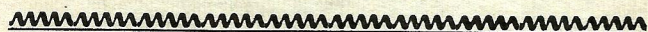
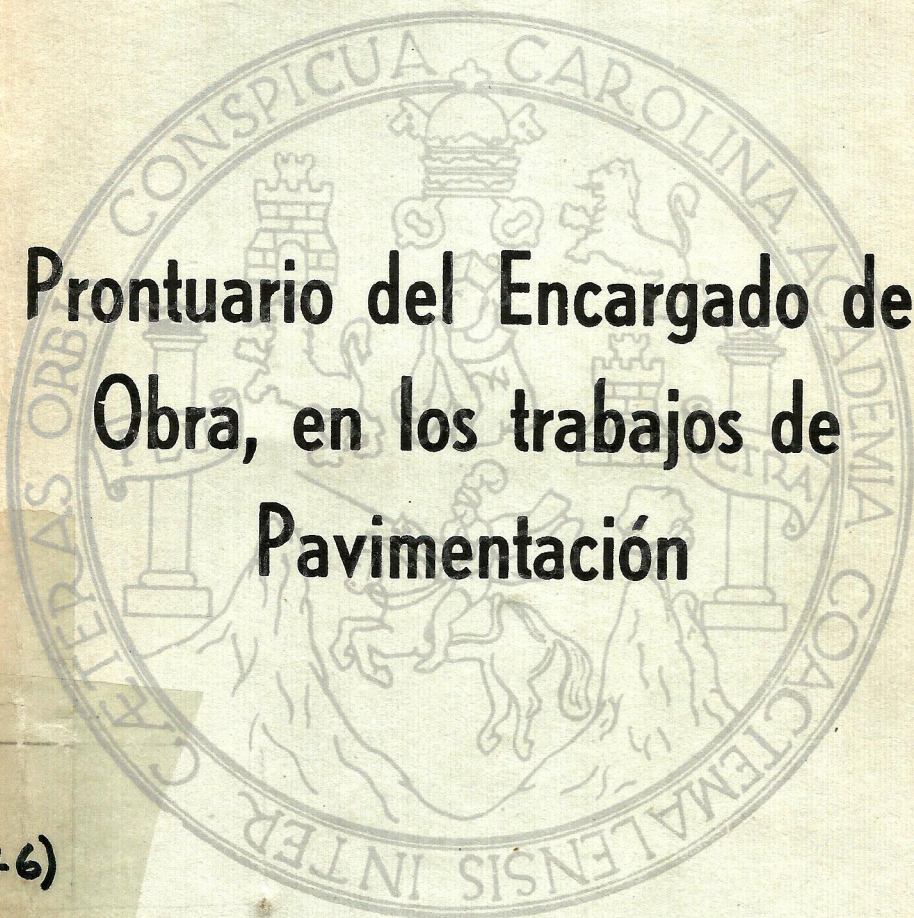


ARMANDO ANGUIANO BALZ



**Prontuario del Encargado de
Obra, en los trabajos de
Pavimentación**



46)



GUATEMALA, OCTUBRE DE 1968.

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro América.

PRONTUARIO DEL ENCARGADO DE OBRA
EN LOS TRABAJOS DE PAVIMENTACION

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

CARLOS ENRIQUE ARMANDO ANGUIANO BALZ

Al conferírsele el título de:

INGENIERO CIVIL

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC.**

Guatemala, septiembre de 1968.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DC
08
T(58)C

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano:	Ing. Amando Vides Tobar
Vocal Primero:	Ing. Otto E. Becker M.
Vocal Segundo:	Ing. Francisco Ubieto B.
Vocal Tercero:	Ing. Leonel Pinot L.
Vocal Cuarto:	Br. Rolando Llovera
Vocal Quinto:	Br. Víctor Hugo González W.
Secretario:	Ing. Jorge Luis Lazo M.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano en funciones:	Ing. Otto E. Becker M.
Vocal Tercero:	Ing. Leonel Pinot L.
Examinador:	Ing. Enrique Yurrita
Examinador:	Ing. Héctor Andrade
Secretario:	Ing. José A. Massanet P.

DEDICO ESTE ACTO

A Dios

A mis padres

A Bertha Peña Saborio

A mis catedráticos

A mis compañeros de promoción y amigos

A la Facultad de Ingeniería

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por la ley universitaria presento a vuestra consideración, previo a optar el Título de Ingeniero Civil mi trabajo de tesis titulado:

**PRONTUARIO DEL ENCARGADO DE OBRA
EN LOS TRABAJOS DE PAVIMENTACION**

Tema que me fuera asignado por la Honorable Junta Directiva de la:

Facultad de Ingeniería

CONTENIDO

		Página
Capítulo I	INTRODUCCION	1
Capítulo II	IMPORTANCIA DE UNA BUENA SUPERVISION EN PAVIMENTOS	3
Capítulo III	INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO	9
Capítulo IV	SELECCION Y COMPROBACION DE LOS MATERIALES	31
Capítulo V	PREPARACION DE LA SUB-RASANTE	47
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFIA	79

CAPITULO I

INTRODUCCION

El objeto del presente trabajo, es para que los Maestros de Obra, puedan seguir los pasos de un trabajo de pavimentación.

Este trabajo no deseo hacerlo para un nivel profesional. La razón por la cual he decidido hacer mi trabajo de Tesis sobre éste tema, es porque en la poca práctica que he tenido he visto que el maestro de obra tiene buen conocimiento de lo que es la construcción, entendiendo por construcción lo que es cimentación, levantado, fundición y acabados de casas, pero en lo que respecta a la construcción de un pavimento, se puede decir que no tiene un conocimiento ni siquiera vago.

Por ésta razón es que deseo que con la ayuda de éste prontuario, el maestro de obra pueda ayudar al ingeniero supervisor en los trabajo se pavimentación.

Dejando aclarado de una vez que no se pretende que el maestro de obra se convierta en el supervisor, ya que es el ingeniero residente el que debe mantenerse en el campo a la par de la maquinaria, puesto que éste es el responsable directo de la calidad del trabajo.

Mi deseo de que el maestro de obra tenga conocimiento de lo que se hace en un trabajo de pavimentación, es porque cuando se está trabajando en un proyecto que no es solo de pavimentación, sino que hay otras actividades, por ejemplo una urbanización y construcción de vivienda la mismo tiempo, se presentan una se-

rie de problemas que el ingeniero residente tiene que resolver por lo que no se puede dedicar únicamente a una parte del trabajo.

Por la razón anterior el ingeniero necesita quién lo ayude para una mejor coordinación de los trabajos.

Pero ésta persona que lo ayude, (el maestro de obra) debe ser un "amigo" del ingeniero, de plena confianza de éste, y tener conocimiento de todos los trabajos que se hacen en el proyecto.

Esta es la razón que me ha movido a realizar mi trabajo de tesis al nivel del maestro de obra, ya que en mi opinión en la parte de la construcción que menos conocimiento tiene estos compañeros de trabajo de los ingenieros es en trabajos de pavimentación.

Pero como expliqué anteriormente solo trato de hacer del conocimiento del maestro de obra la importancia de la supervisión en los trabajos de pavimentación, y no deseo que con la ayuda de éste trabajo el maestro de obra se convierta en supervisor del proyecto.

Ya que como se sabe tanto por el ingeniero encargado de un proyecto como por sus colaboradores el responsable legal tanto de la calidad como del costo de los trabajos efectuados es el ingeniero encargado de ver que se realice determinado proyecto.

CAPITULO II

IMPORTANCIA DE UNA BUENA SUPERVISION EN PAVIMENTOS

Antes de empezar a indicar la importancia de la supervisión, quiero definir lo que es un pavimento, ya que muchas personas creen que pavimento es solo la parte que se mira, o sea la capa donde ruedan los vehículos.

Un pavimento consta de cuatro partes:

- 1- Sub-Rasante
- 2- Sub-Base
- 3- Base
- 4- Capa de Rodadura.

Sub-Rasante es el terreno natural que deja la maquinaria después de cortar, nunca tiene que ser materia orgánica, es decir, no tener ninguna clase de plantas ni ser tierra negra.

Sub-Base es un material que se consigue en bancos de préstamo cercanos al lugar de trabajo, de una calidad superior al material que se removi6, este material se riega sobre la sub-rasante al mismo tiempo este material sirve como drenaje en el pavimento.

El material de sub-base se riega en capas de un cierto espesor las cuales se compactan debidamente.

Más adelante veremos los espesores de dichas capas y su compactación.

Base es la capa que tiene que absorber los esfuerzos y distribuirlos sobre la sub-base y sub-rasante, ésta se construye de igual manera que la sub-base, es decir, por capas las cuales se van compactando.

La calidad de la base debe ser superior a la calidad del material usado para sub-base.

Si la base no sufriera desgaste alguno se podría quedar como capa de rodadura.

Capa de Rodadura es la parte final del pavimento que puede ser de concreto o de asfalto que según sea de una u otra cosa es de donde se originan los pavimentos flexibles si es de asfalto y los pavimentos rígidos si es de concreto.

La capa de rodadura sirve para impermeabilizar las otras capas, y como capa de desgaste la cual hay que estar manteniendo.

Ya con un conocimiento de lo que es un pavimento, y habiendo visto la importancia de cada capa para la vida del mismo, se puede empezar a explicar la importancia de la supervisión en la construcción de pavimentos.

Hemos visto que pavimento no es solo la parte que se mira, sino que empieza desde que la maquinaria corta el terreno.

Entonces para la obtención de un buen pavimento hay que llevarlo en la mejor forma posible desde abajo para arriba, no tolerando errores o aflojando las especificaciones en las capas interiores porque estas no se miran en la superficie.

Ciertamente en la capa de rodadura no se miran los errores en el momento de inauguración de la obra, pero con un poco de uso se empiezan a manifestar fallas que sí aparecen en la capa de rodadura.

Es aquí donde la mala supervisión aumenta el costo de la obra, porque para la reparación de estas fallas, habría que levantar el pavimento desde la sub-rasante, porque de nada serviría reparar la capa de rodadura, ya que debido a la mala cimentación que tiene el pavimento las fallas volverían a aparecer.

Entonces el encargado de obra tiene que conocer las especificaciones bajo las cuales ha sido diseñando el pavimento.

Si en ciertos casos no fuera posible alcanzar las especificaciones indicadas, no hay que aceptar como buenas las alcanzadas en el campo por la sencilla razón que el material ya no da más.

Lo mas indicado en éste caso que el material no alcanzara las especificaciones a las que se diseño el pavimento sería hablar con el ingeniero para lograr un cambio de material y reponerlo por otro que si alcance las bases de diseño, o que se cambie el diseño del pavimento.

Como un ejemplo, refiriéndome a la compactación que debe alcanzar la capa que se está compactando, puede suceder lo siguiente:

Que en el punto donde se obtuvo la muestra se alcance un poco menos de la deseada, pero que en todos los demas puntos esté bien, entonces se podría hacer lo siguiente:

- a) Si por ejemplo se desea obtener el 95% de compactación y se obtiene 93% en un punto y en todos los demás se alcanza la deseada se puede aceptar como buena.
- b) Hacer una nueva prueba uno o dos metros más adelante y más atrás del punto defectuoso y si chequean se tomo como aceptable el tramo.

En cuanto a la localización de los puntos para la obtención de las muestras se hace de la siguiente manera:

A cada 20 metros lineales siguiendo el alineamiento de las calles, obteniendo las muestras así: primera, en el borde derecho a los 20 mts. más allá en el centro de la calle y 20mts. más lejos de la anterior en el borde izquierdo

Ademas de este tipo de muestreo el encargado puede indicar donde quiere que se realicen más pruebas, porque a su criterio no está con la compactación debida una zona determinada.

Así por ejemplo en las zanjas donde se han colocado los tubos de drenaje pueden ser puntos críticos.

La compactación de estas zanjas es preferible hacerla con compactadoras manuales por varias razones.

- a) Que se pueden romper los tubos debido al peso de la maquinaria de compactación.
- b) Que la compactadora no se puede dedicar solo a la zanja sino que a un tramo bastante grande, entonces para que este punto alcance la compacta-

ción deseada es bastante difícil, y lo que sucede es que el tramo llega a la compactación de las especificaciones y el lugar donde está la zanja no la alcanza.

Debido a que estos puntos no llegan a la compactación deseada es que se originan los baches que se ven un gran problema una vez terminado el pavimento, y a su vez no es solo el problema de la reparación de estos baches sino que el mantenimiento del pavimento aumenta considerablemente.

Otros lugares donde es preferible usar compactadoras manuales es cerca de los tragantes y pegado a los bordillos, porque la maquinaria pesada no logra juntarse lo suficiente al bordillo, o si lo logra puede fácilmente romper el mismo.

Lo anteriormente explicado es en cuanto a la compactación que es una gran parte de la vida del pavimento.

Otra cosa muy importante en la vida del pavimento es la evacuación del agua, ya que si esta se estanca en ciertos puntos, logra penetrar a las diferentes capas del pavimento aflojando la cimentación del mismo y produce los baches.

En la construcción de un pavimento en tiempo de invierno tiene sus desventajas ya que en el momento que está lloviendo no se puede trabajar, pero una vez terminado el trabajo y llueve se puede ver y marcar puntos de estancamiento del agua, facilitando de gran manera la eliminación de estos charcos durante la misma construcción.

Más adelante en el capítulo V hablaré de la forma de evacuación del agua.

Después de lo anteriormente explicado en este capítulo se puede ver la importancia de la supervisión en un pavimento y si se omite ésta supervisión el costo del pavimento aumenta y el mantenimiento del mismo también sube considerablemente.

Como es lógico suponer y se sabe que la supervisión no solo en pavimentos es importante sino que en cualquier trabajo que se realice ya sea un trabajo de ingeniería o de cualquier otra índole.

En éste trabajo hablare específicamente de la supervisión en pavimentos, y le aconsejo al encargado de obra que lea y analice detenidamente los capítulos que a continuación vienen para poder comprender bien los pasos a dar en un trabajo de pavimentación, y en ésta forma ayudar grandemente al ingeniero para el cual está trabajando.

CAPITULO III

INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO

Es de gran importancia, que el encargado de un trabajo de pavimentación, pueda interpretar los resultados que se obtienen de las pruebas de campo y laboratorio.

Una prueba importantísima, es la de la determinación de la densidad, sin la cual no se puede seguir el proceso de la construcción del pavimento.

Con la Densidad Seca en el laboratorio y la Densidad Seca en el campo, se obtiene con esta relación el porcentaje de compactación, que es lo que hay que controlar en cada etapa del pavimento que se construye.

El porcentaje de compactación puede variar, según el método que se use para determinar la densidad.

Así por ejemplo, si usamos el método AASHO STANDARD, ó el AASHO MODIFICADO, con el AASHO STANDARD, dá mayor porcentaje de compactación, debido a que la energía de compactación usada en el STANDARD, es menor que en el MODIFICADO.

Con lo anterior, quiero decir que un suelo que con el STANDARD, da un porcentaje de compactación de 100%. Con el MODIFICADO bien podría dar entre el 85% y el 90%.

El porcentaje de compactación que debe tener un

suelo, para la construcción del pavimento, está especificado de acuerdo con el diseño.

Hay que tener mucho cuidado de aplicar el método indicado por las especificaciones, para determinar la densidad, en el laboratorio, ya sea el AASHO MODIFICADO ó el STANDARD.

Generalmente en el diseño de pavimentación el que se usa es el MODIFICADO, ya que da una mayor compactación.

Una vez obtenida la Densidad en el laboratorio, por cualquiera de los métodos, (AASHO MODIFICADO), se procede a determinar la Densidad Seca en el campo, para poder obtener el porcentaje de compactación, ya que la relación entre la Densidad Seca en el campo y la Densidad Seca en el laboratorio, es lo que nos da el porcentaje de compactación.

$$\% \text{ de Compactación} = \frac{\text{Densidad Seca en el Campo}}{\text{Densidad Seca en Laboratorio}} \times 100$$

Densidad Seca en el Campo.

Para su determinación, hay varios métodos, de los que trataré de explicar sus ventajas y sus desventajas.

La diferencia entre los distintos métodos consiste en la determinación del volumen del agujero de donde se extrajo la muestra, ya que la obtención de la muestra es siempre la igual.

Por considerarlo de importancia para el maestro de obra en el campo, encargado de la construcción del pavimento, voy a explicar la forma de determinar la -

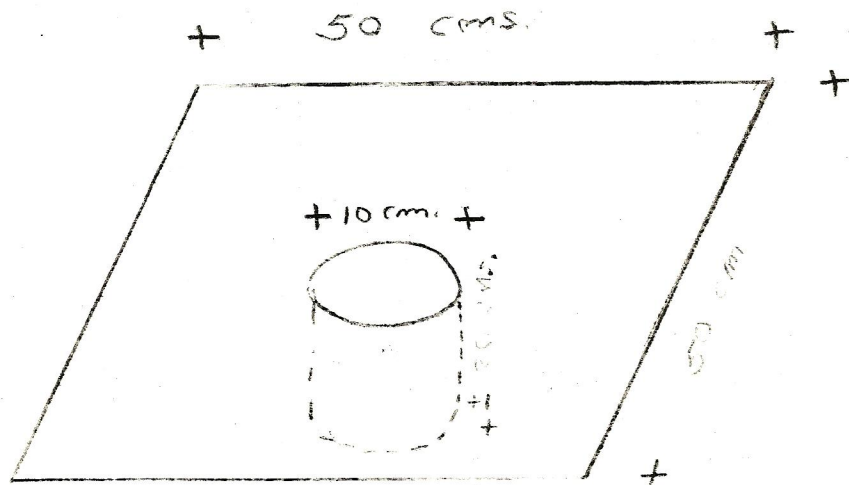
Densidad Seca en el campo:

Ensayo de Campo:

- a) Con Agua
- b) Con Aceite
- c) Con Arena

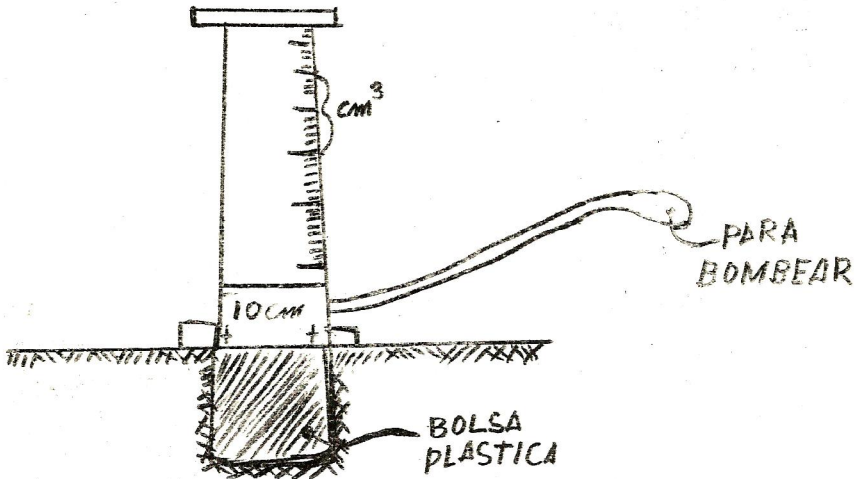
Para llevar a cabo este ensayo, se limpia perfectamente una área de 50 cm x 50 cm, luego se asienta una plancha de metal con un agujero de 10 cm. de diámetro, con un cincel y un martillo se empieza a excavar un agujero de aproximadamente 20 cms. de profundidad.

La muestra obtenida se echa en un frasco, el cual se tapa perfectamente para evitar pérdida de humedad.

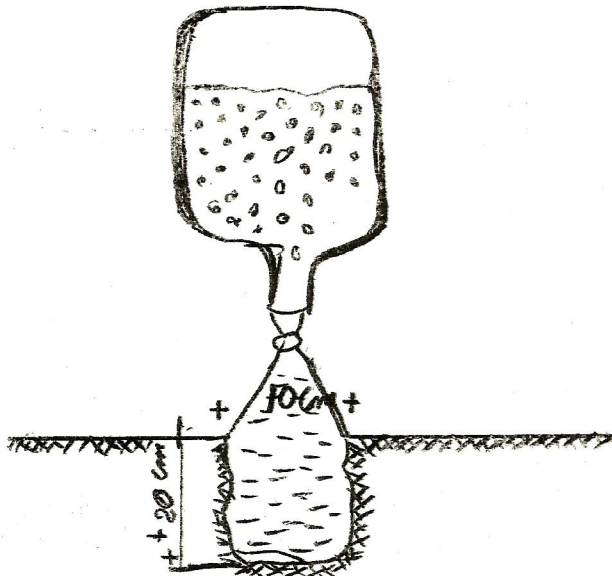


Para determinar el volumen del agujero, si se usa agua o aceite, se coloca una bolsa plástica dentro

del agujero y se llena con agua o aceite, conociéndose en esta forma el volumen.



Si se usa el método de la arena, la arena que debe usarse es la del tipo "OTTAWA", el 100% de la cual tiene que pasar el Tamiz No.10 y quedar retenida el 100% en el Tamiz No. 40, además debe ser redonda.



$$V = \frac{P_1 - P_2 - P}{D}$$

V = Volumen de la muestra

P₁ = Peso total frasco más peso total arena

P₂ = Peso total frasca más peso arena que sobra -
en el frasco.

P = Peso arena del embudo.

D = Densidad de la arena.

Procedimiento para obtener la Densidad en el Campo:

a) Volumen de la Muestra:

$$V = \frac{\text{Peso de la arena, agua, ó aceite en el agujero}}{\text{Peso unitario arena, agua, aceite usado en el ensayo}}$$

b) Peso unitario humedo = $\frac{\text{Peso de la muestra extraída}}{\text{Volumen de la muestra extraída}}$

c) Peso unitario seco = $\frac{\text{Peso unitario humedo}}{100 + \% \text{ de humedad}} \times 100$

De una vez se puede obtener el contenido de humedad de la muestra sacando la diferencia entre el peso humedo y el peso seco, dividiendo éste resultado entre el peso seco.

$$W\% = \frac{W_a - W_s}{W_s}$$

Volviendo al volumen del agujero, puede haber variación según el método que se use, o aún usando el mismo método, dando una variación en la densidad; a continuación veremos porqué puede haber diferencia.

Si se usa el método del agua o el aceite para determinar el volumen, sucederá que, como lo que se llena es una bolsa plástica y el agujero que se ha hecho no puede ser perfecto, el volumen no es exacto, y aún haciendo varias veces la prueba en el mismo agujero no dá el mismo resultado. Y como la densidad es la relación entre el peso y el volumen, al estar variando el volumen, varía la densidad, dando siempre un poco mayor que la real.

Usando el método de la arena es más exacto, ya que la cantidad de arena que llena el agujero, por ser echada directamente, llena mejor todos los espacios, y se obtiene una densidad más real y, al hacer la prueba varias veces en el mismo hoyo, tiene que dar la misma densidad. Si no la dá, es porque la arena está sucia y hay que limpiarla o cambiarla y además hay que calibrarla, lo que se hace por medio de tamices, ya que la arena usada que es del tipo Ottawa, tiene que pasar en un 100% el tamiz No. 10 y quedar el 100% retenida en el tamiz No. 50.

Como puede verse, la densidad varía según el método que se use y aún usando el mismo método, siendo preferible usar el método de la arena por ser menos variable y poderse controlar mejor sus variaciones.

Por considerarlo importante resolveré un problema de compactación.

PROBLEMA:

Al efectuar el control del grado de densidad en la compactación de un material de sub-rasante, obtendremos los siguientes datos:

- a) Densidad máxima del material en el laboratorio por medio del AASHO MODIFICADO 145.8 lbs/pie³
- b) Densidad de la arena calibrada usada en el campo 108.0 lbs/pie³.
- c) Peso de la arena necesaria para llenar el vaciado excavado en la subrasante = 4.10 lbs.
- d) Peso húmedo del material excavado de la subrasante 6.27 lbs.
- e) % de humedad establecido en el material de la subrasante = 15.4%.

PREGUNTA:Cuál será el % de compactación que ha alcanzado el material?

SOLUCION:

1) Volumen de la muestra = $\frac{\text{Peso de la arena que llena el vaciado}}{\text{Peso unitario arena}}$

$$V = \frac{4.10}{108} = 0.038 \text{ pie}^3$$

2) Peso unitario húmedo muestra = $\frac{\text{Peso húmedo de la muestra}}{\text{Volumen de la muestra}}$

$$DH = \frac{6.27}{0.038} = 165 \text{ lbs/pie}^3$$

3) Peso unitario seco de la muestra

$$DS = \frac{DH}{100 + W} \times 100 = \frac{165}{100 + 15.4} \times 100 =$$

$$= 142.98 \text{ lbs/pie}^3$$

4) % de compactación = $\frac{\text{Peso unitario seco en el Campo}}{\text{Peso unitario seco en el Laboratorio}}$

$$\% \text{ de compactación} = \frac{142.98}{156.80} \times 100 = 98\%$$

Explicando ahora lo que significa el contenido de humedad. Es la cantidad de agua que tiene el suelo, que se obtiene en un porcentaje y es la relación entre la diferencia de peso húmedo y peso seco dividida en el peso seco.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{WH - WS}{WS} \times 100$$

El contenido de humedad que debe tenerse es, entre el 80% y 110% del contenido óptimo de humedad que nos lo da el laboratorio. Ese contenido óptimo de humedad es aquel en el cual el suelo alcanza su mayor compactación.

Para finalizar con esta parte del capítulo, voy a mencionar las importancias de una buena compactación.

- 1) Se establece un contacto más firme entre las partículas.
- 2) Las partículas de menor tamaño son obligadas a ocupar los vacíos formados por las de mayor dimensión.
- 3) Como las partículas se hallan firmemente adheridas después de la compactación, la masa de suelo será más densa y su volumen de vacíos quedará reducido a un mínimo limitando considerablemente su capacidad absorbente del agua.
- 4) Cuando un suelo está compactado, aumenta su valor soporte y se hace más estable.

La importancia de que el encargado de obra sepa qué es lo que le viene del laboratorio, es que si le man

darán un dato equivocado, él puede darse cuenta.

Así por ejemplo, después de haber estado compactando un suelo, le hacen las pruebas de compactación correspondientes, y da un valor de 60%, el encargado toma una navaja y la mete en el suelo y según la resistencia que presente, él puede opinar si el suelo tiene una compactación mayor a la indicada por el laboratorio y pedir que hagan de nuevo la prueba.

Lo mismo puede pasar en caso contrario, que el laboratorio diga que tiene 100% de compactación, y el encargado pruebe con su navaja y ésta se hunde fácilmente, por lo tanto, el laboratorio está equivocado y procede a llamar al laboratorista para que haga la prueba de nuevo.

Otro caso que puede presentarse es de que las pruebas de laboratorio estén correctas y que el suelo presente asentamientos, lo cual puede ser debida al exceso de humedad en las capas inferiores.

Otra cosa importante es que, si el laboratorio da todos los puntos con el % de compactación especificado, menos uno, hay que ver la razón por la cual no alcanzó la compactación de todos los demás puntos; la razón puede ser porque haya una zanja de drenaje y lo que se hace es compactar sólo la zanja, ahora, si no dio sólo porque sí, entonces se puede hacer una nueva prueba bien cerca de donde se hizo la anterior.

Si la diferencia es muy grande, lo indicado es cambiar el material en el área que no alcanza el % especificado.

Ahora bien, si la diferencia es de 2% a 3% con

la especificada, podría aceptarse como correcto. Pero lo principal de todo es que el encargado pueda decir si en algún caso el laboratorio está equivocado.

Otra cosa muy importante es que el encargado - vea cómo se obtuvo la muestra que se va a analizar, es decir, que sea representativa, ya que si se toma mal, da valores errados, ya sea dando valores más grandes o más pequeños, y si esto sucede, lo que pasa es que al obtener los valores en el campo y compararlos con los del laboratorio, puede suceder que esté entre los límites especificados, aunque realmente ésto no es cierto.

Este error se traduce lógicamente en fallas del pavimento o en la elevación del costo del mismo.

Entonces para el muestreo es necesario sacar en cada lugar, que a criterio del encargado cambie el tipo de suelo.

En cuanto a un Banco de Préstamo, no se debe sacar una sola muestra y en base de ésta decidir la Granulometría, Densidad, etc.

Lo indicado es ir sacando muestras después de haber cortado cierta cantidad y que a criterio del encargado ya no sea la misma granulometría, o la misma calidad de suelo.

Valor Soporte:

Este es un paso muy importante para el control de los Bancos de Préstamo, ya que el diseño del pavimento se hace en base del valor soporte a un porcentaje de compactación.

Así por ejemplo, se dice que el material de sub-base debe tener un C.B.R. de 45% a 95% de compactación.

El C.B.R. es una medida de la resistencia que presenta el suelo, es un porcentaje porque es la relación entre la penetración de un cilindro en el material ensayado y la misma penetración en un material patrón que es piedra triturada.

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Resistencia a la penetración en suelo ensayado}}{\text{Resist. a la penetración en material patrón (piedra trit.)}} \times 100$$

Resistencia del Material Patrón:

0.1"	1000 lbs./pulg. ²
0.2"	1500 lbs./pulg. ²
0.3"	1900 " "
0.4"	2300 " "
0.6"	2600 " "

El valor del C.B.R. es el mayor de la división anterior entre el de 0.1" ó 0.2".

Ensayo de Hinchamiento:

- a) Tomar lectura inicial del extensómetro
- b) Se sumerge en baño de arena
- c) Al cabo de 2 a 3 días, terminada la saturación, se toma la lectura final del extensómetro.

$$\text{d) \% de hinchamiento} = \frac{\text{Lectura final} - \text{Lectura inicial}}{\text{Altura inicial total de la muestra}} \times 100$$

Se toma como aceptable para sub-rasante el 3%

de hinchamiento.

Como una ilustración resolveré un ejemplo de C. B.R. y % de hinchamiento.

EJEMPLO:

En un ensayo de C.B.R. para material de sub-ra-
sante obtuvimos las siguientes lecturas en el extensóme-
tro durante la fase de saturación.

Lectura inicial = 0.788"

Lectura 1er. día = 0.819"

Lectura 2o. día = 0.832"

Lectura 3er. día = 0.843"

Lectura 4o. día = 0.843"

Altura total inicial de la muestra = 5"

Luego en la fase del ensayo de la resistencia a
la penetración se obtuvo los esfuerzos siguientes:

Penetración de 0.1" = 458 lbs/pulg²

" " " 0.2" = 675 lbs/pulg²

PREGUNTA:

- Cuál será el % de hinchamiento del material y
- Cuál será el valor del C.B.R.

SOLUCION:

$$\begin{aligned} \text{a) \% de hinchamiento} &= \frac{0.843 - 0.788}{5} \times 100 = \\ &= \frac{0.055}{5} \times 100 = 1.1\% \end{aligned}$$

% de hinchamiento = 1.1%

b) Para el C.B.R.

$$\text{Para } 0.1'' = \frac{458}{1000} \times 100 = 45.8\%$$

$$\text{Para } 0.2'' = \frac{675}{1500} \times 100 = 45.0\%$$

Se toma el valor de los dos ó sea 45.8% C.B.R. = 45.0%.

El material de sub-rasante debe tener un máximo de % de hinchamiento de 3% ya que mayor que esto causa demasiados cambios de volumen, produciendo grietas en el pavimento.

El material que puede presentar más problemas en cuanto al hinchamiento es la sub-rasante, ya que es el terreno natural, en los materiales de sub-base y base es más fácil controlar el hinchamiento ya que es el constructor el que escoge el material.

El porcentaje de hinchamiento debe ser casi nulo en los materiales de sub-base y base.

Con relación al C.B.R. mientras mayor es el C.B.R. es mayor la resistencia a la penetración y mejor es el material.

Para el control de los Bancos de Préstamo, se toma como mínimo el dado por el diseñador al porcentaje de compactación indicado.

Como una ilustración indicaré los valores del C.B.R. al porcentaje de compactación para sub-rasante, -

sub-base y base, para un diseño "X".

Para sub-rasante, C.B.R. 5.5.% a 95% de compactación por el AASHO MODIFICADO.

Para sub-base, C.B.R. de 45% a 95% de compactación por el AASHO MODIFICADO.

Para base, C.B.R. de 80% a 95% de compactación por el AASHO MODIFICADO.

Estos valores de C.B.R. son el mínimo que deben alcanzar los materiales en este diseño en especial; en otro diseño pueden tener otros valores.

Como se ve en el ejemplo anterior, la calidad del material de base debe ser mejor que el de sub-base, y el de ésta debe ser mejor que la sub-rasante.

El material de base y sub-base como es material que el constructor escoge, no presenta mucho problema, en cuanto a alcanzar los valores pedidos por el diseñador, pero el material de sub-rasante es el que es más difícil que llene estos requisitos, razón por la cual hay veces que es necesario removerlo y usar otro como material de sub-rasante.

El material usado para sub-rasante no debe contener barro, ya que este es muy susceptible a cambios de volumen y sería imposible controlarlo con un porcentaje de hinchamiento menor del 3%.

El barro en el suelo se conoce porque es de color oscuro al sobar los dedos y los deja manchados, si el suelo se reseca por el calor, se presenta completamente agrietado.

Este material es necesario removerlo completamente en su totalidad y sustituirlo, para evitar fallas que al final aparecen en la capa de rodadura.

Respecto a la capa de rodadura, como ya se explicó anteriormente, puede ser rígida o flexible.

En cuanto a los controles de la rígida, lo único necesario es que se hagan las proporciones de cemento, arena y piedrín, en la forma indicada; esto es muy importante hacerlo en mezcladora, y no a mano, para lograr uniformidad en la mezcla.

En el momento de efectuar una reparación, y en caso de que la mezcla se pueda llevar a cabo a mano, la forma de hacerlo es como sigue:

Se echan los tres materiales en el tablero, revolviendo completamente este terciado, agregando agua al final o como se quiera, pero nose debe ir mezclando por pocos conforme se va utilizando.

Otro factor importante de controlar, es el curado.

Con la capa de rodadura flexible hay que efectuar más controles.

El asfalto como "Solución", recibe el nombre de CUT BACK. Este puede ser de curado rápido (R.C.), asfalto disuelto en gasolina. De curado medio, cuando es disuelto en kerosina (M.C.), y de curado lento (S.C.), cuando es asfalto disuelto en aceites residuales.

Además al R.C., M.C. y S.C., se les agrega un número que representa el % de solvente que varía -

desde 10% hasta el 40%.

El asfalto como "Suspensión" en agua por medio de emulsificadores recibe el nombre de "Emulsión".

En estas emulsiones también hay de curadorápido, medio y lento.

- | | | |
|----|--------|------|
| 1) | Rápido | R.S. |
| 2) | Medio | M.S. |
| 3) | Lento | S.S. |

Los R.T. son alquitranes, materiales sólidos por lo que hay que usar solvente, y como tal pueden usarse los derivados del petróleo.

Los asfaltos de base parafínica son inservibles para fines de pavimentación, debido a que la parafina reacciona con el oxígeno y el pavimento se quiebra.

Este tipo se usa para impermeabilización, porque va recubierto de otra capa.

En el momento de la construcción lo que hay que controlar es la temperatura de aplicación y la cantidad, ya que si se calienta demasiado, se vuelve lo que se llama "asfalto quemado" y éste ya no amarra quedando suelta la carpeta.

A continuación daré algunas de las temperaturas a las que debe aplicarse según el tipo de asfalto.

1.- Riego de Imprimación Bituminosa:

Cualquiera de los productos bituminosos siguientes, podrán ser utilizados en este trabajo:

- a) Asfaltos diluidos de curado medio, tipos MC-0, ó MC-1, temperatura de aplicación de 10 a 50, y 27 a 66 grados centígrados respectivamente.
- b) Asfaltos diluidos de curado rápido, tipo RC-2, -- temperatura de aplicación de 38 a 80 grados centígrados, con la adición de 10% a 15% en volúmen de kerosina, a juicio de la supervisión.

II.- Macadam de Penetración:

Productos bituminosos que podrían usarse en este trabajo:

- a) Cemento asfáltico derivado del petróleo, temperatura de aplicación:
- b) Asfaltos diluidos de curado rápido, tipos RC-2, ó RC-3, temperatura de aplicación 38 a 80 y 65 a 95 grados centígrados respectivamente.

III.- Superficie de Rodadura Arena Asfalto Mezcla en el Lugar o en Planta.

Productos bituminosos que pueden usarse en este trabajo:

- a) Asfaltos diluidos de curado rápido, tipos RC-2, ó RC-250, temperatura de aplicación 38 a 80 grados centígrados.
- b) Emulsiones bituminosas de rotura lenta, tipos SS-1, y SS-2, temperatura de aplicación 10 a 40 grados centígrados.

IV.- Concreto Asfáltico, Mezcla en Planta, Gradua-

ción Densa.

Productos bituminosos que pueden usarse en este trabajo:

- a) Cemento Asfáltico derivado del petróleo, temperatura de aplicación de 136 a 177 grados centígrados.
- b) Asfaltos diluidos de curado rápido, tipos RC-2, ó RC-3, temperatura de aplicación, 38 a 80 y 65 a 95 grados centígrados respectivamente.

V. Arena Asfalto, Mezcla en Planta, en Caliente.

Productos bituminosos que pueden usarse en este trabajo:

- a) Cemento asfáltico derivado del petróleo, temperatura de aplicación de 140 a 190 grados centígrados.

VI. Concreto Asfáltico, Mezcla en Planta, en Caliente, Graduación Densa.

Productos bituminosos que pueden usarse en este trabajo:

- a) Cemento asfáltico derivado del petróleo, temperatura de aplicación de 140 a 190 grados centígrados.

El anterior listado tiene la importancia de evitar que el asfalto se queme (asfalto quemado) debido a que pierde sus propiedades.

En cuanto a la cantidad de asfalto que debe aplicarse, es un factor que reviste mucha importancia, pues si se aplica menos del necesario, el material de la capa de rodadura queda suelto, y por el contrario si se usa en exceso, con el calor este sobrante está aflorando constantemente y al pasar los vehículos, se lo llevan en las ruedas, destruyendo la carpeta.

Para explicar mejor la cantidad de asfalto que debe aplicarse, resolveré un problema práctico.

Distribución de Asfalto por medio de Regadora.

a) Cantidad de galones por yarda cuadrada:

$$\text{volumen} = \frac{0.75 \times A \times B \times E}{D \times C}$$

A = % por peso

B = peso del suelo suelto en lbs/pie³

C = % de bitumen por volumen en el material asfáltico

D = peso por galón del material bituminoso en lbs/gal.
cuando se desconoce el peso de este material se pone como valor de D = 8.5 lbs/gal.

E = espesor suelto del suelo que se estabiliza en pulgadas.

b) Velocidad de Desplazamiento de la Regadora de Asfalto.

$$v = \frac{B}{a \times A} \times 9 \text{ pies/minuto}$$

A = cantidad de galones por yarda cuadrada a regarse en cada riego.

a = ancho de las bandas de la regadora en pies.

B = capacidad de la bomba en gal/minuto.

EJEMPLO:

La estabilización de un suelo con asfalto nos dió en el laboratorio un valor del 5% como porcentaje óptimo, si el suelo tiene un peso unitario suelto de 80 lbs/pie³ y vamos a estabilizar 8" de espesor con RC-2 de 70% de asfalto y 8.5 lbs/gal por peso, A cuántos galones por yarda cuadrada equivaldrá y a qué velocidad deberá desplazarse la distribuidora de asfalto, si su bomba tiene una capacidad de 200 gal./min., su ancho de banas es de 10 pies y se hacen riegos de 1/2 gal./yarda²?

$$A = 5$$

$$B = 80$$

$$E = 8$$

$$D = 8.5$$

$$C = 70$$

Aplicando la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \frac{0.75 \times A \times B \times E}{D \times C} = \frac{0.75 \times 5 \times 80 \times 8}{8.5 \times 70} = \\ &= 4 \text{ gal./yarda}^2 \end{aligned}$$

En cuanto a la velocidad de desplazamiento:

$$B = 200$$

$$a = 10$$

$$A = 0.5$$

Aplicando la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Velocidad de desplazamiento} = v &= \frac{B}{a \times A} \times 9 \\ v &= \frac{200}{10 \times 0.5} \times 9 = 360 \text{ pies/minuto.} \end{aligned}$$

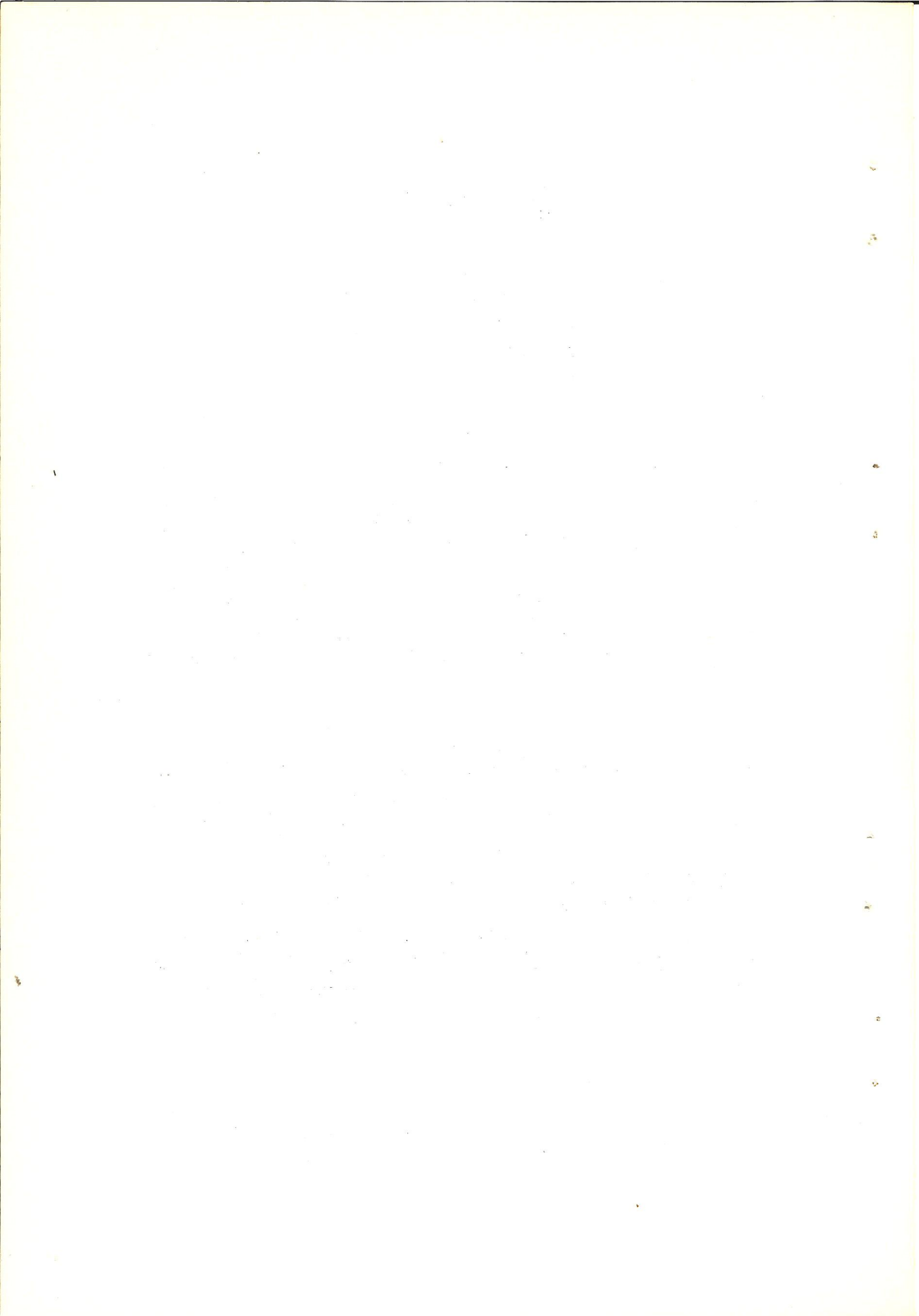
$$\frac{360 \times 60}{3.28 \times 1000} = 6.58 \text{ km./hora.}$$

Por lo tanto, hay que tener mucho cuidado en lo que respecta a la cantidad y temperatura a que debe aplicarse el asfalto, ya que si no se toman en cuenta estos factores importantes, aparecerán una serie de fallas, de las que trataré en el capítulo siguiente.

En cuanto a los análisis de asfalto, también es muy importante el criterio del encargado para interpretar los resultados. Así por ejemplo, él mira que un asfalto no tiene diesel y el resultado de laboratorio viene con un % de diesel, él debe llamar al laboratorista y ponerse de acuerdo para ver si no se equivocó y analizó otra muestra, o tomó mal la misma, etc, y no simplemente - decir, como en las especificaciones dice que no tenga diesel este tipo de asfalto, y el laboratorio dice que lo tiene, se rechaza.

Así que lo más importante es que él pueda opinar si a su criterio el análisis está bien hecho, y esto no sólo en cuanto al asfalto, sino que con cualquier prueba para cualquier material. Ya que si el material es bueno y el laboratorio errado, y además el encargado no opinara nada sino que simplemente viera el resultado del laboratorio y en base de éste rechazara o aceptara el material, estaría el problema que si acepta material malo como si fuera bueno, se traduciría en fallas en el pavimento y si rechaza material bueno como si fuera malo, se traduciría en el aumento del costo de la obra.

Por las razones anteriores, es importantísimo que el encargado de obra tome los resultados del laboratorio y los compare con su criterio en el campo.



CAPITULO IV

SELECCION Y COMPROBACION DE LOS MATERIALES

Sub-Rasante:

En cuanto a la selección de los materiales, hay que ver que no contengan materia orgánica ni barro, ya que estos materiales sufren asentamientos debido a los grandes cambios de volumen a que son susceptibles.

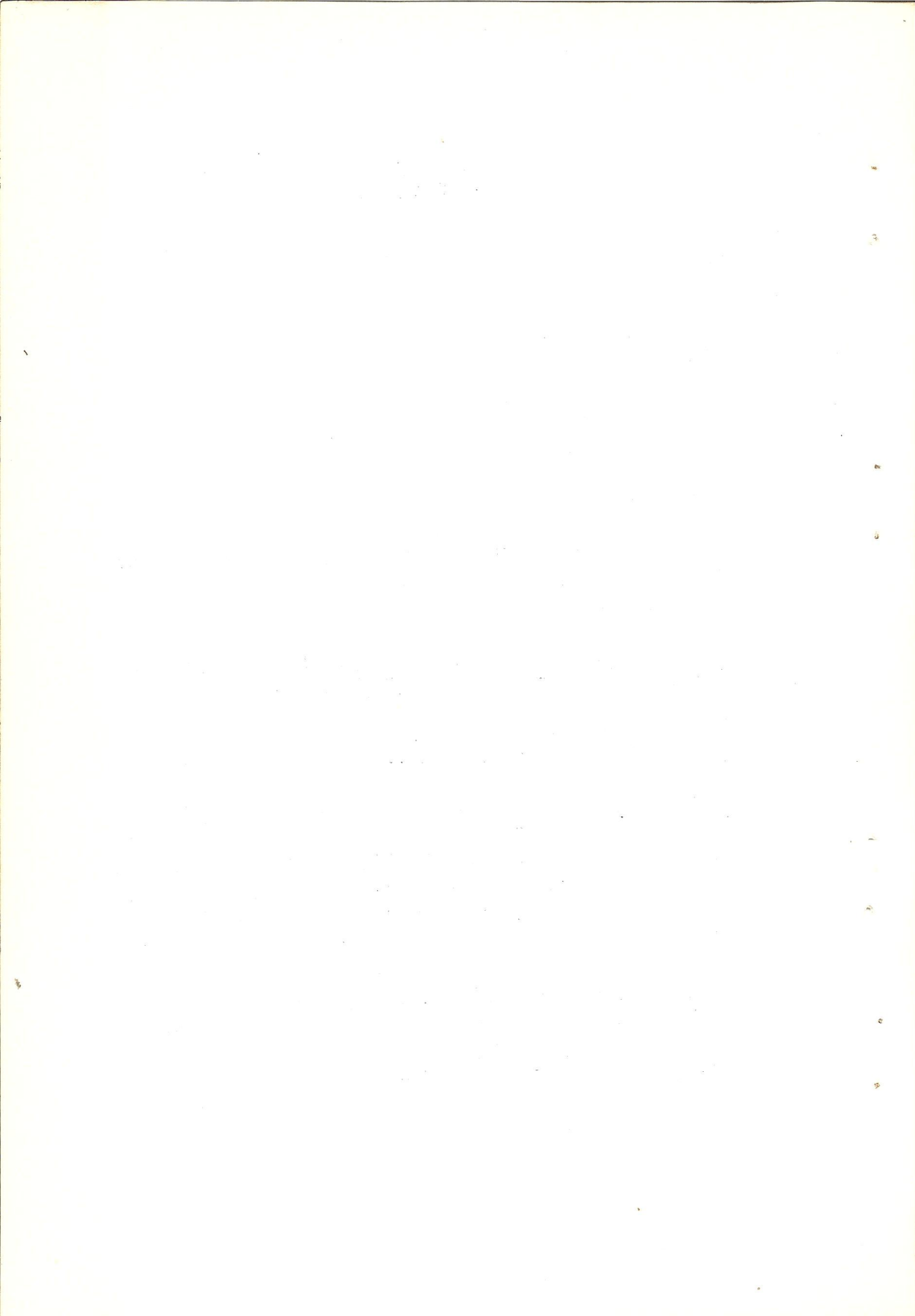
En caso de haber materia orgánica o barro, lo indicado es que la maquinaria corte hasta que encuentre otro material.

Clasificación de Materiales para Sub-Rasante según la AASHO: Ver cuadro en anexo página No. 33 adjunto.

Procedimiento de Clasificación:

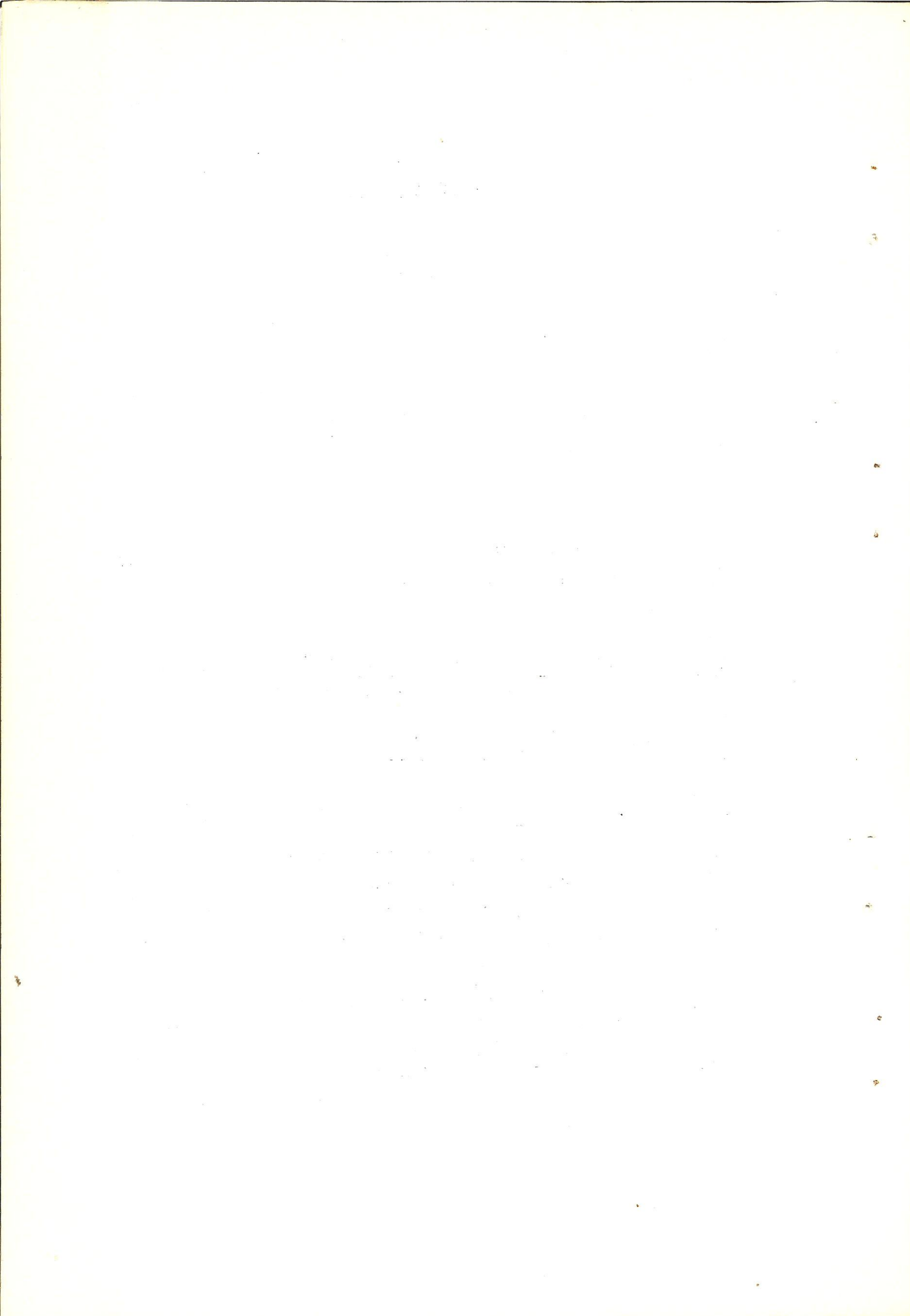
Nota No. 1: Con los datos obtenidos en el suelo en el laboratorio, se entra a la tabla del cuadro arriba mencionado, de izquierda a derecha hasta encontrar por eliminación, el grupo que le corresponde al suelo. La primera columna que satisfaga todos y cada uno de los valores del suelo, será la clasificación correcta.

Nota No. 2: Para distinguir entre un material A-7-5 y uno A-7-6, téngase presente que el índice de Plasticidad del Subgrupo A-7.5, e igual o menor al Límite Líquido -30, y el índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que su Límite líquido -30.



CLASIFICACION DE MATERIALES PARA SUB-RASANTE SEGUN LA AASHO:

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES 35% o menos pasan tamiz No. 200							MATERIALES FINOS más de 35% pasa tamiz No. 200			
	A-1		A-3	A - 2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
SUBRASANTE	A-1-a	A-1-6		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
ANALISIS MECANICO											
PASA TAMIZ No. 10	50%max		15%max								
PASA TAMIZ No. 40	30%max	50%max	10%max	35%max	35%max	35%max	35%max	36%max	36%max	36%max	36%max
PASA TAMIZ No. 200	15%max	25%max									
FRACCION LIMITE LIQUIDO				40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min
INDICE de PLASTICIDAD	6%max	6%max	N.P.	10%max	10%max	11%min	11%min	10%max	10%max	11%min	11%min
INDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	4%max	4%max	8%max	12%max	16%max	20%max
CALIDAD de MATERIAL	EXCELENTE A BUENO			REGULAR A MALO							



EJEMPLO: Un material tiene la siguiente granulometría:

<u>TAMIZ:</u>	<u>% total pasante:</u>
1"	100%
1/2"	83%
No. 4	75%
No.10	62%
No.40 ,	58%
No.80	52%
No.200	43%

Su Límite Líquido = 45; Límite Plástico = 32;

Se pregunta qué tipo de suelo es el analizado?

Indice de Plasticidad=Límite Líquido-Límite Plástico=
 $45-32 = 13$

SOLUCION:

Indice de Grupo: 0.2a 0.005ac 0.01bd

$$a = 43 - 55 = 8$$

$$b = 43 - 15 = 28$$

$$c = 45 - 40 = 5$$

$$d = 13 - 10 = 3$$

$$I. \text{degr.} = 0.2(8) + 0.005(8 \times 5) + 0.01(28 \times 3)$$

$$I. \text{degr.} = 1.6 + 0.2 + 0.84$$

$$= 2.64 \quad 3$$

Vamos al cuadro y caemos en la última columna, la de suelos finos en grupo A-7 y aquí habrá que leer los 2 notas atrás y nos dará que el suelo pertenece al A-7-5 porque según nota 2 como Límite Líquido -30 = $45 - 30 = 15$; razón por la cual el suelo pertenece al grupo A-7-5.

Base:

Objetivo: La capa de base tiene por objeto absorber y repartir los esfuerzos provocados por las cargas de los vehículos y transmitirlos a las capas de la sub-base y subrasante.

De una buena base depende el éxito del trabajo. Si la capa de base no sufriera desgaste, ésta podría ser la capa de rodadura.

Clases de Bases:

- 1) **Bases Rígidas:** Estabilización de suelo cemento ó suelo cal, concreto.
- 2) **Base Flexible:** Estabilización mecánica, con material bituminoso, material granular ó material selecto.

Cuando usamos material granular o material selecto, éste tiene que llenar ciertas especificaciones para resistir las cargas.

Especificaciones para Material de Base:

- 1) Debe ser un material dentro de los grupos: A-1; A-3; A-2-5 (AASHO).
- 2) El agregado grueso retenido en el tamiz No. 12 deberá consistir de partículas duras debiendo de tener un porcentaje de desgaste de acuerdo con la prueba de "Los Angeles" no mayor del 50%.
- 3) El agregado que pasa el tamiz No. 10 debe consistir de arena natural ó material triturado, o sea material fino sacado de las canteras y partículas

de material fino que pasan el tamiz No. 200.

- 4) La fracción que pasa el tamiz No. 200 no deberá ser mayor de $\frac{2}{3}$ de la fracción que pasa el tamiz No. 40.
- 5) La fracción que pasa el tamiz No. 40 deberá tener un Límite Líquido no mayor de 25 y un Índice de Plasticidad no mayor de 6.
- 6) Resistir completamente cambios de temperatura y humedad.
- 7) El % de C.B.R. debe ser mayor de 50.
- 8) El material no debe contener partículas orgánicas ni partículas mayores de 3".
- 9) No debe ser susceptible a cambios bruscos de volumen.

En Caso de Usarse Material Selecto:

Debe llenar las tolerancias de granulometría del material de sub-base en los grados: A, B, C, E y F.

En Caso de Usarse Material Granular:

Debe llenar tolerancias (AASHO, M 75-51)

- 1) Tamaño No. 3. Partículas de 2" a $2\frac{1}{2}$ "

TAMIZ No.	% TOTAL PASANTE
$2\frac{1}{2}$ "	100
2"	95-100
$1\frac{1}{2}$ "	35- 70
1"	0- 15
$\frac{1}{2}$ "	0- 5

2) Tamaño No. 2. Partículas de $1\frac{1}{2}$ " - $2\frac{1}{2}$ "

TAMIZ No.	% TOTAL PASANTE
3"	100
$2\frac{1}{2}$ "	90-100
2"	35- 70
$1\frac{1}{2}$ "	0- 15
$3/4$ "	0- 5

3) Tamaño No. 3. Partículas de $2\frac{1}{2}$ " - 3"

TAMIZ No.	% TOTAL PASANTE
$3\frac{1}{2}$ "	100
3"	90-100
$2\frac{1}{2}$ "	25- 60
$1\frac{1}{2}$ "	0- 15
$3/4$ "	0- 5

Con base granular se usa el "FILLER" mineral o polvillo (material restante de explosiones). Pasa tamiz No. 120.

Ejemplo de combinación de materiales para llenar una especificación.

Para el uso de un material selecto necesitamos - las siguientes tolerancias:

TAMIZ	<u>TOLERANCIAS:</u>	%
2"		100
$1\frac{1}{2}$ "		85-95
1"		75-85
$3/4$ "		60-75
No. 4		45-55
80		15-25
140		5-15
200		0-10

Sin embargo como BANCOS DE PRESTAMO cont
mos solamente con los siguientes materiales:

BANCOS DE PRESTAMO:

TAMIZ	BANCO No.1	BANCO No.1	BANCO No.3
2"	100	100	100
1½"	100	100	72
1"	95	91	68
¾"	82	71	54
No. 4	58	45	31
80	38	32	8
140	24	21	1
200	12	14	0

Probaremos a combinar estos 3 materiales para lle
nar las especificaciones pedidas.

SOLUCION:

1er TANTEO:

Tamiz	25% Banco No.1	50% Banco No.2	25% Banco No.3	Total Re sultante:
2"	25.	50	25	100
1½"	25	50	18	93
1"	23.75	45.50	17	86.25
¾"	20.50	35.50	13.50	69.50
No.4	14.50	22.50	7.75	44.75
No.80	9.5	16.0	2.0	27.50
No.140	6.0	10.5	0.25	16.75
No.200	3.0	7.0	0	10.00

Podemos estar fuera en un punto, si el error es
de 5% ó menos, en 2 puntos si estamos en un error de

2% ó menos para cada punto. En 3 ó más puntos hay - que hacer de nuevo el tanteo.

2º TANTEO:

TAMIZ	30% Banco No.1	30% Banco No.2	40% Banco No.3	Total Re sultante
2"	30	30	40	100.0
1½"	30	30	28.8	88.8
1"	28.5	27.3	27.2	83.0
¾"	24.6	21.3	21.6	67.5
No. 4	17.4	13.5	12.4	43.3
80	11.4	9.6	3.2	24.2
140	7.2	6.3	0.4	13.9
200	3.6	4.2	0	7.8

Vemos si estamos entre el 5% de error, como es en defecto, se toma 45.

$$45 \times 5\% = 2.25$$

$$45.00$$

$$2.25$$

$$\underline{42.75} \text{ menor } 43.3$$

Si fuera en exceso, se tomaría 5% de 55, el límite sería:

$$2.75 \text{ más } 55 = 57.75$$

Entonces la mezcla correcta será:

Banco 1	30%
Banco 2	30%
Banco 3	40%
	<u>100%</u>

En caso de que los materiales no alcanzaran los valores mínimos, lo indicado es sustituirlos por otros, - siempre y cuando esta sustitución no eleve demasiado el costo de la obra.

La elevación del costo se debe principalmente al valor del transporte del material, el cual aumentará a medida que la distancia a que se encuentre el material sustituto sea mayor.

En caso de suceder lo anterior, lo recomendable es hablar con el diseñador para que cambie el diseño, y lo ajuste a los valores que dan los materiales que existen en lugares cercanos a la construcción.

En capítulos anteriores había hecho referencia de que me iba a referir en el capítulo IV, a las fallas en los pavimentos, que, aunque tampoco corresponde aquí hablar de dicho asunto, debido a ser un factor muy importante, lo trataré seguidamente.

Causas de las Fallas más Frecuentes en Pavimentos Flexibles.

1) Afloramiento del Asfalto:

Esto se deberá a las siguientes causas:

- a) Exceso de asfalto.
- b) Mezcla desproporcionada (% de vacíos bajo)
- c) Excesiva imprimación (o de liga)
- d) Baches de mezcla desproporcionados.

2) Apariencia Suelta del Agregado:

de color casi café, causas:

- a) Insuficiente asfalto.
- b) Excesiva humedad en la mezcla.
- c) Mezcla sobrecalentada o quemada.

3) Parches Aislados de Asfalto:

causas:

- a) Mezcla heterogénea
- b) Baches de mezcla desproporcionadas.
- c) Segregación excesiva en la esparcida.

4) Textura Superficial Dispareja:

causas:

- a) Mezcla muy espesa
- b) Exceso de finos en la mezcla.
- c) Mezcla mal proporcionada.
- d) Baches no preparados uniformemente.
- e) Operación de esparcida deficiente.
- f) Compactación defectuosa.
- g) Compactación a destiempo.
- h) Sobrecompactación.
- i) Compactación muy caliente.
- j) Compactada muy fría.
- k) Excesivo y defectuoso rastreo (Mano de obra no experta).
- l) Excesiva segregación.
- m) Desplazamiento de la esparcidora a excesiva velocidad.

5) Superficie Aspera "Marimbeada"

causas:

- a) Riego de liga o de imprimación no uniforme o mal

- curado.
- b) Granulometría muy gruesa.
 - c) Mezcla mal proporcionada.
 - d) Mezcla muy fría.
 - e) Operación de esparcido deficiente.
 - f) Esparcido desajustado.
 - g) Compactación despasada.
 - h) Compactación muy fría.
 - i) Compactación muy caliente.
 - j) Compactadora muy pesada.
 - k) Compactadora con vibración.
 - l) Capa con base inestable.
 - m) Deficiente rastreo.
 - n) Exceso de rastreo.
 - ñ) Segregación al esparcir.
 - o) Esparcidora se desplaza muy rápido.

6) Superficie Ahogada.

causas:

- a) Mezcla muy gruesa.
- b) Falta de asfalto.
- c) Mezcla no uniforme.
- d) Baches no uniformes.
- e) Esparcido deficiente.
- f) Esparcido defectuoso.
- g) Compactada muy fría.
- h) Deficiente mano de obra en el rastreo.
- i) Exceso de rastreo.

7) Ondulamientos Fuertes.

causas:

- a) Riego de liga o imprimación excesiva.

- b) Exceso de finos en la mezcla.
- c) Exceso de Asfalto.
- d) Mezcla mal proporcionada.
- e) Excesiva humedad en la mezcla.
- f) Compactación muy caliente.
- g) Compactadora muy pesada.
- h) Capa de base inestable.
- i) Capas colocadas con mucho espesor.
- j) Abierto al tráfico cuando aun está la mezcla muy caliente.

8) Grietas Diversificadas "Piel de Lagarto"

causas:

- a) Exceso de finos en la mezcla.
- b) Insuficiente asfalto.
- c) Mezcla mal proporcionada.
- d) Sobrecalentamiento del asfalto.
- e) Compactación excesiva.
- f) Compactación muy caliente.
- g) Capa de base inestable.
- h) Excesiva humedad en el sub-suelo.

9) Grieta Longitudinal.

causas:

- a) Sobrecompactación.
- b) Excesivos finos en la mezcla.
- c) Exceso de asfalto.
- d) Mezcla mal proporcionada.
- e) Excesiva humedad en la mezcla.
- f) Mezcla muy fría.
- g) Compactación inadecuada.
- h) Compactación a destiempo.
- i) Sobrecompactación.

- j) Compactada muy fría.
- k) Compactadora muy pesada.
- l) Capa de base inestable.
- m) Excesiva humedad en la base.

El mantenimiento es necesario para conservar el pavimento en buen estado, antes de que aparezcan las fallas.

Las fallas en los pavimentos rígidos, se deben a la mala construcción de las capas inferiores, es decir, la sub-rasante, sub-base y base.

Otra razón es la falta de mantenimiento, el cual consiste en conservar las juntas perfectamente llenas de asfalto, para evitar que el agua se introduzca por dichas juntas y cause la destrucción de las capas interiores, de fecto que aparece en la capa de rodadura.

Otra causa muy importante en los pavimentos rígidos, es que cuando hay que hacer un corte en las grietas para repararlas, estos cortes deben ir paralelos a las aristas y que lleguen siempre a morir a una junta, teniendo cuidado que cuando se use mortero, hay que considerar una junta con FILLER entre el pedazo viejo y el nuevo.

CAPITULO IV

PREPARACION DE LA SUB-RASANTE

Dirección de la ejecución de los trabajos y control de la calidad de los mismos.

- a. Sub-Rasante.
- b. Sub-Base.
- c. Base.
- d. Capa Rodadura

Descripción

Este trabajo se refiere a la preparación y acondicionamiento de la sub-rasante de calles, de acuerdo a estas especificaciones, y a los alineamientos, perfiles longitudinales o secciones transversales mostrados en los Planos e indicados por la Supervisión.

Dicho trabajo será ejecutado después que todas las instalaciones de drenaje, agua potable, teléfonos, etc. estén completamente terminados.

Se considerará como sub-rasante la superficie de la calle, que servirá de asiento o fundación al pavimento a construirse.

Equipo

Todo el equipo necesario para la construcción deberá estar en el lugar, en suficiente cantidad y en perfectas condiciones de funcionamiento para asegurar que el trabajo se efectúe sin dilaciones.

Todos los elementos del mismo deberán ser aprobados por la Supervisión, previamente a la iniciación del trabajo.

El equipo a utilizarse en la ejecución de las operaciones de este trabajo es como sigue:

- a) Remoción del material de la sub-rasante.

El equipo deberá ser capaz de remover parte del material de la sub-rasante actual y apilarlo convenientemente para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con bulldozer, tractores con traillas o máquinas similares.

- b) Carga del material apilado.

El equipo deberá ser capaz de recoger y cargar el material de la sub-rasante debidamente apilado, para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con cargadores frontales, palas pequeñas o máquinas similares.

- c) Transporte del material apilado.

El equipo a utilizarse deberá ser preferentemente camiones de volteo o cualquier máquina similar capaz de transportar material, que no exceda de 6 metros cúbicos por viaje. Tractores con traillas o similares podrán transportar el material dentro de las distancias de acarreo correspondientes.

- d) Escarificación, tendido, conformación y afinamiento.

El equipo deberá ser capaz de romper y es-

carificar el suelo a la profundidad especificada y mantener la forma del material suelto o compactado, de acuerdo a los perfiles longitudinales y secciones transversales indicadas en los Planos. Motoniveladoras o máquinas similares deberán ser utilizadas para estas operaciones.

e) Distribución de agua.

El equipo de distribución de agua deberá ser capaz de aplicar agua al suelo con uniformidad longitudinal y transversal.

Para esta operación se dispondrá de un número suficiente de camiones regadores o similares, para asegurar un abastecimiento continuo de agua. Este equipo deberá ser tal que sea posible la medición de la cantidad aplicada de agua.

f) Compactación.

Dada la calidad de los suelos que forman la sub-rasante de las calles, deberá usarse de preferencia para la compactación inicial rodillos "pata de cabra" u otro equipo que efectúe a juicio de la Supervisión un trabajo de resultados similar. Para la compactación final deberán utilizarse compactadoras de llantas neumáticas, o aplanadoras de rodillos lisos de poco peso. Para la compactación de áreas cercanas a los pozos de visita, cajas de registro, bordillos, etc. deberán utilizarse compactadores neumáticos (sapos), vibratorios o similares y como alternativa compactadoras manuales. Para áreas de suelos arenosos o limos volcánicos deberán usarse preferentemente compactadoras de neumáticos o aplanadoras vibratorias.

Métodos de Construcción

- 1) Remoción, apilamiento y transporte del material de la subrasante.

El material de la sub-rasante actual será removido en el espesor necesario para obtener después del afinamiento y compactación de la misma, los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales mostrados en los planos o indicadas por la Supervisión. Dicho material después de su remoción, deberá ser apilado convenientemente, cargado y transportado a los lugares indicados en las Especificaciones complementarias o por la Supervisión.

- 2) Escarificado y conformación de la nueva sub-rasante.

Después de las operaciones descritas anteriormente el material de la sub-rasante será escarificado a una profundidad no menor de 10 cm. El material producto de esta última operación será conformado nuevamente y compactado.

- 3) Adición de agua.

Si se hace necesario se incorporará agua sobre la superficie de la sub-rasante, en cantidad suficiente para que dicho material alcance la humedad óptima de compactación. El agua se acondicionará en forma tal que el contenido de la misma en el suelo sea uniforme en todo el ancho y espesor de la capa suelta a compactar. Una vez el material haya alcanzado la humedad óptima de compactación, se procederá a conformarlo de nue

vo. El abastecimiento de agua se hará en forma tal que sea suficiente para las operaciones continuas de regado.

4) Compactación.

El material de la sub-rasante humedecido y conformado deberá ser compactado inmediatamente en todo el ancho de las calles, preferentemente con rodillos "pata de cabra", o por otro equipo previamente aprobado por la Supervisión. El aplanado se hará gradualmente de las orillas hacia el centro, paralelamente a la línea de la calle, de modo que se traslape uniformemente cada pasada anterior por la mitad del ancho de tal rodillo, y deberá continuarse en esa forma hasta obtener la compactación satisfactoria. Se requerirán mínimo de 20 pasadas por rodillo "pata de cabra" por unidad de superficie. Después del aplanado anteriormente indicado la superficie será afinada con motoniveladora. Afinamiento y aplanado deberán ejecutarse alternativamente de modo de obtener una superficie lisa y uniformemente compactada. Esta última operación de aplanado deberá efectuarse con compactadoras de llantas neumáticas o con aplanadoras de rodillos lisos según indique la Supervisión. Si la superficie de la sub-rasante se seca durante la compactación - deberá agregarse a la misma la cantidad de agua necesaria, para mantener en lo posible el contenido de humedad de compactación especificado.

Tierra vegetal, materiales suaves o inestables y porciones de la sub-rasante que no se compacten o que de acuerdo con la Supervisión no sirvan para ese uso, serán removidos y extraídos,

colocando en su lugar los materiales indicados por la Supervisión. Posteriormente a la colocación de dichos materiales éstos deberán ser conformados y compactados debidamente en la misma forma que el resto de la sub-rasante. La compactación de los materiales de la sub-rasante cercanos a los pozos de visita, cajas de registro, bordillos y lugares no accesibles por el equipo de compactación mencionado anteriormente, deberá efectuarse con compactadoras neumáticas (sapos), o como alternativa a mano con compactadoras manuales, en forma tal de asegurar la compactación especificada.

Control de la Construcción

- 1) La superficie de la sub-rasante deberá quedar cuando terminada, completamente lisa y de acuerdo a los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales indicados en los Planos o por la Supervisión. No deberán existir bordes o salientes que excedan de 2.0 centímetros con relación a lo indicado en los Planos o por la Supervisión. Área fuera de ese límite serán corregidas.
- 2) El contenido de humedad de compactación deberá ser ajustado a un valor tal que se halle comprendido entre el 80% y 110% del contenido óptimo de humedad de compactación determinado por el ensayo de compactación de laboratorio, el material en cuestión. El contenido óptimo de humedad correspondiente a los diferentes suelos que forman la sub-rasante, será indicado por la Supervisión previo a las operaciones de compactación.

3) Estado de compactación.

Las densidades secas de campo, obtenidas después de la compactación de la sub-rasante, se determinarán preferentemente por el método de la arena u otro aprobado por la Supervisión.

Estas densidades se obtendrán cada 20 metros lineales, siguiendo el alineamiento de las calles, en la siguiente forma: borde izquierdo, centro, borde derecho, etc. Donde por inspección se crea deficiente la compactación, deberán obtenerse densidades de campo.

Áreas que no alcancen el 95% de la densidad máxima seca, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo de compactación (AASHO Modificado) deberán seguirse compactando hasta obtener la densidad especificada. Las densidades secas máximas correspondientes a los diferentes suelos que forman la sub-rasante serán indicados por la Supervisión, previamente a las operaciones de compactación.

- 4) Cualquier área defectuosa a juicio de la Supervisión, deberá repararse adecuadamente y de acuerdo a estas Especificaciones en lo que se refiere a compactación, tolerancias, etc.

Métodos de Medida

- 1) Todas las cantidades producidas de acuerdo a los Planos y a estas Especificaciones, previamente aceptadas y recibidas por la Supervisión serán medidas por la misma, para los efectos de pago.

- 2) La unidad de medida para efectos de pago de la sub-rasante terminada, será el metro cuadrado, e incluye la remoción del material de la sub-rasante, el transporte, la escarificación, la conformación, la adición de agua, la compactación, el afinamiento de la misma, asimismo, reparaciones, correcciones y deterioros que sufra la sub-rasante por cualquier causa antes de la terminación completa del pavimento.

SUB BASE DE MATERIALES SELECCIONADOS

- 1) Este trabajo se refiere a la construcción de una sub-base para calles, formada de materiales seleccionados en estado natural, provenientes de los bancos de préstamo indicados en las Especificaciones Complementarias o Planos, o de Bancos de Préstamo cuyos materiales estén de acuerdo a estas Especificaciones.
- 2) Será construida de acuerdo a esta Especificación, y a los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales indicadas en los Planos o por la Supervisión, sobre una sub-rasante preparada de acuerdo a estas Especificaciones "Preparación de la Sub-Rasante".
- 3) Los materiales deberán ser uniformemente distribuidos, humedecidos, conformados y compactados de acuerdo con estas Especificaciones, de modo que el espesor resultante no sea menor del indicado

en los planos o en las Especificaciones Complementarias.

Equipo

Todo el equipo necesario para la construcción deberá estar en el lugar, en suficiente cantidad y en perfectas condiciones de funcionamiento para asegurar que el trabajo se efectúe sin dilaciones. Todos los elementos del mismo deberán ser aprobados por la Supervisión, previamente a la iniciación del trabajo.

El equipo a utilizarse en la ejecución de las operaciones de este trabajo es como sigue:

a) Excavación en Bancos de Préstamo.

El equipo deberá ser capaz de excavar, mover y apilar el material de los Bancos de Préstamo para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con bulldozer o máquinas similares.

b) Carga de material apilado.

El equipo deberá ser capaz de recoger y cargar el material apilado en los Bancos de préstamo o para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con cargadores frontales, palas mecánicas pequeñas o máquinas similares.

c) Transporte.

El equipo a utilizarse deberá ser preferentemente camiones de volteo o cualquier máquina si

milar capaz de transportar material, que no exceda de 6 metros cúbicos por viaje.

d) Tendido, conformación y afinamiento.

El equipo deberá ser capaz de mantener la forma del material suelto o compactado de acuerdo con los perfiles longitudinales y secciones transversales indicadas en los Planos. Motoniveladoras o máquinas similares deberán ser utilizadas para esas operaciones.

e) Distribución de agua.

El equipo de distribución de agua deberá ser capaz de aplicar el agua al suelo con uniformidad de distribución longitudinal y transversal. Para estas operaciones deberá de disponerse de un número suficiente de camiones tanques o similares para asegurar un abastecimiento continuo de agua. Este equipo deberá ser tal que sea posible la medición de la cantidad de agua aplicada.

f) Compactación.

Deberá usarse para la compactación inicial, compactadoras de llantas neumáticas, aplanadoras vibratorias de rodillos lisos o de neumáticos, aplanadoras de rodillos lisos u otro equipo que efectúe a juicio de la Supervisión un trabajo de resultados similares. Para la compactación final deberán utilizarse compactadoras de neumáticos o como alternativa aplanadoras de rodillos lisos si no aparece laminación de la superficie. Para la compactación de áreas cercanas a los pozos de visita, cajas de registro, bordillos, etc. deberán

utilizarse compactadoras de neumáticos (sapos), vibratorios o similares y como alternativa la compactación manual a juicio de la Supervisión.

Materiales

- 1) Los materiales a emplear serán obtenidos de los Bancos de préstamo indicados en los Planos o Especificaciones Complementarias. Todos los materiales a usarse en este trabajo deberán ser previamente aprobados por la Supervisión y deberán ser de tal calidad que estén de acuerdo a estas Especificaciones.
- 2) La Supervisión podrá dar autorización para usar materiales de otros Bancos de préstamo, siempre que sean de igual o mejor calidad aprobada que la indicada en estas Especificaciones.
- 3) Los materiales que se utilicen para sub-base deberán estar libres de materiales vegetales, materias extrañas, tierra vegetal, terrones de arcilla, etc. y deberán llenar los requisitos siguientes:
 - a) Graduación

<u>Tamiz</u>	<u>Porcentaje que pasa en peso</u>		
2"	100	100+	
1½"			
1"			100
¾"			60-100
No. 4		40-100	
No. 10	55-100		30-65
No. 40	30-70	20-50	15-40
No. 200	8-25	6-20	5-15
	Graduación C	Graduación B	Graduación A

+ 1½" : 100

La máxima dimensión de cualquier partícula contenida en el material y que no sea posible de integrar con el equipo de conformación o de compactación, no deberá ser mayor de 2/3 de espesor especificado de la base.

- b) El agregado grueso (retenido Tamiz No.4) deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 500 revoluciones, determinado por el Método de "Los Angeles".
- c) El agregado fino (pasa Tamiz No. 4) cumplirá con los siguientes requisitos:
 - c.1 La fracción que pasa el Tamiz No. 200 no debe exceder de 2/3 de la fracción que pasa el Tamiz No. 40.
 - c.2 La fracción que pasa por el Tamiz No. 40 tendrá un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad no mayor de 9.
- d) El material deberá tener una relación de Soporte (C.B.R.) no menor de 30%, para penetración de 0.1 de pulgada (Método de California).
- e) El material no deberá tener un hinchamiento mayor de 2% (Método de California).

Métodos de Construcción

- 1) Después de la limpieza adecuada de los Bancos de Préstamo, el material para sub-base deberá ser removido o apilado convenientemente para su car

ga y transporte. Cualquier material a utilizarse para sub-base deberá ser previamente aprobado por la Supervisión antes de su transporte.

2) Transporte y colocación del material.

El material para la sub-base deberá ser transportado de los Bancos de préstamo para ser depositado sobre la sub-rasante, en cantidad tal que pueda formarse posteriormente un camellón longitudinal al eje de la calle, de sección uniforme e igual al volumen por unidad de longitud necesario para obtener el espesor compactado y ancho especificado. El camellón deberá situarse en lugares que permitan el desarrollo de las operaciones subsiguientes en el resto de las calles. Como alternativa, con la previa aprobación de la Supervisión el material puede ser depositado o apilado sobre la sub-rasante en cualquier forma que sea conveniente a fin de obtener el espesor y ancho especificados. El depósito de los materiales de la sub-base, solo podrá efectuarse después de la aprobación de la sub-rasante por la Supervisión, preparada de acuerdo a los Planos y Especificaciones.

3) Tendido y Conformación

Previa la comprobación de que el material cumple con las especificaciones aquí indicadas se procederá al tendido del material depositado. El material será esparcido, sin segregación de tamaños en una capa uniforme de modo que después de compactada se obtenga un espesor uniforme en todo el ancho de la calle por unidad de longitud de la misma.

4) Adición de Agua

Si se hace necesario se incorporará agua sobre la superficie de la sub-base, en cantidad suficiente para que el material alcance la humedad óptima de compactación. El agua se adicionará en forma tal que el contenido de la misma en el suelo sea uniforme en todo el ancho y el espesor de la capa suelta a compactar. Si fuera necesario el suelo será trabajado con equipo a fin de lograr dicha uniformidad. Una vez el material ha ya alcanzado la humedad de compactación a conformarlo. El abastecimiento de agua será por medio de camiones tanques y deberá ser suficiente para las operaciones continuas de regado.

5) Compactación

El material de la sub-base, humedecido y conformado, deberá ser compactado inmediatamente después en todo el ancho de las calles preferentemente con aplanadoras vibratorias de rodillos lisos o neumáticos, con aplanadoras de rodillos lisos o con compactadoras de llantas de neumáticos o con otro equipo aprobado por la Supervisión. El aplanado se hará gradualmente de las orillas al centro, paralelamente a la línea central de la calle, de modo que se traslape uniformemente cada pasada anterior, por la mitad del ancho de la máquina y deberá continuarse en esa forma hasta obtener la compactación satisfactoria. El espesor de la capa a compactar no deberá exceder de 15 centímetros de espesor compactado. Espesores mayores de 15 centímetros deberán compactarse por capas no mayores de 10 centímetros de espesor compactado. Afinamiento y aplanado

deberá ejecutarse alternativamente de modo de obtener una superficie lisa y uniformemente compactada. El aplanado final deberá efectuarse con compactadoras de llantas neumáticas o con aplanadoras de rodillos lisos si no se provoca laminación de la superficie o con cualquier otro método que indique la Supervisión.

Si la superficie de la sub-base se seca durante la compactación deberá agregarse a la misma la cantidad necesaria de agua para mantener en lo posible el contenido de humedad de compactación especificado.

La compactación de los materiales de sub-base cercanos a los pozos de visita, cajas de registro, bordillos o lugares no accesibles por el equipo de compactación mencionado anteriormente se hará con compactadores neumáticos (sapos) vibratorios o similares, o como alternativa a mano con compactadoras manuales, en forma tal de asegurar la compactación especificada.

Todo el material de la sub-base, suave o inestable que no se compacte, o que de acuerdo a la Supervisión no sirva para ese uso será removido y extraído, colocando en su lugar material nuevo según lo indique la Supervisión.

Control de la Construcción

- 1) Cualquier material depositado destinado para sub-base será analizado en el laboratorio, para verificar las condiciones y características del mismo. Las muestras deberán ser obtenidas de los materiales depositados sobre la calle o en los lugares de

producción para efectuar los ensayos necesarios a juicio de la Supervisión. Si los materiales no cumplen con las condiciones especificadas deberán corregirse o sustituirse.

- 2) La superficie de la sub-base deberá quedar cuando terminada completamente lisa, y de acuerdo a los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones mostradas en los Planos o indicados por la Supervisión. La Superficie terminada de la sub-base deberá estar libre de depresiones mayores de 1.5 cm., medidas con una regla recta y rígida de 3.00 metros de longitud, paralela y transversalmente al eje longitudinal de la calle. Areas fuera de este límite deberán ser corregidas.
- 3) El contenido de humedad de compactación será ajustado a un valor tal que se halle comprendido entre el 80% y el 110% del contenido óptimo de compactación, determinado por el ensayo de compactación de laboratorio en el material en cuestión o del valor de la humedad óptima determinada por ensayos de compactación de campo. El contenido óptimo de humedad correspondiente a los diferentes suelos a utilizarse en la sub-base será indicado por la Supervisión, previo a las operaciones de compactación.
- 4) Estado de Compactación

Las densidades secas obtenidas en el campo después de la compactación de la sub-base se determinarán preferentemente por el método de la arena, u otro método aprobado por la Supervisión. Estas densidades se obtendrán cada 20 metros lineales, siguiendo el alineamiento de las ca

lles en la siguiente forma: Borde derecho, centro, borde izquierdo, centro, borde derecho, etc. Donde por inspección se crea deficiente la compactación deberán obtenerse también densidades de campo.

Areas que no alcancen el 55% de la densidad máxima obtenida en el Laboratorio por medio del ensayo de Compactación (AASHO Modificado) deberán corregirse y seguirse compactando hasta obtener la densidad especificada. Las densidades secas máximas correspondientes a los diferentes suelos de la sub-base, serán indicados por la Supervisión, previamente a la compactación.

- 5) Areas en la capa de sub-base cuyo espesor compactado sea menor del 85% del espesor especificado en los Planos y Especificaciones Complementarias, se considerarán defectuosas y tendrán que corregirse. Los espesores compactados se obtendrán conjuntamente con la obtención de las densidades de campo.
- 6) Cualquier área defectuosa a juicio de la Supervisión deberá repararse adecuadamente y de acuerdo a estas Especificaciones en lo que se refiere a la calidad de los materiales, compactación, tolerancias, etc. En ningún caso los materiales de sub-base se colocarán sobre una sub-rasante húmeda o poco compactada y sin haber sido controlada y aprobada previamente por la Supervisión.
- 7) Todas las cantidades producidas de acuerdo a los Planos, a estas especificaciones y la Supervisión, previamente aceptadas y recibidas por la Supervisión, serán medidas por la misma, para efectos -

de pago.

- 8) La unidad de medida para efectos de pago de la sub-base completamente terminada, será el metro cuadrado, e incluye la excavación del material de la sub-base, su transporte, tendido, conformación, adición de agua, compactación y adinamamiento de la misma, asimismo reparaciones, correcciones y deterioros que sufra la sub-base por cualquier causa, antes de la terminación completa del pavimento.

BASE DE MATERIALES SELECCIONADOS

Descripción

- 1) Este trabajo se refiere a la construcción de una base para calles, formada de materiales seleccionados en estado natural, provenientes de los Bancos de préstamo indicados en las Especificaciones Complementarias o en los Planos, o de Bancos de préstamo cuyos materiales estén de acuerdo a estas Especificaciones.
- 2) Será construida de acuerdo a esta Especificación, y a los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales indicados en los Planos o por la Supervisión, sobre una sub-base preparada de acuerdo a las Especificaciones para sub-base.
- 3) Los materiales deberán ser uniformemente distribuidos, humedecidos, conformados y compactados de acuerdo a estas Especificaciones, de modo que el

espesor resultante no sea menor del indicado en los Planos o en las Especificaciones Complementarias.

Equipo

Todo el equipo necesario para la construcción deberá estar en el lugar, en suficiente cantidad y en perfectas condiciones de funcionamiento para asegurar que el trabajo se efectúe sin dilaciones. Todos los elementos del mismo deberán ser aprobados por la Supervisión, previamente a la iniciación del trabajo.

El equipo a utilizarse en la ejecución de las operaciones de este trabajo es como sigue:

a) Excavación en Bancos de préstamo.

El equipo deberá ser capaz de excavar, mover y apilar el material de los Bancos de préstamo para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con "bulldozer" o máquinas similares.

b) Carga de material apilado.

El equipo deberá ser capaz de recoger y cargar el material apilado en los Bancos de préstamo para su transporte. Tales máquinas pueden ser de preferencia tractores con cargadores frontales, palas mecánicas pequeñas o máquinas similares.

c) Transporte.

El equipo a utilizarse deberá ser preferentemente camiones de volteo o cualquier máquina si

milar capaz de transportar material, que no exceda de 6 metros cúbicos por viaje.

d) Tendido, conformación y afinamiento.

El equipo deberá ser capaz de mantener la forma del material suelto y compactado de acuerdo a los perfiles longitudinales y secciones transversales indicados en los Planos. Motoniveladoras o máquinas similares deberán ser utilizadas para esas operaciones.

e) Distribución de agua.

El equipo de distribución de agua deberá ser capaz de aplicar el agua al suelo con uniformidad de distribución longitudinal y transversal. Para estas operaciones deberá disponerse de un número suficiente de camiones tanques o similares para asegurar un abastecimiento continuo de agua. Este equipo deberá ser tal que sea posible la medición de la cantidad de agua aplicada.

f) Compactación.

Deberá usarse para la compactación inicial, compactadores de llantas neumáticas, aplanadoras vibratorias de rodillos lisos o de neumáticos, aplanadoras de rodillos lisos u otro equipo que efectúe a juicio de la Supervisión un trabajo de resultados similares. Para la compactación final deberán utilizarse compactadores de neumáticos o como alternativa aplanadoras de rodillos lisos de poco peso sino aparece laminación en la superficie. Para la compactación de áreas cercanas a los pozos de visitas, cajas de registro, bordillos,

etc. deberán utilizarse compactadores neumáticos (sapos), vibratorios o similares y como alternativa la compactación manual a juicio de la Supervisión.

Materiales

- 1) Los materiales a emplear serán obtenidos en los Bancos de préstamo indicados en los Planos o Especificaciones Complementarias. Todos los materiales a usarse en este trabajo deberán ser previamente aprobados por la Supervisión y deberán ser de tal calidad que estén de acuerdo a estas Especificaciones.
- 2) La Supervisión podrá dar autorización para usar materiales de otros Bancos de préstamo, siempre que sean de igual o mejor calidad comprobada que la indicada en estas Especificaciones.
- 3) Los materiales que se utilicen para base deberán estar libres de materias vegetales, materias extrañas, tierra vegetal, terrones de arcilla, etc. y deberán llenar los requisitos siguientes:
 - a) Graduación

Tamiz	Graduación C	Graduación B	Graduación A
2"			100
1"		100	
3/4"	100		70-100
No. 4		70-100	50-80
No. 10	80-100	40-80	50-65
No. 40	35-70	25-50	20-45
No. 200	10-25	8-22	5-20

La máxima dimensión de cualquier partícula contenida en el material y que no sea posible de integrar con el equipo de conformación o de compactación, no deberá ser mayor de $2/3$ del espesor especificado de la base.

- b) El agregado grueso (retenido Tamiz No. 4) deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 500 revoluciones, determinado por el Método de Los Angeles.
- c) El agregado fino (pasa Tamiz No. 4) cumplirá con los siguientes requisitos:
 - c.1 La fracción que pasa el Tamiz No. 200 debe ser menor de $2/3$ de la fracción que pasa el Tamiz No. 40.
 - c.2 La fracción que pasa por el Tamiz No. 40 tendrá un Límite líquido no mayor de 25 y Índice de Plasticidad no mayor de 6.
- d) El material deberá tener una relación de Soporte (C.B.R.) no menor de 70%, para una penetración de 0.1 de pulgada (Método de California).
- e) El material no deberá tener un hinchamiento mayor del 1% (Método de California).

Métodos de Construcción

- 1) Después de la limpia adecuada de los Bancos de préstamo, el material para la base deberá ser removido o apilado convenientemente para su carga y transporte. Cualquier material a utilizarse para base deberá ser previamente aprobado por la Su-

pervisión antes de su transporte.

2) Transporte y colocación del material.

El material para la base deberá ser transportado de los Bancos de préstamo para ser depositado sobre la sub-base, en cantidad tal que pueda formarse posteriormente un camellón longitudinal al eje de la calle, de sección uniforme e igual al volumen por unidad de longitud necesario para obtener el espesor compactado y anchos especificados. El camellón deberá situarse en lugares que permitan el desarrollo de las operaciones subsiguientes en el resto de las calles. Como alternativa, con la previa aprobación de la Supervisión, el material puede ser depositado o apilado sobre la sub-base en cualquier forma que sea conveniente a fin de obtener el espesor y anchos especificados. El depósito de los materiales de base, sólo podrá efectuarse después de la aprobación de la sub-base por la Supervisión, preparada de acuerdo a los Planos y Especificaciones.

3) Tendido y conformación.

Previa comprobación de que el material cumple con las especificaciones aquí indicadas, se procederá al tendido del material depositado. El material será esparcido sin segregación de tamaños, en una capa uniforme de modo que después de compactada se obtengan un espesor uniforme en todo el ancho de la calle por unidad de longitud de la misma.

4) Adición de agua.

Si se hace necesario se incorporará agua so

bre la superficie de la base, en cantidad suficiente para que el material alcance la humedad óptima de compactación. El agua se adicionará en forma tal que el contenido de la misma en el suelo sea uniforme en todo el ancho y espesor de la capa suelta a compactar. Si fuera necesario el suelo será trabajado con equipo a fin de lograr dicha uniformidad. Una vez el material haya alcanzado la humedad de compactación se procederá a conformarlo. El abastecimiento de agua será por medio de camiones tanques y deberá ser suficiente para las operaciones continuas de regado.

5) Compactación.

El material de la base, humedecido y conformado, deberá ser compactado inmediatamente después en todo el ancho de las calles, preferentemente con aplanadoras vibratorias de rodillos lisos o neumáticos, con aplanadoras de rodillos lisos o con compactadoras de llantas de neumáticos o con otro equipo aprobado por la Supervisión. El aplanado se hará gradualmente de las orillas al centro, paralelamente a la línea central de la calle, de modo que se traslape uniformemente cada pasada anterior, por la mitad del ancho de la máquina, y deberá continuarse en esa forma hasta obtenerse la compactación satisfactoria. El espesor de la capa a compactar no deberá exceder de 15 centímetros de espesor compactado. Espesores mayores deberán compactarse por capas que no excedan de 10 centímetros de espesor compactado, cada una. Afinamiento y aplanado deberán ejecutarse alternativamente de modo de obtener una superficie lisa y uniformemente compactada.

El aplanado final deberá efectuarse con compactadoras de llantas neumáticas o con aplanadoras de rodillos lisos si no se provoca laminación de la superficie, o con cualquier otro método que indique la Supervisión.

Si la superficie de la base se seca durante la compactación, deberá agregarse a la misma la cantidad de agua necesaria para mantener en lo posible el contenido de humedad de compactación especificada.

Todo material de la base, suave o inestable o que no se compacte, o que de acuerdo a la Supervisión no sirva para ese uso será removido y extraído, colocando en su lugar material nuevo según indique la Supervisión.

Control de la Construcción

- 1) Cualquier material depositado destinado para base será analizado en el laboratorio, para verificar las condiciones y características del mismo. Las muestras deberán ser obtenidas de los materiales depositados sobre la calle o en los lugares de producción para efectuar los ensayos necesarios a juicio de la Supervisión. Si los materiales no cumplen con las condiciones especificadas deberán corregirse o substituirse.
- 2) La superficie de la base deberá quedar cuando terminada completamente lisa, y de acuerdo a los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales mostradas en los Planos o indicados por la Supervisión. La superficie terminada de la base deberá estar libre de depresiones mayores de

1.0 centímetros, medidas con una regla recta y rígida de 3.00 metros de longitud, paralelamente y transversalmente al eje longitudinal de la calle. Areas fuera de ese límite deberán ser corregidas. El contenido de la humedad de compactación será ajustado a un valor tal que se halle comprendido entre el 80% y el 110% del contenido óptimo de compactación, determinado por el ensayo de compactación de laboratorio en el material en cuestión o del valor de la humedad óptima determinada por ensayos de compactación de campo. El contenido óptimo de humedad correspondiente a los diferentes suelos a utilizarse en la base será indicado por la Supervisión, previo a las operaciones de compactación.

3). Estado de compactación.

Las densidades secas obtenidas en el campo después de la compactación de la base de determinarán preferentemente por el método de la arena, u otro aprobado por la Supervisión.

Estas densidades se obtendrán cada 20 metros lineales, siguiendo el alineamiento de las calles en la siguiente forma: borde derecho, centro, borde izquierdo, centro, borde derecho, etc.

Donde por inspección se crea deficiente la compactación deberán obtenerse también densidades de campo.

Areas que no alcance el 95% de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio o en el campo, la primera por medio del Ensayo de Compactación (AASHO Modificado) deberán corre

girse y seguirse compactando hasta obtener la densidad especificada. Las densidades secas máximas correspondientes a los diferentes materiales de la base, serán indicados por la Supervisión, previamente a la compactación.

- 4) Areas en la capa de base cuyo espesor compactado sea menor del 90% del espesor especificado en los Planos y Especificaciones Complementarias, se considerarán defectuosas y tendrán que corregirse. Los espesores compactados se obtendrán conjuntamente con la obtención de las densidades de campo.
- 5) Cualquier área defectuosa a juicio de la Supervisión deberá repararse adecuadamente y de acuerdo a estas Especificaciones en lo que se refiere a la calidad de los materiales, compactación, tolerancias, etc. En ningún caso los materiales de base se colocarán sobre una sub-base húmeda o poco compactada y sin haber sido controlada y aprobada previamente por la Supervisión.

Métodos de Medida.

- 1) Todas las cantidades producidas de acuerdo a los Planos, a estas Especificaciones, previamente aceptadas y recibidas por la Supervisión, serán medidas por ésta, para efectos de pago.
- 2) La unidad de medida para efectos de pago de la base completamente terminada será el metro cuadrado, e incluye la excavación del material de base, su transporte, tendido, conformación, adición de agua, compactación y afinamiento de la misma, asimismo reparaciones, correcciones y de

teriores que sufra la base por cualquier causa, antes de la terminación completa del pavimento.

CAPA DE RODADURA

Entraré a considerar los tipos de rodadura flexible y de rodadura rígida.

Capa de Rodadura flexible.

Esta está constituida por el agregado mineral y ligante flexible (asfalto o alquitrán). Comprendidas dentro de este mismo tipo tenemos:

I. RIEGOS

- a) Paliativos o impermeabilización
- b) Imprimación
- c) De Liga

II. TRATAMIENTOS ASFALTICOS

- a) Tratamiento Superficial Simple
- b) Tratamiento Superficial Múltiple

III. MACADAM DE PENETRACION

IV. MEZCLA DE CARRETERA

V. MEZCLA EN PLANTA

VI. MORTERO ASFALTICO

VII. CONCRETO ASFALTICO

Capa de Rodadura rígida.

Está constituida por el agregado mineral y ligante rígido (Cemento). Esta capa es de concreto, teniendo además del cemento arena y pedrín, por lo que debe tener su curado. Para lograr este último, se cubre la fundición con tierra mojada o con lonas mojadas o cualquiera otra forma por medio de la cual se pueda mantener la humedad.

Con relación a la evacuación del agua del pavimento, hay diferentes tipos de drenajes:

- a) El Longitudinal a lo largo de la calle.
- b) El Transversal o bombeo.

Las pendientes tiene que ser por lo menos del 2% y tienen quedar desde la sub-rasante.

El objeto de los bordillos en la construcción del pavimento es:

- a) Para evitar el desgaste del pavimento por la erosión causada por el agua.
- b) Para facilidad en el control de la compactación del pavimento ya que desde aquí se pueden ir midiendo las diferentes alturas de la Sub-Rasante, Sub-Base, Base y Capa de Rodadura. Por esta razón el bordillo debe construirse antes que el pavimento.

Para chequear una Sección Transversal, se procede de la siguiente manera:

Se coloca un hilo atravesando la calle de bordillo a bordillo con lo cual se puede medir la altura de la última capa en los extremos y en el centro. Con base en estas medidas y el ancho de la calle, se obtiene el Bombeo.

Para el drenaje longitudinal, se puede correr una nivelación.

La posición del pozo de visita se marca en el - bordillo con anterioridad a la terminación del pavimento, una vez que se haya finalizado con este último, se des cubren los pozos y se terminan de levantar colocándoles tapaderas metálicas o de concreto reforzado.

RECOMENDACIONES

1. Que se le de la importancia que merece la supervisión en pavimentos.
2. Que el encargado de determinado proyecto de pavimentación, esté trabajando a la par de la maquinaria y no desde su escritorio.
3. Que los trabajos estén dentro de las especificaciones determinadas, y no porque estén cerca de los límites sean aceptadas como correctas.
4. Que el encargado se de cuenta del lugar y la forma en que se tomaron las muestras.
5. Que debe ser el encargado el que indique el lugar donde se debe tomar la muestra, o donde debe hacerse la prueba.
6. Que debe ser el encargado el que tiene que decir si está o no de acuerdo con la maquinaria - que se está usando.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Soil Mechanics in Road.
Christopher F. Armstrong.
- 2) Laboratory Manual in Soil
Segunda edición
Raymando F. Dawson
- 3) Libro Azul de la Dirección General de Caminos.
- 4) Copias
Ing. Federico Koose
- 5) Copias de Clase
Ing. Otto E. Becker
- 6) Aplicaciones Prácticas de la Mecánica de Suelos
Raul Valle Rodas.

Armando Anguiano Balz

Vo. Bo.

Ing. Jorge Luis Lazo M.
Asesor

Vo. Bo.

Ing. Francisco Billeb Vela
Jefe del Departamento de Transportes
y Topografía

I M P R I M A S E:

Ing. Amando Vides Tobar
Decano