

870115

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería 31

2ej



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**PROCESO PARA LA CONSTRUCCION DE UN
PAVIMENTO RIGIDO**

TESIS PROFESIONAL

que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

presenta:

JOSE RAFAEL SOTO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION

PAVIMENTOS EN GENERAL. -

Como pavimento se podrá considerar a la capa o conjunto de capas de materiales que sean apropiados y que en su conjunto estén comprendidos entre el nivel superior de la terracería y la línea que se considera como superficie de rodamiento.

Las funciones principales que deberán proporcionar los materiales que conforman estas capas deberán ser tales que cumplan con los requisitos fundamentales o más importantes como son:

Que proporcionen una superficie de rodamiento uniforme. Este requisito es de gran importancia ya que si se selecciona a un material que por su forma, textura, etc., no nos proporcione una superficie en la cual nos acarreará grandes gastos y molestia, no cumplirá con las condiciones de funcionalidad que es un factor o requisito muy importante en la elaboración de un pavimento.

Necesitamos también que sea de buena resistencia a la acción de la carga que le transmitirá el tránsito (vehículos, gente, etc.), así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas que le proporciona la acción del tránsito.

Otro factor muy importante o requerimiento que deberán proporcionar estos materiales que a su vez confor

man la estructura del pavimento apropiadamente dicho es la de que soporten adecuadamente los cambios del clima o sea habrá que tomar en cuenta este factor para asegurar que los materiales que seleccionemos resistan también la acción del intemperismo.

Con lo hasta aquí expuesto se quiere dar a entender o considerar el pavimento como la subestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía que sea en todo proyecto de construcción, los factores de más importancia que se prevén.

En la actualidad la tecnología contempla una gran variedad de secciones estructurales diferentes para la cual el elegir la condición más apropiada dependerá de las condiciones específicas del caso de que se trate.

Se podrá decir aunque sea de una manera arbitraria, pero con fines fundamentales prácticos que los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos, aunque la flexibilidad o rigidez no es fácil de definir como para hacer una diferenciación entre uno y otro tipo de pavimento, el hecho es que los pavimentos se les definen y diferencian según los materiales de que están constituidos.

A continuación y siguiendo el mismo criterio para definir a un pavimento rígido que en particular será el que se tratará, se tomará la definición más generalizada, en la cual se considera a un pavimento rígido, aquel cuyo elemento fundamental resistente sea una losa de concreto.

hidráulico.

Independientemente de las líneas de reconocimiento de tanto interés en la ingeniería de las vías terrestres a los que de alguna u otra manera se tendrá que hacer referencia queda en pie que cuando el nivel del tránsito empieza a tener importancia se hace imperativo cubrir la superficie de la terracería con una capa que cumpla con los requisitos que en principio se mencionaron y que a continuación se enumerarán no en forma de importancia, sino con un criterio con fin sea, el de referencia en la elaboración de no solamente pavimento rígido sino en todo proyecto de pavimentación. Estos requisitos son:

- a) Que sea estable ante los agentes del intemperismo.
- b) Que sea resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- c) Que tenga una textura apropiada al rodamiento.
- d) Que sea durable.
- e) Que sus condiciones sean adecuadas en lo que se refiere a permeabilidad.
- f) Que sea económico.

Esta capa de la que se habla deberá ser por lo tanto necesariamente de un costo mayor que el costo de las terracerías y por lo tanto los factores económicos son de gran relevancia.

Existen dos formas de lograr una conciliación que trata de resolver el problema económico las cuales siguen normas de conductas diferentes y por lo tanto una nos conduce a-

la utilización de uno u otro pavimento es decir:

- 1.- Que la capa de rodamiento se construya con suficiente espesor y de una calidad tal que si se logra que los esfuerzos transmitidos a la terracería sean compatibles con la calidad de esta. Esta línea de acción lleva a los pavimentos rígidos con losa de concreto hidráulico, cualquier pequeña coincidencia permanente de los suelos bajo la losa es absorbida por la resistencia de la misma a la tensión.
- 2.- La superficie de rodamiento se logra mediante una carpeta bituminosa relativamente delgada, de alto costo y alta calidad, pero entre ella y las terracerías se interpone un sistema de varias capas de materiales seleccionados cuya calidad, por lo común, va disminuyendo con la profundidad, congruentemente con los niveles de esfuerzos producidos por el tránsito, que siguen una ley en ese mismo sentido decreciente.

En rigor el problema de dimensionamiento consistirá en principio en hacer variar el espesor y la calidad de los materiales empleados en cada capa de manera que coincidan las dos leyes, este es precisamente el orden de ideas que conducen a los pavimentos flexibles y para este caso puede decirse que el espesor del pavimento depende fundamentalmente del material de la terracería que constituye su apoyo.

PAVIMENTOS RIGIDOS

Como ya se menciona un pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto, esta losa se apoya sobre una capa de material seleccionado a la que se le da el nombre de SUB-BASE, cuando la sub-rasante del pavimento tenga una calidad suficientemente buena, la losa de concreto puede colocarse directamente sobre ella, prescindiéndose así de una sub-base especial.

Con la sub-base lo que se requiere es que la losa de concreto tenga un apoyo suficientemente uniforme y estable, como para garantizar que no quede localmente falta de soporte, como se logra esto y qué capas de suelo hay que proporcionar, para ello, depende de la calidad de los materiales que se estén utilizando, de los niveles de compactación que se empleen y de las condiciones locales del clima y drenaje. Hay que hacer mención que la calidad de los concretos que se utilizan en la elaboración de un pavimento rígido generalmente esta comprendida entre 300 y 400 kg/cm². En la actualidad las dimensiones de las losas de concreto han tenido que aumentar el área, pero tendiendo a ser cuadradas con 3 a 5 m. de lado y pudiendo ser de concreto reforzado. Concreto simple y pre-esforzado; aunque en la actualidad en Estados Unidos de América, hay una tendencia a utilizar más frecuentemente el concreto pre-esforzado por el hecho de que el espesor de la losa es de un espesor menor y por lo tanto hay más tendencia al ahorro ya que el espesor que se requiere para la losa depende en muy poco del valor del módulo de reacción del terreno de apoyo (sub-base), esto a proporciona

do desgraciadamente que la mecánica de suelos haya sido muy es casa en la tecnología de los pavimentos rígidos.

Estas sub-bases contienen a una o más capas de materiales granulares, las cuales la mayoría de las veces deben estar estabilizadas.

Solamente cuando la sub-rasante cumpla, de por sí - las características que se estimen deseables para la sub-base, podrá evitarse el construirla en forma especial.

FUNCIONES PRINCIPALES DE LA SUB-BASE DE UN PAVIMENTO RIGIDO:

- a) Proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto.
- b) Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo.
- c) Reducir a un mínimo las consecuencias de los cambios de volumen que pueden tener lugar en el suelo que formen las terracerías o la sub-rasante.
- d) Reducir a un mínimo las consecuencias de la congelación en los suelos de las terracerías de la capa sub-rasante.
- e) Evitar el bombeo.

En los pavimentos rígidos las losas son como su nombre lo indica; rígidos y resistentes, esto provoca que los esfuerzos que se transmiten a la sub-base sean pequeños, por lo tanto la resistencia de la capa de la sub-base no es un requisito muy importante, por ejemplo: En los cambios (transacciones), de corte a terraplén o viceversa, las mediciones registradas en el campo han proporcionado datos en los cuales podemos afirmar que los esfuerzos transmitidos por el tránsito a la sub-base, no imponen ni aún en los casos más desfavorables,

condiciones críticas, esto es debido a que el ancho de las bandas de circulación es de tal manera que al considerar que las ruedas de los vehículos pesados se mantienen en la zona interior de las losas estimándose un esfuerzo en la sub-base del 3 al 4 % de la presión que actúa en la superficie de la losa y cuando la longitud de esta es del orden superior de 3.5 m. Adg más podemos afirmar que para otras dimensiones del orden menor al antes expuesto como podría ser por ejemplo: una longitud de 3 m., en la cual los vehículos circulan cerca del borde exterior de las losas, estos provocan en la sub-base esfuerzos mayores que pueden llegar al orden de 0.5 kg/cm²., pero como el concreto que se usa en pavimentos rígidos posee una resistencia de 300 a 400 kg/cm²., no llega a afectarlo.

CAPITULO I

"CLASIFICACION DE LOS SUELOS"

I. I. - INDICES DEL SUELO.

I.I.- INDICES DEL SUELO.

Entendemos de este concepto que son las propiedades físicas que se encuentran en los materiales que necesariamente van a estar involucrados en la participación para el proyecto y la elaboración de una obra civil. Debido a eso es necesario conocer los datos suficientes en cuanto a sus características físicas y geológicas, que a la postre nos serán de gran ayuda en la elaboración y colaboración en el proyecto a desarrollar.

La participación de este concepto en la elaboración de un pavimento rígido (conocido también como pavimento de concreto hidráulico), por su característica principal en los componentes de su estructura en donde se considera al concreto con la mezcla de cemento, grava y arena, cumpliendo una función primordial junto con el agua, es muy importante ya que los valores obtenidos en sus características nos dirán en su momento; si pueden ser utilizados como base de sustento de la capa o losa de concreto.

Es un hecho que para conocer los datos de algún tipo de suelo es necesario y fundamental hacer los estudios correspondientes basados en la clasificación y determinación, de sus propiedades físicas, pero teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo no es la de explicar las pruebas que para este efecto se consideran necesarias, pero sin hacer amplia investigación en los datos obtenidos y haciendo mención de que estos son valores que fueron proporcionados por el Laboratorio de Materiales y Mecánica de Suelos.

CAPITULO II

" CAPACIDAD DE SUSTENTACION "

II.- CAPACIDAD DE SUSTENTACION.

a) Pruebas de Placa.

Estas pruebas se hacen para valuar la capacidad de sustento (portante, de las sub-rasantes, bases y en ocasiones a los pavimentos completos, su uso extiende tanto para pavimentos rígidos como flexibles.

La prueba de placa, consiste en aplicar carga a una placa generalmente circular, la cual deberá estar en contacto directo con el suelo que se desea probar, básicamente la prueba consiste en ir midiendo las deformaciones y registrarlas, siendo correspondientes a los distintos incrementos de carga.

Así, se tienen varias formas de las placas según la clasificación del pavimento que se desee, por ejemplo: para las aeropistas se ha estandarizado en uso de placas con un diámetro de 76.2 cms. (30 pulg.), y para las carreteras suelen usarse placas de 30.5 cms, de diámetro, justificable por su semejanza con el área de apoyo de una llanta.

La carga que se vaya a aplicar sobre la placa depende de la relación que existe entre el perímetro y su área, y además de la resistencia que ofrezca el suelo. Se debe aclarar que esta carga se refiere a la presión normal y deberá ajustarse para una deflexión dada y calculada con la siguiente

te ecuación:

$$\sqrt{\quad} = n + m \frac{P}{A}$$

DONDE:

$\sqrt{\quad}$ = Presión normal transmitida por la placa.

n, m = Coeficientes empíricos obtenidos experimentalmente.

$\frac{P}{A}$ = Es la relación entre el perímetro y el área de la placa.

Los factores n y m , se determinan después de haber efectuado dos pruebas con placas diferentes por lo menos y con la misma deflexión midiendo también la presión en cada una.

La prueba de placa, es de gran utilidad para usar sus valores como parámetro de cálculo de los pavimentos rígidos al comparar módulos obtenidos de la misma manera en suelos diferentes y proporcionando el cálculo por medio del módulo de reacción de una sub-rasante dada, y definiéndose este concepto con la ecuación siguiente:

$$K = \frac{P}{\Delta} , \frac{\text{Fuerza}}{\text{Long.}^3}$$

DONDE:

K = Módulo de reacción.

P = Presión que ha de transmitirse a la placa.

Δ = Deformación profijada (según Mc. Leod 0.500 para carreteras y 1.27 para autopistas).

El módulo de reacción siendo un parámetro de la subrasante, según su comportamiento tiene que depender de la humedad del suelo trabajándose con un contenido de humedad crítico, por lo que este punto desde luego es delicado y por ese motivo el criterio del ingeniero resulta decisivo, haciéndose necesario hacer una corrección con un factor que depende de la relación de las resistencias a la compresión simple a dos especímenes del suelo y probados estos con el contenido de humedad crítica y el contenido de humedad en la condición natural.

La prueba de placa se hace con el fin de medir el valor portante de los suelos a cualquier profundidad, tanto del terreno natural como de la terracería, extendiéndose también para cualquiera de las capas de un pavimento flexible.

II.2e.-

De las características propias del problema en estudio se tienen los siguientes datos:

Para carreteras: { Placa de 30.5 cms. (12")
Deformación de 0.508 cms. (0.2")
Diez repeticiones de la carga.

Para aeropistas: { Placa de 76.2 cms. (30")
Deformación de 1.27 cms. (0.5").
Diez repeticiones de carga.

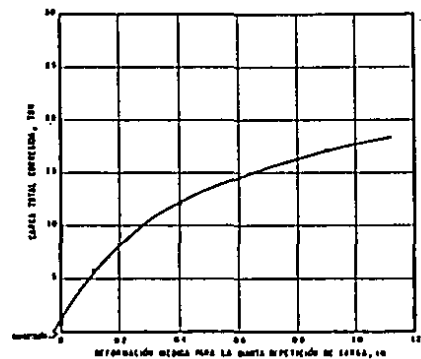
De estas características vemos que se prevee el concepto de la repetición de carga, esta como ya se dijo tendrá una gran importancia en cuanto, a que para cada una de estas repeticiones, se determina la deformación cuando la velocidad de ésta es de 0.001 pul/mín., (0.002 mm/mín.).

La carga total que se deberá tomar como parámetro para la determinación del valor portante del suelo (módulo de reacción), y las cargas que se tomaron en cuenta son las sumas corregidas de las que a continuación se nombran.

- a).- Cargas aplicadas, leídas en el manómetro del gato, corrigiendo ésta con la curva de calibración correspondiente al equipo de carga usado, previamente por calibración del gato en el laboratorio.
- b).- Carga de ajuste (también corregidas de la misma manera).
- c).- Cargas muertas del equipo, tales como los pesos de las placas, el del gato hidráulico, etc.

Como las cargas han de ser corregidas, esto indica que las deformaciones han de ser corregidas también, con los datos anteriores y esto se hace graficando las cargas totales corregidas contra la deformación correspondiente a la quinta repetición de la carga, la siguiente gráfica es un ejemplo típico de la corrección de la deformación para la carga total repetida.

GRAFICA QUE DETERMINA LA CORRECCION DEL PUNTO INICIAL PARA
LA MEDIDA DE DEFORMACION



REFERENCIA:
Mecánica de Suelos
y Cimentaciones.
Carlos Cresno V.

Se tendrá que retabular las deformaciones obtenidas con las deformaciones medidas en la práctica directamente.

Por último se elaborarán gráficas de las deformaciones corregidas en las ordenadas contra el número de reneticiones de cada carga total corregida, la gráfica en que se auxilia es en escala logarítmica, resultando recta que se extrapolan hasta las 10 reneticiones, observando que si hay algún punto que este fuera de la recta, entonces se desechará

El módulo de reacción o capacidad portante del sue
lo se obtendrá dibujando las cargas totales corregidas con -
tra sus deformaciones correspondientes a las 10 repeticiones
de carga y en cada caso se entrará con una deformación prefi
jada. Las siguientes gráficas son ilustrativas de estos dos-
conceptos anotados.

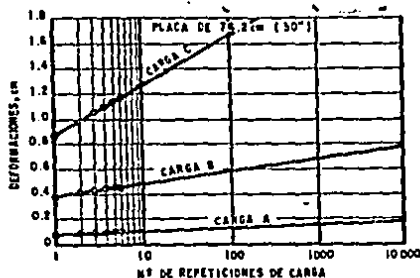
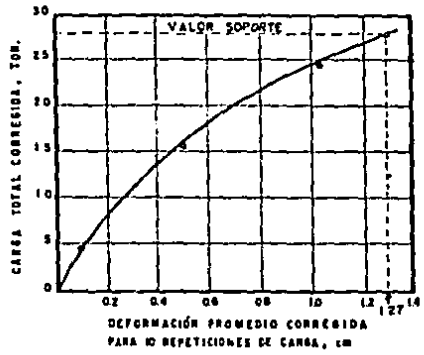


Figura IX-a. 2. Influencia sobre la deformación de las repeticiones de carga para cada una de las tres magnitudes de carga.

REFERENCIA: Mecánica de Suelos y Cimentaciones.
(Carlos Crespo Villalaz).



REFERENCIA: La Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres.
(Alfonso Rico y Hermilio del Castillo).

CAPITULO III

FORMACION DE LA CAPA SUB-RASANTE

"LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIAL"

III.1.- MATERIALES PARA SUB-RASANTE.

a) Especificaciones.

"LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIAL"

Uno de los costos más importantes en la construcción de un pavimento rígido corresponde a los materiales, roca, - grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en uno de los problemas básicos del ingeniero civil, por lo cual para localizar, depósitos de materiales apropiados cerca del lugar de la obra abatiendo los - costos de transportación, que suelen ser de los que más - afectan el costo total, se tendrán que hacer estudios complementarios para tener un criterio más provechoso que nos conduzcan a las técnicas idealizadas para la localización de - los bancos de material utilizables.

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

La realización de pruebas de campo y del laboratorio sobre los suelos que forman el banco en estudios es un proceso análogo al que después se usará en forma masiva, para ver objetivamente que material se obtiene.

La valuación preliminar de los suelos se hace sobre - todo con base en experiencia precedente, pero la evaluación

definitiva de los suelos constitutivos de un banco, ha de hacerse con base en pruebas de laboratorio.

Mediante los estudios anteriores, se pueden precisar en cada banco, los siguientes datos:

- | | |
|------------------------|--|
| + Despalme | + Uniformidad |
| + Tipo de material | + Contenido de agua |
| + Espesor aprovechable | + Procedimiento de ataque |
| + Volumen disponible | + Probable uso a que puede destinarse el material. |

Tratamiento a que debe sujetarse el material extraído del banco, para obtener la calidad adecuada.

Puede presentarse el caso en que el material extraído del banco no requiera el tratamiento para su utilización en sub-bases y bases, siendo este en caso poco común, pero muy frecuente, digamos en la mayoría de los casos en la subrasante, en el cual por ser el material de más baja calidad, que las de sub-base y base, los materiales del lugar cumplen con las especificaciones para su utilización como base de sustento del pavimento.

Los tratamientos pueden consistir, comúnmente en una o varias de las siguientes operaciones: Disgregado, cribado, triturado parcial o total, estabilización con otro material (cemento o cal), lavado y secado.

III.1.- MATERIALES PARA SUB-RASANTE.

La especificación principal de una terracería para sub-rasante, es de un valor relativo de soporte mínimo del 10%. Otro valor menor que el mencionado dará como resultado, - que se reduzca la vida del pavimento que se haya realizado.

Las características que se le determinan a una terracería son las siguientes:

- 1.- Tamaño máximo.
- 2.- Granulometría.
- 3.- Límites de Atterberg.
- 4.- Peso volumétrico suelto seco (P.V.S.).
- 5.- Peso volumétrico seco máximo
- 6.- Humedad óptima.
- 7.- Calidad de la terracería mediante la prueba porter standard saturada.
- 8.- Humedad natural.

Para la mayoría de los casos se considera que la capa sub-rasante, este formada por los últimos 20 a 30 centímetros del suelo natural compactados al 95%, cuando no se usa capa sub-base y 90% cuando si se usa.

El material para la sub-rasante debe cumplir los requisitos en las especificaciones para materiales de superficie de rodamiento bases y sub-bases de suelo agregado (ASSHO m 147).

La granulometría de la sub-rasante deberá estar grabado con las especificaciones siguientes:

Del material que pase la malla # 10, no más del 25% deberá pasar la malla # 200. El porcentaje del material que - pase la malla # 200, no deberá ser mayor en las dos terceras- partes del que pasa la malla número 40.

En lo que concierne a la plasticidad de la sub-ra - sante, de la porción del material que pasa la malla # 40 tendrá un límite líquido máximo del 25% y un índice de plasticidad máximo del 6%.

La resistencia del congelamiento de la sub-rasante, cuando sea probable que se congele el agua contenida en el - suelo tendrá los siguientes requisitos de graduación de mate - riales no congelables, variarán desde un máximo de 8% menor - que 0.2 mm., para arenas uniformes, a 3% menor que 0.02 mm., - para material granular uniforme.

Considerando el material de la sub-rasante de buena calidad para que no sea necesaria la adición de algún otro y - el espesor de la sub-rasante de 30 cms., el grueso del mate - rial sobrante será de 7 cms., cuando el material sea prove - niente de sobrantes en el proceso de limpieza del área de - ataque.

A continuación se presentan las pruebas de material de los bancos disponibles para la producción de los materia - les requeridos en la etapa de formación de la capa sub-rasante. El orden de los resultados que se obtuvieron en el labo - ratorio, no corresponden en su totalidad a las pruebas que en realidad se practicaron, por lo cual sólo se presentan algu -

nos de ellos por no incrementar en forma voluminosa esta obra.

Guadalajara, Jal., 10. de julio de 1974.

INDUSTRIAL CONSTRUCTORA SOTO, S.A.,
At'n. Ing. Alejandro Torres C.,
Madero Norte # 365,
Zamora, Mich.

ASUNTO: Resultados para materiales a
emplear como sub-rasante.

Estamos enviando a usted(s), los resultados obte-
nidos en las muestras analizadas de la sub-rasante para proyec-
tar el pavimento rígido en las obras de urbanización del Frac-
cionamiento INFONAVIT de esta ciudad.

Atendiendo a los resultados de la sub-rasante -
presentó un índice de plasticidad de 50%, arriba de los recomen-
dados por los reglamentos respectivos (SOP), de 10% máximo, nor-
lo cual recomendamos formar una capa de sub-base, de 10 cms., -
de espesor de material granular del banco "La Rinconada", y com-
pactar con plancha metálica hasta que se establezca la terrace-
ría.

A t e n t a m e n t e ,

'JEFE DEL LABORATORIO '



REPORTE DE TERRACERIA

F. 14 - X-70-1,000

Camino <u>CALLE PERIMETRAL</u>	Expediente No. _____
Tramo <u>FRACCIONAMIENTO INEONAVIT, ZAMORA</u>	Fecha de Recibo <u>JUNIO 19 DE 1974</u>
Estudiado por: <u>LABORATORIO U. A. G.</u>	Fecha de Informe <u>JUNIO 27 DE 1974</u>

IDENTIFICACION

No. de Ensayo					
Estación		3009			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

	MACA No.	TD			
Tamaño Máximo	100				
% que pasa malla 4	64				
" " " " 40	45				
" " " " 800	-				
Equivalente de Arena	75.0				
Límite Líquido	50.0				
Índice Plástico	19.3				
Contracción Lineal	1,026				
P. V. S. Suelto, Kg/m ³	1,310				
P. V. S. máx. Kg/m ³	30.5				
Humedad Óptima %	-				
Humedad Natural %	-				
Compactación del lugar, %	-				

ESTUDIO DE ESPESORES

Tipo de Prueba	MODIFICADA				
Curva de Proyecto	CARGA 12 TON. POR RUEDA.				
% de Compactación	85				
Humedad de Prueba %	33.5				
Valor Soporte	16.5				
Espesor Requerido, cms.	18.00				
Espesor Actual, cms.	- - -				
Espesor Faltante, cms.	- - -				
% de Compactación					
Humedad de Prueba %					
Valor Soporte					
Espesor Requerido, cms.					
Espesor Actual, cms.					
Espesor Faltante, cms.					
% de Compactación					
Humedad de Prueba %					
Valor Soporte					
Espesor Requerido, cms.					
Espesor Actual, cms.					
Espesor Faltante, cms.					

EL LABORATORISTA

EL JEFE DE LA OFICINA

COMPOSICION GRANULOMETRICA

Operador	J. L. B.	Fecha	25 de junio de 1974
Peso Bruto	4100	Grs. Volumen	2,720 Lts.
Tara	1310	Grs. Peso Volumetrico Suelto kg/m ³ .	1,026
Peso Neto	2,790	Grs. Desperdicio (% ret. en %) (6 x 100) =	5

DATOS GENERALES DE LA MUESTRA				
Malla	Peso Retenido parcial	% Retenido parcial	% Retenido Acumulativo	% que pasa la malla.
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
No. 4				
Pasa # 4				100
Sumas				

DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL PASADO POR LA MALLA # 4					
10	TAMANO MAXIMO:				
20					
40	73.0	Gr.	26.5	36	64
60					
100					
200	37.5	"	18.8	55	45
(325) ()					
Pasa 325 ()	89.5	"	44.7	100	
Sumas	200.0	"	100.0		

OBSERVACIONES:

ENCARGADO DEL LABORATORIO

JEFE DEL LABORATORIO

PRUEBA SOBRE MATERIAL PULVIZADO POR LA MALLA No. 40

Operador _____

Fecha _____

LÍMITE LÍQUIDO	Ensaye Número	3007		
	Recipiente No.	15		
	Pw + recipiente (1)	72.55		
	Pb + recipiente (2)	57.94		
	Agua = (1)-(2)-(3)	14.61		
	Pb - Recipiente (2)	57.94		
	Recipiente (4)	38.47		
	Pb = (2)-(4)-(5)	19.47		
	LÍMITE LÍQUIDO = $\frac{(3)}{(5)} \times 100$	75.0		
LÍMITE PLÁSTICO	Recipiente No.	14		
	Pw + recipiente (7)	43.95		
	Pb + recipiente (8)	42.83		
	Agua = (7)-(8)-(9)	1.12		
	Pb + recipiente (8)	42.83		
	Recipiente (10)	38.33		
		Pb = (8)-(10)-(11)	4.50	
	LÍMITE PLÁSTICO = $\frac{(9)}{(11)} \times 100$	25.0		
	ÍNDICE PLÁSTICO = (16)-(12) 100	50.0		
EQUIVALENTE DE HUMEDAD DE CAMPO	Recipiente No.			
	Pw + recipiente (13)			
	Pb + recipiente (14)			
	Agua = (13)-(14)	(15)		
	Pb + recipiente (14)			
	Recipiente (16)			
		Pb = (14)-(16)-(17)		
	EQUIVALENTE DE HUMEDAD DE CAMPO = $\frac{(15)}{(17)} \times 100$			
CONTRACCIÓN LINEAL	Molde No.	4		
	Longitud del molde mm. (18)	102.8		
	Long. barra mat. seco mm. (19)	83.5		
	% CONTRACCIÓN LINEAL = $100 - \frac{(19)}{(18)} \times 100$	19.3		

OBSERVACIONES :

ENCARGADO DEL LABORATORIO

JEFES DEL LABORATORIO

LOG

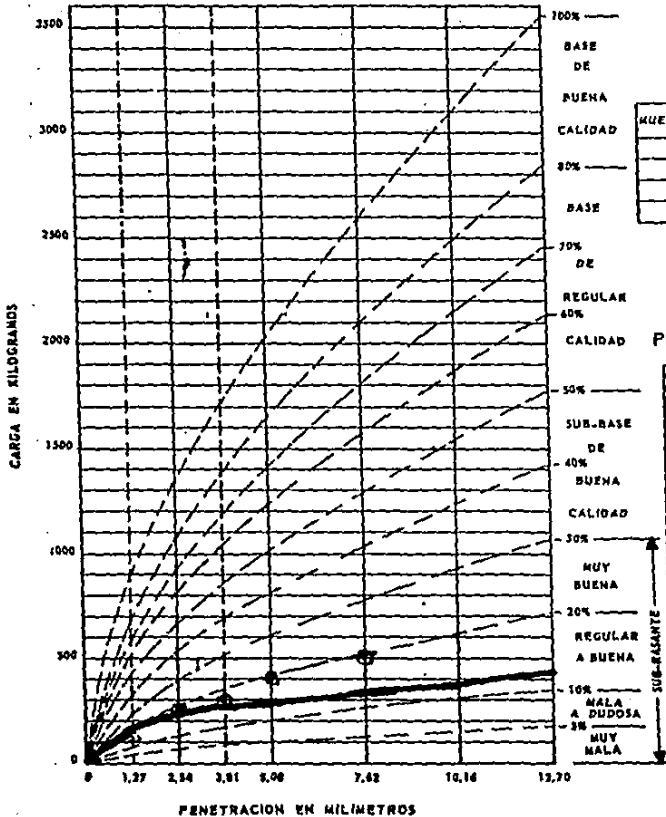
Ensayo No. <u>3006</u> Fecha <u>28 de junio 1974</u> Operador <u>J.L.B.</u> Equipo No. <u>7</u>	
Peso (P_T) del molde, collarin y base gr. <u>9000</u> Volumen [V] del molde, cm^3 <u>3229</u>	
Altura (a) del borde superior del collarin a la placa de carga, cm. _____	
Peso volumétrico seco máximo (δ_{sm}), Kg/m^3 <u>1310</u>	Humedad óptima (W_o) _____
Humedad que contiene el material (W_1) <u>7.8</u>	
Grado de compactación % _____	<u>85</u>
Peso volumétrico seco (δ_s) Kg/m^3 _____	<u>1114</u>
Humedad de prueba (W_2) _____	<u>30.5</u>
Agua para agregar $cm^3 = 500 \left(\frac{W_2 - W_1}{100 - W_1} \right)$ _____	<u>1050</u>
Peso Mat. húmedo gr. $P_w = \frac{\delta_s}{1000} \left(\frac{100 W_2}{100} \right) V$ _____	<u>4695</u>
Peso del equipo con el Mat. Húm. gr. = $P_t + P_w$ _____	<u>13695</u>
Carga de compactación, Kg. _____	
RESISTENCIA A LA PENETRACION EN KGS.	
1.27 m. m. (0.05") _____	<u>170</u>
2.54 m. m. (0.10") _____	<u>225</u>
3.81 m. m. (0.15") _____	<u>260</u>
5.08 m. m. (0.20") _____	<u>295</u>
7.62 m. m. (0.30") _____	<u>340</u>
10.16 m. m. (0.40") _____	<u>375</u>
12.70 m. m. (0.50") _____	<u>410</u>
Valor relativo de soporte corregido _____	
COMPROBACION DE LA HUMEDAD Y DEL GRADO DE COMPACTACION	
No. de recipiente _____	
Peso muestra húmeda + recipiente, gr. 1 _____	
Peso del recipiente, gr. 2 _____	
Peso muestra húmeda gr. 1 - 2 = 3 _____	<u>200.0</u>
Peso muestra seca + recipiente, gr. 4 _____	
Peso del recipiente, gr. 2 _____	
Peso muestra seca, gr. 4 - 2 = 5 _____	<u>153.3</u>
Humedad $\frac{3-2}{5} \cdot 100$ _____	<u>30.4</u>
Peso Vol. seco (δ_s) corregido, Kg/m^3 _____	
Grado de compactación corregido, % _____	

MUESTRA N° _____

OPERADOR _____

FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



OBSERVACIONES:

PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA N°	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	HINCHAMIENTO

PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

	MUESTRA N°		
	CARGAS DE RUPTURA		
SUMA			
PROMEDIO VALOR CEMENTANTE (kgg./cm.2)			

Guadalajara, Jal., 8 de junio de 1974.

INDUSTRIAL CONSTRUCTORA SOTO, S.A.,
At'n. Ing. Alejandro Torres Callejas,
Residente de Urbanización,
Madero Norte # 365,
Zamora, Mich.

ASUNTO: Resultados de compactación.

Adjunto al presente envío a usted(s), los resultados de compactación obtenidos sobre el terreno natural de la calle perimetral del Fraccionamiento INFONAVIT, de Zamora, Mich.

Los grados de compactación obtenidos son bajos, - por lo cual se recomienda dejar orear el terreno ya que su humedad es superior a la óptima y recompactarlo hasta obtener el mínimo requerido.

A t e n t a m e n t e ,

JEFE DEL LABORATORIO



PRUEBA DE COMPACTACION

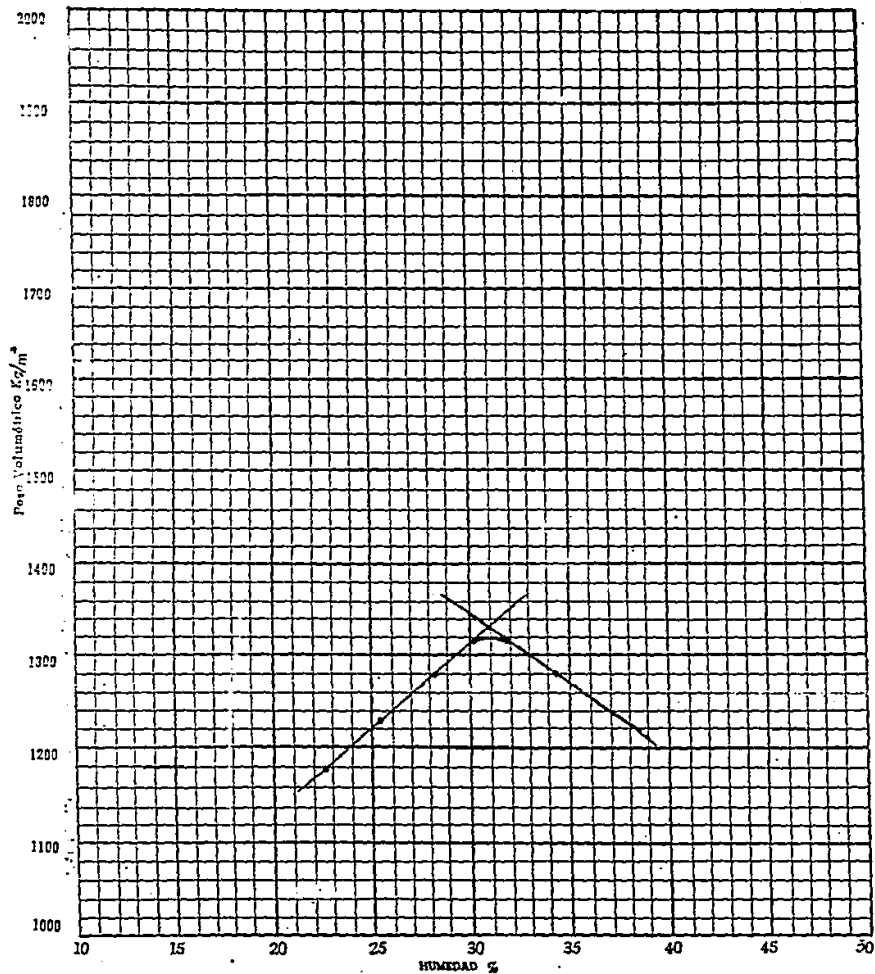
Ensaye No. 3105	Características de la Prueba		Fecha Junio 8 de 1974		
Equipo No. 4	30 golpes por capa		Operador B. P. Q.		
Agua agregada c. c.	-	90	90	90	90
% Agua agregada	-	3	3	3	3
Peso muestra Hum. + Mold, gr. (1)	3270	3360	3460	3550	3540
Peso del Molde gr. (2)	1850	1850	1850	1850	1850
Peso muestra Húmedo gr. 1-2 = (3)	1420	1510	1610	1700	1690
Capacidad del Molde, Lt. (4)	.980	.980	.980	.980	.980
Bw = 3 $\frac{1}{2}$ Kg. /m ³	1450	1540	1640	1730	1720
Bt	1180	1230	1280	1320	1280

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

No. del Recipiente					
Peso Muestra húmeda + recipiente gr. (5)					
Peso del recipiente, gr. (6)					
Peso Muestra húmeda, gr. 5-6 = (7)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Peso muestra seca + recipiente gr. (8)					
Peso del recipiente gr. (6)					
Peso Muestra seca gr. 8-5 = (9)	65.3	63.8	62.4	60.0	59.1
	14.7	16.2	17.6	19.1	20.9
Humedad = $\frac{7}{9} - 1$	22.5	25.4	28.2	31.4	34.4

OBSERVACIONES:

El neso volumétrico seco máximo resultó = 1,310 kg/m³.
La humedad óptima de = 30.5 %



CAPITULO IV

"FORMACION DEL ESPESOR DE BASE"

IV.1.- CAPA SUB-BASE.

IV.2.- MATERIALES DE SUB-BASE Y BASE.

IV.3.- ESPECIFICACIONES.

IV.4.- ANALISIS DE PRUEBAS Y RECOMENDACIONES.

IV.1.- MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE:

El material que se utiliza para la sub-base, es de características arenosas, y el espesor mínimo recomendable y acentado es de 10 cms., compactando con cualquier tipo de equipo adecuado hasta lograr el grado de compactación requerido, para obtener una superficie lisa y perfectamente nivelada en la terminación.

Para este efecto el equipo más utilizado es el rodillo liso, el cual tiene un peso de 10 a 12 toneladas. La acción del agua juega un papel muy importante, ya que sirve de lubricante, teniéndose la cantidad en porcentaje y observándose que los mayores de estos, corresponden a los de tipo arcilloso, y los de tipo granular en la compactación.

Debido a que los pavimentos rígidos, las características físicas del material de la sub-rasante absorbe los efectos de la losa de concreto, no es muy caracterizada la utilización de una capa sub-base, como elemento de sustentento, utilizándose en la mayoría de los casos en que la compactación de la capa sub-rasante no ha cumplido con el valor del 95% como especificación mínima.

MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE EN PAVIMENTOS RIGIDOS:

DEFINICION.- Son materiales seleccionados, que se emplean formando la capa del soporte de la losa de pavimento.

REQUISITOS.- Deben cumplir con ciertos requisitos con el fin de que desempeñen la función encomendada.

CLASIFICACION.- Los materiales de base y sub-base de pavimentos se pueden clasificar en varios grupos:

- a).- Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento de trituración o cribado, tales como: conglomerados, aglomerados, tepalcates, gravas-arenas de río, areniscas y rocas alteradas.
- b).- Estos pueden ser aquellos que son factibles de que requieran una trituración parcial; un cribado parcial; una disgregación con equipo adecuado el cual puede ser con bulldozer, con planchas o cualquier equipo pesado empleando en la construcción, dependiendo del material que se trate.
- c).- Mezclas de dos o más materiales, de los antes citados, con estudios especiales en el laboratorio.
- d).- Estabilizaciones con asfalto, cemento hidráulico, cal, con investigaciones y procesos que deben establecerse, resultantes de su estudio a lo que se debe sujetar.

CONDICIONES DE USO:

Material de Sub-base.- Los materiales de sub-base de pavimentación deben reunir las siguientes condiciones de uso:

- 1).- Ser de mejor calidad que los materiales de terracerías con características uniformes.
- 2).- Tener el acunamiento, la cimentación y el porcentaje de vacíos adecuados, una vez compactados para evitar desplazamientos de las terracerías, por efectos del tránsito e impedir el paso del agua a las terracerías.
- 3).- Tener una capacidad para soportar las cargas impuestas por el tránsito que le transmite la base.
- 4).- Resistir los agentes atmosféricos.
- 5).- Cuando las terracerías terminadas, se construya por necesidad una superficie de rodamiento temporal para hacerlas transitables en cualquier época del año, el material empleado debe tener las mismas características del material de sub-base, pero con una cimentación mayor para disminuir su deterioro, puesto que su espesor es menor al espesor total.

IV.2.- MATERIALES DE SUB-BASE:

GRANULOMETRIA.- La granulometría del material, debe afectar una forma semejante a las representadas en las gráficas, sin presentar cambios bruscos de pendientes y el porcentaje pasando la malla No. 200 a la 40, no debe ser mayor al 65%.

ESPECIFICACIONES:

Contracción Lineal, Valor Cementante y V.R.S.

Zona de especificación del material de acuerdo con su granulometría.	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Contracción lineal en porcentaje.	6.0 máx.	4.5 máx.	3.0 máx.
Valor cementante para materiales angulosos	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.
Valor relativo de soporte en porcentaje.		-50 mín.	

MATERIALES PARA BASE:

GRANULOMETRIA.- La curva granulométrica del material, no debe tener cambios bruscos, ni tener un 65% que pasa entre las mallas 200 y No. 40.

Contracción lineal y valor cementante verio en el siguiente cuadro:

Zona en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría.	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Contracción lineal en porcentaje	4.5 máx.	3.5 máx.	2.0 máx.
Valor cementante en kg/cm ² ., para materiales angulosos.	4.5 mín.	3.5 mín.	2.5 mín.

MATERIAL DE BASE.-

Las condiciones de uso principales que deben reunir los materiales de base son:

- 1).- Ser de mejor calidad que los materiales de sub-base.
- 2).- Tener el acufamiento, la cementación y el porcentaje de vacíos adecuados, una vez compactados, para que no sufran deformaciones por el efecto del tránsito.

REQUISITOS DE USO.-

Los materiales empleados como superficie terminal de rodamiento de camino, o para cualquier uso, deben reunir lo siguiente:

GRANULOMETRIA.- La curva granulométrica debe afectar una forma semejante a las curvas de especificación, que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente; el porcentaje en peso que pase la malla No. 200 a la malla No. 40, no debe ser mayor de 65%.

Contracción lineal, Valor Cementante y Valor Relativo Soporte.

ESPECIFICACIONES:

Se usaran las especificaciones indicadas en el siguiente cuadro:

Zona de clasificación del material de acuerdo con su granulometría.	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Contracción lineal en porcentaje.	6.0 máx.	4.5 máx.	3.0 máx.
Valor cementante para materiales anquulosos.	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos	3.0 mín.	6.5 mín.	5.0 mín.
Valor relativo sonorte en por ciento.		50 mín.	



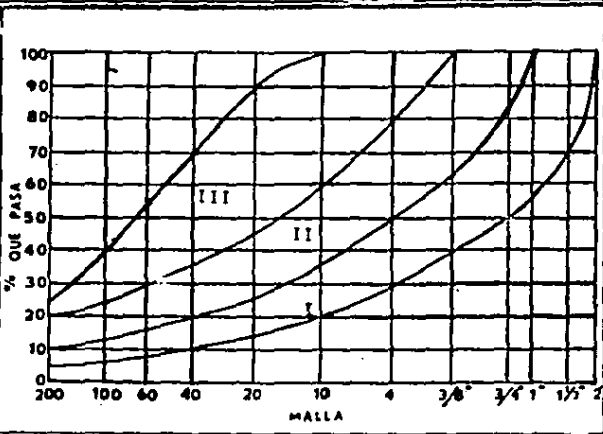
REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE Hoja de reporte "TIPO" ENSAYE No. _____

PROCEDENCIA De una Granulometría

LABORATORISTA _____ FECHA _____

% PASANDO MALLA DE	
2"	_____
1 1/2"	_____
1"	_____
3/4"	_____
3/8"	_____
No. 4	_____
" 10	_____
" 20	_____
" 40	_____
" 60	_____
" 100	_____
" 200	_____



% DE DESPERDICIO _____

Lim. Líquido _____	VRS (estandar) % _____	Peso Vol. Suelto ^{kg/m³} _____
Lim. Plástico _____	Expansión % _____	Peso Vol. Máximo ^{kg/m³} _____
Ind. Plástico _____	Valor Cementante ^{kg/m³} _____	Hum. Óptima % _____
Equiv. Hum. Campo _____	Absorción % _____	
Contrac. Lineal _____	Densidad _____	

CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA

OBSERVACIONES

I.- Zona en la cual el material es de textura abierta.

II.- Zona en la cual el material es de textura media.

III.- Zona en la cual el material es de textura cerrada.

VALOR RELATIVO SOPORTE Y EXPANSION.- Se obtiene aplicando con la aguja de carga de la prensa, una presión registrando los valores, registrados en las penetraciones de 1.27, 2.54, 3.58, 508, 7, 10, 12 y con la carga de la penetración de 2.54.

Se obtiene el V.R.S., dividiendo este valor entre 1,360 cuyo resultado se multiplica por 100, y obtenemos el porcentaje del valor relativo de soporte.

EXPANSION.- Se obtiene dividiendo la diferencia de lecturas entre la altura del espécimen, que multiplicada por 100, nos da el por ciento de expansión.

Estas lecturas se hacen sobre las placas antes de poner a saturar la muestra en el molde, cuando cumple 72 horas, se saca del agua y se mide de nuevo. Si hubo expansión, las lecturas son menores a las indicadas.

A continuación se presentan las pruebas que el laboratorio realizó con materiales provenientes de los bancos de materiales para ser usados como capa de sub-base y base, así como las recomendaciones necesarias según las especificaciones vigentes.

A la misma vez, y por no abundar en este tema, sólo se muestran algunas de las pruebas realizadas, así como el prototipo de la forma como el laboratorio de Mecánica de Suelos hace oficial de acuerdo con los resultados obtenidos, la utilización o no de los materiales de los bancos disponibles, así como la estabilización o mejoramiento de éstos si es necesario.

Guadalajara, Jal., 18 de junio de 1974.

INDUSTRIAL CONSTRUCTORA SOTO, S.A.,
At'n. Ing. Alejandro Torres Callejas,
Residente de Urbanización
Madero Norte # 365,
Zamora, Mich.

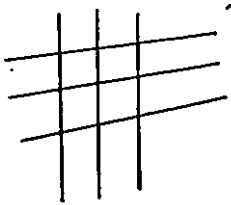
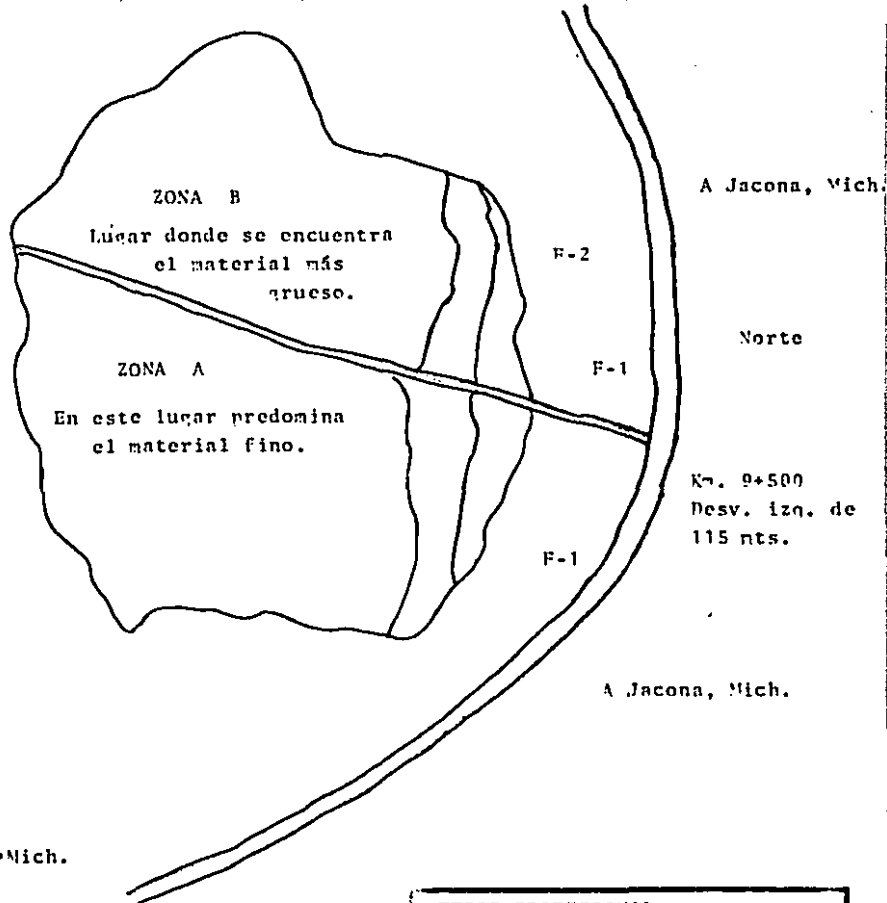
ASUNTO: Resultados de análisis de ma-
teriales para base.

Adjunto al presente envío a usted(s), los resul-
tados de las pruebas efectuadas a materiales que se preten-
den utilizar como Sub-base y Base, en la calle perimetral -
del Fraccionamiento INFONAVIT, en Zamora, Mich.

Se analizaron por separado las muestras del Ban-
co "La Pinconada", y se proyectaron mezclas con diferentes -
proporciones de material. La mezcla que reúne los requisitos
de especificación resultó ser la 60-30, con material del ci-
tado banco y añadiendo 10% de material del lunar, para obten-
er buen valor cementante, obteniéndose resultados satisfac-
torios, por lo que se recomienda utilizar esta mezcla por -
reunir los requisitos de especificación para sub-base y ba-
se.

A t e n t a n e n t e ,

JEFE DEL LABORATORIO



TESIS PROFESIONAL
BANCO "LA RINCONADA".
MATERIAL PARA SUB-BASE Y BASE.
ZONAS A Y B
ZAMORA, MICHOACAN.
KM. 9+500 DESV. IZO. DE 115 MTS.



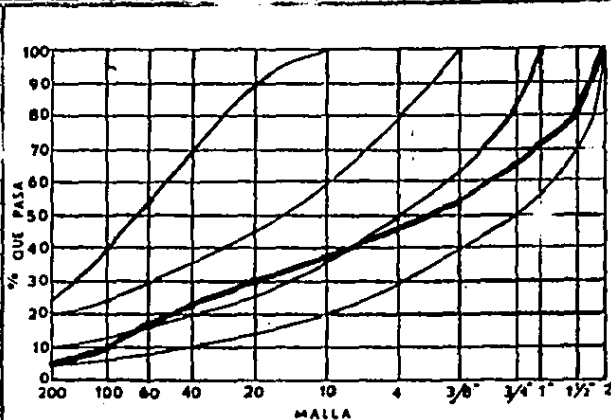
REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE Materia: para Sub-base " Base ENSAYE No. _____
 PROCEDENCIA Zona P banco "La Rincorada"
Tamora, Michoacán.

LABORATORISTA _____ FECHA _____

% PASANDO	MAILLA DE
2"	100
1 1/2"	80
1"	71
3/4"	67
3/8"	54
No. 4	45
" 10	37
" 20	30
" 40	22
" 60	16
" 100	10
" 200	6

% DE DESPERSION 11.0



Lim. Líquida <u>40</u>	VRS (estandar) % <u>88.0</u>	Peso Vol. Suelto ^{kg/m³} <u>1,300</u>
Lim. Plástico <u>N.P.</u>	Expansión % <u>0.87</u>	Peso Vol. Máximo ^{kg/m³} <u>1,750</u>
Ind. Plástico <u>N.P.</u>	Valor Cementante ^{kg/m²} <u>0.0</u>	Hum. Óptima % <u>17.3</u>
Equiv. Num. Campo <u>38.0</u>	Absorción % <u>6.8</u>	
Contrac. Lineal <u>0.0</u>	Densidad <u>2.21</u>	

CLASIFICACION PETROGRAFICA

OBSERVACIONES La muestra analizada es de la Zona R, para obtener o conocer sus características, para ser empleado como material de base o sub-base, dicha muestra corresponde al material del frente "1".

REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

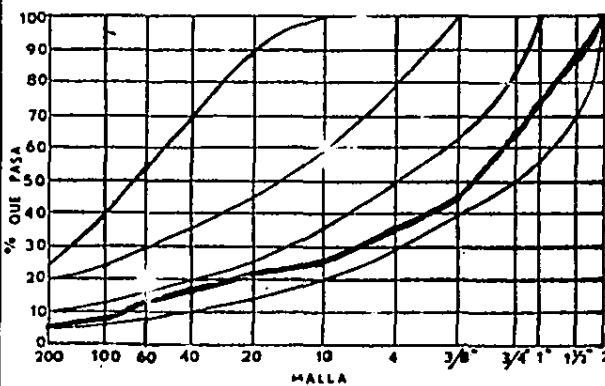
MUESTRA DE Material para Sub-base o Base. ENSAYE No. _____

PROCEDENCIA Zona B Banco "La Rinconada", Zamora, Mich.

LABORATORISTA _____ FECHA _____

% PASANDO MALLA DE	
2"	100
1 1/2"	90
1"	76
3/4"	66
3/8"	45
No. 4	35
" 10	21
" 20	21
" 40	16
" 60	12
100	8
" 200	5

% DE DESPERDICIO 2.0



Lim. Líquido.	40
Lim. Plástico	N.P.
Ind. Plástico	N.1.
Equiv. Hum. Campo	38.8
Contrac. Líneal	0.0

VRS (estandar) %	85
Expansión %	0.43
Valor Cementante kg/m^2	0.0
Absorción %	7.32
Densidad	2.25

Falso Vol. Sueltos kg/m^3	1,260
Peso Vol. Máxima kg/m^3	1,783
Hum. Óptima %	16.4

CLASIFICACION PETROGRAFICA

OBSERVACIONES

La muestra analizada es de la Zona B, para obtener o conocer sus características, para ser empleado como material de base o sub-base, dicha muestra corresponde al material del frente 2.

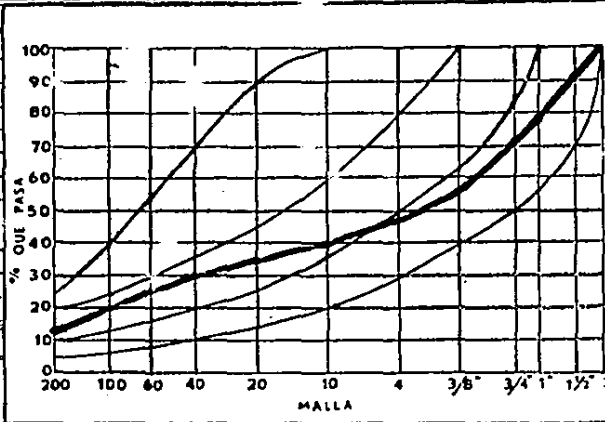
Uog

REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE Material para sub-base y base. ENSAYE No. _____
 PROCEDENCIA Mezcla de los materiales de la Zona A v B.
(70-30), del Banco "La Rinconada", Zamora, Mich.

LABORATORISTA _____ FECHA _____

% PASANDO MALLA DE	
2"	100
1 1/2"	91
1"	79
3/4"	71
3/8"	56
No. 4	48
" 10	40
" 20	35
" 40	30
" 60	25
100	20
" 200	13



% DE DESPERDICIO 0, 0

Lim. Líquido. 34	VRS (estandar) % 71, 0	Peso Vol. Suelto kg/m^3 1,255
Lim. Plástico N.P.	Expansión % 0, 21	Peso Vol. Máximo kg/m^3 1,720
Ind. Plástico N.P.	Valor Cementante kg/m^2 1, 0	Hum. Óptima % 16, 9
Equiv. Num. Campo 32, 5	Absorción % 0, 2	
Contrac. Lineal 0, 0	Densidad 2, 0	

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____

OBSERVACIONES
 Mezcla de material de la Zona A con la Zona B, en proporción (70-30), en volumen respectivamente.
 NOTA: Ver observaciones finales en la mezcla 60-30-10.

REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE Material para Sub-base y Base. ENSAYE No. _____

PROCEDENCIA Mezcla de los materiales de la Zona A y B.
(60-40), del Banco "La Rinconada", Zamora, Mich.

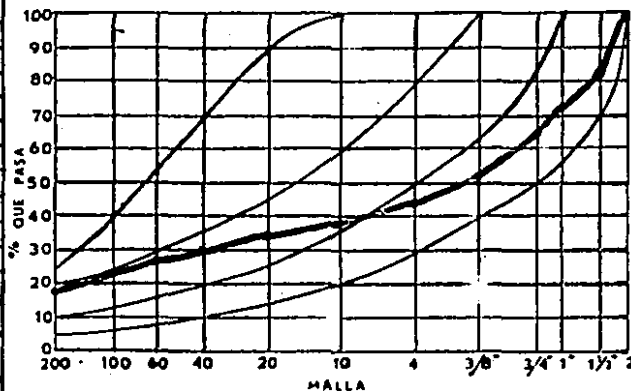
LABORATORISTA _____

FECHA _____

% PASANDO MALLA DE

2"	100
1 1/2"	92
1"	72
3/4"	65
3/8"	52
No. 4	44
" 10	39
" 20	35
" 40	30
" 60	27
100	25
" 200	18

% DE DESPERDICIO



Lim. Líquido. 33.0

Lim. Plástico N.P.

Índ. Plástico N.P.

Equiv. Hum. Campo 31

Contrae. Lineal 0.0

VRS (estandar) % 78.0

Expansión % 0.7

Valor Cementante $\% \text{m}^2$ 1.0

Absorción % 8.3

Densidad 2.18

Peso sl. Suelta $\% \text{m}^3$ 1,290

Peso Vol. Máximo $\% \text{m}^3$ 1,770

Hum. Óptima % 16.0

CLASIFICACION PETROGRAFICA

OBSERVACIONES

Mezcla de materiales de la Zona A con la Zona B, en proporción (60-40), en volumen respectivamente.

NOTA: Ver observaciones finales anotados en la mezcla 60-30-10.

REPORTE DE BASES · SUB-BASES

MUESTRA DE Material para Sub-base y Base ENSAYE No. _____
 PROCEDENCIA Mezcla (70-30) Banco "La Rincon: a", Zamora, Mich.

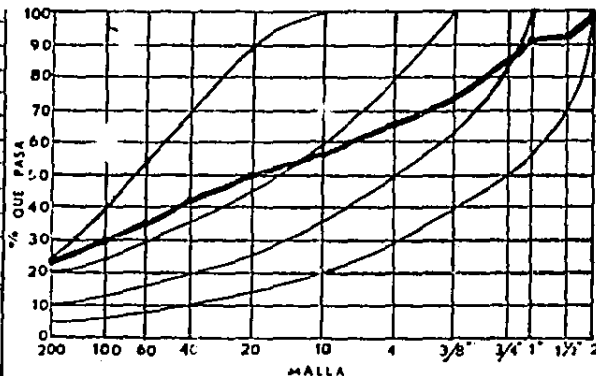
LABORATORISTA _____

FECHA _____

% PASANDO MALLA DE

2"	100
1 1/2"	92
1"	91
3/4"	80
3/8"	74
No. 4	67
" 10	57
" 20	50
" 40	42
" 60	36
100	30
" 200	24

% DE DESPERDICIO 0.0



Lim. Líquido <u>40.0</u>	VRS (estandar) % <u>60.0</u>	Peso Vol. Suelto $\frac{kg}{m^3}$ <u>1,310</u>
Lim. Plástico <u>N.P.</u>	Expansión % <u>0.72</u>	Peso Vol. Máximo $\frac{kg}{m^3}$ <u>1,730</u>
Ind. Plástico <u>N.P.</u>	Valor Cementante $\frac{kg}{m^3}$ <u>1.0</u>	Hum. Óptimo % <u>17.4</u>
Equiv. Hum. Campo <u>30.7</u>	Absorción % <u>7.5</u>	
Contrac. Lineal <u>0.0</u>	Densidad <u>2.33</u>	

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____

OBSERVACIONES

Mezcla de la zona A con la zona B (70-30), respectivamente en volumen.

NOTA: Ver observaciones finales en la mezcla 60-30-10.

REPORTE DE BASES Y SUB-BASES

MUESTRA DE Material para Sub-base y Base ENSAYE No. _____
 PROCEDENCIA Mezcla (60-50-10), del Rancho "La Tinconada", Zamora, Mich.
y 10% de material del lunar limo-arenoso-arcilloso.

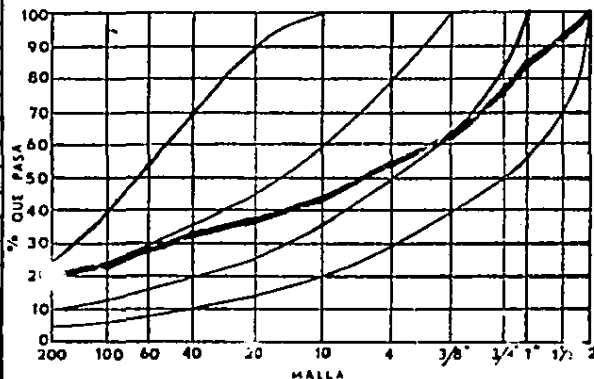
LABORATORISTA _____

FECHA _____

% PASANDO MALLA DE

2"	100
1 1/2"	93
1"	85
3/4"	77
3/8"	62
No. 4	54
" 10	44
" 20	38
" 40	33
" 60	29
" 100	24
" 200	20

% DE DESPERDICIO 0.0



Lim. Líquido.	34
Lim. Plástico	28
Ind. Plástico	6
Equiv. Hum. Campo	32.5
Contrac. Lineal	2.0

VRS (estandar) %	95.0
Expansión %	0.65
Valor Cementante kg/cm^2	7.5
Absorción %	8.5
Densidad	2.23

Peso Vol. Suelto kg/m^3	1,325
Peso Vol. Máximo kg/m^3	1,800
Hum. Óptima %	14.3

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____

OBSERVACIONES

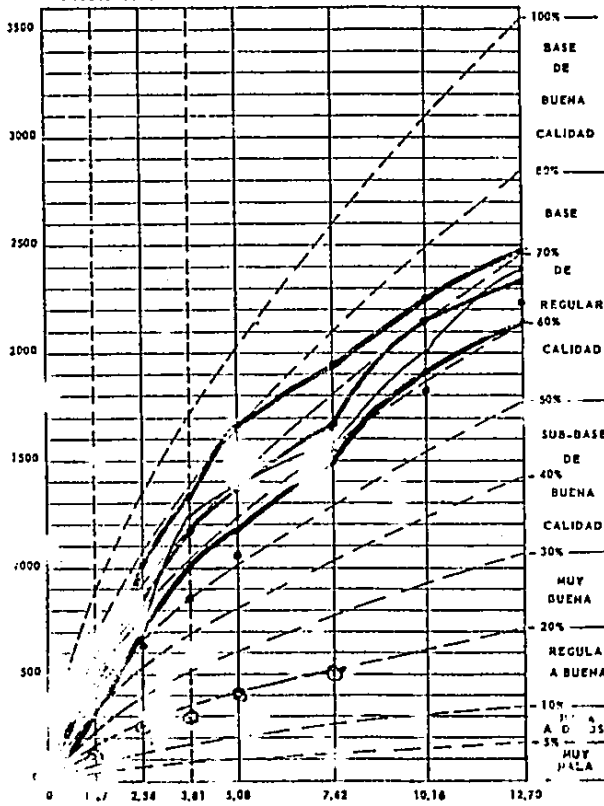
La muestra estudiada, es en la que se obtuvo un V.R.S., superior al 90% y una cementación adecuada del 7.5 kg/cm^2 , valor que, en las otras muestras era muy inferior a este valor.
 Esta mezcla de materiales es la que se recomienda para el empleo en la base o sub-base, puesto que sus propiedades físicas y mecánicas cumplen con los requisitos de especificación.

MUESTRA N° _____

OPERADOR _____

FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



DEFORMACION EN MILIMETROS

OBSERVACIONES:

PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA N°	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	HINCHAMIENTO

PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

CARGAS DE RUPTURA	MUESTRA N°			
SUMA				
PROMEDIO				
VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)				

Ensayo No. _____ Fecha _____ Operador _____ Equipo No. _____
 Peso (P₁) del molde, collarín y base gr. _____ Volumen [V] del molde, cm³ _____
 Altura (a) del bord superior del collarín a la placa de carga, cm. _____
 Peso volumétrico seco γ_s (g_s), Kg/m³ _____ Humedad óptima (W_o) _____
 Humedad que contiene el material (W₁) _____

Grado de compactación % _____

Peso volumétrico seco (g_s) Kg/m³ _____

Humedad de prueba (W₂) _____

Agua para agregar: cm³ = 500 $\left(\frac{W_2 - W_1}{100 - W_1}\right)$ _____

Peso Mat. húmedo gr. P_w = $\frac{g_s}{1000} \left(\frac{100 W_2}{100 - W_2}\right) V$ _____

Peso del equipo con el Mat. Húm. gr. = P₁ + P_w _____

Carga de compactación, Kg. _____

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN KGS.

1.27 m. m. (0.05")	460	590	510	500	380
2.54 m. m. (0.10")	*	1040	850	770	710
3.81 m. m. (0.15")		1350	1180	1240	1000
5.08 m. m. (0.20")		1680	1370	1380	1180
7.62 m. m. (0.30")		1960	1680	590	1490
10.16 m. m. (0.40")		2270	2150	2000	1910
12.70 m. m. (0.50")		2480	2320	2380	2150
Valor relativo de soporte corregido					

COMPROBACION DE LA HUMEDAD Y DEL GRADO DE COMPACTACION

N^o de recipiente _____

Peso muestra húmeda + recipiente, gr. 1 _____

Peso del recipiente, gr. 2 _____

Peso muestra húmeda gr. 1 - 2 = 3 _____

Peso muestra seca + recipiente, gr. 4 _____

Peso del recipiente, gr. 2 _____

Peso muestra seca, gr. 4 - 2 = 5 _____

Humedad $\frac{3-5}{5} \cdot 100$ _____

Peso Vol. seco (g_s) corregido, Kg/m³ _____

Grado de compactación corregido, % _____

CAPITULO V

"SUPERFICIE DE RODAMIENTO"

- V.1.- DEFINICION.
- V.2.- PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO.
- V.3.- PRUEBAS.
- V.4.- CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA.
- V.5.- DRENAJE.
- V.6.- JUNTAS.

"SUPERFICIE DE RODAMIENTO"

V.1.- DEFINICION:

La superficie de rodamiento es la línea superior del espesor de la losa de concreto, la cual estará expuesta a los diferentes tipos de circulación siendo éstos - de una gran variedad en cuanto a dimensiones y peso, de ahí pues la gran importancia de un buen diseño en el espesor y - en las juntas adyacentes, entre losa y losa.

Estos dos conceptos son influenciados en su gran mayoría por las condiciones locales como pueden ser: - Las propiedades del suelo condiciones climatológicas del lugar, cargas impuestas por el tráfico y la resistencia misma del concreto.

Los análisis teóricos que se contemplan en la actualidad provienen de estudios realizados en la Universidad de Harvard, por el Doctor Westergaard, los cuales han sido aceptados en gran medida, tendientes a calcular los esfuerzos en las losas. Estos esfuerzos son desarrollados según Westergaard, en los puntos críticos tales como esquinas y bordes haciendo la suposición de que las losas están en contacto con la superficie en que se apoyan siendo las reacciones de esta superficie verticales y a la misma vez proporcionándoles a las deflexiones de las losas.

Las superficies que en su mayoría son la parte superior de la sub-rasante, provocan una reacción que es

expresada como el producto de un coeficiente llamado módulo de reacción (expresado por la letra K), de la sub-rasante, multiplicado por la deflexión de la losa, por lo que respecta a la losa ésta tiene su propia rigidez lo cual, es un factor muy importante.

V.2.- PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO:

La forma más antigua y quizás la de mayor uso, para proporcionar las mezclas de concreto, es aquella que las cantidades de los materiales que intervienen, se elegían arbitrariamente. Se partía de la hipótesis de que para obtener el concreto de reje es características, era necesario emplear mezclados, el cemento con los agregados fino y grueso, de manera que los huecos que existieran entre el agregado grueso, se ocuparían con el fino y los existentes entre ambos con el cemento y el agua. Así se llegó a expresar la relación existente entre ellos, por medio de una relación (proporción), que representa en primer término el volumen del cemento, en segundo término el volumen de la arena y en el último, el volumen; de la grava o agregado grueso. Este método resultó satisfactorio y a la fecha es probablemente el más difundido, aun cuando se recomienda sólo en obras muy pequeñas y en donde se dispongan de los medios indispensables para emplear los que a la fecha se usan por ser más correctos.

En obras grandes y de importancia, las resistencias del concreto que utiliza son bien especificadas y exis -

ten normas que se deben cumplir para que sea aceptado, por lo que no es posible dosificar al concreto mediante métodos arbitrarios y que ofrezcan poca seguridad.

Estudios del doctor Duff A. Abrams.- El propósito de los estudios del Dr. Abrams, fue determinar la relación existente entre el agua de mezcla de concreto, la granulometría de los agregados pétreos y la cantidad de cemento que intervienen en dicha mezcla. El más importante de los resultados obtenidos a través de los estudios fue el que se conoce como "LEY DE LA RELACION AGUA-CEMENTO", la cual se expresa como sigue. Para mezclas plásticas (ni demasiado fluidas para no perder su forma rápidamente, ni demasiado secas para no dificultarse su manejo), y cuando se empleen agregados pétreos sanos, limpios, resistentes y duraderos, la resistencia del concreto depende directamente de la relación en que se utiliza el agua con respecto al cemento.

La ley anterior se expresa por medio de una fórmula que nos da una resistencia índice y que establece una relación de carácter logarítmica:

$$s = \frac{A}{3^x}$$

EN DONDE:

s = Resistencia unitaria a compresión del concreto a la edad de 28 días de haberse elaborado y curado en cámara húmeda y con temperatura constante.

- x = Relación existente entre el volumen de agua y el volumen del cemento usados.
- A = Constante dimensional cuyo valor fijado por la experiencia, es de 14,000 lb/pul²., o sea 984.2 kg/cm².
- B = Número abstracto que para cementos mexicanos tiene los siguientes valores:
- B = 17 para cementos del tipo I.
- B = 5 para cementos del tipo III.
- B = 10 para cementos del tipo II.
- B = 12.5 para cementos del tipo I, de calidad reconocible.

Con fechas posteriores establecimiento de la ley de Abrams, se observó que resultaba más práctico y conveniente para tener uniformidad en la cantidad de cemento y agua empleados en las mezclas de concreto, el que se considerara éstos con relación a sus pesos, ya que el volumen del cemento varía mucho de acuerdo con el grado de compactación que tenga.

Para convertir la relación de agua-cemento en volumen a relación agua cemento en peso se procedió como sigue:

$$x = \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de agua}}{1 \text{ m}^3 \text{ de cemento}}; x = 1 \dots (A)$$

La relación en pesos sería:

$$x_p = \frac{1000 \text{ kgs de agua}}{1500 \text{ kgs de cemento}}$$

Ya que 1 m³. de cemento pesa 1500 kgs en promedio.

De lo anterior se deduce que $x_p = \frac{1}{1.5}$ y $1.5 x_p = 1$

1 . . . (d), igualando (A) y (B), $x = 1.5 x_1$ que es la fórmula que permite conocer la relación en volúmenes cuando se conoce la relación en pesos y viceversa.

V.3.- PRUEBAS EN EL CONCRETO.

La elaboración del concreto hace necesario procedimientos de control, o propiamente pruebas para calificar ciertas características de éste. Dichas pruebas podemos clasificarlas principalmente en destructivas o no destructivas aunque también puede ser, clasificado de acuerdo al estado en el cual el concreto es sometido a esas pruebas, como puede ser en estado fresco (fluido), o ya endurecido.

Al hacer uso del concreto, las primeras pruebas tendrán a buscar el adecuado proporcionamiento para elaborar un concreto adecuado a las especificaciones y economía de proyecto. Pero estas pruebas sólo incumben a la elaboración mientras que las pruebas que comentaremos se refieren al producto ya preparado.

Las principales cualidades que se buscan en el concreto se refieren a la resistencia y a la consistencia (ma-

nejabilidad), para estas dos características se realizan - ciertas pruebas, las que describiremos a continuación:

PRUEBA DE REVENIMIENTO.- Califica la manejabilidad o consistencia del concreto; la cual es necesario cuidar ya que influye directamente en el proceso de vaciado y colado del - concreto. Esta prueba se realiza sobre el concreto fresco y se basa en el asentamiento del material contenido en un molde al ser retirado éste.

El equipo utilizado es un cono truncado de lámina galvanizada del # 18, de 20 cms, de diámetro interior en su base inferior; 10 cms, en la base superior y 30.5 - (30) cms., de altura, con asas y apoyos para que se apoyen los pies del encargado, además se necesita una varilla de - hierro redondo liso de 16 mm., de diámetro, 60 cms., de largo y con punta de bala.

El procedimiento es el siguiente: Se coloca el molde sobre una superficie lisa no absorbente, y sujetándolo con los pies. Se vierte el concreto fresco hasta una tercera parte del volumen del molde, y se amasina con la varilla durante 25 veces, este se repite en la segunda y tercer capa teniendo precaución de que la varilla no penetre a más de 2.5 cms, de la capa anterior. Terminado el llenado se enrasa el molde y se quitan los sobrantes, se retira el molde por las asas de manera vertical y se coloca el molde a un - lado, se mide la diferencia de altura entre el molde y el - material, y esta medida será el revenimiento.

PRUEBA DE COMPRESION.- Es una prueba para determinar la resistencia la cual consiste al igual que la prueba anterior, en un molde, el cual será cilíndrico de 15 cms., de diámetro y 30 centímetros de altura el cual estará engrasado. El concreto se coloca en tres capas y se amisa o conecta de la misma forma que en la prueba anterior, terminando por enrasar la superficie.

El molde con su contenido permanece inmóvil - por 24 horas, quitándose el molde al finalizar este período se lleva el espécimen a un cuarto de curado, donde se almacenará durante 28 días a una temperatura de 23 ± 2 grados y una humedad relativa del 90 al 100%. Cuando se desea probar la muestra se saca del curado y en esta húmeda se cabecea y se coloca en la máquina de compresión aplicándose una carga a razón de 141 kg/cm²/min., hasta la falla.

También encontraremos otras pruebas entre las que destacan el ensaye de cilindros de concreto ya endurecido para determinar la resistencia (prueba destructiva). La determinación de la resistencia por esclerómetro o rebotímetro (no destructiva), Prueba de fluidez, prueba de aire incluido, etc.

A continuación se muestran las pruebas necesarias para determinar la calidad del concreto que se utilizó en el pavimento que se presenta en esta obra.

Remite..... Autorizó..... Vo. Bo..... Edificio..... Área.....

Fecha..... Orden No.....

Forma 11

Material Arena para concreto Fecha de prueba

Ensayo No. Fecha de Terminación

Procedencia "Cheran" Ensayó J. Rafael Soto,

Cont. Mat. recibido Kg. Revisó Jesús López Barrera,

PESOS VOLUMETRICOS

ABSORCION

P (V=2.7 Lt.) 3,105	kg.	P _h = 200g.	P _h = 200,0 g.	P _h = 200,0 g.
P. V _s 1,150	kg./m ³	P _s = 170g.	P _s = 177,0 g.	P _s = 180,0 g.
P. (V = 2.7 Lt.) 3,780	kg.	Dif. = 21,0	Dif. = 23,0	Dif. = 20,0
P. Vc 1,400	kg./m ³	% Abs. = 11,73	% Abs. = 12,90	% Abs. = 11,11

% Abs. promedio = 11,94

Mat. Org. Acentable Mat. Org. Lavada

ANALISIS GRANUCOMETRICO PARA ARENAS

Peso muestra = 6,000 kg. Diferencia 5,00 kg.
 Peso grava 1,000 kg. Grava 16,61 %

Malla	Peso (kg.)	Porcientos	% Enteros	% Acum.	% Que Pasa
No. 4					100
" 8	20,0	10,0	10	10	90
" 16	35,0	17,5	18	28	72
" 30	15,0	7,5	7	35	65
" 50	40,0	20,0	20	55	45
" 100	80,0	40,0	40	95	5
" 200	5,0	2,5	3	98	2
Charola	5,0	2,5	2	100	
Sumas	200,0	100,0	100		

N. F. = 223
100

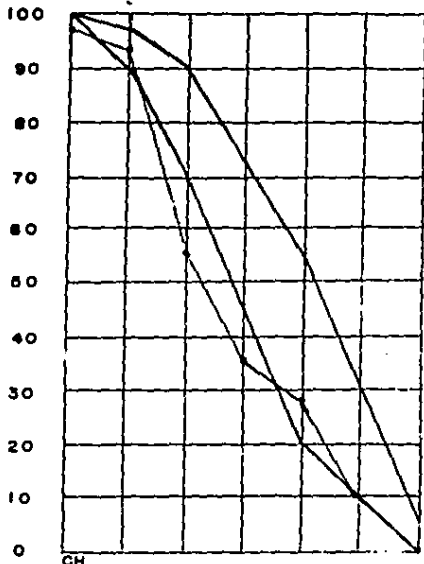
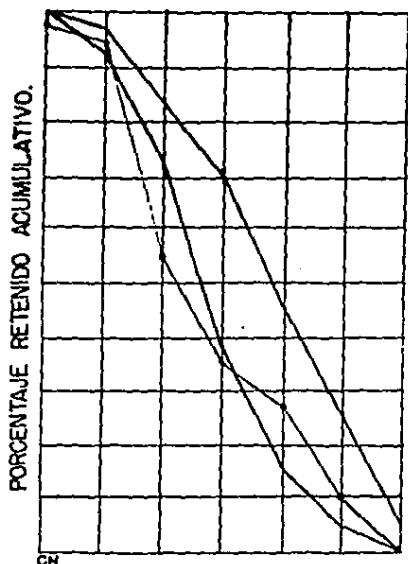
Módulo de finura: 2,23

LABORATORIO Y CONTROL DE MATERIALES

LIMITES EN LA GRANULOMETRIA DE LAS ARENAS

BUREAU OF RECLAMATION U.S. A.

A. S. T. M.



CH

CH

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

FRASCO CHAPMAN

$$F_1 = 190 \text{ g. } F_2 = 190 \text{ g. } F_3 = 190 \text{ g. } \rho = \frac{200 \text{ gr.}}{450 - (755 - 190 - 200)}$$

$$A_{S_1} = 200 \text{ g. } A_{S_2} = 200 \text{ g. } A_{S_3} = 200 \text{ g. } = \frac{200}{85}$$

$$K_1 = 755 \text{ g. } K_2 = 755 \text{ g. } K_3 = 755 \text{ g. } = 2.35$$

$$V_F = 450 \text{ g. } F = \text{PESO FRASCO VACIO}$$

$$K = \text{PESO (AGUA+ARENA+FRASCO)} \quad A_S = \text{PESO ARENA SAT. SUP. SECA}$$

$$D = \frac{A_B}{V - (K - F - A_S)} =$$

$$D = \frac{A}{P + A_S - W}$$

$$D_1 = 2.35 \quad D_2 = 2.35 \quad D_3 = 2.35$$

$$D = 2.35$$

PRUEBA GRANULOMETRICA GRAVAS

Material Grava para concreto Fecha de prueba _____
 Ensaye No. _____ Fecha de Terminación _____
 Procedencia Zamora, Mich. Ensayó J. Rafael Soto,
 Cont. Mat. recibido 100 Kg. Revisó José Lázaro Barrera

PESOS VOLUMETRICOS

ABSORCION

P (V = 11.72 P = 15 P. V s = 1,280	Lt.) kg. kg./m ³	P = h 300 g. P = s 200 g.	P = h 300 g. P = s 201 g.	P = h 300 g. P = s 202 g.	Dif. = 10 % Abs. = 3.44	Dif. = 9 % Abs. = 3.09	Dif. = 8 % Abs. = 2.73
--	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------

% Abs. promedio =

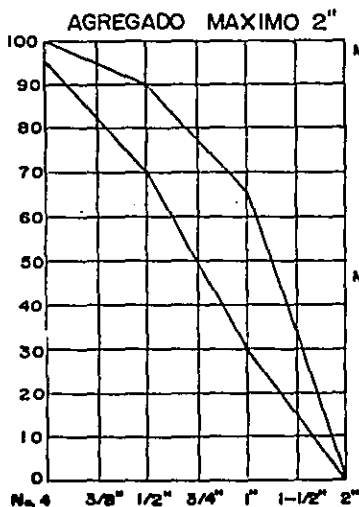
Mat. Org. _____ Mat. Org. Lavada _____

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA GRAVAS.

Peso muestra = _____ kg. Diferencia _____ kg.
 Peso grava _____ kg. Grava _____ %

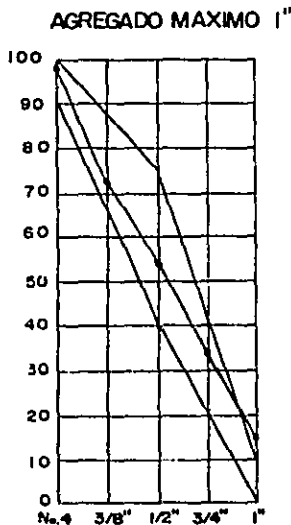
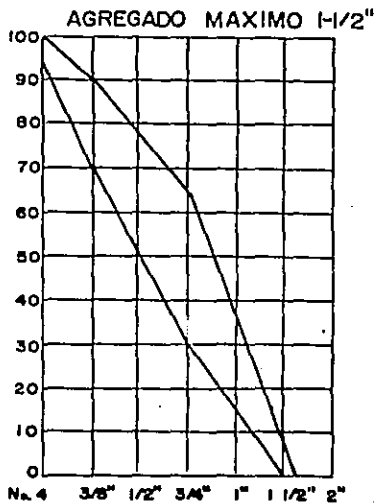
Malla	Peso (Kg.)	Porcentos	% Enteros	% Acum.	% Que pasan
3"					
2"					
1 1/2"					100
1"	2.350	15.66	15	15	85
3/4"	2.800	18.66	19	34	66
1/2"	3.100	20.66	21	55	45
3/8"	2.670	17.80	18	73	27
No 4	3.910	26.06	26	99	1
Charola	.170	1.13	1	100	
Suma	15.000	99.97	100		
Mod. de Fin		Tamaño			

CURVAS GRANULOMETRICAS DE GRAVA



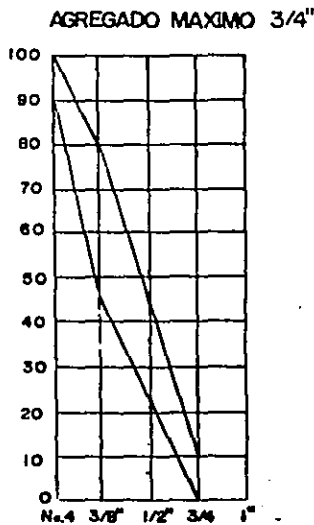
PARA 2"		
MALLA	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	0	0
2"	5	0
1" 1/2	—	—
1"	65	30
3/4"	—	—
1/2"	90	70
3/8"	—	—
No. 4	100	95

PARA 1-1/2"		
MALLA	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	—	—
2"	—	0
1" 1/2	5	0
1"	—	0
3/4"	65	30
1/2"	—	—
3/8"	90	70
No. 4	100	95



PARA 1"		
MALLA	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	—	—
2"	—	—
1" 1/2	—	0
1"	10	0
3/4"	—	—
1/2"	75	40
3/8"	—	—
No. 4	100	90

PARA 3/4"		
MALLA	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	—	—
2"	—	—
1" 1/2	—	—
1"	—	0
3/4"	10	0
1/2"	—	—
3/8"	80	45
No. 4	100	90



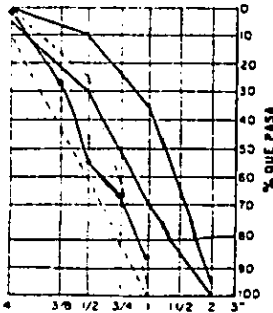
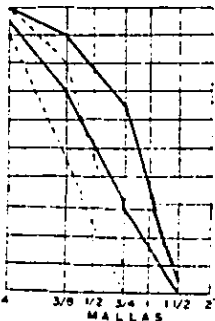
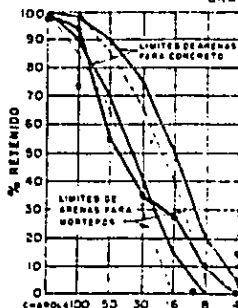
MATERIAL ANALIZADO _____
 PROCEDENCIA _____
 PARA USARSE EN: _____
 ENVIADA POR: _____

EXPEDIENTE N° _____
 FECHA DE RECIBO _____
 FECHA DE INFORME _____
 ENSAYE N° _____
 MUESTRA N° _____

	ARENA	GRAVA
ENSAYE N°		
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg/m ³	1.150	1.220
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg/m ³	1.400	1.400
DENSIDAD APARENTE	2.55	2.5
ABSORCION %	11.71	3.08
MATERIA ORGANICA (%) DEL COLOR:	Acen	
MUESTRA SIN LAVAR		
MUESTRA LAVADA		
% DE GRAVA EN LA MUESTRA	16.6	
% DE ARENA EN LA MUESTRA	33.4	
RELACION G/A		1.99

COMPOSICION GRANULOMETRICA			
MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %	MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %
3"		N° 4	
2"		N° 8	10
1 1/2"		N° 16	28
1"	15	N° 30	35
3/4"	34	N° 50	55
1/2"	55	N° 100	95
3/8"	73	N° 200	98
N° 4	90	CHANGOLA	
CHANGOLA		M F	2.25
M F			

GRAFICAS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



RECOMENDACIONES:

Se recomienda que la arena sea mejorada con un porcentaje de grava. También se recomienda que la grava sea mejorada con un porcentaje de arena.

El Laboratorista

El Jefe de Laboratorio

El Encargado del Laboratorio.



REGISTRO DE CILINDROS

ENVIADOS POR: REPORTE TIPO ENVIADO POR EL LABORATORIO

FECHA:

OBRA: CALLE SANTIAGO - LADO DERECHO, FRACC. INEONAVIT, ZAHORA FATIGA DE PROYECTO: 300 KG/CM²

NUM.	CLAS.	UBICACION	DIAMETRO	Ryto. Cms.	Fecha Fabric.	Fecha Ruptura	Edad	Carga Kgs.	Area Cms. 2	Kg/cm ²	% de F. C.
1661	160	Estacion de: 0+030 a 0+060	15.0	8.0	2/1	30/1/75	28	60,000	176.7	340	113.0
1662	161	" " "	15.0	8.0	2/1	30/1/75	28	60,000	176.7	340	113.0
1663	162	" " "	15.0	8.0	2/1	30/1/75	28	60,000	176.7	340	113.0
1664	163	0+060-0+066	15.0	5.5	2/1	16/1/75	14	45,000	176.7	255	85.0
1665	164	" " "	15.0	5.5	2/1	30/1/75	28	50,000	176.7	283	94.3
1666	165	" " "	15.0	5.5	2/1	30/1/75	28	51,000	176.7	280	96.0
1667	166	0+066 a 0+075	15.0	10.0	3/1	31/1/75	28	50,000	176.7	283	94.3
1668	167	" " "	15.0	10.0	3/1	31/1/75	28	52,000	176.7	294	98.0
1669	168	" " "	15.0	10.0	3/1	31/1/75	28	50,000	176.7	293	94.3
1670	169	0+075 a 0+084	15.0	5.5	3/1	17/1/75	14	46,000	176.7	260	87.0
1671	170	" " "	15.0	5.5	3/1	31/1/75	28	54,000	176.7	306	102.0
1672	171	" " "	15.0	5.5	3/1	31/1/75	28	54,000	176.7	306	102.0
1673	172	0+084 a 0+093	15.0	6.5	3/1	31/1/75	28	48,000	176.7	272	90.5
1674	173	" " "	15.0	6.5	3/1	31/1/75	28	49,000	176.7	277	92.0
1675	174	" " "	15.0	6.5	3/1	31/1/75	28	48,000	176.7	272	90.5
		OBSERVACIONES:									
			Las resistencias obtenidas son aceptables en las diferentes edades de prueba.								

ENCARGADO DEL LABORATORIO

JEFE DEL LABORATORIO

C-LMMS-008

V.4.- CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA:

Método de la Asociación de Cemento Portland.

A.- Empleo de Sub-base.

- a).- Cuando las condiciones del suelo no son uniformes.
- b).- Si se prevén cambios de volumen o hufamientos que son perjudiciales.

B.- Espesor de la Sub-base.

El espesor de la sub-base, según este método es arbi - trario, recomendándose que éste sea de la mitad a un tercio de la profundidad de penetración del congelamiento, ejemplo:

En suelos con cambios de volumen altos, recomienda que el espesor sea de 10 a 30 cms.

En suelos en los cuales se prevén hufamientos se recomienda un espesor de 10 a 15 cms.

C.- Valor de Soporte de la Sub-base.

Cuando la sub-base este terminada debe-5 tener un va - lor de soporte tal, que cuando se cargue, en incrementos median te una placa de acero de 75 cms. (30 pulg.), de diámetro, desarrolle un módulo de soporte K , no menor de 5.5 kg/cm^2 . donde K , es el módulo de reacción que se pudo haber obtenido de una prue ba de placa realizada sobre la su-rasante, pero como se acostun bra a veces por las circunstancias tomar en cuenta el efecto de la sub-base por medio de una corrección en el valor obtenido, - es preferible encontrar K , directamente sobre la sub-base.

La forma tradicional de encontrar el módulo de reacción "K", ya fue descrito en apartado anterior, sin embargo la Asociación de Cemento Portland, recomienda otro criterio, pero la valuación de "K" en la fórmula:

$$K = \frac{P}{\Delta}$$

Según la P.C.A., el valor de "K", se obtiene dividiendo la presión que produzca en la placa, una deformación de 0.15 cms. (0.5 pulg.), entre dicha deformación.

Las siguientes gráficas proporcional los medios para establecer la corrección para sub-bases estabilizadas o no estabilizadas. Como se verá, para conocer el módulo de reacción en la sub-base, se tiene como requisito conocer el módulo de reacción en la sub-rasante.

n).-

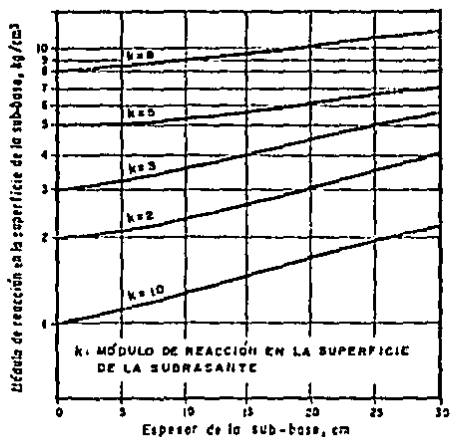


Figura N.3. Gráfica para obtener el valor de k sobre la sub-base con sólo el mismo sobre la subrasante. Sub-bases no estabilizadas (Ret. ...)

Referencia: La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.
(Alfonso Rico y Hermilio del Castillo).

b).-

El espesor de la sub-base de los pavimentos rígidos no es objeto de cálculo, sino de receta establecida por la costumbre. Nunca se construyen de menos

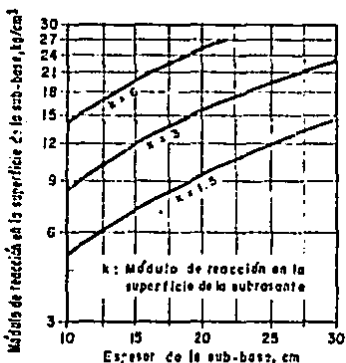


Figura X-4. Gráfica para obtener el valor de k sobre la sub-base, conociendo el mismo sobre la subrasante. Sub-bases estabilizadas con cemento (Ref. 5).

Referencia: La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. (Alfonso Rico y Hermilfo del Castillo).

Además de que la sub-base debe de tener un valor relativo de soporte no menor del 80%, razón por la cual en las pruebas de laboratorio efectuadas a los materiales de los bancos disponibles, se utilizó la mezcla 60-30-10, con la nomenclatura ya señalada.

El diseño de un pavimento ríeido, empleando el método de la Asociación de Cemento Portland (P.C.A.), se tienen dos factores muy importantes, los cuales como se podrá ver, simplifican bastante el cálculo de diseño. Es de hacer notar que este método proporciona una gran seguridad en los valores que se obtienen razón por la cual - en México existe la tendencia a utilizarse sobre todo en lo referente al diseño de pavimentos de concreto hidráulico para carreteras, Fraccionamientos y calles.

FACTORES DEL DISEÑO:

A.- Estudio del Tránsito.

B.- Análisis Estructural del Pavimento.

A.- En el estudio del tránsito se toma en cuenta el volumen del tránsito mezclado, es decir, la diversidad de vehículos que transiten por el pavimento, por lo cual este se determina con la fórmula que propone la P.C.A., la cual es como sigue:

$$TD = \frac{100 P}{100 + Tph (I-1)} \times \frac{5,000 N}{KD}$$

DONDE:

TD = Tránsito mezclado, válido para diseño.

P = No. de automóviles de pasajeros incluyendo ca (por carril y por hora).

- N = Número de carriles en ambas direcciones.
- Tph = Porcentaje de camiones, durante horas de máxima fluencia (2/3 del porcentaje de vehículos pesados en dos direcciones).
- J = Número de carros de pasajeros equivalentes a un camión que puede ser:

Terreno montañoso = 4
 Terreno plano = 2

- K = Volumen horario de tránsito de diseño (VHD), el cual se expresa como porcentaje de TD, y puede ser:

Autopistas de tránsito elevado = 15%
 Autopistas de tránsito medio = 12%

- D = Tránsito máximo en una dirección, en porcentaje durante las horas de máxima fluencia, el cual varía entre 50 y 75%, y puede ser:

Autopistas de tránsito elevado = 67%
 Autopistas de tránsito medio = 60%

Para hacer el análisis del tránsito se recurre a los aforos que realiza la autoridad correspondiente, incrementándose con la consideración de una tasa de crecimiento anual que suele ser del 7%, para diversos tipos de vehículos y para un período de diseño de 10 años. Ahora si el valor de autos y camionetas como es frecuente no se tiene, y en consecuencia no se tiene el valor del total de vehículos, la P.C.A., proporciona la siguiente tabla para su determinación:

No. DE AUTOS (INCLUYENDO CAMIONETAS), POR CARRIL Y POR HORA-
(SEGUN LA P.C.A.).

TIPO DE CARRETERA	VALOR DE P
Autopistas urbanas	1500
Autopistas sub-urbanas	1200
Autopistas	100
Carreteras de tránsito medio	700-900
Carreteras de bajo tránsito	500-700

Como se verá existe la recomendación adicional de que la carga de tránsito sea afectado por un factor de seguridad para tener el valor de carga a partir del cual se estima el módulo de reacción "Actuante"

Dicho factor de seguridad se toma como sigue:-
Para carreteras muy importantes con tránsito muy abundante de vehículos pesados F.S. = 1.2
Para carreteras o calles sujetas a volúmenes medio de tránsito de vehículos pesados F.S. = 1.1
Para carreteras y calles con volumen pequeño o nulo de dicho tipo de tránsito. F.S. = 1.0

La aplicación del método propuesto por la P.C.A., exige conocer la distribución de las cargas del tránsito según sean los casos de ejes sencillos o sistemas tandem. Es decir que se deberá saber por ejemplo para el caso de ejes sencillos, la capacidad en tonelaje de los vehículos que circulan por el pavimento, por ejemplo: vehículos con ejes de 12 ton, 10 ton y 8 ton., etc., por citar una lista de ejes cualquiera. Así también los tipos tandem y la car

ga de cada uno.

B.- ANALISIS ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO:

Es fundamental conocer el módulo de la sub-ra_{nte} sante "K", así como el de la sub-base como parámetros importantes del terreno donde descansará el pavimento, los cuales influyen en la estructura de éste.

Como se dijo anteriormente es recomendable que la carga de tránsito sea afectado por un factor de seguridad con el cual se estime el "Módulo de Reacción Act_{tuante}", en el caso que nos compete (Fraccionamiento), tomaremos como factor de seguridad: F.S. = 1.2.

El espesor de la sub-base según recomendación de la P.C.A., y con los datos de proyecto de los materiales analizados debe ser de 10 cms, y su módulo de reacción determinado mediante la gráfica que en su momento se expondrá.

Por último, el espesor de la losa se determina a base de tanteos, suponiendo en forma primaria un espesor cualquiera procediendo a realizar, los cálculos según el procedimiento que propone la Asociación de Cemento Portland (P.C.A.).

Los cálculos se presentan en forma tabulada para simplificar su comprensión.

CALCULO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO: En Av. Principal -
del Fraccionamiento "La Pradera" de Zaira, Mich.

DATOS DE DISEÑO:

Módulo "K" de la sub-rasante = 5.6 kg/cm³.

Módulo de Reacción = 0.12 f'c.

f'c = 300 kg/cm².

M.R. = 0.12 (300) = 40 kg/cm². (dato de proyecto).

Factor de Seguridad = 1.2

M.R. = 1.2 (40) = 48 kg/cm².

Espesor de la losa (primer tanteo) = 20 cms.

ESTUDIO DE TRANSITO:

El tránsito se expresa en términos del número de cargas por rueda, equivalente de 2,270 kgs. (5000 lb), que se esperan durante la vida de diseño.

CE = Carga Equivalente.

Una vez determinado el CE, se calcula el Índice de Tránsito por medio de la ecuación:

$$IT = 0.7 \left(\frac{CE}{10^6} \right)^{0.119}$$

CE, se calcula por medio de la tabla siguiente:

FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA LLANTAS EN ARREGLO DUAL DE VEHICULOS DE VARIOS EJES CON LA RUEDA STANDARD DE 2,270 KGS. (5000 Lb).

Número de ejes del vehículo.	Valor de la carga equivalente (CE) para un año de Servicio del Pavimento.	
	Carreteras Principales.	Carreteras Secundarias.
2	280	200
3	930	600
4	1320	1070
5	3190	1700
6	1950	1050

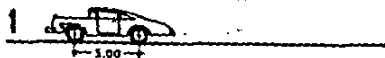
NOTA: Los factores que figuran en la tabla se refieren al promedio de vehículos circulantes cada día en un sólo sentido.

El análisis del tránsito se hace en una tabla - cuyos resultados son en base a la siguiente figura.

NOTA

K_v = Coeficiente de equivalencia para el vehículo vacío.
 K_c = Coeficiente de equivalencia para el vehículo cargado.

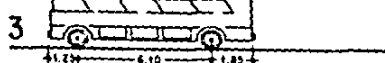
A_p



A_c



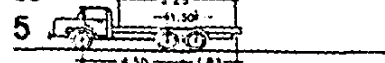
B



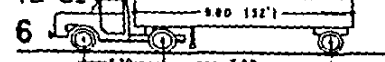
C2



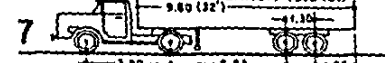
C3



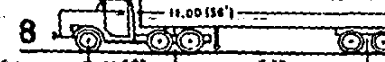
T2-S1



T2-S2



T3-S2



E	W _{VAC}	K _V	W _{CARG}	K _C
1	0.9	0.0001	1.0	0.0002
2	0.9	0.0001	1.0	0.0002
3				
Σ	1.8	0.0002	2.0	0.0004

1	1.2	0.0005	1.6	0.0014
2	1.2	0.0005	3.3	0.0260
3				
Σ	2.4	0.0010	4.9	0.0274

1	3.0	0.0180	4.2	0.0690
2	7.0	0.5310	8.3	1.0500
3				
Σ	10.0	0.5490	12.5	1.1190

1	1.5	0.0011	2.5	0.0025
2	2.7	0.0118	6.6	0.4730
3				
Σ	4.2	0.0129	9.3	0.4816

1	1.7	0.0018	2.6	0.0100
2	5.2	0.0144	14.0	0.7600
3				
Σ	6.9	0.0162	16.6	0.7700

1	2.5	0.0085	3.0	0.0180
2	3.6	0.0370	8.0	0.9059
3	3.0	0.0180	7.8	0.8186
Σ	9.1	0.0635	18.8	1.7425

1	3.5	0.0331	4.0	0.0560
2	4.0	0.0560	8.5	1.1600
3	3.8	0.0100	12.1	0.4300
Σ	11.3	0.0991	24.6	1.6460

1	3.5	0.0331	3.9	0.0510
2	5.4	0.0168	13.0	0.5640
3	5.0	0.0124	13.0	0.5640
Σ	13.9	0.0623	29.9	1.1790

ANALISIS DEL TRANSITO:

Tipo de Vehículo.	Volumen Promedio diario anual dos direcciones.	Volumen Promedio diario anual un-sentido.	Constante CE	CE.
A	10,576	5,288		
B	684	342	x 280	= 95,760
C2	734	367	x 280	= 102,760
C3	116	58	x 930	= 53,940
T252	28	14	x 1320	= 18,480
T353	102	51	x 3190	= 162,690
Total	12,240	6,120	ΣCE	= 433,650

El porcentaje de vehículos pesados se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de Vehículos pesados} = \frac{\text{Volumen promedio diario en dos direcciones de los vehículos que se supone van a transitar.}}{\text{Volumen promedio diario en dos direcciones de vehículos totales por transitar.}}$$

Si se cree que los vehículos por transitar serán los tipo B, C2, C3, T252, y T353, y el total de vehículos por transitar son los tipo A, B, C2, C3, T253 y T353, se tendrá:

$$\text{Porcentaje de vehículos pesados} = \frac{1,664}{12,240} = 14\%$$

Los datos anteriores ya fueron expuestos en la tabla correspondiente del "Análisis del Tránsito".

DONDE: 1,664 es la suma de los rones B, C2, C3, T253 y T353, y 12,240 es la suma de los rones correspondientes a los tipos de ve-

hículos.

El tránsito de diseño se calcula, tomando en cuenta para cada uno de los factores que intervienen, los valores que se especificaron en el momento de la exposición de la fórmula y con un criterio basado en la elaboración, propio de las características de este ejemplo en particular.

El primer caso que se tiene para conocer el tránsito de diseño es la determinación del número de vehículos "P", (autos y camionetas), el cual se tiene que hacer por aforo directo, pero como es frecuente en estos tipos de pavimentos (para calles de fraccionamientos) no se tiene tal dato, se obtendrá en la siguiente tabla propuesta por la (P.C.A.).

NUMERO DE AUTOS INCLUYENDO CAMIONETAS, POR CARRIL Y POR HORA.
(SEGUN P.C.A.).

Tipo de Carretera	Valor de "P"
Autopistas urbanas	1,500
Autopistas sub-urbanas	1,200
Autopistas	1,000
Carreteras de tránsito medio	700 - 900
Carreteras de bajo tránsito	500 - 700

Se tomará un valor $P = 1,200$ por la semejanza que se tiene con las Autopistas sub-urbanas.

$$P = 1,200$$

Se considera que en el proyecto se contemplaban avenidas de cuatro carriles.

$$N = 4$$

El tránsito promedio por hora de máxima fluencia será $\frac{2}{3}$ del porcentaje de vehículos pesados.

$$T_{ph} = \frac{2}{3} (14) = 9.4 \%$$

El número de carros equivalentes a un camión se tomará el valor de 2 ya que se contempla que el terreno es plano.

$$J = 2$$

El volumen horario de tránsito de diseño (VHD), lo tomaremos como porcentaje del tránsito mezclado para diseño y en este caso será del 12 %.

$$K = 12\%$$

El tránsito máximo en una dirección en porcentaje, durante las horas de máxima fluencia lo tomaremos con un valor del 60%.

Por lo tanto el tránsito de diseño será:

$$\begin{aligned} TD &= \frac{100 P}{100 + T_{ph} (J-1)} \times \frac{5000 V}{K D} \\ &= \frac{100 (1,200)}{100 + 9.4 (2-1)} \times \frac{5000 (4)}{12 (60)} = 30,469 \end{aligned}$$

(en dos sentidos).

El número de vehículos pesados será:

14% del tránsito de diseño = .14 (30,469) = 4,266
por día.

El número de vehículos pesados por día en una di-
rección será de $\frac{1}{2} (4,266) = 2,133$.

El volumen promedio horario de vehículos pesados
en un sólo sentido (vph) será:

$$V_{ph} = \frac{59,469}{24} (1/2) = 635$$

Mediante el empleo de la siguiente tabla se ob-
tendrá el porcentaje de camiones en el carril de diseño. -
Tabla proporcionada por la D.C.A.

**PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO PARA 4 CARRI-
LES.**

Promedio horario de vehículos en un solo sentido (Cientos - de camiones).	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño para 4 carriles. (%)
2	96
4	90
8	84
12	80
16	77
20	76
24	74
28	74
32	75
36	77

Como el valor que tomamos $V_{ph} = 635 = 6.35$ (en -
cientos), se tendrá que interpolar linealmente para encon-
trar el porcentaje de vehículos pesados en el carril de di-
seño.

Como se verá también, es necesario conocer la relación de resistencias el cual como se dijo antes es la siguiente:

$$R_r = \frac{MR \text{ (Actuante)}}{MP \text{ (Disponible)}}$$

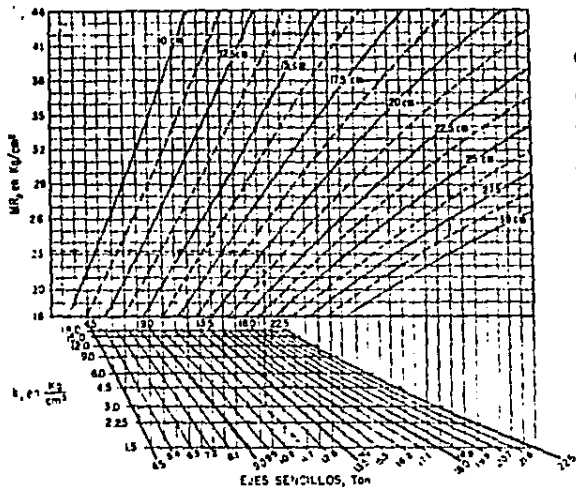
Se presentan las siguientes gráficas de diseño tanto para ejes sencillos como para ejes tandem, la cual proporciona los valores del Módulo de Reacción disponible según las cargas actuantes y el Módulo de Reacción de la Sub-rasante.

Por último y como el valor de los vehículos pesados se tendrán que distribuir en el número de vehículos a cada tipo esperado de eje circulante en el Fraccionamiento en provecho se presenta la tabla que proporciona la correlación entre la relación de resistencias y el número de repeticiones de carga correspondiente que se puede soportar sin falla. Dicha tabla es la siguiente:

CORRELACION ENTRE LA RELACION DE RESISTENCIAS DE UN PAVIMENTO RIGIDO Y EL NUMERO DE REPETICIONES DE LA CARGA CORRESPONDIENTE QUE SE PUEDE SOPORTAR SIN FALLA:

Relación de- Resistencias	No. permisible- de repeticiones	Relación de- Resistencias	No. permisible- de repeticiones
0.51	400,000	0.64	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	150,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

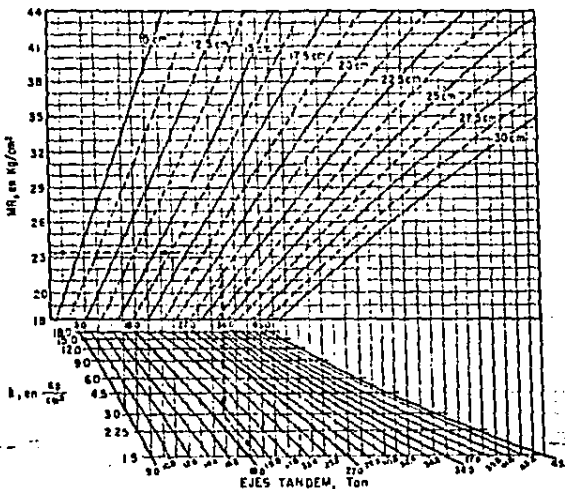
Pavimentos rígidos



Gráficas de Diseño para conocer el Módulo de Reacción Disponible, según las Cargas Actuales.

Gráfica de diseño para cargas en ejes sencillos. Pavimentos rígidos de carreteras (Ref. 2).

Gráfica de diseño, para carga en tandem. Pavimentos rígidos de carreteras (Ref. 2).



DISTRIBUCION DE VEHICULOS PESADOS:

Carga por eje en Toneladas.	Ejes equivalentes acumuladas	Factor de distribución porcent/1,000 ejes.	Beneficciones de carga esperada.
EJES SIMPLES:			
13.6	13'391,000	0.30	4,017
12.7	13'391,000	0.50	6,695
11.8	13'391,000	56.0	749,896
10.9	13'391,000	60.0	803,460
16.0	13'391,000	75.0	1044,495
EJES TANDEM:			
24.5	13'391,000	0.50	40,175
23.6	13'391,000	0.50	6,695.0
22.0	13'391,000	1.50	20,086.0
21.5	13'391,000	10.0	133,010
20.5	13'391,000	5.0	76,329.0
20.0	13'391,000	3.0	40,175
19.0	13'391,000	3.5	46,868.0
18.1	13'391,000	4.0	53,564

En el caso del problema se supone que los ejes que circularán tienen la carga que aparece en la columna uno de la tabla.

En seguida se elaborará una tabla que indica el porcentaje utilizado en la capacidad total del pavimento en el espesor supuesto, el valor en porcentaje nos indicará si el espesor que se supone es correcto o no. Según la P.C.A., para aceptar un espesor dado este debe proporcionar una capacidad del 100%, inclusive cifras mayores con tal de no exceder del 125%.

En el caso de que el porcentaje no sea el adecuado habrá de ser repetida la secuela de cálculo efectuando un nuevo tanteo en todo análogo al expresado en el que se utilice un espesor de losa menor al que se consideró.

A continuación se presentan los cálculos, en forma tabulada del diseño del pavimento rígido cuyo primer tanteo es con un espesor de 20 centímetros. Se presenta también, la explicación de los valores de la tabla y por último se concluye si el porcentaje es adecuado o no.

PRIMER TANTEO:

Carga - /oje n Ton.	Carga n/eje - 20% de im nacto en	Esfuerzo Actuante Kp/cm ² .	Relación de es - fuerzas.	Repeticiones de carga por sible.	Repeticiones de carga es- perada.	Utiliza de de cm nacidad total.
EJES SENCILLOS:						
13.6	16.3	26	0.54	130,000	4,017	2
12.7	15.2	25	0.52	500,000	6,695	2
11.3	14.2	23.6	0.49	-	749,896	0
10.9	15.1	21.0	-	-	803,160	0
10.0	12.0	20.0	-	-	1,044,493	0

EJES TANDEM :

24.5	29.1	23.3	0.60	52,000	4,017	13
23.0	28.3	22.4	0.58	57,000	6,695	12
22.6	27.2	26.5	0.55	130,000	20,036	15
21.8	26.1	25.2	0.52	300,000	133,010	45
20.8	25.0	21.3	0.51	400,000	76,328	19
20.0	24.0	23.3	0.49	-	40,173	0
19.0	22.8	22.5	0.47	-	46,868	0
18.1	21.8	22.0	0.46	-	53,563	0

= 10%

La tabla permite observar que el porcentaje utilizado de la capacidad de este pavimento con un espesor de 20 centímetros resultó de un 108% por lo que resulta bastante bueno y por lo tanto aceptable.

Explicación de la tabla. La columna 1 y 2 (carga por eje en toneladas y carga por eje más 20% de impacto), ya se explicaron con anterioridad por lo cual procederemos con la explicación a partir de la columna 3.

En la columna 3 aparece el esfuerzo Actuante en la losa en kg/cm^2 , el cual se determinó mediante las gráficas de diseño de las figuras que fueron expuestas, y cuyos valores se determinaron según los ejes sencillos o tandem, para lo cual se requirieron la carga en toneladas u el módulo "K", de la sub-base además de el espesor de la losa de tanteo.

La relación de esfuerzos (columna 4), se obtuvo dividiendo el esfuerzo actuante (columna 3) entre el módulo de ruptura del concreto ($f_R = 48 \text{ kg/cm}^2$).

Las repeticiones de carga permitidas (columna 5) se obtuvieron utilizando la tabla de correlación de resistencias expuesta en páginas anteriores. En la tabla se observa que para valores menores del 0.5 puede aplicarse cualquier número de veces sin falla, por ejemplo si la relación de resistencias es 0.51, la carga correspondiente puede actuar 40,000 veces antes de que produzca falla en la losa, pero una carga actuante que conduzca a una repetición de resistencias de 0.35 solamente podrá aplicarse 30 veces antes de causar ruptura en la losa.

El número de repeticiones de carga esperada (columna 6) se obtuvo mediante el estudio de una distribución estimada, de donde se tomó como base la distribución general

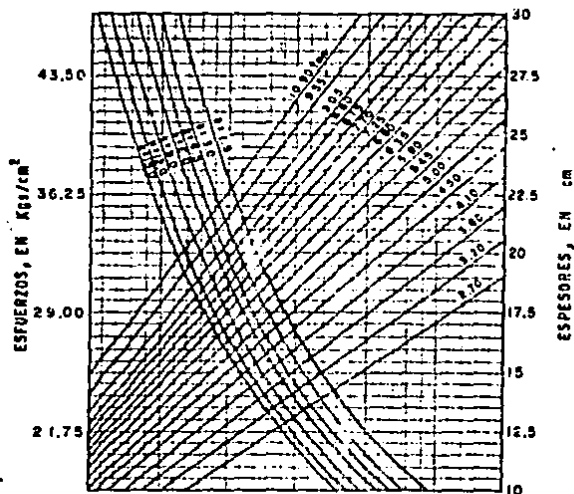
descrita anteriormente y el número de vehículos pesados por carril de diseño (13'391,000).

C O N C L U S I O N :

Se podrá notar que el método de la Asociación de Cemento Portland, depende de un análisis de tránsito cuidadoso, que implica una extrapolación de crecimiento futuro que no debe ser lo menos; será frecuente tener que realizar diseños en caso de que no se disponga de tal análisis; entonces será preciso recurrir a procedimientos de diseño menos sofisticados. La siguiente figura proporciona una gráfica para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, únicamente en función de la carga más pesada transmitida por vehículos de eje sencillo y eje doble. La gráfica considera el caso por otra parte normal, de que existen en las esquinas de las losas elementos adiguados para transmitir la carga a las losas adyacentes. Esta gráfica utiliza los mismos valores de los elementos mecánicos del concreto que han sido mencionados anteriormente para gráficas análogas y esta basada en fórmulas desarrolladas por "PICKETT", que tiene un carácter semi-empírico y toman en cuenta datos de comportamiento de campo. Para utilizar la gráfica deberá multiplicarse por 1.2, la carga correspondiente al eje dual más pesado que se espere (F.S. = 1.2 para cargas), y de dividirse el módulo de resistencia a la tensión. En flexión del concreto a la ruptura, entre 2 para obtener un valor de trabajo ($f_s = 2$ en la resistencia del concreto).

Cabe el comentario de que aunque el método expuesto en este trabajo como primordial, proporcionado por el P.C.A., para el diseño de espesores, incluye un análisis de tránsito completo, no debe considerarse de poco sentido práctico, pues no puede concebirse pensar en utilizar un pavimento de concreto en un Fraccionamiento en la que los datos sean desconocidos.

Los pavimentos de concreto se aplicarán siempre a calles y carreteras importantes de alto volumen de tránsito, en las que éste, obviamente estará bien estudiado.



Facilica de la P.C.A. para el cálculo de espesor de pavimentos según en cambio, carga de toda doble.

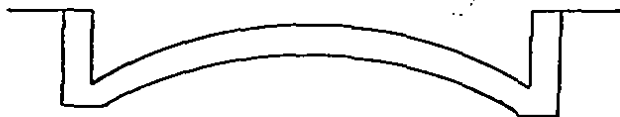
DRENAJE:

Bombeo:

Definición.- Sección curva de la carreta la cual constituye una obra superficial de drenaje, cuya función primordial es la de cuidar que el agua corra longitudinalmente en todo lo ancho de la calle y provoque trastornos de tránsito e infiltraciones a las terracerías y con esto la destrucción del pavimento.

La siguiente tabla especifica los bombeos recomendables según el tipo de superficie de la calle, debido al hecho de que el bombeo no depende exclusivamente de la precipitación pluvial.

Clase de Superficie	Bombeo Recomendable.	
	Mínimo	Máximo
Tierra	2%	8%
Grava o Macadam	1%	6%
Concreto o Pavimentos asfálticos	1/2%	3%



En carreteras con pavimento rívido el bombeo puede ser un po-
co menor, por ejemplo del orden de 1.5%.

Con el bombeo de la sección, el agua escurre -
hacia los lados de la calle, continuando en forma longitudi-
nal desembocando en las "bocas de tormenta", las cuales con-
ducen al drenaje subterráneo, siendo necesario situar éstas -
en número y capacidad de acuerdo con la intensidad del escur-
rimiento, dependiendo éste de la precipitación.

La velocidad de los escurrimientos para los -
cuales no provocaron erosión al concreto es 4.57 m/secs., to-
mándose el valor de 4.5 m/seg. para nuestro caso y con el -
cual se calculará el área y gasto hidráulico.

BOCAS DE TORMENTA.- Para encausar el agua que ha escurrido -
en dirección longitudinal hacia el drenaje subterráneo.

Las bocas de tormenta pueden situarse en forma
alternada a lo largo de la calle, pero los resultados han de-
mostrado que son más eficientes colocando éstas por pares en
lados transversales de la calle. Para saber si las secciones
de las bocas de tormenta van a ser suficientes en capacidad,
se necesita conocer en primer término el gasto dado real, -
para lo cual uno de los métodos más usados es el "Método de-
Precipitación", por tomar en cuenta como elemento fundamen -

tal la característica, o naturaleza del terreno, hay varias fórmulas para calcular la precipitación probable y desague, después de una tormenta. Una de las fórmulas más comunes para calcular el desague superficial es la que propone Burklie-Ziegler, la cual es:

$$Q = 0.022 C A h \sqrt[4]{S/A}$$

DONDE:

- Q = Gasto de la alcantarilla en m³/seg.
- C = Coeficiente de escurrimiento en cual depende de la naturaleza del terreno. Para pavimentos y zonas comerciales se toma el valor de 0.75
- A = Superficie tributaria en Has. (en nuestro caso se tiene una superficie de 3.25 Has.)
- h = Precipitación en cm/hr. (Correspondiente a la lluvia más intensa registrada en un lapse, no menor de 10 años y con duración, por lo menos 60 min.). Aquellas precipitaciones que en el año llegan a ser menores de 30 mm., se desechan por no influir en la erosión de un pavimento. En nuestro caso se eñ mediciones registradas promedio en los 10 años fue de 37.4 mm. (3.74 cm)

S = Pendiente del terreno en π . (‰), en nuestro caso la pendiente que se toma por especificación (para concreto o pavimentos asfálticos) fue de 3% (.03), se tiene un valor de $S = 0.03 \times 1000 \pi = 30 \pi$.

DE LO ANTERIOR:

$$C = 0.75$$

$$A = 5.25 \text{ Has.}$$

$$h = 3.74 \text{ cm.}$$

$$S = 30 \pi.$$

$$Q = 0.022 (0.75) (5.25) (3.74) \sqrt[4]{30 \cdot 5.25}$$

$$= 0.3496 \pi^3/\text{seg.}$$

$$\text{Como } 1 \pi^3/\text{seg.} = 1000 \text{ lts/seg.}$$

$$Q = 0.3496 (1000) = 349.6 \text{ lts/seg.}$$

$$Q = 349.6 \text{ lts/seg.}$$

Dado de que las alcantarillas estarán colocadas por pares en ambos lados de las calles, resulta que el costo para cada una será la mitad del costo por drenar y por lo tanto:

$$Q = \frac{349.6}{2} = 174.79 \text{ lts/seg.}$$

La Secretaría de Obras Públicas especifica que los diámetros de las tuberías para alcantarillas sean de 8" a 10" utilizándose estas comúnmente, para nuestro caso si utilizamos un diámetro de 8" la sección nos dará:

$$A = \frac{\pi}{4} 0.2^2 = \frac{\pi}{4} (.2)^2 = 0.03 \text{ m}^2.$$

Sin embargo se tendrá que comprobar si la sección cumple con las necesidades, siendo la más importante el apartado que corresponda a la velocidad del agua analizándose de la siguiente forma:

$$Q = V \Rightarrow V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{174.79}{0.03} = 5.826 \text{ m/sec.} > 4.5$$

De lo anterior se deduce que el diámetro de 8" no es suficiente por lo tanto es necesario ampliar la sección dándosele un diámetro de 9" proporcionando una sección:

$$A = \frac{\pi}{4} (.228)^2 = 0.041$$

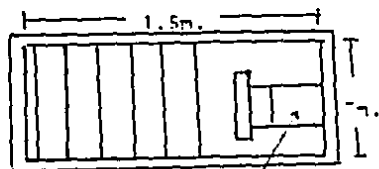
$$\Rightarrow V = \frac{174.79}{.041} = 4.25 < 4.5 \text{ m/sec.}$$

Esto indica que la sección proporcionada con diámetro de 9" es aceptable.

Las distancias a las cuales se colocarán las alcantarillas depende de la capacidad de superficie que puedan drenar, por lo cual se colocarán bocas de tormenta en lugares estratégicos, éstos se señalarán en el plano indicando la su-

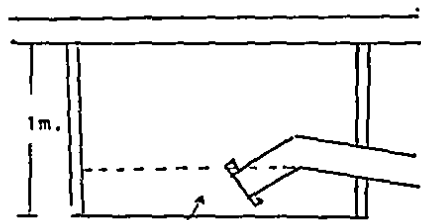
perficie por drenar cada una, para el caso que nos concierne a nosotros, pondremos la forma y dimensiones aceptadas por la Dirección de Obras Públicas del Estado de Michoacán.

La superficie por drenar es aproximadamente - de 3,600 m².



Tubo de 9 Pul.

a) Planta



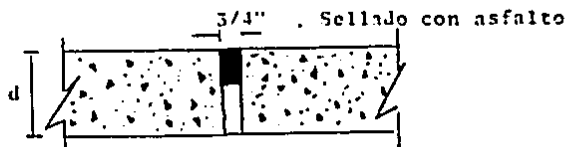
Asolvas

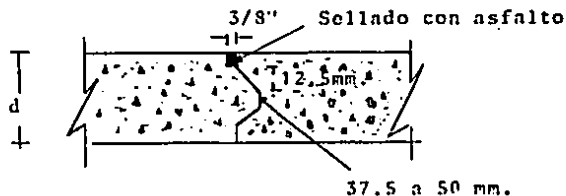
b) Corte

JUNTAS DE DILATACION O EXPANSION:

Su función primordial es proveer un espacio para la dilatación o expansión de las losas, limitando con ello, los esfuerzos de compresión que puedan ocurrir en el pavimento y que produce levantamientos y doblamientos del mismo. La junta de dilatación se forma dejando un espacio aproximado de $3/4$ de pulgada entre las losas adyacentes y rellenándolas también con un material compresible, igualmente se usa este tipo de juntas cuando el pavimento llega hasta un límite en que comienza alguna estructura; ya que la dilatación de las losas pueden provocar daños en la estabilidad de ella.

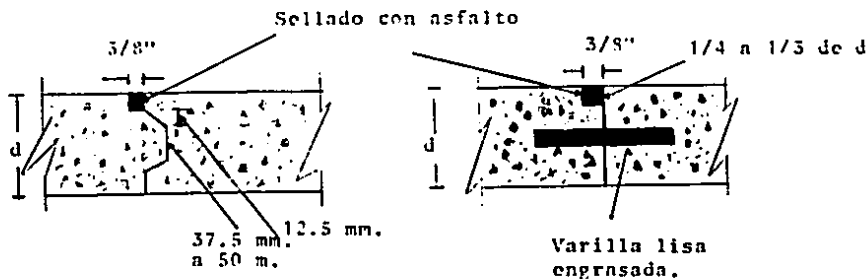
Por otra parte no conviene proveer juntas de dilatación cuando son innecesarias. Es preferible que eventualmente se origine en el concreto algunos esfuerzos a la compresión (que dicho material resiste fácilmente).





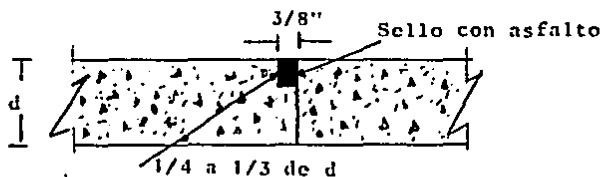
JUNTAS DE CONSTRUCCION TRANSVERSAL:

Se harán al terminar el trabajo; Al finalizar el día o por interrupción imprevista. Estas pueden ser de dos tipos machihembradas y de tope. En la primera las cargas son transferidas de una losa a la otra; en la segunda, las cargas son transferidas por medio de barras de amarre pintadas y engrasadas (para así impedir la adherencia), y que atraviesen perpendicularmente a la junta.



JUNTAS DE CONTRACCION TRANSVERSAL:

Se encuentran formando ángulos rectos con la línea central de la calle, estas juntas se instalan en el pavimento para limitar los esfuerzos de tensión en el mismo, a fin de que funcionen de manera adecuada deben tener la propiedad de poder abrirse cuando la contracción ocurra, siendo esta la razón por la cual las losas adyacentes no deben unirse, y se usan en los casos de los agregados más duros (cuarcitas, granitos, etc.), las sierras de carburo, son mucho más baratas, y apropiadas para los agregados blandos (caliza, arenisca, roca volcánica de la más suave), y la anchura de la ranura que forman es de unos 6 mm. El corte no se efectúa cuando el concreto está aun fresco, sino hasta que adquiere un grado apropiado de endurecimiento y no debe estar demasiado suave, pues se aflojarían las partículas de los agregados, tampoco debe esperarse a que el proceso de endurecimiento progrese excesivamente, pues entonces se dificultará el corte y se aumentará el desgaste de las sierras que son costosas por lo que para evitar que la contracción del concreto produzca agrietamientos no debe demorarse el corte sino hacerlo el día siguiente del colado.



JUNTAS LONGITUDINALES:

El pavimento se divide en carriles de tránsito de 3.0 a 4.0 metros de ancho, mediante juntas longitudinales de construcción machihembrada (que se forman mediante las formas laterales), este tipo de junta proporciona un soporte en los bordes (transmite carga a la losa adyacente), pero le permite una pequeña rotación entre las losas; sin embargo no debe haber una apreciable separación entre estas losas. El objeto primordial de estas juntas es aliviar los esfuerzos de alabeo provocados por diferencias de humedad y/o temperatura entre la parte superior e inferior de las losas.

VI.- APLICACIONES DE ESTOS PROCESOS A FRACCIONAMIENTOS EN GENERAL:

El estudio llevado a cabo en la siguiente obra, - consiste en los estudios para pavimentación de un fraccionamiento, localizado en la ciudad de Zamora, Michoacán. Cu - briendo un área de construcción de aproximadamente - 250,000 m², sin embargo, en general podemos decir lo siguiente:

Cualquier proyecto de pavimentación puede dividirse en un número determinado de procesos u operaciones, cada uno de los cuales puede ejecutarse por diferentes combinaciones de métodos de construcción, equina, capacidad de cuadrillas y horas de trabajo, etc., pero los procedimientos técnicos presentados aquí, deben llevarse a cabo en todo proyecto de pavimentación de concreto hidráulico.

Los procesos enunciados en la presente obra como ya se dijo, no difieren técnicamente para otro estudio en el cual se pretenda el mismo fin, es decir, la obtención de un pavimento de concreto hidráulico, pero existen características que conllevan estudios por separado y que aunque la técnica sea la misma, los resultados obtenidos pueden ser distintos. Tales estudios son los que definen, de acuerdo con las características propias del lugar, las diferencias existentes entre los pavimentos.

Se puede decir que la diferencia que se encuentra es la que nos proporcionarían los estudios que a continuación se mencionan:

- 1.- INVESTIGACION DEL LUGAR.- Investigaciones en el campo, para determinar las condiciones superficiales y subterráneas para que el material no pierda sus propiedades.
- 2.- INSPECCION VISUAL.- Se considera a este estudio como un paso preliminar esencial con el cual encontramos datos de importancia y de gran ayuda como son por ejemplo: Proporcionar datos sobre los suelos superficiales, el agua superficial, las pendientes, etc.
- 3.- LA INVESTIGACION.- La investigación puede proporcionar mucha información útil a bajo costo. Se logra interrogando a las personas del lugar, las inundaciones y las condiciones del agua bajo tierra, en fin toda la información posible del

ligar que proporcionen los datos que en un momento dado evi-
tarán el costo innecesario del pavimento.

1.- ESTUDIOS GEOLOGICOS.- Cuando son realizados por especia-
listas proporcionan información sobre las condiciones del -
suelo.

El panorama que se abre al diseñador es como-
se puede ver, bastante amplio, por lo cual, la precisión y-
dedicación de los estudios antes mencionados serán puntos -
de partida para tomar una decisión óptima. Por ejemplo; co-
mo la mayoría de los pavimentos de concreto hidráulico se -
diseñan tomando en cuenta las características que posea la-
sub-rasante del terreno, el hacer un estudio detallado de -
las propiedades de esta, es un proceso técnico del cual to-
do diseñador de pavimentos deberá tomar muy en cuenta.

Una vez realizados y analizados los estudios-
anteriores, se procede al análisis del suelo de la sub-ra-
sante y de los bancos de materiales disponibles como se -
muestra en el cuerpo de esta obra, tomando en cuenta las po-
sibles cargas actuantes sobre el pavimento, obtenidas éstas
del estudio del tránsito.

Estos estudios son los que el diseñador debe-
rá tomar en cuenta en el proceso de la obra que realice.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Aplicando los procesos antes mencionados a -
nuestro proyecto, nos encontramos que el suelo que conforma
la subrasante tiene las siguientes características.

- 1.- Presentó un índice plástico del 50%.
- 2.- Contracción lineal de 19.3
- 3.- Valor relativo de soporte (V.R.S.) de 16%
- 4.- Una humedad de prueba de 33.5

Como el índice plástico y la contracción lineal resultaron altas, el material del suelo de la subrasante es de características arcillosas, además como la contracción lineal resultó también alta es de esperarse que se presenten hufamientos.

Atendiendo a los resultados de la subrasante se proponen las siguientes recomendaciones:

a).- Como el índice de plasticidad es del 50%, valor muy por arriba del que recomiendan las especificaciones para material de la subrasante (10% máximo), se recomienda formar una capa de material granular que cumpla las funciones de una sub-base de un espesor relativamente delgado y proveniente de uno de los bancos disponibles. Se recomienda que esta capa tenga un espesor de 10 cms., y compactarla hasta lograr la estabilización.

b).- Logrado lo anterior, se colocará una capa de base de 15 centímetros de espesor de una mezcla en proporción 60-40 en volumen de los materiales siguientes: Granular "La Rinconada" y del lugar respectivamente.

Esta mezcla deberá homogeneizarse y humedecerse hasta alcanzar su humedad óptima, tenderse y compactarse - al 95% de su peso volumétrico máximo.

c).- Se recomienda estabilizar la cana de base, mediante un riego de impregnación con asfalto rebajado FM-9, a razón de 1.5 lts/m², después de dar el 95% de compactación - mínimo y que el grado de humedad lo permita.

DISEÑO DEL PAVIMENTO.- El diseño del pavimento está basado en las recomendaciones y especificaciones del P.C.A. (Asociación de Cementos Portland).

El curado de la losa podrá hacerse por los métodos tradicionales recomendados por los reglamentos de construcción a base de riegos de agua o con membrana impermeable.

BIBLIOGRAFIA:

MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.
(Carlos Crespo Villalaz).

LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS FERREAS.
(Alfonso Rizo y Herminio del Castillo).

MANUAL DEL INGENIERO CIVIL.
(Frederick S. Merritt).

**PRACTICA RECOMENDADA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS
DE CONCRETO.** (A.C.I. 315 - 381).
(Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento, -
A.C.).