones de los agregados, como se indica a continuación:

- a) Predosificación: Se efectuará a base de los análisis de muestras de material obtenidos directamente de los acopios. Deberá evitarse efectuar la

predosificación con materiales obtenidos de los empréstitos.

b) Dosificación definitiva: A base de la predosificación se procederá a acordonar los materiales en las cantidades calculadas y en tramos no menores de 125 metros lineales en caso de calles y 250 m en caso de caminos.

La dosificación definitiva se hará a base de los análisis de muestras de material obtenidos directamente de estos cordones.

2.2.9. Control

Una vez efectuada la mezcla definitiva deberá quedar acordonada en tramos no menores de 125 m para calles y 250 m para caminos, de donde se tomarán muestras representativas para verificar si cumple con las especificaciones y para hacer las correcciones necesarias si las hubiere. En el caso de tenerse sólo un material que cumpla con las especificaciones correspondientes a la sub-base, éste se acordonará directamente, de donde se tomarán las muestras para el control antes mencionado. Recibido conforme el cordón de material se mezclará en forma homogénea con el contenido óptimo de humedad de compactación (ver 2.2.7) y se compactará en tramos no inferiores a 125 m en calles y a 250 m en caminos.

Una vez compactado el material se procederá a determinar la densidad con que ha quedado en el terreno (densidad "in situ") de acuerdo a lo establecido por AASHO T-147.

2.3. Para la base

El material o la mezcla de materiales para la base deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

2.3.1. Material

El material a usarse deberá estar constituido por un suelo del tipo A-la o A-lb del sistema de clasificación AASHO o bien por una mezcla de materiales que cumpla las especificaciones. El material o la mezcla de materiales deberá estar homogéneamente revuelto, libre de grumos o terrones de arcilla, de materias vegetales o de cualquiera otra sustancia perjudicial.

2.3.2. Graduación

La graduación del material o la mezcla de materiales deberá ser uniforme y quedar comprendida dentro de las especificaciones estándar para materiales de base, de la designación M-147 de la AASHO.

2.3.3. Condición general

La fracción del material que pasa por la malla nº 200 (0,074 mm) no deberá exceder los 2/3 de la fracción del material que pasa por la malla nº 40 (0,42 mm).

2.3.4. Plasticidad

La fracción del material que pasa por la malla nº 40 (0,42 mm) deberá tener

un límite líquido inferior a 25% y un índice de plasticidad inferior a 6. Cuando la base esté por un tiempo prolongado expuesta a la acción del tránsito, o sea, cuando trabaje como capa de rodado, el índice de plasticidad estará comprendido entre 4 y 8. (Los valores bajos se aplican a climas húmedos y los altos a climas secos).

2.3.5. Desgaste

El agregado grueso del material deberá tener un desgaste inferior a 40% según el método de ensaye de desgaste Los Angeles (AASHO T-96).

2.3.6. Poder de soporte California (CBR)

El poder de soporte California determinado por el método D-1883 de la ASTM para las condiciones de saturación, 0,1" de penetración y al 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de relación humedad-densidad (AASHO T-180), deberá ser superior a 50% para pavimentos rígidos, 65% para el caso que la base trabaje como capa de rodado y 80% para pavimentos flexibles.

2.3.7. Compactación

La base deberá compactarse con la humedad óptima y a una densidad seca superior al 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye de relación humedad-densidad (AASHO T-180).

2.3.8. Dosificación de los agregados. (Para el caso de mezcla)

Deberán efectuarse dos dosificaciones de los agregados como se indica a continuación:

- a) Predosificación: Se efectuará a base de los análisis de muestras de material obtenidas directamente de los acopios. Deberá evitarse efectuar la predosificación con los materiales obtenidos de los empréstitos.
- b) Dosificación definitiva: A partir de la predosificación se procederá a acordonar los materiales en las cantidades calculadas y en tramos no menores de 250 m en caminos y 125 m en calles. La dosificación definitiva se hará a base de los análisis de muestras obtenidas directamente de estos cordones.

2.3.9. Control

Una vez efectuada la mezcla deberá quedar convenientemente acordonada en tramos no inferiores a 250 m para caminos y 125 m para calles, de donde se tomarán muestras representativas para determinar si cumple con las especificaciones y para hacer las correcciones si fueren necesarias. En caso de tenerse un solo material que cumpla con las especificaciones para la base este se acordonará directamente de donde se tomarán muestras para el control antes mencionado.

Recibido conforme el cordón de material se mezclará en forma homogénea

con el contenido óptimo de humedad de compactación y se compactará en tramos no inferiores a 250 m en caminos y 125 m en calles.

Una vez compactado el material se procederá a determinar la densidad con que ha quedado en el terreno (densidad "in situ") de acuerdo a lo establecido por AASHO T-147.

3. METODO DE CONSTRUCCION

3.1. Para el suelo natural o de fundación del pavimento

El suelo natural o de fundación, en las partes que va en cortes o a nivel, deberá escarificarse a una profundidad no menor de 0,30 m, a contar del nivel de la subrasante para luego regar hasta obtener el contenido óptimo de humedad de compactación que permita compactarlo a la densidad especificada. (Ver 2.1.3). Se deberá tener especial cuidado con la humedad natural que contienen los materiales para descontarla del agua a agregar.

En casos de terraplenes o rellenos, éstos deberán compactarse en capas de no más de 0,20 m hasta alcanzar el nivel de la subrasante.

Las maquinarias recomendables para ejecutar las operaciones de escarificado y compactación del suelo natural o de fundación son las siguientes:

- Motoniveladoras con escarificadores,
- Camión regador,
- Rodillo pata de cabra si son suelos finos,
- Rodillo vibrador si son suelos áridos,
- Rodillo de ruedas neumáticas si son suelos mixtos.

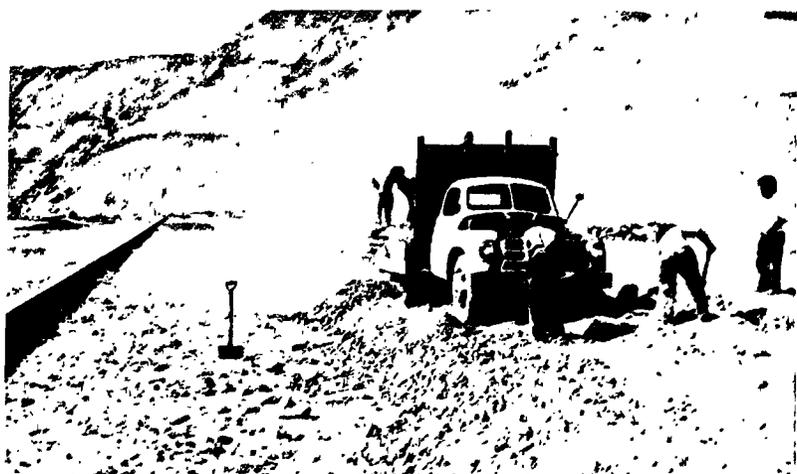


Fig. 2. Acordonando material para sub-base (Población El Colorado de Iquique)*.

* Las fotografías de este trabajo, Figs. 2, 3 y 4, son cortesía de la empresa constructora FIGALEM.

3.2. Para la sub-base

La sub-base deberá construirse en capas no superiores a 0,20 m de espesor compactado conforme al siguiente procedimiento:

3.2.1. Deberá acordonarse el volumen de material determinado previamente para la capa, o para cada capa en el caso que sean varias.

3.2.2. Una vez que el cordón haya sido muestreado y recibido conforme a lo especificado (ver 2.2.8.b), se extenderá y mezclará uniformemente con el contenido óptimo de humedad de compactación (ver 2.2.7.) para luego perfilarse de acuerdo a los planos de diseño. (Se deberá tener especial cuidado con la humedad natural que contenga el material para ser descontada del agua a agregar).

3.2.3. Con el material así extendido y humedecido se empezará la compactación progresivamente desde los bordes al centro, desplazándose los rodillos a media rueda hasta obtener la densidad requerida. (Para esta operación los rodillos avanzarán en el sentido del eje de la calle).

3.2.4. A lo largo de las curvas, colectores y aceras y, en general, en todos los sitios no accesibles al rodillo, el material de sub-base deberá compactarse íntegramente mediante el empleo de apisonadores mecánicos (sapos).

3.2.5. Para la segunda capa o las subsiguientes si las hubiere, se repetirán, punto por punto, las operaciones indicadas en 3.2.1., 3.2.2., 3.2.3., y 3.2.4.

Las maquinarias recomendables para la construcción de la sub-base son las siguientes:

Motoniveladora

Camión regador

Rodillo vibrador

3.3. Para la base

La base deberá construirse en capas no mayores de 0,20 m de espesor* compactado conforme al siguiente procedimiento:

3.3.1. Deberá acordonarse el volumen de material determinado previamente para la capa de base.

3.3.2. Una vez que el cordón haya sido muestreado y recibido conforme a lo especificado (ver 2.3.8.b), se extenderá y mezclará uniformemente con el contenido óptimo de humedad de compactación (ver 2.3.7.) para luego perfilarse conforme a los planos de diseño.

3.3.3. Con el material así extendido y humedecido se empezará la compactación progresivamente desde los bordes al centro, desplazándose los rodillos

* Generalmente, la base se diseña de espesores no mayores de 0,20 m, o sea, si se cuenta con equipo adecuado, se puede compactar en una sola capa.

a media rueda hasta obtener la densidad requerida. Para esta operación los rodillos avanzarán en el sentido del eje de la calle.

3.3.4. Cualquiera irregularidad o depresión que aparezca durante la compactación, deberá corregirse aflojando el material en estos sitios y agregando o quitando material hasta que la superficie resulte pareja y uniforme. A lo largo de las curvas, colectores, aceras, muros y en todos los sitios no accesibles al rodillo, el material de base deberá compactarse íntegramente mediante el empleo de apisonadores mecánicos (sapos).

La maquinaria recomendable para esta operación es la misma que la usada para la construcción de la sub-base.



Fig. 3. Motoniveladora acordonando y revolviendo material de base (Carretera Panamericana. Sector Juan Soldado - Incahuasi).

4. RECOMENDACION

Cuando la capa de base esté expuesta por un tiempo prolongado a la acción abrasiva del tránsito o sea cuando trabaje como capa de rodado, es conveniente imprimarla con alquitrán del tipo RT-3 o con asfalto del tipo MC-1 a razón de un litro de asfalto o alquitrán por m^2 .

Luego de esta imprimación se cubrirá con una arena de grano uniforme a razón de 5 a 7 l/m^2 .

La arena a ocupar deberá cumplir con las siguientes especificaciones:



Fig. 4. Camión regador, regando el material de sub-base (Camino Villarica-Loncoche).

Graduación

La graduación de la arena deberá quedar comprendida dentro de los siguientes límites:

Porcentaje en peso que pasa

Tamiz nº 10	(2 mm)	100
Tamiz nº 200	(0,074 mm)	0 - 4

Humedad

La arena a ocuparse no deberá tener más de 1,5% de humedad natural.

REFERENCIAS

1. American Association of State Highway Officials "Standard specifications for highway materials and methods of sampling and testing". Part I and II, 1961.
2. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes en los proyectos federales de carreteras. FP-61. International Road Federation, Washington 1961.
3. State Highway Department of Georgia. "Standard specifications", vol I and II, 1956.
4. DEL VALLE RODAS, R. "Calles, carreteras y aeropistas" El Ateneo, Buenos Aires, 1958.

Elías GUZMAN

Jefe del laboratorio de la
Sección Mecánica de Suelos del IDIEM