

88
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**APLICACION DE DIFERENTES METODOS
DE DISEÑO A UN TRAMO CARRETERO**

**T R A B A J O E S C R I T O
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
CIRILO ANTONIO LOPEZ PERALTA**

MEXICO. D. F.

1 9 8 7



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TEMA: APLICACION DE DIFERENTES METODOS DE DISEÑO A UN TRAMO CARRETERO

CAPITULOS:

- 1. INTRODUCCION
- 11. METODOS DE DISEÑO
 - 11.1 METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA (UNAM)
 - 11.2 METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO (E.U.A)
 - 11.3 METODO PORTER MODIFICADA
 - 11.4 METODO FRANCES (Catálogo de estructuras)
- 111. PROYECTO DE PAVIMENTACION
- IV. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

I. INTRODUCCION

Actualmente en el área de las vías terrestres, particularmente en carreteras pavimentadas, se realizan en forma continua, un sin número de investigaciones sobre la obtención de métodos óptimos y eficientes, para el diseño de secciones estructurales de pavimentos asfálticos.

Para llevar a cabo la estructuración del pavimento, es necesario evaluar la resistencia de los materiales, así como las solicitaciones o cargas (tránsito) a que estará expuesta la estructura.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como primer objetivo, aplicar cuatro de los métodos de diseño más usuales a un tramo de carretera en construcción y, comparar posteriormente los resultados de los parámetros de resistencia y los espesores totales en grava equivalente. El segundo de los objetivos es definir la sección estructural más segura y económica en base a los datos de los espesores totales calculados por medio de los cuatro métodos.

11.1 METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA (UNAM)

11.1.1 INTRODUCCION

El método de diseño del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, está basado en la teoría y en la experiencia. Las proposiciones de sus curvas de diseño para diferentes niveles de confianza, tienen de antecedente estudios realizados en evaluaciones del comportamiento de carreteras típicas del país, en tramos de prueba (Izúcar-Matamoros y Salinas-Soto la Marina) y en la pista circular ubicada en el mismo Instituto de Ingeniería.

Dentro del criterio, se emplean los conceptos de capacidad de carga en suelos cohesivos y la teoría de distribución de esfuerzos verticales (σ_z) de Boussinesq, deducidos para una placa circular, flexible, apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico, homogéneo e isotrópico para las capas de base, sub-base, subrasante y terracerías; considerando particularmente que en la carpeta asfáltica la falla se presenta por esfuerzos de tensión, debido a lo delgado de su espesor.

Por otra parte, para el desarrollo del comportamiento a fatiga de los suelos, ocasionada por repeticiones de carga de un eje sencillo estándar de 8.2 ton., y una pre---

sión de inflado de las llantas de 5.8 kg/cm^2 , supone que la carretera más económica es aquella que tiene una resistencia relativa uniforme en todas sus capas y llega a la falla, cuando a recibido el número de cargas equivalentes (ΣL) especificadas para la vida de proyecto de la carretera. Por lo tanto, si la resistencia relativa en las diferentes capas de la estructura no es uniforme, la capa de resistencia mínima determinará la vida de servicio de la carretera.

Para la evaluación de la resistencia de los materiales que serán utilizados en las distintas capas, se utiliza el valor relativo de soporte crítico en el lugar (\widehat{VRS}_z), siendo este un indicador representativo de la capacidad de carga de los materiales.

El nivel de confianza se considera dentro del criterio un elemento indispensable, puesto que permite elegir dentro de las cuatro gráficas de diseño, la correspondiente al nivel de confianza elegido a base de criterios probabilísticos y de la experiencia adquirida por el Ingeniero diseñador.

11.1 DESCRIPCION DEL METODO

11.1.1 CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE

1. Se estima en primer lugar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), ya sea, por medio de aforos realizados en el tramo en estudio, o tomados de datos proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes --- (S.C.T).
2. Se elige la tasa de crecimiento anual (r), así como el periodo de diseño (n).
3. Con la tasa de crecimiento anual (r) y el periodo de diseño (n), se calcula el coeficiente de acumulación de -- tránsito para ese periodo.

Para calcular este coeficiente puede utilizarse la Fig. No. 1 ó la siguiente expresión.

$$C_T = 365 \frac{((1+r)^n - 1)}{r}$$

Donde :

- C_T - Coeficiente de acumulación de Tránsito
- r - Tasa de crecimiento anual, en décimas.
- n - Período de diseño, en años.
- 365 - Número de días por año.

4. Para facilitar el cálculo del número de cargas estándar--

equivalente a 8.2 ton. acumuladas al final de la vida útil de la carretera, se construye una tabla como la que se indica en la Fig. 2 .

5. EXPLICACION DEL CALCULO DE LA TABLA

- 5.1 En la columna (a) de la tabla se colocan los tipos de -- vehículos que circularán en ambos sentidos de la carre-- tera.
- 5.2 El porcentaje de vehículos que circularán en ambos sen -- tidos, es situado en la columna (b) .
- 5.3 Se ubica en la columna (c) el número de vehículos que -- circularán en ambos sentidos .
- 5.4 Se obtienen los valores de la columna (d), multiplicando los valores de la columna (c), por los siguientes coefi-- cientes; 0.5 cuando la carretera consta de 2 carriles, - para 4 carriles el coeficiente varía de 0.4 a 0.5 y para 6 ó más carriles de 0.3 a 0.4 .
Los valores de la columna (d) representan la cantidad de cada tipo de vehículos cargados (siendo éste el caso más desfavorable) que circularán en el carril de diseño .
- 5.5 En la columna (e) son colocados los coeficientes de daño ocasionados por los vehículos vacíos ó cargados . Los coeficientes son obtenidos por medio de la siguiente expresión :

$$\text{Log } d = \frac{\text{Log } \sigma_z(1) - \text{Log } \sigma_z(\text{eje equivalente})}{\text{Log } 1.5}$$

Donde: d = coeficiente de daño .

$$\sigma_z(1) = P \left[1 - \frac{z^3}{(a_1^2 + z^2)^{3/2}} \right]$$

$$\sigma_z(\text{eq}) = 5.8 \left[1 - \frac{z^3}{(15^2 + z^2)^{3/2}} \right]$$

Para obtener los valores de "a", se usan las siguientes expresiones, que representan los 3 tipos de ejes.

EJE SENCILLO	EJE TANDEM	EJE TRIPLE
$a_1 = \sqrt{1000 P / 2 \pi p}$	$a_2 = \sqrt{1111 P / 4 \pi p}$	$a_3 = \sqrt{1333 P / 6 \pi p}$

Donde:

P - Carga total del conjunto (sencillo, tándem, triple) en ton.

p - Presión de contacto, en Kg/cm².

Z - Profundidad a donde se desea calcular el daño, en -- cm.

a - Radio del Area para un eje sencillo en centímetros.

π - 3.1416.

Para profundidades menores de 30 cm., se recomienda considerar los conjuntos Tándem y Triple como constituidos por dos otros ejes sencillos independientes, respectivamente, y el daño del conjunto será la suma de los daños de dichos ejes independientes.

5.6 Al multiplicar las columnas (e) y (d) se obtienen los --

valores de la columna (f). Estos valores indican el número de ejes sencillos equivalentes a 8.2 ton.

5.7 Los valores que se encontraron en la columna (f), son sumados, dando como resultado, el número de ejes equivalentes para un tránsito inicial (T_0).

5.8 Se calcula el número de ejes equivalentes acumulados durante el período de diseño, multiplicando el coeficiente de acumulación del tránsito (C_T) por el tránsito equivalente en el año inicial (T_0).

$$\Sigma L = C_T T_0$$

Donde:

ΣL = Número de ejes equivalentes acumulados en el período de diseño.

C_T = Coeficiente de acumulación de tránsito.

T_0 = Tránsito equivalente en el año inicial.

II.1.1.2. CALCULO DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE.

Para poder valuar la resistencia de las capas de la base, sub-base y terracerías, se hace por medio del valor relativo de soporte crítico (\widehat{VRS}_2) esperado en el campo durante toda la vida útil de la carretera.

La expresión que permite estimar el valor relativo de soporte crítico (\widehat{VRS}_2) se indica a continuación.

$$\widehat{VRS}_2 = \overline{VRS} (1 - 0.84 V)$$

Donde:

\overline{VRS} - Valor relativo de soporte medio esperado en el --

campo.

V = Coeficiente de variación del valor relativo de soporte.

0.84 - Coeficiente para un nivel de confianza de 80 por ciento en la estimación del \widehat{VRS}_z .

Para valuar el VRS en el laboratorio, el Método recomienda utilizar el procedimiento propuesto por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica. En la ecuación que permite calcular el \widehat{VRS}_z esperado en el campo, se observa que el coeficiente de variación -- (V) se usa para tomar en cuenta la variación de la resistencia de los materiales en el lugar, con relación a su media. Esta corrección no debe emplearse si el \widehat{VRS}_z es mínimo, como en el caso que se tiene al emplear el método del Cuerpo de Ingenieros, dentro del cual se elige el mínimo VRS probable dentro de las condiciones esperadas en la carretera.

II.I.3. CALCULO DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS.

Para determinar los espesores de las diferentes capas del pavimento, se hace uso de las curvas que se indican en las Figs. 3, 4, 5 y 6.

Para definir la curva que se utilizará, dependerá del nivel de confianza (Q_u) que se estime para el proyecto. La elección del nivel de confianza correspondiente a cada uno de los casos particulares que se presenten, dependerá en gran parte de la experiencia del ingeniero en

cargado del diseño para estimar éste coeficiente, el método sugiere tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo e importancia de la carretera
- Control y procedimientos de construcción
- Riesgo y grado de conservación

Desde el punto de vista práctico se recomienda utilizar un nivel de confianza que se encuentre dentro del rango de 0.6 a 0.9, el cual cubre todas las opciones necesarias para casos usuales.

A mayor nivel de confianza los espesores serán mayores y la estructuración que resultará será mejor, encontrándose ésta del lado de la seguridad.

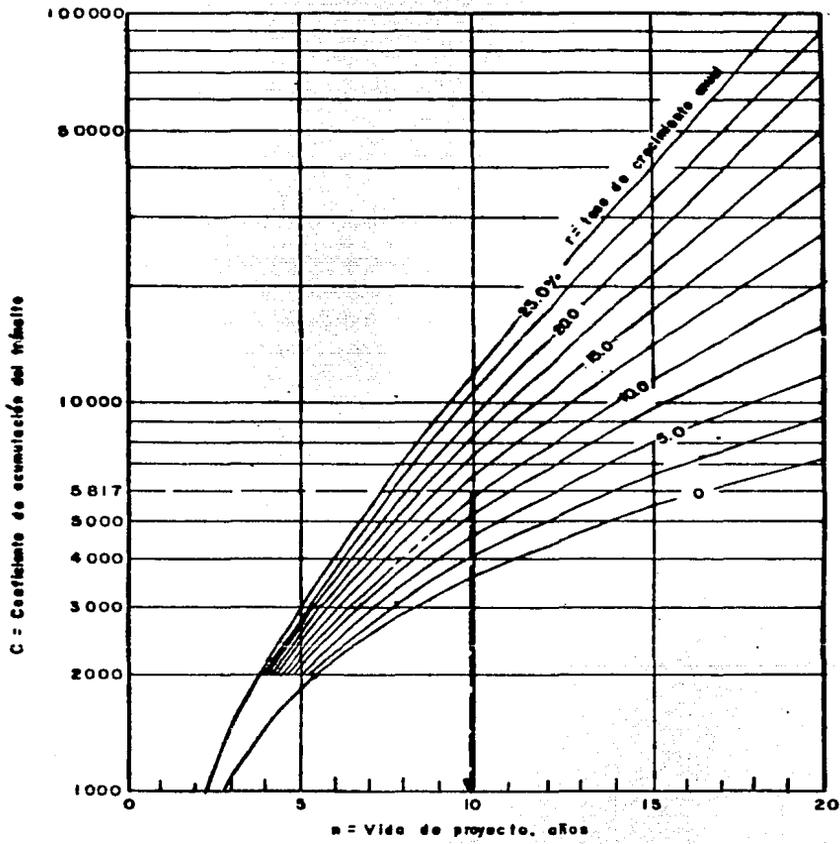
A las gráficas de las figuras 3 a 6 se entra con los datos siguientes:

- a).- Nivel de confianza (Qu)
- b).- Número de ejes equivalentes a 8.2 ton. acumulados durante el período de diseño (ΣLn).
- c).- El valor relativo de soporte obtenido en el laboratorio por medio del cuerpo de Ingenieros.

En cada una de las figuras (3,4,5 y 6), se indica en forma esquemática el procedimiento para obtener el espesor en grava equivalente en centímetros a partir de la capa de material considerada.

Primero se obtiene un espesor sobre las terracerías, posteriormente otro sobre la subrasante, después otro sobre la sub-base y así sucesivamente en función del VRS de cada capa.

El espesor real de las capas de carpeta, base y sub-base se obtiene dividiendo el espesor en grava equivalente entre el coeficiente de resistencia estructural correspondiente a la capa en estudio. Estos coeficientes aparecen en cada una de las figuras antes mencionadas.



$$C = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Fig. 1 Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

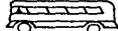
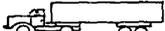
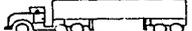
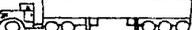
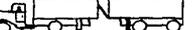
TIPO DE VEHICULO (a)	Porcentaje de vehículos ambos lados (b)	Nº de vehículos ambos lados (c)	Nº de vehículos en el carril de clasificación (d)	Coeficiente de daño por tránsito (e)				Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas (f)			
				Z=0 cms.	Z=15 cms.	Z=30 cms.	Z=60 cms.	Z=0 cms.	Z=15 cms.	Z=30 cms.	Z=60 cms.
A ₂ 				0.004	0.000	0.000	0.000				
A' ₂ 				0.536	0.064	0.023	0.015				
B ₂ 				2.000	1.890	2.457	2.939				
C ₂ 				2.000	1.890	2.457	2.939				
C ₃ 				3.000	2.817	2.457	2.940				
T ₂ -S ₂ 				4.000	4.358	4.747	5.760				
T ₃ -S ₂ 				5.000	5.285	4.747	5.761				
T ₃ -S ₃ 				6.000	5.239	4.746	5.758				
C ₂ -R ₂ 				4.000	4.972	7.037	5.579				
T ₂ -S ₁ -R ₂ 				5.000	6.513	9.327	11.399				
T ₃ -S ₂ -R ₄ 				9.000	10.221	9.327	11.403				
TOTAL				Tránsito equivalente inicial (T ₀)							

FIG. 2

TABLA PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES
SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS.

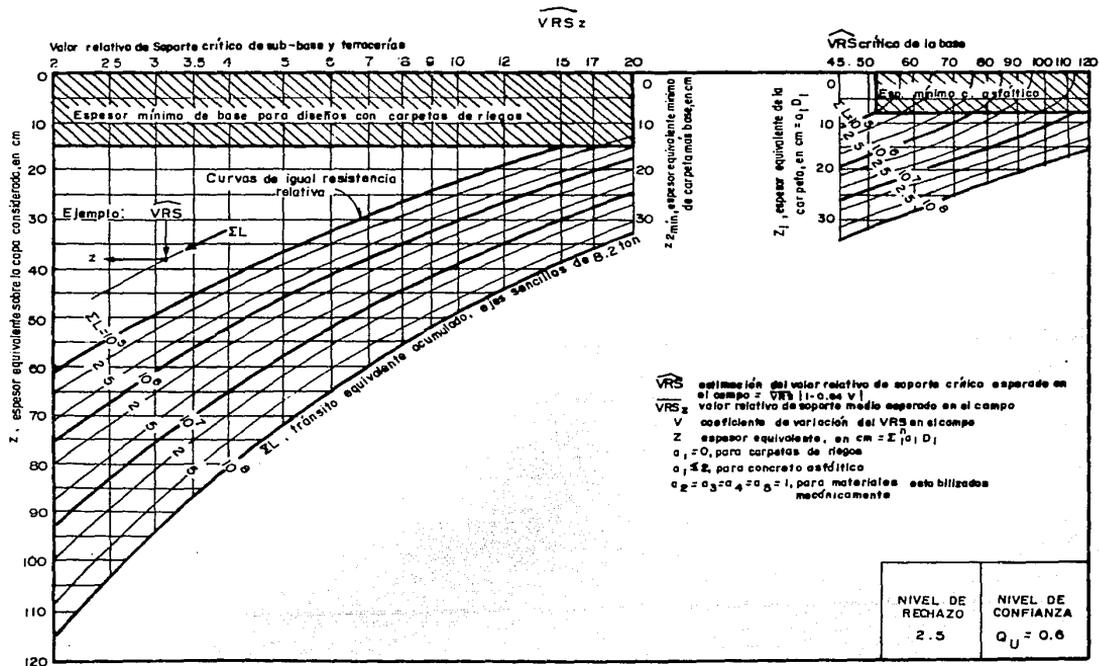


Fig. 3 Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

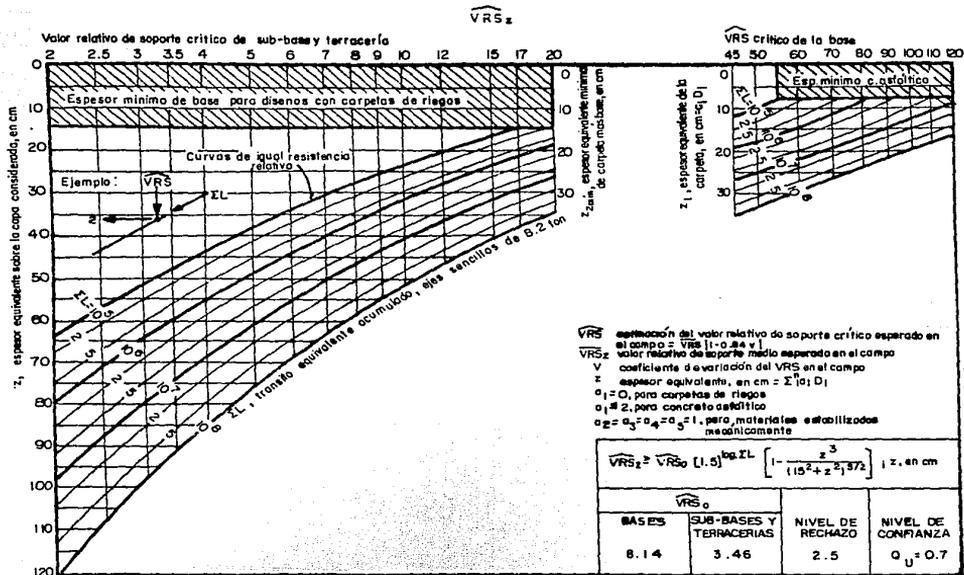


Fig. 4 Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

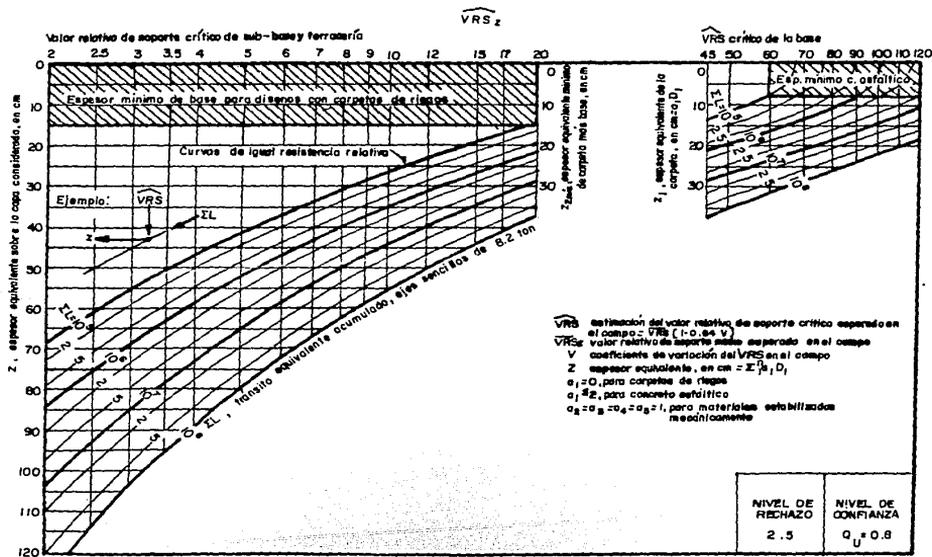


Fig. 5 Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

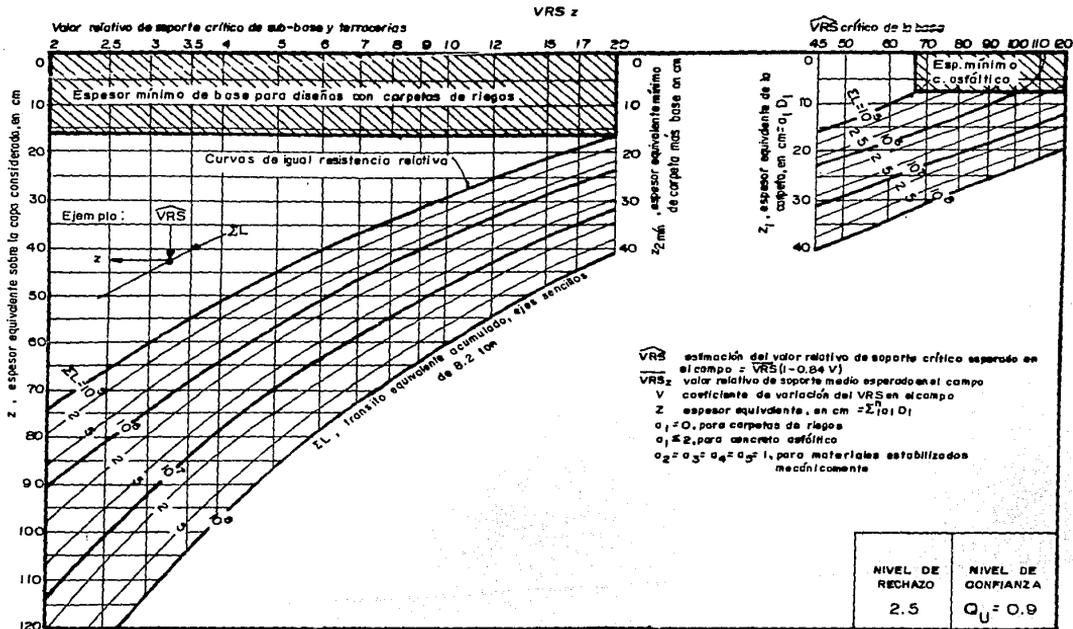


Fig. 6 Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

II.2 METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO (E.U.A)

II.2.1 INTRODUCCION

El procedimiento de diseño propuesto por el Instituto de Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica se basa en nomogramas y tablas obtenidas a través de la experiencia acumulada por la misma Institución.

El método recomienda utilizar para la valuación de la resistencia de los materiales, el valor relativo de soporte (VRS), propuesto por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos de Norteamérica.

Por otra parte, considerando al tránsito un factor muy importante para el diseño del pavimento, el criterio hace referencia particular al número de tránsito para Diseño (NTD), cuya interpretación se define como el promedio diario de cargas equivalentes de 8.2 ton., dispuestas en un eje sencillo durante un período de diseño de la carretera de 20 años.

Básicamente, el criterio consiste en determinar los espesores de las capas del pavimento, haciendo uso de los Parámetros de resistencia y el Tránsito de Diseño obtenidos. Estos espesores son obtenidos en concreto asfáltico, por lo que se tendrán que convertir a grava equivalente a base de equivalencias de espesores entre diversos materiales.

II.2.2 DESCRIPCION DEL METODO

CALCULO DEL TRANSITO DE DISEÑO

- 1.- Se estima el Tránsito Diario Promedio Anual (T.D.P. A.) en ambas direcciones ya sea por medio de aforos, llevados a cabo en el tramo de la carretera - en estudio ó extraído de los libros de datos viales editados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).
- 2.- El número de camiones pesados en el carril de diseño se calcula mediante la expresión siguiente:

$$N = TDPA \times a \times b$$

Donde:

- N - Número de camiones pesados en el carril de diseño.
- TDPA - Tránsito Diario Promedio Anual.
- a - Porcentaje de camiones pesados en ambas direcciones (B - Autobuses; C - Camiones y Trocas).
- b - Porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño. El método propone utilizar los porcentajes siguientes según sea el número de carriles de que consta la carretera; para 2 carriles 50%; para 4 carriles entre el 35 y 48% y para 6 ó más carriles entre el 25 y 48%.

- 3.- Se calcula el promedio del peso bruto de los vehículos pesados multiplicando el TDPA por los por--centajes de cada tipo de vehículos y su peso res--pectivo, posteriormente estos valores son sumados y el resultado es dividido entre el porcentaje de camiones pesados en ambas direcciones, obteniendo así el valor buscado.
- 4.- Para obtener el Número de Tránsito Inicial (N.T. I.), se hace uso del monograma que aparece en la Fig. 7. Al monograma se entra con el promedio -- del peso bruto de los vehículos pesados, el número de camiones pesados y la carga máxima límite -- por eje sencillo considerado en el país. La carga máxima en la República Mexicana se considera -- que es de 10 ton. (22,050 libras).
- 5.- PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL NUMERO DE TRANSITO INICIAL (NTI) EN EL MONOGRAMA.
 - a) Se fija el valor medio del peso bruto de los -- vehículos pesados en el eje "D", ya sea en toneladas o en miles de libras.
 - b) Se une por medio de una línea recta el punto -- anterior con el número de camiones pesados en el carril de diseño en el eje C, prolongándose ésta hasta cortar el eje "B".
 - c) Se fija en el eje "E" el límite de carga legal

para eje sencillo prevaleciente en el país; este punto se une con el encontrado en el eje -- "B" a base de una recta, la cual se prolonga -- hasta el eje "A", donde se lee directamente el número de tránsito inicial (NTI).

- d)- Se establecen los valores del periodo de diseño -- del pavimento (n) y el de la tasa de crecimiento -- anual (r); con éstos valores se obtiene haciendo -- uso de la Tabla 1 el factor de corrección del NÚ -- mero de Tránsito de diseño (NTI).
- f)- Multiplicando el factor de corrección por el NÚme -- ro de Tránsito Inicial (NTI), se determina el NÚ -- mero de Tránsito de Diseño (NTD).

II.2.3 CALCULO DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)

El método del Instituto del Asfalto propone que -- se utilice para la valuación del VRS, el procedi -- miento definido por el Cuerpo de Ingenieros Mili -- tares de los Estados Unidos de Norteamérica, eli -- giéndose de estos valores así obtenidos el corres -- pondiente al 90 percentil y cuyo procedimiento -- de obtención se indica a continuación:

El conjunto de valores obtenidos en las pruebas -- de resistencia para una capa determinada son orde -- nados de menor a mayor en forma de columna, poste -- riormente en el mismo orden se observa cuantos va

Por lo tanto primero se obtiene un espesor sobre las terracerías, posteriormente sobre la subrasante, después sobre la sub-base y así sucesivamente en función del VRS de cada capa (así se aplica en México).

Los factores de conversión de concreto asfáltico a las diferentes capas del pavimento son los que se muestran en la Tabla 2.

El criterio del Instituto del Asfalto de Estados Unidos de Norteamérica fija como espesores mínimos de carpeta de concreto asfáltico los que aparecen en la Tabla 3, en el caso de que se construya sobre base asfáltica y los de la Fig. 9, si se construye encima de una base hidráulica.

lores mayores ó iguales que hay en cada uno de los renglones colocados de arriba hacia abajo, anotándolos en otra columna a la derecha de cada renglón; en seguida se hace la relación de éste número entre el número total de valores y se multiplica por 100, obteniéndose con esto el porcentaje de valores que tienen igual o mayor valor que el del renglón estudiado, a continuación se elabora una gráfica de VRS contra porcentaje y se elige el VRS correspondiente al 90%. Este valor así definido da entender que el 90% de los valores son mayores al elegido y el 10% restante son menores.

11.2.4 CALCULO DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS

Con los valores del Número de Tránsito de Diseño (NTD) y el Valor Relativo de Soporte (VRS) previamente obtenidos, se entra al nomograma de la Fig. 8, para determinar directamente el espesor necesario de concreto -- asfáltico (T_A) sobre la capa considerada.

El nomograma está adaptado para utilizar como valor -- soporte, el Valor Relativo de Soporte (VRS ó CBR) y la prueba de placa. Sin embargo, debido a la carencia tanto técnica como de instrumentación en México sobre la prueba de placa, se sigue utilizando actualmente la prueba del Valor Relativo de Soporte (VRS).

Período de diseño en años (n).	Tasa de crecimiento anual, por ciento (r)					
	1	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{Factor} = \frac{(1+r)^n - 1}{20r}$$

TABLA I FACTORES DE CORRECCION PARA EL
 NUMERO DE TRANSITO INICIAL -
 (ITN).

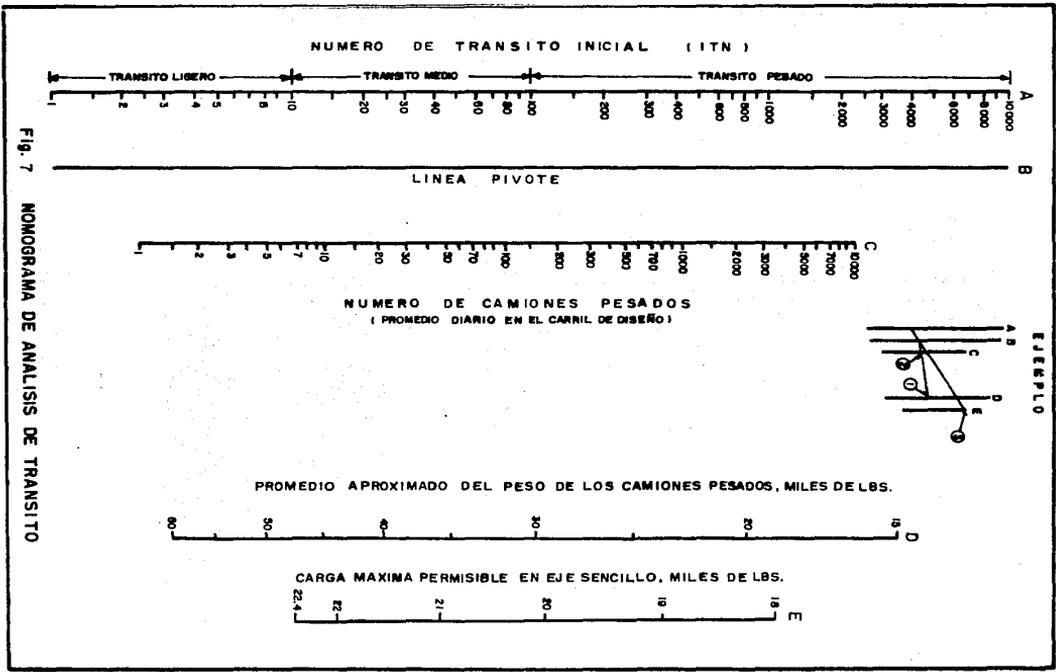
Copos convencionales	Para obtener el espesor equivalente de x cm. de concreto asfáltico multiplíquese por :
Bases asfálticas de arena, mezclas en planta.	1.3
Bases asfálticas elaboradas con asfaltos líquidos o emulsificados.	1.4
Bases granulares de baja calidad (VRS < 20%)	2.7
Bases granulares de alta calidad (VRS > 100%)	2.0

TABLA - 2

ESPEORES MINIMOS PARA CARPETA DE CONCRETO
ASFALTICO SOBRE BASES ASFALTICAS

Número de tránsito de diseño (D.T.N.)	Espesor Mínimo (cm)
Menor de 10 (tránsito ligero)	5
Entre 10 y 100 (tránsito medio)	7
Mayor de 100 (tránsito intenso)	10

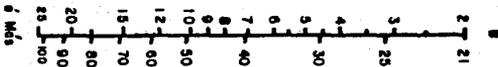
T A B L A - 3



ESPESOR TOTAL EN PULGADAS DE CONCRETO ASFALTICO ARRIBA DE LA SUBRASANTE, T.A.
(CARPETA Y BASE)



CBR CALIFORNIA



VALOR SOPORTE, PRUEBA DE PLACA, PSI; DIAMETRO
DE LA PLACA 12 PULGADAS 0.2 PULGADAS DE DEFLEXION,
REPETICIONES

6 Mds

NUMERO DE TRANSITO PARA DISEÑO (DTN)

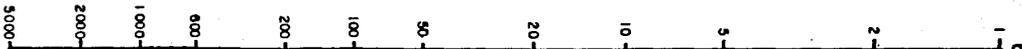
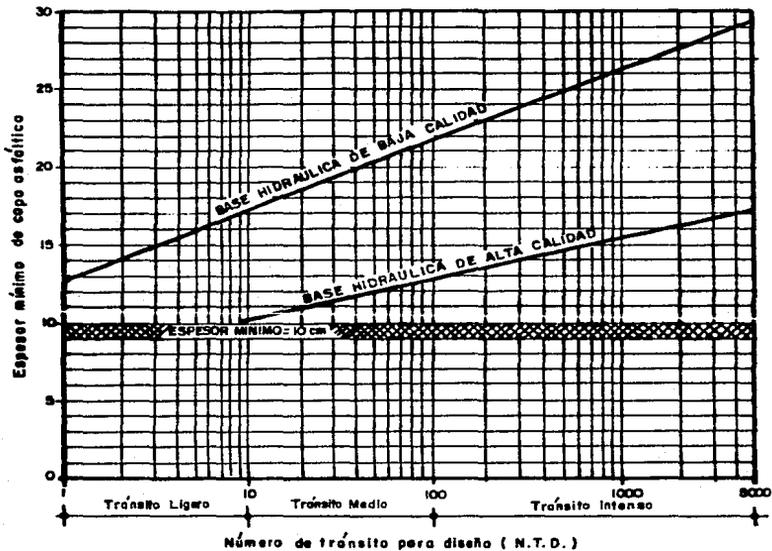


Fig. 8

NOMOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA
PAVIMENTOS ASFALTICOS, USANDO LA PRUEBA
DEL CBR O LA PRUEBA DE PLACA



REQUISITOS MÍNIMOS PARA MATERIALES DE BASES HIDRÁULICAS

TIPO DE PRUEBA	NORMAS	
	BAJA CALIDAD	ALTA CALIDAD
VRS Mínimo	20	100
Valor de R Mínimo	55	80
Límite Líquido Máximo	25	25
Índice Plástico Máximo	5	NP
Equivalente de Arena Mínimo	25	80
Máximo Porcentaje de Materiales que pase Malla N° 200	12	7

FIG. 9 . - ESPESORES MÍNIMOS SOBRE BASES HIDRÁULICAS. (I. A. N.)

II.3 METODO PORTER MODIFICADA

II.3.1 INTRODUCCION

El procedimiento seguido por el método para la obtención de los espesores de las distintas capas, se basa en curvas de diferente valor relativo de soporte que aparecen en una gráfica cuyo rallado en el eje de las abcisas es de tipo semilogarítmico.

Para conocer la resistencia de los materiales que se utilizarán en las terracerías y capa subrasante, el criterio recomienda aplicar la prueba Porter Modificada ,que consiste en compactar especímenes a diferentes pesos volumétricos y distintas humedades, según se indica en las Especificaciones Generales de Construcción de la extinta Secretaría de Obras Públicas (SOP) en su parte Novena.

Uno de los elementos principales para el diseño de los pavimentos, es la valuación del coeficiente de daño provocado por las cargas impuestas por el tránsito y cuya obtención indicada por el método , es por medio de las expresiones propuestas por la AASTHO.

En general ,los dos datos necesarios para obtener el espesor de la estructura son; el VRS y el número de ejes acumulados durante el período de diseño.

II.3.2 DESCRIPCION DEL METODO

CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE

- 1.- Se obtiene el Tránsito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.) - en ambos sentidos, ya sea por medio de aforos llevados a cabo en el tramo de la carretera en estudio ó en base a los datos viales editados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).
- 2.- El tránsito diario en el carril de diseño se calcula multiplicando el Tránsito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.) - por el coeficiente de 0.6 si la carretera es de dos carriles y por 0.5 si es de cuatro carriles.
- 3.- El factor de conversión (c) es estimado por medio de la gráfica de la Fig. 1D ó en base a la ecuación (1). Para obtenerlo deben ser previamente estimados el período de diseño (n) y la tasa de crecimiento anual (r).

$$C = 365 \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right) \quad (1)$$

Donde:

- C - Factor de conversión.
- r - Tasa de crecimiento anual, en décimas .
- n - Período de diseño, en años.
- 365 - Número de días por año.

Se dibuja una tabla como la que se indica en la Fig. 11, para calcular el tránsito equivalente en ejes de 8.2 ton sobre el carril de diseño.

4. EXPLICACION DEL CALCULO DE LA TABLA

- 4.1 En la columna (a) son colocados los tipos de vehículos - que circularán por la carretera, automóviles (A2), camiones ligeros (A'2), autobuses de dos ejes (B2), ... etc.
- 4.2 Son anotados los porcentajes de cada tipo de vehículo -- dentro de la columna (b).
- 4.3 Multiplicando el tránsito diario en el carril de diseño-- por el porcentaje de cada tipo de vehículo de la columna (b), se obtienen los valores de la columna (c). Estos valores representan el número de cada tipo de vehículos que circularán en el carril de diseño.
- 4.4 Los coeficientes de equivalencia que se colocan en la columna (d) son determinados por medio de las expresiones-- siguientes basadas en la prueba AASTHO.

$$K \text{ sencillo} = \left(\frac{Ls}{8.2} \right)^4$$

$$K \text{ tándem} = \left(\frac{Lt}{15} \right)^4$$

Donde:

Ls - Carga por eje sencillo, en toneladas.

Lt - Carga por eje tándem, en toneladas.

- 4.5 Se multiplican los resultados de la columna (c) por los coeficientes de daño equivalentes de la columna (d) para obtener los valores de la columna (e). Estos valores representan el número de ejes sencillos correspondientes a cada tipo de vehículo y equivalentes a 8.2 ton.
- 4.6 Se suman los valores de la columna (e) y el resultado de la suma indica el número de ejes sencillos de todos los vehículos equivalentes a 8.2 ton. para un año inicial.
- 4.7 Para calcular el número de ejes sencillos equivalentes al final del período de diseño (tránsito equivalente), se multiplica el tránsito equivalente en el año inicial por el coeficiente de conversión (c).

11.3.3 CALCULO DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)

1. Todos los resultados de los valores relativos de resistencia (VRS) obtenidos mediante las pruebas de resistencia, se ordenan de menor a mayor en forma de columna.
2. En el mismo orden se observa cuantos valores mayores o iguales hay en cada uno de los renglones y se anotan en columna a la derecha de cada renglón.

3. Se hace la relación de éste número entre el número total de valores y se multiplica por cien, dando como resultado el porcentaje de valores que tienen igual o mayor valor que el del renglón analizado.
4. Se elabora una gráfica de (VRS) contra porcentaje y se elige el VRS correspondiente al 80 por ciento, el valor encontrado corresponderá al VRS que se usará para el diseño de la capa en estudio.

11.3.4 CALCULO DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS

Haciendo uso de la gráfica de la Fig.12 se calculan los espesores. A la gráfica se entra con el número de ejes -- equivalentes acumulados y el valor relativo de soporte -- (VRS) de diseño.

El espesor o espesores obtenidos anteriormente corresponden a grava equivalente.

Para convertir los espesores de grava equivalente a materiales asfálticos ó tratados con cemento o cal, se dividen entre los coeficientes que se indican en la tabla 4.

El método recomienda que siempre que haya material de base bajo la carpeta asfáltica y cuando se requiera sub-base, su espesor será de la mitad a dos tercios del espesor calculado de base más sub-base.

Los espesores recomendados por el método y los tipos de carpeta asfáltica, son los que se presentan en la tabla 5.

En el caso de carpetas de concreto asfáltico se recomienda que tengan como apoyo bases rigidizadas ó un espesor - mínimo de 15 centímetros, para impedir que los agrietamientos en la superficie de la carpeta al tener mejor sucesión de módulos de elasticidad entre la base y la capa asfáltica, sean mayores.

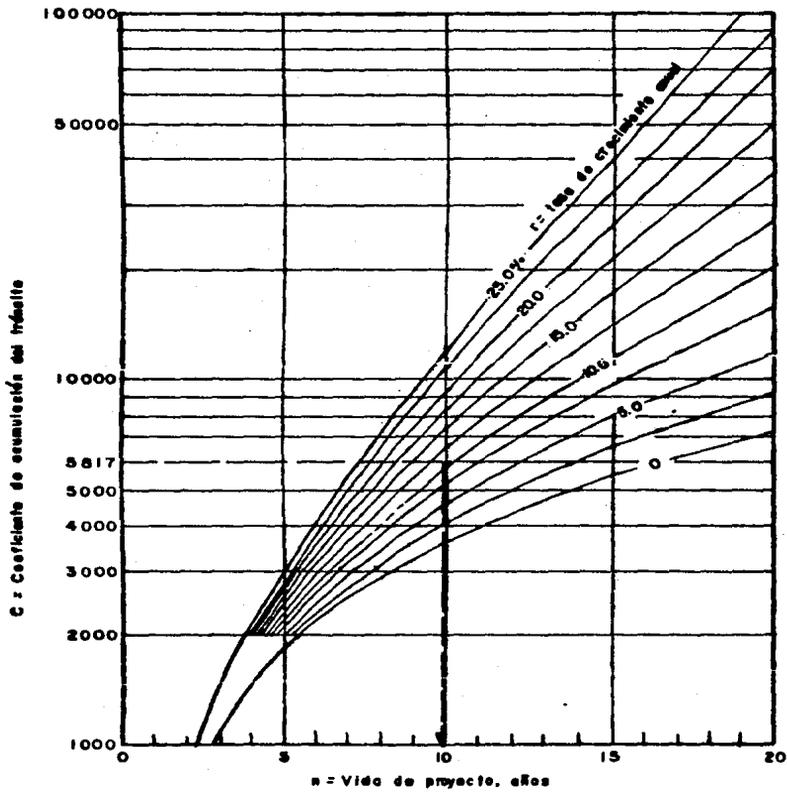
FACTORES DE EQUIVALENCIA

MATERIAL	FACTOR
Concreto asfáltico	2.0
Base tratada con cemento portland	1.8
Base tratada con cal	1.5
Mezcla asfáltica o carpeta de 2 o 3 riegos	1.3-1.5
Materiales hidráulicos (naturales) o tratados mecánicamente.	1.0
Carpeta de un riego	0.0

TABLA 4

VEHICULOS PESADOS EN AMBOS SENTIDOS	TIPO DE ESPESORES DE CARPETA ASFALTICA
Menos de 500 diarios	Carpeta de un riego
De 500 a 2,000 diarios	Carpeta de riego o mezcla en el lugar de 4 a 6 cm.
De 2,000 a 3,000 diarios.	Carpeta de 3 riegos o mezclas en el lugar de 6 a 10 cm.
Más de 3,000 diarios	Carpeta de concreto asfáltico de 15 cm. sobre base hidráulica, o de 8 cm. mínimo sobre tratada con cemento portland. base

TABLA 5



$$C = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Fig. 10 Gráfico para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

Fig. II CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE

Tipo de Vehículo (a)	Distribución del Tránsito % (b)	Dist. del trans. (Vehículos) (c)	Coeficientes de Equivalencia (d)	Ejes sencillos e- quivalentes de 8.2 Ton. (e)
A 2				
A' 2				
B 2				
C 2				
T 2-S 2				
.				
.				
.				
etc.				

SUMA: _____

Tránsito acumulado al final del
 Período de diseño: _____ SUMA X Factor
 de conversión _____

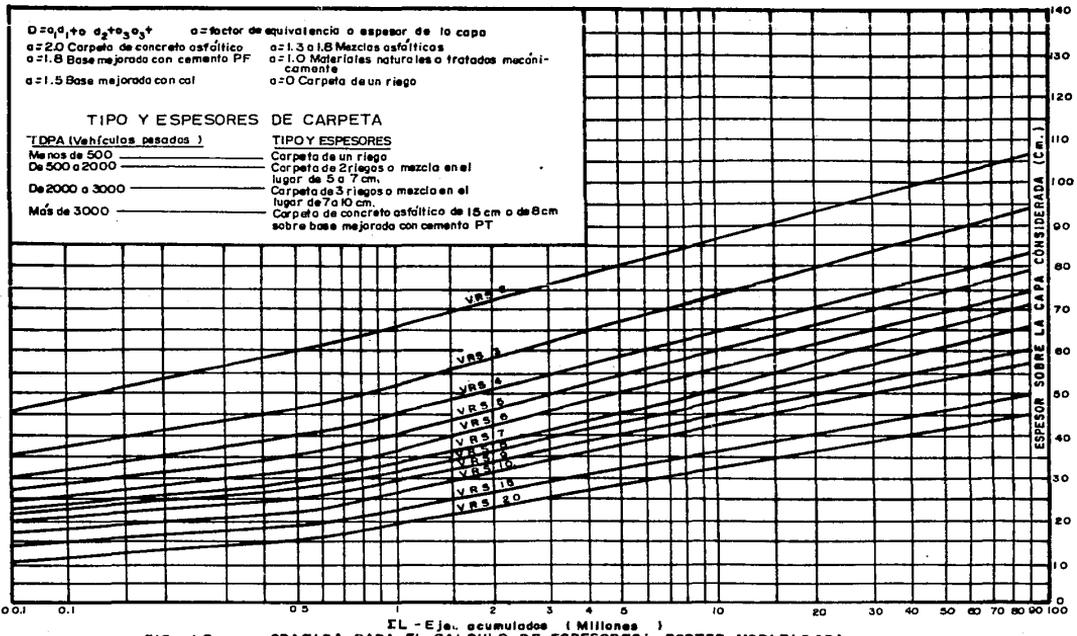


FIG. 12 GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESORES: PORTER MODIFICADA.

II.4 METODO FRANCES (Catálogo de estructuras)

II.4.1 INTRODUCCION

Debido a que los franceses consideraron imposible realizar para cada uno de los casos, todos los cálculos, pruebas y todas las verificaciones requeridas para lograr un diseño satisfactorio del pavimento, decidieron elaborar un método de diseño práctico y fácil de aplicar basado en métodos generales, pero tomando en cuenta las condiciones peculiares de la región donde se construirá el camino, denominando a éste método como el Catálogo de Estructuras para el diseño de nuevos pavimentos.

El Catálogo propone estructuras precalculadas y comprobadas por la experiencia en todo el país, olvidándose por completo de hacer cálculos numéricos y evitando el formalismo matemático que oculte por completo la precisión de los resultados y además permite tener en cuenta elementos cuantitativos vinculados con las condiciones de construcción de los pavimentos.

Para la determinación del tránsito (T_i) y del tipo de suelo (S_j) el procedimiento es muy sencillo, puesto que se lleva a cabo por medio de Tablas propuestas por el mismo método. En términos generales, la elección de la estructura del pavimento se hace por medio de una tabla que relaciona el tipo de tránsito y tipo de suelo.

II.4.2 PROCEDIMIENTO DE CALCULO

1. EVALUACION DEL FACTOR TRANSITO (Ti)

Para la valuación del tránsito es necesario tener como antecedente principal la intensidad del mismo al inicio de la puesta en servicio del camino, consecuentemente, haciendo uso de este dato y de la tabla cuyo número es 6 , se determina directamente la categoría del factor tránsito.

La intensidad del tránsito inicial, está valuada en base al comportamiento a fatiga de los pavimentos en función del número de ejes acumulados de 130 KN, cuyo tránsito está caracterizado por el número de camiones de carga, teniendo a la vez un peso útil mayor a 5 toneladas por eje y sobre el carril de circulación más utilizado.

2. EVALUACION DEL TIPO DE SUELO (Sj).

Para entrar a la tabla número 7 que permite estimar el tipo de suelo propuesto por el método, es necesario tener como datos iniciales, la clasificación del suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), el índice de resistencia (C.B.R), el índice de Plasticidad (Ip) y las condiciones climáticas (calidad de drenaje).

Las condiciones del agua son definidas esencialmente en términos de la profundidad de la misma, definiéndose en buenas condiciones cuando se encuentra a más de un metro y en malas condiciones cuando existe a menor profundidad.

Finalmente, con los datos del tránsito (Ti) y del suelo (Sj), anteriormente encontrados, se calcula con ayuda de la Tabla número 8 la estructura del pavimento definitiva.

A continuación se presenta la aplicación de los cuatro métodos de diseño (Instituto de Ingeniería, Instituto de Asfalto, Porter Modificada y Método Francés) a un tramo carretero.

TRA F I C O (Primer. año de servicio)	Categoría de tráfico sugerido
$T \geq 15,000$	Estudio especial
$15,000 > T \geq 6,000$	T1
$6,000 > T \geq 3,000$	T2
$3,000 > T \geq 750$	T3
$750 > T \geq 200$	T4

TABLA-6

TABLA 7: DETERMINACION DE LA CATEGORIA DE SUELO (S)

L. C. P. C. CLASIFICACION	INDICE DE C. B. R	INDICE DE PLASTICIDAD (I _p)	EXISTENCIA DE NIEVE	CONDICIONES DEL DRENAJE	CATEGORIA DEL SUELO
GW. SP	—	—	—	—	S-4
GM	—	< 7 —	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-3
			{ SI —	{ MALAS —	{ S-2
		> 7 —	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-1
			{ SI —	{ MALAS —	{ S-1
GC	—	—	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-3
			{ SI —	{ MALAS —	{ S-1
SW. SP.	—	—	—	{ BUENAS —	S-3
				{ MALAS —	S-2
SM	—	< 7 —	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-3
			{ SI —	{ MALAS —	{ S-2
			{ NO —	{ BUENAS —	{ S-1
		> 7 —	{ SI —	{ MALAS —	{ S-1
SC	—	—	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-2
			{ SI —	{ MALAS —	{ S-1
ML	> 4 —	—	{ NO —	{ BUENAS —	{ S-2
	< 4 —		{ SI —	{ MALAS —	{ S-1
CL	—	—	—	—	S-1
CH LH	—	—	—	—	S-1

TABLA 8. DETERMINACION DE LOS ESPESORES EN FUNCION DE TI y SI (TIPO DE TRANSITO Y SUELO)

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
S ₁				
S ₂				
S ₃				
S ₄	ESTUDIO ESPECIAL			

NOTA: LAS ACOTACIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS

111. PROYECTO DE PAVIMENTACION

C O N T E N I D O

C O N C E P T O

1. GENERALIDADES
 - 1.1. Objetivo
 - 1.2. Antecedentes
2. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRA EL TRAMO.
 - 2.1. Localización
 - 2.2. Topografía
 - 2.3. Geología
 - 2.4. Climatología
3. ESTUDIO GEOTECNICO
 - 3.1. Terreno natural
 - 3.2. Bancos de materiales
4. DATOS PARA EL DISEÑO
 - 4.1. Características geométricas
 - 4.2. Tránsito
 - 4.3. Factores de resistencia
5. DISEÑO DE PAVIMENTO
 - 5.1. Estructuración de pavimento
 - 5.2. Drenaje y subdrenaje
6. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION
 - 6.1. Terracerías
 - 6.2. Pavimento
7. NORMAS DE CALIDAD
 - 7.1 Terracerías
 - 7.2. Pavimento
 - 7.3 Normas para la ejecución de los trabajos de pavimentación
8. TABLAS Y FIGURAS
9. MEMORIA DE CALCULO
 - 9.1. Aplicación de los cuatro métodos para un tránsito inicial (VDPA) de 20,000 vehículos
 - 9.2 Resumen de datos obtenidos

1.- GENERALIDADES

1.1 Objetivo del proyecto

El proyecto de pavimentación que a continuación se indica tiene como objetivo principal determinar la sección estructural, basándose en los cuatro métodos de diseño anteriormente mencionados, así como también definir los procedimientos de construcción, los bancos de materiales que deberán emplearse y - las normas generales de calidad y construcción.

1.2 Antecedentes

Con el fin de mejorar las condiciones de transitabilidad de la carretera, y facilitando con esto el acceso a los productos del Sureste del país al Distrito Federal, la Dirección General de Conservación de Obras Públicas de la S.A.H.O.P., vio la necesidad de ampliar y pavimentar el siguiente tramo:

LOS REYES - STA. BARBARA

Del Km. 0+000 al 9+000

Carretera: México - Cd. Cuauhtémoc

Origen: Los reyes, México

El proyecto se basa en la imperante necesidad de - incrementar la capacidad y elevar el nivel de servicio del tramo, debido a las condiciones actuales

y futuras del tránsito.

2. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRA EL TRAMO .

2.1 Localización

El tramo en estudio se localiza en la parte oriente del estado de México muy cercano al Distrito Federal. Su trazo se inicia en el poblado de los Reyes La Paz, Edo. de México, para seguir aproximadamente en recta hacia el término del tramo en el poblado de Santa Bárbara. En la fig. 1 se muestra su ubicación .

2.2 Topografía

La construcción del tramo se desarrolla en toda su longitud (9 Km) en las faldas del cerro El Pino, y a través de una morfología que varía de lomerío suave a plano, presentando principalmente secciones en corte. Es cruzado por varios arrollos que conducen a gua en la época de lluvias y que son salvados a base de alcantarillas de tubo de concreto.

2.3 Geología

Desde el punto de vista geológico el tramo se aloja en un terreno constituido por depósitos lacustres arcillosos del tipo de "CH" de baja resistencia al esfuerzo cortante y -- que son producto de cenizas volcánicas depositadas en el ex-lago de Chalco.

2.4 Climatología

Se encuentra alojado en una zona donde el clima es clasi---

ficado como tipo sub-tropical de altura, tipo mexicano templado regular, cuya temperatura predominante es de 15.5°C y la precipitación media anual de la zona en estudio varía entre 400 y 1000 mm.

3. ESTUDIO GEOTECNICO

3.1 Terreno natural

Para conocer la calidad y resistencia del terreno natural donde se desplantará la estructura del pavimento, se realizaron estudios de suelos consistentes en un muestreo de los materiales mediante sondeos a cielo abierto, para efectuarles a cada una de las muestras las pruebas de calidad y resistencia de acuerdo con las Normas Generales de Construcción de la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T). Los resultados de los ensayos efectuados en los materiales se presentan en las tablas 1, 2 y 3 .

3.2 Bancos de materiales

Conforme a los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio de los materiales de los bancos estudiados, se propusieron los más adecuados que cumplieran con las Normas de Construcción para formar el cuerpo de terraplén y la capa subrasante. La ubicación, clasificación, tratamiento y resultados de laboratorio, se indican en las tablas 4,5, 6 y 7 .

De acuerdo a las características geológicas de la región, los bancos de materiales para pavimentación investigados en este estudio se presentan en las tablas 8,9 10 y 11,

en donde se muestra su ubicación, clasificación, tratamiento y los resultados de laboratorio.

La investigación de campo de dichos bancos consistió en la inspección técnica de las zonas factibles para la explotación de materiales y el muestreo de los mismos, sea en frentes ó, en almacenamientos. El análisis para la selección de los bancos de materiales definitivos se llevó a cabo atendiendo a la calidad y a los volúmenes requeridos a las condiciones económicas de extracción y tratamiento, así como a su ubicación para lograr las distancias de acarreo más convenientes.

En la fig. 2 aparece el croquis de la ubicación de los bancos de materiales.

4. DATOS PARA EL DISEÑO

4.1 Características geométricas

Debido a las condiciones impuestas por la topografía regional, predominan las secciones en corte, aunque también existirán secciones en terraplén, en las depresiones fuertes; las características se muestran en la parte inferior y en la fig. 3 se presenta gráficamente esta semisección.

<u>SUBTRAMO</u>	<u>SEMISECCION</u> <u>ANCHO DE CORONA</u> <u>CORTE</u> <u>(m)</u>	<u>SEMISECCION</u> <u>ANCHO DE</u> <u>CARPETA (m)</u>
Los Reyes--Sn. Isidro	10.50	10.50
Sn. Isidro--Sta. Bárbara	9.50	9.50

El tramo constará de cuatro carriles de circulación.

4.2 Tránsito

En el análisis de la estructuración de los pavimentos, resulta indispensable el estudio del tránsito que circulará por la superficie pavimentada, siendo éste un factor importante para el diseño de la estructura.

De acuerdo con las estimaciones del volumen y características del tránsito definidas por la Dirección de Ingeniería de Tránsito de la SAHOP, en el proyecto se consideró un volumen promedio de vehículos diario anual inicial en las dos direcciones de 20,000 unidades . En la tabla 13 se resume el número de ejes equivalentes y/o tránsito de diseño, aplicando los cuatro métodos para diferente tránsito inicial (ver tabla 13 en el punto 9.2).

En la siguiente tabla se indican los tipos de vehículos y su composición correspondiente, utilizados para calcular el número de ejes equivalentes, para una vida de proyecto y tasa de crecimiento anual de 10 años y del 10% respectivamente .

COMPOSICION (%)										
1984	A	B	C ₂	C ₃	T ₂ -S ₂	T ₃ -S ₂	T ₃ -S ₃	C ₂ -R ₂	T ₂ -S ₁ -R ₂	T ₃ -S ₂ -R ₄
20,000	62	4	11	8	5	4	1	2	2	1

En donde :

- 1984 -- Tiempo inicial en que se consideró el volumen inicial de tránsito.
- 20,000 -- Volumen diario promedio anual inicial (VDPA)
- A -- Automóviles
- B -- Autobúses

- C₂ -- Camiones de dos ejes
- T₂-S₂ -- Camiones de dos ejes en el tractor y dos ejes en el semirremolque.
- T₃-S₂ -- Camiones de tres ejes en el tractor y dos ejes en el semirremolque.
- T₃-S₃ -- Camiones de tres ejes en el tractor y tres ejes en el semirremolque.
- C₂-R₂ -- Camiones de dos ejes en el tractor y dos ejes en el remolque
- T₂-S₁-R₂ -- Camiones de dos ejes en el tractor , con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes.
- T₃-S₂-R₄ -- Camiones de tres ejes en el tractor, con semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes.

4.3 Factores de resistencia

De acuerdo con los resultados del estudio geotécnico , se observa que el material que constituye el terreno natural es de características plásticas inconvenientes para soportar adecuadamente la estructura de la carretera, por ello las terracerías estarán formadas totalmente por material de banco.

A las muestras de los materiales extraídos del terreno natural fueron analizadas en el laboratorio para determinarles :

- a) Límites de consistencia líquido y plástico, LL y LP .
- b) Grupo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos .
- c) Valor relativo de soporte (VRS) a dos energías de compactación por impactos (EC₁ = 7.1 y EC₂ = 12.9 ---

Kg-cm/cm³), en estado saturado, conforme a la metodología del cuerpo de Ingenieros de los E.U.A.

d) Peso específico relativo de los sólidos S_g .

e) Valor relativo de soporte en estado saturado (Porter - Modificada y Estándar) según lo indican las normas de construcción en las cláusulas 108-12.1 y 108-13.1 de la extinta S.O.P.* Los resultados de los valores de soporte son los siguientes:

Utilizando el criterio del Cuerpo de Ingenieros de los E.U.A., el valor encontrado fue de 2%.

Utilizando las pruebas Porter Modificada y Estándar, se obtuvieron los valores que aparecen en la tabla que se inca a continuación.

	COMPACTACION (%)	VRS (%)
PORTER ESTANDAR	100 (saturada)	8
	100 (sin saturar)	15
PORTER MODIFICADA	95 (sin saturar)	10
	90 (sin saturar)	6
	90 (saturada)	4

Los resultados del laboratorio del terreno natural (anteriormente indicados), se complementan con los que aparecen en las tablas 1, 2 y 3.

* Estas normas son prácticamente iguales a las que se usan en la actualidad por la SCT.

5. DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1. Estructuración del pavimento.

Una vez que se cuenta con los datos anteriores, se aplicaron los métodos del Instituto de Ingeniería de la UNAM, del Instituto de asfalto de los E.U.A. de la prueba Porter

Modificada y el método Francés (catálogo de estructuras), para determinar el espesor en grava equivalente de la estructura. En el inciso 9.1 se muestra la aplicación detallada de los cuatro métodos.

El espesor total en grava equivalente utilizado para calcular los espesores de las capas del pavimento fue de 114cm. y correspondió al promedio de los espesores obtenidos por los métodos del Instituto de Ingeniería y del Instituto de Asfalto (E.U.A.). En el punto 9.2 de la memoria de cálculo, se presenta un resumen de los espesores totales de la estructura en grava equivalente (tabla 14).

El valor relativo de soporte utilizado fué de 2% el cual rige los espesores de la sección estructural correspondiente al terreno natural compactado al 90% de su peso volumétrico seco máximo; además, es el valor obtenido en condiciones saturadas (condición más desfavorable para el equilibrio del pavimento), por el procedimiento propuesto por el cuerpo de Ingenieros de los E.U.A.

A continuación se definen los espesores y la cantidad de las capas que formarán el pavimento, tomando en consideración el espesor total de 114cm. y la aplicación del método del Instituto de Ingeniería; el cual se apega a las condiciones del país. En el punto 9.2 de la memoria de cálculo se presenta el procedimiento por medio del cual quedaron determinados los espesores de las distintas capas.

Una capa de sub-base de 30cm. de espesor, compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

- Una base hidráulica de 20cm. de espesor compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

- Una carpeta de concreto asfáltico de 8cm. de espesor compactada al 95% del peso volumétrico determinado por el laboratorio.

El espesor de la capa subrasante será de 30cm. y el de la capa subyacente de 20cm.

5.2 DRENAJE Y SUBDRENAJE

Para obtener buenos resultados de la pavimentación del tramo en estudio, se requiere la instalación adecuada de las obras de drenaje, pues de otra forma es la causa principal de la saturación de las terracerías, ocasionando con esto la disminución de la resistencia del suelo y produciendo a la vez deformaciones en las capas superiores de la estructura del pavimento. En la tabla 12 se indica el cadenamamiento de las obras de drenaje.

En cuanto a las obras de subdrenaje se considera que el tramo no presenta problemas, de tal manera que no amerita la construcción de subdrenes.

6. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

6.1 Terracerías

- a). Únicamente se realizará un roce de la hierba que existe superficialmente, se quemará su parte superior.
- b). A partir de la superficie descubierta, el material se compactará al 90% hasta 20cm. de profundidad.

- c). El cuerpo de terraplén será construido con material proveniente del banco " SAN ISIDRO I ", su espesor será variable y dependerá del diámetro máximo de las partículas del suelo y del equipo de construcción, se compactará al 90% de su peso volumétrico seco máximo; la ubicación del banco aparece en la tabla 4.
- d). -Se construirá una capa subyacente de 20cm. de espesor, con material producto de banco (tabla 4) compactado al 95% de su P.V.M.
- e). Se construirá la capa subrasante con material de banco, el espesor será de 30cm. y se compactará al 95% de la prueba AASHTO.
La ubicación del banco aparece en la tabla 4.
- f). Una vez terminada la capa subrasante se construirán las guarniciones laterales y centrales de concreto hidráulico cuya resistencia será $f'c = 200 \text{ Kg/Cm}^2$.

La construcción de las guarniciones se hará en los siguientes cadenamientos:

Para las guarniciones laterales del cad. 0+000 al 9+000, y para las centrales del cad. - - - -

0+000 al 5+780 y del cad. 6+620 al 9+000. Los detalles de las guarniciones se presentan en las figs. 4 y 5.

6.2 Pavimento

- a). Sobre la capa subrasante terminada, se construirá la sub-base de 30cm. de espesor con material producto de banco (tablas 8 y 9) y compactándolo al 100% de su peso volumétrico seco máximo.
- b). En seguida se construirá la base hidráulica de 20cm. de espesor con material de banco y compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo.
- c). Una vez terminada la base seca y barrida en su superficie se aplicará en todo el ancho un riego de impregnación con producto asfáltico del tipo FM-1 a razón de 1.5 lts./m², aproximadamente.
- d). Previamente a la construcción de la carpeta de concreto asfáltico, se dará un riego de liga de 10.50m. de ancho para el subtramo los Reyes-Sn. Isidro, en 9.50m. para el subtramo Sn. Isidro-Sta. Bárbara. El producto asfáltico que se utilizará será del tipo FR-3 a razón de 0.5 Lts/m², aproximadamente.
- e). Se construirá en todo el ancho de calzada la carpeta.

de concreto asfáltico de 8 cm. de espesor, empleando material adecuado producto de banco. La compactación será al 95% del peso volumétrico de proyecto determinado en la prueba marshall.

- f) En todo el ancho de la calzada se dará un riego de sello utilizando producto asfáltico del tipo FR-3 y material petreo del tipo 3-E, en una proporción aproximada de 1.2 a 10 ltrs/m², respectivamente, dichas cantidades son aproximadas.

La semisección estructural se muestra en la fig. 3 .

7. NORMAS DE CALIDAD

7.1 Terracerías

Las normas de calidad de los materiales que formen el cuerpo de terraplén y la capa subrasante estarán sujetas a lo mencionado en el cuadro No. 2 del inciso 90-03.1 de las Especificaciones Generales de Construcción (SCT).

7.2 Pavimento

Los materiales que se usen en los trabajos de pavimentación propuestos en este proyecto , deberán cumplir con las normas de calidad que señalan las Especificaciones Generales de Construcción(SCT), según los incisos que a continuación se indican, correspondientes a la parte octava. Los materiales que formen la capa de sub-base hidráulica - deberán cumplir con los requisitos de calidad indicados en el inciso 91-03.2 .

Los requisitos de agregados recomendados que se utilicen en la construcción de la base hidráulica se sujetarán a lo indicado en el inciso 91-03.6.

A los materiales pétreos que se utilicen en la construcción de la carpeta de concreto asfáltico, serán aplicables las normas indicadas en el 92-03.1.

Los asfaltos rebajados FM-1 y FR-3 que se requieran para los riesgos de impregnación y de liga, deberán cumplir con lo señalado en los incisos 93-02.4 c) y 93-02.4 b), respectivamente. El cemento asfáltico No. 6 que se requiere para ligar los materiales pétreos de la carpeta deberá cumplir con lo especificado en el inciso 93-02-04-a).

- 7.3. Normas para la ejecución de los trabajos de pavimentación
Para la ejecución de estos trabajos se deberán seguir los lineamientos señalados en la parte cuarta, correspondiente a las especificaciones Generales de Construcción de la S.C.T.

La base hidráulica se construirá conforme a lo indicado en la cláusula 51.04. Para la aplicación del riego de impregnación, se deberá cumplir con el procedimiento descrito en la cláusula 54.04. La carpeta de concreto asfáltico deberá construirse según lo especificado en la cláusula 57.04.

8.- TABLAS Y FIGURAS

TABLA NO.1 CARACTERISTICAS DEL TERRENO NATURAL

OBRA	ESTUDIO		ENSAYES NOS.
LOCALIZACION	Km 3+000	- 5+000	FECHA DE RECIBO
CARRETERA	LOS REYES - Sta. Bárbara		FECHA DE INFORME

IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	410	411		
	ESTACION	3+000	5+000		
	LADO	der	izq		
	CAPA	t. nat.	t. nat.		

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	VANAJEO MAXIMO	1"	No. 4		
	% RETENIDO EN MALLA DE 75µm				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75µm	87	100		
	" " " " 0.425µm	63	47		
	" " " " 0.075µm	15	31		
	EQUIVALENTE DE MM. DE CAMPO %				
	LIMITE LIQUIDO %	23.0	33.4		
	INDICE PLASTICO %	3.5	15.1		
	CONTRACCION LINEAL %	1.4	5.2		
	P.S. SECCO kg/m ³	1357	1014		
	P.S. HUNEDO kg/m ³	1751	1480		
	NUMEDAD OPTIMA %	11.0	22.6		
	NUMEDAD NATURAL %				
	COMPACTACION DEL LUGAR %	69.8	11.7		
V.V.S. ESTANDBAR SATURADO %	0.09	1.17			
EXPANSION %					
CLASIFICACION SOP.	ML	CL			

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	NUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	NUMEDAD DE PRUEBA %	13.3	28.2		
	VALOR RELATIVO SOPORTE %	9.5	6.6		
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	NUMEDAD DE PRUEBA %	12.2	26.7		
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	22.0	16.9		
ESPESOR REQUERIDO cm					
NUMEDAD DE PRUEBA %	10.7	24.3			
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	51.5	30.1			
ESPESOR REQUERIDO cm					

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

TABLA No.2 CARACTERISTICAS DEL TERRENO NATURAL

OBRA	ESTUDIO	ENSAYES NOB.	426
LOCALIZACION	Km 4 + 000	FECHA DE RECIBO	
CARRETERA	LOS REYES - Sta. Bárbara	FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	426			
	ESTACION	4+000			
	LADO				
	CAPA	T.N			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	1"			
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 μm				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 μm	96			
	" " " 2.425 μm	88			
	" " " 0.075 μm	26			
	EQUIVALENTE DE MM. DE CAMPO %				
	LIMITE LIQUIDO %	27.9			
	INDICE PLASTICO %	3.5			
	CONTRACCION LINEAL %	1.5			
	P.E.S. UNILTO Kg/m ³	1201			
	P.E.S. MAXIMO Kg/m ³	1605			
	HUMEDAD OPTIMA %	14.9			
	HUMEDAD NATURAL %				
COMPACTACION DEL LUGAR %					
V.R.S. ESTANDBAR SATURADO %	28.6				
EXPANSION %	0.007				
CLASIFICACION SOP.					

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	HUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	17.8			
	VALOR RELATIVO SOPORTE %	10.0			
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	16.0			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	22.0			
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	15.0			
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	51.0				
ESPESOR REQUERIDO cm					

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

Tabla No. 3 CARACTERISTICAS DEL TERRENO NATURAL

OBRA	ESTUDIO	ENSAYES NOS.	412
LOCALIZACION	Km 9+000	FECHA DE RECIBO	
CARRETERA	Los Reyes - Sta. Bárbara	FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	412			
	ESTACION	9+000			
	LADO	Der.			
	CAPA	T.N.			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	1"			
	% REVENIDO EN MALLA DE 750 µ				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	95			
	" " " " 0.425 mm	80			
	" " " " 0.075 mm	24			
	EQUIVALENTE DE MM. DE CAMPO %				
	LMITE LIQUIDO %	22.8			
	INDICE PLASTICO %	4.0			
	CONTRACCION LINEAL %	1.8			
	P.E.O. SUJETO 20/22	1296			
	P.E.O. MAXIMO 20/22	1740			
	HUMEDAD OPTIMA %	16.5			
	HUMEDAD NATURAL %				
COMPACTACION DEL LUGAR %					
V.R.S. ESTANDBS SATURADO %	36.7				
EXPANSION %	0.09				
CLASIFICACION SOP.	EL				

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	HUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	19.0			
	VALOR RELATIVO SOPORTE %	4.4			
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	17.0			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	11.0			
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	15.9			
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	27.2				
ESPESOR REQUERIDO cm					

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

TABLA 4. CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES PARA CUERPO DE TERRAPLEN Y SUBRASANTE

BANCO	LOCALIZACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION	MEZCLA APROX. PARA SU EMPLEO
1. "SAN ISIDRO I"	Km. 4+800 con 200 m. Desviación izquierda del tramo: Los Reyes -- Sta. Bárbara, con origen en Los Reyes, México.	Arena Limosa	Ninguno	Cuerpo de terraplén.	Se usará solo
2. "SAN ISIDRO II"	Km. 5+300 con 700 m. Desviación izquierda del tramo: Los Reyes -- Sta. Bárbara, con origen en Los Reyes, México.	Arena Limosa	Ninguno	Capa subrasante. Cementante para sub-base hidráulica.	Se usará solo 15% Banco # 2 85% Banco # 5
3. "COCOTITLAN"	Km. 0+200 con 500 m. Desviación derecha del camino a Tenango del Aire con origen en el Km. 12+400 del tramo -- Sta. Bárbara - Chalco.	Arena Limosa	Ninguno	Cuerpo de terraplén. Capa subrasante. Cementante para sub-base hidráulica.	Se usará solo 15% Banco # 3 85% Banco # 9
4. "SAN MARCOS"	Km. 2+600 con 2700 m. Desviación izquierda del tramo Sta. Bárbara Chalco, con origen en Sta. Bárbara, México.	Arena Limosa	Ninguno	Cuerpo de terraplén. Capa subrasante.	Se usará solo

TABLA No. 5 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA CUERPO DE TERRAPLEN Y CAPA SUBRASANTE

OBRA	ESTUDIO	ENSAYES NOS.
LOCALIZACION	BANCO SN. ISIDRO I-II	FECHA DE RECIBO
CARRERA	Los Reyes - Sta. Barbara	FECHA DE INFORME

IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	406	407	425
	ESTACION	Sn. Isidro I	Sn. Isidro II	
	LADO			
	CAPA	TEPETAPE	TEPETAPE	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	3/4	3/4	No. 4
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 μm			
	% QUE PASA MALLA DE 0.75 mm	94	96	100
	" " " " 0.425 mm	58	71	50
	" " " " 0.075 mm	32	30	11
	EQUIVALENTE DE UNO DE CAMPO %			
	LIMITE LIQUIDO %	35.1	31.6	32.9
	INDICE PLASTICO %	15.1	7.1	7.2
	CONTRACCION LINEAL %	5.6	2.9	2.8
	P.E.S. SUELTO g/m ³	1094	1195	1210
	P.E.S. MAXIMO g/m ³	1340	1440	1370
	HUMEDAD OPTICA %	30.8	26.5	31.6
	HUMEDAD NATURAL %			
	COMPACTACION DEL LUGAR %			
V.C.S. ESTANDAR SATURADO %	47.7	60.0	58.0	
EXPANSION %	1.02	0.27	0.89	
CLASIFICACION SOP.	CL	CL	ML	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA			
	CURVA DE PROYECTO			
	HUMEDAD DE PRUEBA %			
	VALOR RELATIVO SOPORTE %			
	ESPESOR REQUERIDO cm			
	HUMEDAD DE PRUEBA %	35.3	29.1	34.3
	VALOR RELATIVO SOPORTE %	3.6	13.2	6.6
	ESPESOR REQUERIDO cm			
	HUMEDAD DE PRUEBA %	31.8	27.5	32.9
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	10.3	23.5	14.7
ESPESOR REQUERIDO cm				
HUMEDAD DE PRUEBA %	30.2	26.1	31.6	
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	21.3	47.8	29.0	
ESPESOR REQUERIDO cm				

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

TABLA No. 6 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA CUERPO DE TERRAPLEN Y CAPA SUBYACENTE.

OBRA	ESTUDIO	ENSAYES NOS.	409
LOCALIZACION	BANCO COCOTITLAN	FECHA DE RECIBO	
CARRETERA	Sta. Bárbara - Cuautla	FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	409			
	ESTACION				
	LADO				
	CAPA	TERRAPLEN			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	No. 4			
	% REVENIDO EN MALLA DE 75 μ .m				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 μ .m	100			
	" " " " 0.425 μ .m	41			
	" " " " 0.075 μ .m	17			
	EQUIVALENTE DE MUM. DE CAMPO %				
	LIMITE LIQUIDO %	52.9			
	INDICE PLASTICO %	7.2			
	CONTRACCION LINEAL %	2.9			
	P.E.S. SUELTO kg/cm^2	1057			
	P.E.S. MAXIMO kg/cm^2	1370			
	HUMEDAD OPTIMA %	31.0			
	HUMEDAD NATURAL %				
COMPACTACION DEL LUGAR %					
V.R. ESTANDAR SATURADO %	31.5				
EXPANSION %	0.27				
CLASIFICACION S.M.	ML				

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	NUMEROS DE PRUEBA				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	NUMEROS DE PRUEBA	33, 3			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	14.7			
	ESPESOR REQUERIDO cm	31.4			
	NUMEROS DE PRUEBA				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	22.0			
	ESPESOR REQUERIDO cm				
	NUMEROS DE PRUEBA	20, 3			
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	45.0				
ESPESOR REQUERIDO cm					

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

TABLA No. 7 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA CUERPO DE TERRAPLEN Y CAPA SUBRASANTE .

OBRA		ESTUDIO		ENSAYES NOS.		408	
LOCALIZACION		BANCO SAN MARCOS		FECHA DE RECIBO			
CARRETERA		Sta. Bárbara - Chalco		FECHA DE INFORME			
IDENTIFICACION	NUMERO DE ENSAYE	408					
	ESTACION						
	LADO						
	CAPA	VEGETAL					
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	No.4					
	% RETENIDO EN MALLA DE 75µm						
	% QUE PARA MALLA DE 4.75mm	100					
	" " " " 0.425mm	78					
	" " " " 0.075mm	37					
	EQUIVALENTE DE MM. DE CAMPO %						
	LIMITE LIQUIDO %	40.3					
	INDICE PLASTICO %	16.6					
	CONTRACCION LINEAL %	5.0					
	P.E.S. SUELTO kg/m ³	1015					
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1430					
	HUMEDAD OPTIMA %	28.2					
	HUMEDAD NATURAL %						
COMPACTACION DEL LUGAR %							
V.V.E ESTANDAR SATURADO %	22.0						
EXPANSION %	0.35						
CLASIFICACION SOP.	CL						
VALOR RELATIVO DE SOPORTE	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	HUMEDAD DE PRUEBA %						
	VALOR RELATIVO SOPORTE %						
	ESPESOR SEQUEADO cm						
	HUMEDAD DE PRUEBA %	30.9					
	VALOR RELATIVO SOPORTE %	5.0					
	ESPESOR SEQUEADO cm						
	HUMEDAD DE PRUEBA %	29.0					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	12.5					
	ESPESOR SEQUEADO cm						
HUMEDAD DE PRUEBA %	27.9						
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	22.0						
ESPESOR SEQUEADO cm							
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:							

TABLA 8. CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION

BANCO	LOCALIZACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION	MEZCLA APROX. PARA SU EMPLEO
5. "LA LOMA"	Km. 3+700 con 200 m. Desviación derecha de la carretera Los Reyes Texcoco, con origen en Los Reyes, México.	Tezontle	Cribado a tamaño máximo de 51 mm. (2")	Sub-base	85% Banco # 6 15% Banco # 2
6. "LA ESTANCIA"	Km. 7+500 con 3000 m. Desviación izquierda - del boulevard Ermita - Iztapalapa con origen en el Km. 0+000 del tramo: Los Reyes - Sta. Bárbara.	Tezontle	Cribado a tamaño máximo de 51 mm. (2")		Se usará solo
		Lapilli	Cribado a tamaño máximo de 12.7 - mm. (1/2") para obtener material 3-A.	Riego de sello	
7. "LOS REYES" (TRIBASA)	Km. 2+000 con 2000 m. Desviación izquierda -- del tramo Los Reyes --- México con origen en -- Km. 0+000 del tramo Los Reyes - Sta. Bárbara.	Basalto	Trit. total y -- cribado a tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2")	Base	Se usará solo
			Trit. total y -- cribado a tamaño máximo de 19 mm. (3/4").	Carpeta	Se usará solo
			Trit. total y -- cribado a tamaño máximo de 12.7 - mm. (1/2") para obtener material 3-A	Riego de sello	Se usará solo

TABLA 9 . CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION

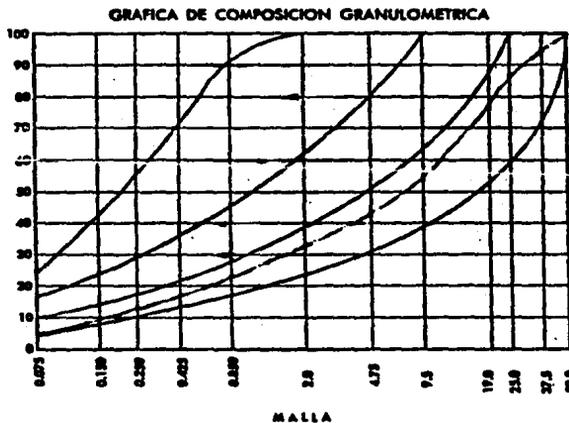
BANCO	LOCALIZACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION	MEZCLA APROX. PARA SU EMPLEO
8. "STA. BARBARA"	Km. 9+000 con 1500 m. Desviación izquierda - tramo: Los Reyes - Sta. Bárbara con origen en Los Reyes, México.	Basalto	Trit. total y cribado a tamaño máximo de 38 mm. (1 1/2")	Base hidráulica	Se usará solo
			Trit. total y cribado a tamaño máximo de 19 mm. (3/4")	Carpeta	Se usará solo
9. "COCOTITLAN"	Km. 0+200 con 500 m. Desviación derecha del camino a Tenango del Aire con origen en el Km. 12+400 del tramo - Sta. Bárbara - Chalco.	Tezontle	Eliminación de los tamaños mayores a 51 mm. (2") mediante cribado o pepena.	Sub-base	85% Banco # 10 15% Banco # 3
10. "STA. CRUZ"	Km. 5+700 con 2000 m. Desviación derecha del camino San Francisco - Coatepec con origen en el Km. 11+000 de la carretera Los Reyes --- Puebla.	Tezontle		Sub-base	80% Banco # 11 20% Banco # 5

TABLA No. 10 INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA ESTUDIO DE BANCO	ENSAYE N° 393
LOCALIZACION BANCO JOQUITI AN <small>(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, PUNTO, CENTRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE RECIBO JUNIO 24/81
CARRUTERA STA. BARBARA - CHIAUTLA.	FECHA DE INFORME JUNIO 30/81

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE SUB-BASE <input checked="" type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/>
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL TEZONTLE ROJO
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO SONDRO
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO NINGUNO
	UBICACION DEL BANCO KM. 12+400 CON 500 MTS. D.E.

P.E. LICO SUBTO kg/m ³	1030
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1527
HUMEDAD OPTIMA %	14.3
P.E. DEL LUGAR kg/m ³	
HUMEDAD DEL LUGAR %	



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	EN 30.0	6.3
EN 37.5		
% QUE PASA		
30.0	100	
37.5	96	
47.5	87	
49.0	77	
9.5	56	
4.75	43	
2.50	34	
0.85	24	
0.425	17	
0.250	13	
0.150	9	
0.075	5	

V.E. (ESTANDAR) %	104.4
EXPANSION %	0.0
VALOR CEMENTANTE kg/cm ³	2.6
EQUIVALENTE DE ARENA %	69.8

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 9.5	
ABSORCION %	11.9
DENSIDAD	1.66
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	28.8
LIMITE PLASTICO %	17.6
INDICE PLASTICO %	11.2
EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
CONTRACCION LINEAL %	0.0
CLASIFICACION SPT	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

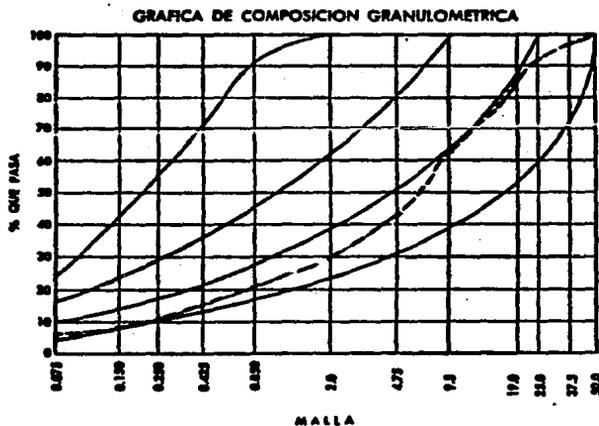
TABLA No.11 INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA MEZCLA EN PESO: 80/20 TEZONTLE, STA. CRUZ, ENSAYE N° 458
 LOCALIZACION TEPETATE, TATSA. FECHA DE RECIBO SEPT. 21/81
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CASERMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME SEPT. 28/81

DAIOS DEL MUESTREO MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL TEZONTLE CON TEPETATE.
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO BANCO
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO NINGUNO
 UBICACION DEL BANCO _____

P.E. SECO SUJETO kg/m ³	1142		
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1632		
HUMEDAD OPTIMA %	13.0		
P.E. DEL LUGAR kg/m ³			
HUMEDAD DEL LUGAR %			

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	EN 20.0	
	EN 37.5	
	% QUE PASA	
20.0	100	
37.5	98	
47.5	92	
60.0	84	
75.0	62	
90.0	42	
105.0	30	
120.0	21	
150.0	15	
190.0	12	
250.0	9	
300.0	6	



V.R.S. (ESTANDAR) % 102.9
 EXPANSION % .80
 VALOR CEMENTANTE kg/cm³ 7.1
 EQUIVALENTE DE ARENA % 47.4

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N°m. 9.5
 ABSORCION % 5.7
 DENSIDAD 2.04
 DURABILIDAD _____

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°m. 0.425
 LIMITE LIQUIDO % 36.7 EQUIV. HUM. DE CAMPO % _____
 LIMITE PLASTICO % 27.7 CONTRACCION LINEAL % 1.5
 INDICE PLASTICO % 9.0 CLASIFICACION SOP _____

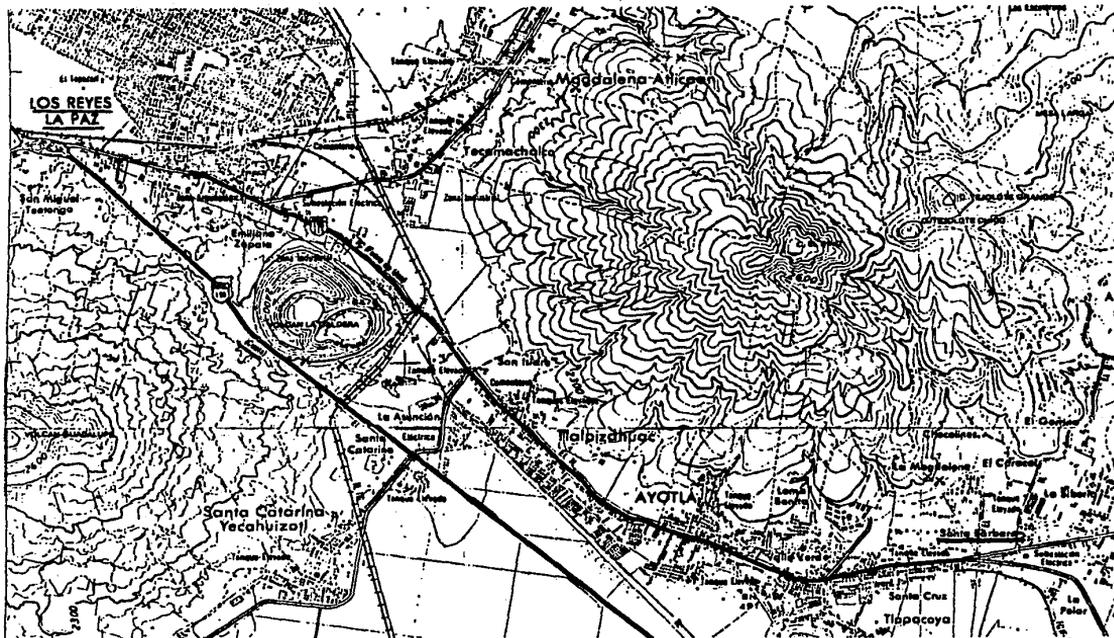
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

TABLA 12 . OBRAS DE DRENAJE

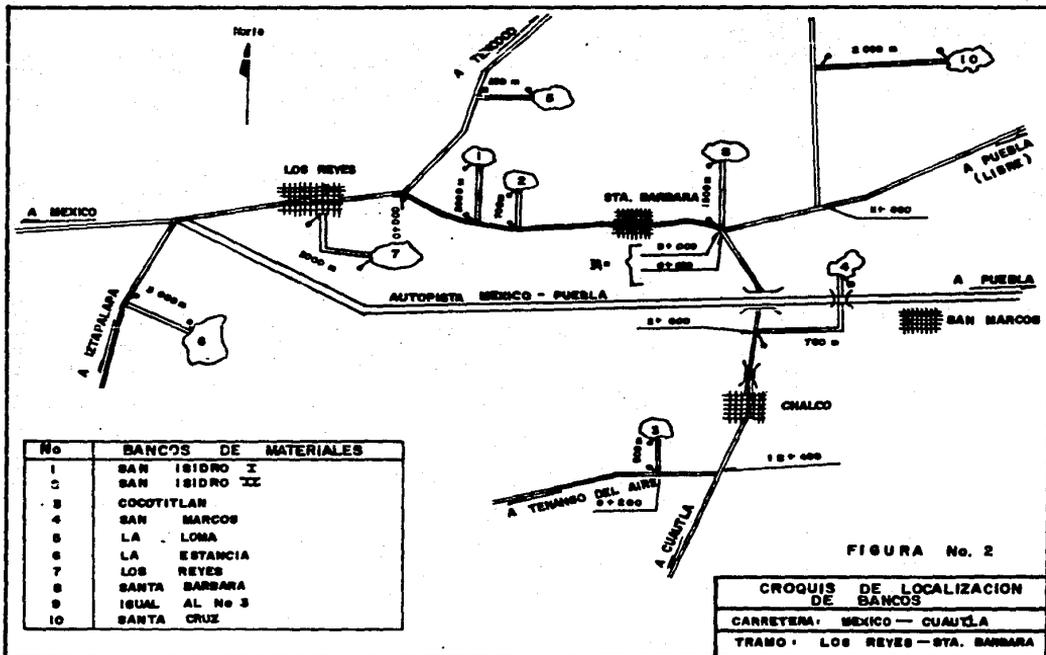
ESTACION	TIPO DE OBRA	PROF. DE DESPLANTE (m)	CAP. DE CARGA (Ton/m ²)	OBSERVACION
0+350	tubo de concreto de 0.6 m de ϕ	1.0	5.0	1,2
0+547	tubo de concreto de 0.6 m de ϕ	1.0	5.0	1,2,3
1+170	tubo de concreto de 0.6 m de ϕ	1.0	5.0	1,2
3+400	tubo de concreto 2.6 m de ϕ	1.0	5.0	1,2,3,
3+700	Bateria de tres tubos de 0.6 m ϕ	1.0	5.0	1,2
5+420	Losa de 2x1.5 m	1.0	5.0	1,2
5+800	tubo de 0.9 m de ϕ	1.0	5.0	1,2,3,4

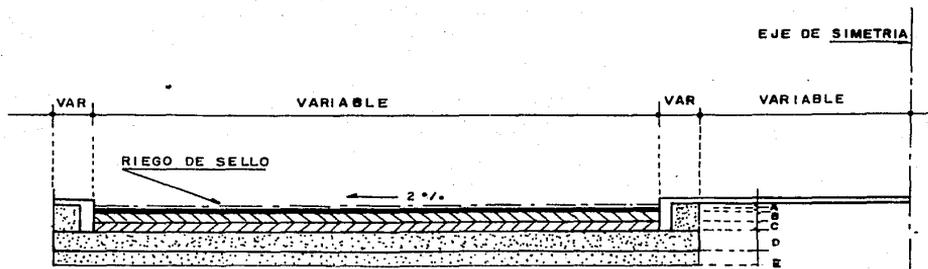
OBSERVACIONES :

- 1 - Prolónguese la obra.
- 2 - Obra parcialmente azolvada
- 3 - Restituir cabezote
- 4 - La obra ha sufrido hundimiento diferencial.



- Fig. 1 CROQUIS DE LOCALIZACION DEL TRAMO





SEMISECCION ESTRUCTURAL (CORTE)

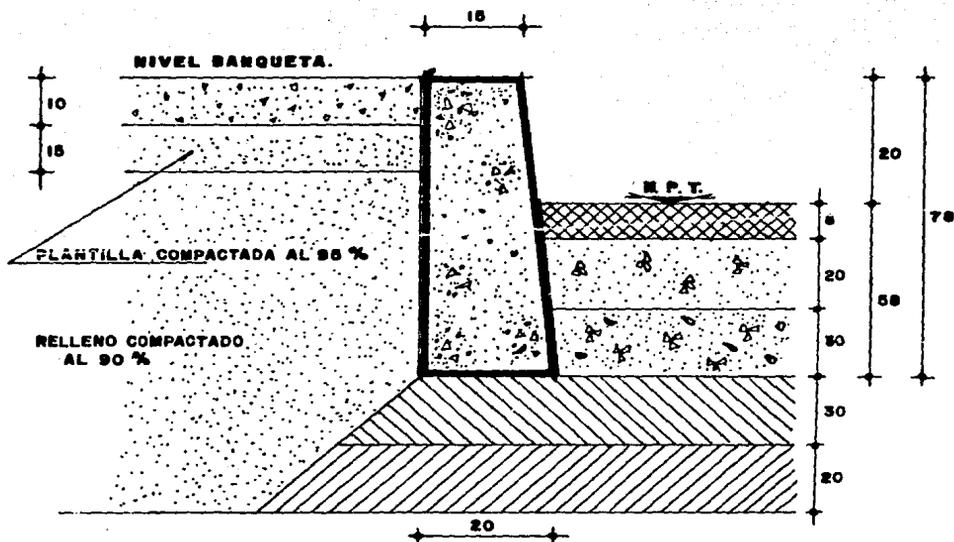
SIMBOLOGIA

A.	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	:	8 CM.
B.	CAPA DE BASE HIDRAULICA	:	20 CM.
C.	CAPA DE SUB-BASE HIDRAULICA	:	30 CM.
D.	CAPA SUBRASANTE	:	30 CM.
E.	CAPA SUBYACENTE	:	20 CM.

FIGURA NO. 3

CARRETERA MEXICO - CUAUTLA
TRAMO LOS REYES - STA. BARBARA

DETALLE DE GUARNICION LATERAL



- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO
- BASE DE CONCRETO HIDRAULICO
- SUB-BASE HIDRAULICA
- CAPA SUBRASANTE
- CAPA SUBYACENTE
- CONCRETO HIDRAULICO $f_c' = 200 \text{ Kg/cm}^2$

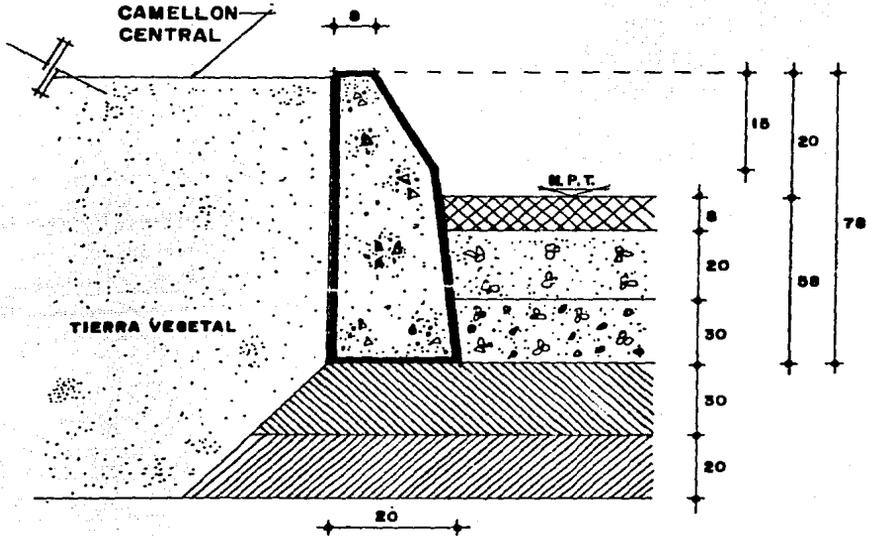
NOTA :

SE COLOCARAN JUNTAS DE DILATACION DE CARTON ASFALTADO DE 0.3 cm. DE ESPESOR, CADA 6.0 mts.

ACOTACIONES EN CM.

FIG. 4

DETALLE DE GUARNICION CENTRAL



-  CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO
-  BASE HIDRAULICA
-  SUB-BASE HIDRAULICA
-  CAPA SUBRASANTE
-  CAPA SUBYACENTE
-  CONCRETO HIDRAULICO $F_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$

NOTA :

SE COLOCARAN JUNTAS DE DILATACION DE CARTON ASFALTADO DE 0.3 cm. DE ESPESOR, CADA 6.0 mts.

ACOTACIONES EN CM.

FIG. 5

9. MEMORIA DE CALCULO

9.1. Aplicación de los cuatro métodos de diseño para un tránsito inicial (VDPA) de 20,000 vehículos.

A continuación se presenta el cálculo numérico del espesor total de la estructura en grava equivalente de cada uno de los cuatro métodos de diseño , para el tránsito diario promedio - anual (TDPA) de 20,000 vehículos .

9.1 METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA

DATOS :

TDPA _____ 20,000 vehículos , ambas direcciones

VRS _____ 2 %

Número de carriles _____ 4

Coefficiente de distribución _____ 0.4 y 0.5

Tasa de crecimiento anual (r) _____ 10%

Período de diseño (n) _____ 10años

Factor de conversión _____ 5817 (ver fig.10)

El cálculo de la siguiente tabla para la obtención del tránsito equivalente inicial (T_0), se realiza siguiendo los pasos que se indican en la descripción del método y que fueron mencionados anteriormente.

TIPO DE VEHICULO (f)	Porcentaje de vehículos ambos lados (b)	Nº de vehículos ambos lados (c)	Nº de vehículos en el carril de diseño (d)	Coeficiente de daño por tránsito (a)				Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas (f)			
				E=0 cms.	E=15 cms.	E=30 cms.	E=60 cms.	E=0 cms.	E=15 cms.	E=30 cms.	E=60 cms.
A ₂ 	37	7400	3700	0.004	0.000	0.000	0.000	14.8	0.0	0.0	0.0
A' ₂ 	25	5000	2500	0.536	0.064	0.023	0.015	1340.0	160.0	57.5	37.5
B ₂ 	4	800	400	2.000	1.890	2.457	2.939	800.0	756.0	982.8	1175.6
C ₂ 	11	2200	1100	2.000	1.890	2.457	2.939	2200.0	2079.0	2702.7	3232.9
C ₃ 	8	1600	800	3.000	2.817	2.457	2.940	2400.0	2253.6	1965.6	2352.0
T ₂ -S ₂ 	5	1000	500	4.000	4.358	4.747	5.760	2000.0	2179.0	2373.5	2880.0
T ₃ -S ₂ 	4	800	400	5.000	5.285	4.747	5.761	2000.0	2114.0	1898.8	2304.4
T ₃ -S ₃ 	1	200	100	6.000	5.239	4.746	5.758	600.0	523.9	474.6	575.8
C ₂ -R ₂ 	2	400	200	4.000	4.972	7.037	5.579	800.0	994.4	1407.4	1115.8
T ₂ -S ₁ -R ₂ 	2	400	200	5.000	6.513	9.327	11.399	1000.0	1302.6	1865.4	2279.8
T ₃ -S ₂ -R ₁ 	1	200	100	9.000	10.221	9.327	11.403	900.0	1022.1	932.7	1140.3
TOTAL			10 000	Tránsito equivalente inicial (T ₀)				14054.8	13384.6	14661.0	17094.1

FIG. 2

TABLA: PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS.

9.1.2 El número de ejes sencillos acumulados equivalentes a 8.2 toneladas en 10 años para diferentes profundidades en centímetros es :

$$L_{10} = 5817 \times T_0$$

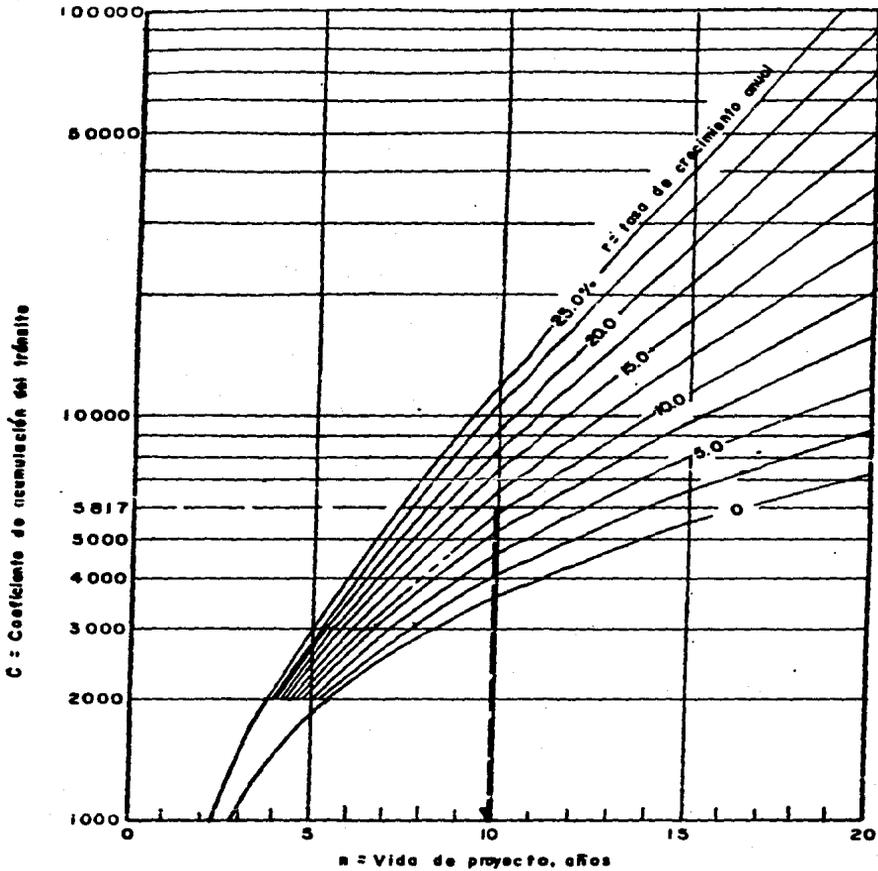
Para $Z = 0$ ----- $L_{10} = 5817 \times 14054.8 = 81.76 \times 10^6$

Para $Z = 15$ ----- $L_{10} = 5817 \times 13384.6 = 77.86 \times 10^6$

Para $Z = 30$ ----- $L_{10} = 5817 \times 14661.0 = 85.28 \times 10^6$

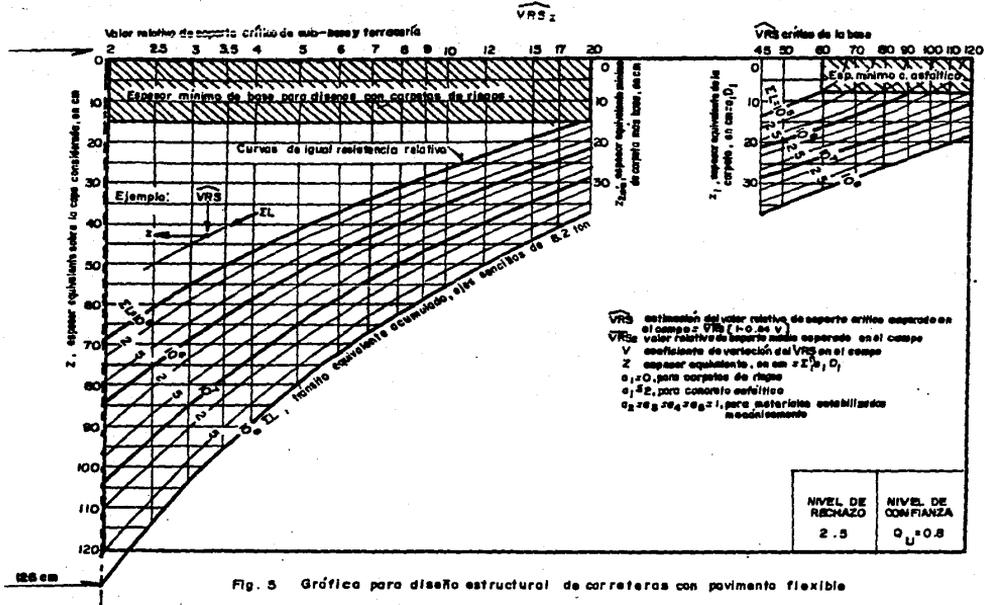
Para $Z = 60$ ----- $L_{10} = 5817 \times 17094.1 = 99.43 \times 10^6$

9.1.3 Tomando en consideración el valor correspondiente a la profundidad de $Z = 60$ cm. (99.43×10^6) y el valor relativo de soporte del 2% obtenido mediante pruebas realizadas en el laboratorio, se calcula el espesor de la estructura total en grava equivalente, por medio de la fig. 5 . El espesor obtenido fue de 126 cm. para un nivel de confianza de $Q_u = 0.8$.



$$C = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Fig. 10 Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito



9.2 METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO (E.U.A.)

DATOS :

TDPA ----- 20,000 vehiculos

VRS ----- 2 %

Número de carriles ----- 4

Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño -----

----- 48 % (% propuesto por el método para 4 carriles)

Porcentaje de vehículos pesados en ambas direcciones ----- 38 %

9.2.1 Obtención del porcentaje de vehículos pesados

Tipos de vehículos	Porcentaje de vehicu- los en ambas direcc.(%)
A ₂ -----	37
K ₂ -----	25
B ₂ -----	4
C ₂ -----	11
C ₃ -----	8
T ₂ -S ₂ -----	5
T ₃ -S ₂ -----	4
T ₃ -S ₃ -----	1
C ₂ -R ₂ -----	2
T ₂ -S ₁ -R ₂ -----	2
T ₃ -S ₂ -R ₄ -----	1

} 38 %

9.2.2 Cálculo del número de vehículos en el carril de diseño (N) .

$$N = 20,000 \times 0.48 \times 0.38 = 3648 \text{ vehiculos .}$$

9.2.3 Cálculo del promedio del peso bruto de los vehículos pesados .

Tipo de vehículo	Porcentaje de vehículos, ambas direcc.		Peso del vehículo (T)
B ₂ -----	0.04	x	15.5 = 0.62
C ₂ -----	0.11	x	15.5 = 1.70
C ₃ -----	0.08	x	23.5 = 1.88
T ₂ -S ₂ -----	0.05	x	33.5 = 1.67
T ₃ -S ₂ -----	0.04	x	41.5 = 1.66
T ₃ -S ₃ -----	0.01	x	46.0 = 0.46
C ₂ -R ₂ -----	0.02	x	35.50 = 0.71
T ₂ -S ₁ -R ₂ -----	0.02	x	45.5 = 0.91
T ₃ -S ₂ -R ₄ -----	0.01	x	77.5 = 0.78
			10.39

El promedio del peso bruto de los vehículos pesados es:

$$\frac{10.39}{0.38} = 27.34 \text{ Ton.} = 27340 \text{ Kg} = 60353.2 \text{ Lb} =$$

$$= 60.35 \text{ Kips.}$$

9.2.4 Haciendo uso del promedio del peso bruto de los vehículos pesados (60.35 Kips), del número de vehículos en el carril de diseño (3648) y del nomograma que aparece en la fig. 7 se obtiene el número de tránsito inicial (ITN). El valor obtenido fue de 11,200 vehículos (ver línea punteada en la misma figura).

9.2.5 Multiplicando el número de tránsito inicial (ITN) por un factor de corrección, siendo para este caso de 0.8 (ver tabla 1) , se obtiene como resultado el número de tránsito de diseño (DTN) .

$$\begin{aligned} \text{DTN} &= \text{ITN} \times 0.8 \\ &= 11,200 \times 0.8 = 8960 \\ \text{DTN} &= 8960 \text{ vehículos .} \end{aligned}$$

DONDE :

0.8 ----- Factor de corrección para el número de tránsito inicial (ITN). Se obtiene por medio de la tabla 1 .

9.2.6 El espesor de la estructura total en concreto asfáltico se obtiene usando el nomograma de la fig. 8, con los datos del número de tránsito de diseño (DTN) y el valor relativo de soporte (VRS) del 2 % . El espesor así encontrado fue de 20.0 pulgadas (carpeta y base).

9.2.7 El espesor total en grava equivalente, es el siguiente :

$$\begin{aligned} 20.0 \text{ pulg.} \times 2.54 &= 50.8 \text{ cm. concreto asfáltico} \\ 50.8 \text{ cm.} \times 2.0 &= 101.6 \approx 102 \text{ cm grava equivalente} \end{aligned}$$

DONDE:

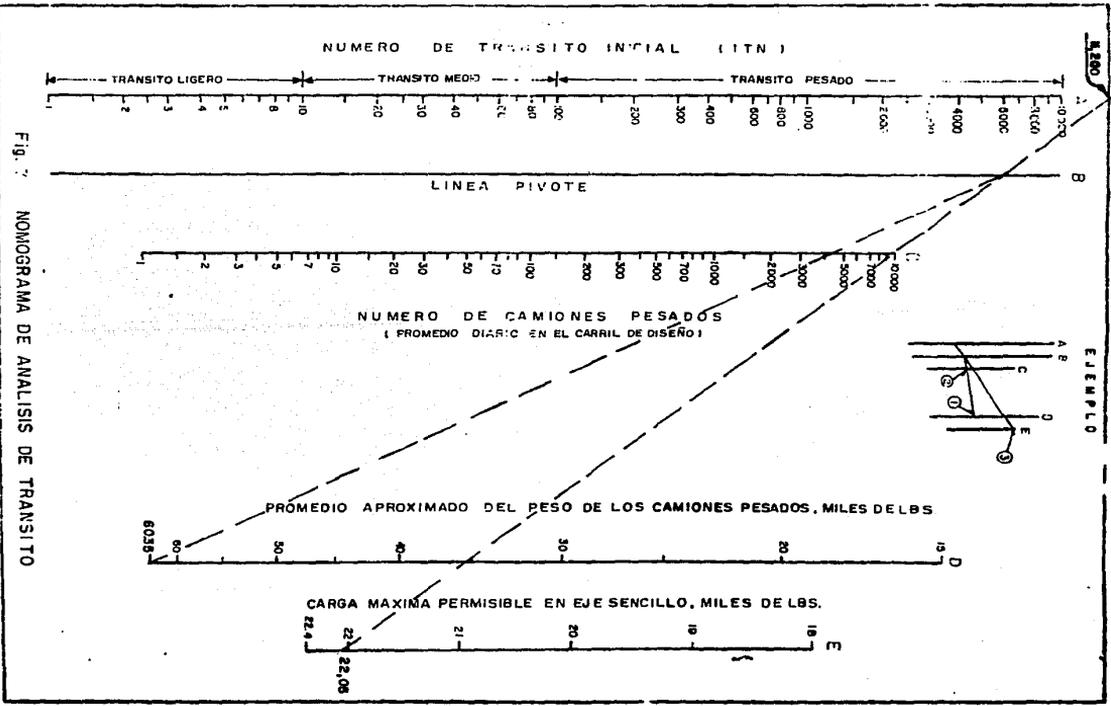
2.0 --- Factor de equivalencia de concreto asfáltico.

Periodo de distancia en años (n).	Tasa de crecimiento anual, por ciento (r)					
	1	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{Factor} = \frac{(1+r)^n - 1}{20r}$$

TABLA 1 FACTORES DE CORRECCION PARA EL
 NUMERO DE TRANSITO INICIAL -
 (ITN).

FIG. 7. NOMOGRAMA DE ANALISIS DE TRANSITO



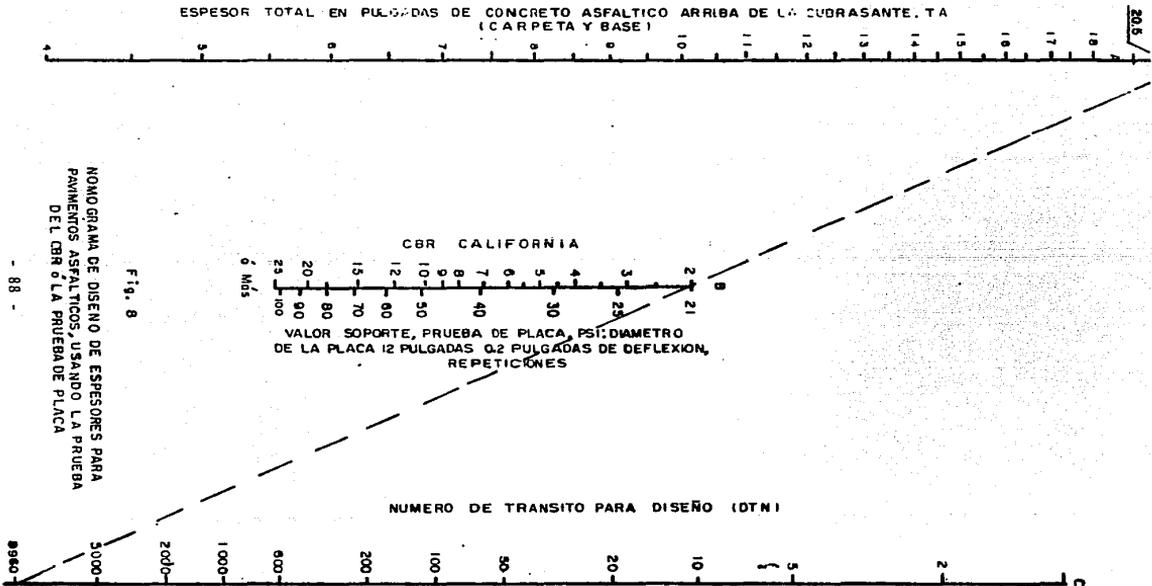


Fig. 8
 NOMOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA
 PAVIMENTOS ASFALTICOS, USANDO LA PRUEBA
 DEL CBR O LA PRUEBA DE PLACA

9.3 METODO PORTER MODIFICADA

DATOS :

TDPA -----20,000 vehiculos

VRS ----- 4 %

Número de carriles ----- 4

Coefficiente de distribución ----- 0.5 (50 %)

Tasa de crecimiento anual (r) ----- 10 %

Período de diseño (n) ----- 10 años

Factor de conversión ----- 5817 (ver fig. 10)

Número de vehículos en el carril de diseño-----

20,000 x 0.5 = 10,000 vehiculos .

9.3.1 Acontinuación se presentan los pesos totales de cada uno de los vehículos .

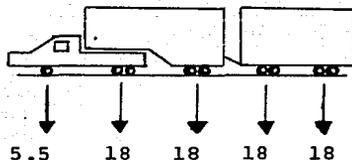
Tipo de vehiculo	peso total del vehiculo (ton).
A ₂	2.0
A ₂	5.5
B ₂	15.5
C ₂	15.5
C ₃	23.5
T ₂ -S ₂	33.5
T ₃ -S ₂	41.5
T ₃ -S ₃	46.0
C ₂ -R ₂	35.5
T ₂ -S ₁ -R ₂	45.5
T ₂ -S ₁ -R ₄	77.5

9.3.2 Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo del coeficiente de daño para el tipo de vehículo que a continuación se indica , se obtienen los coeficientes correspondientes a cada uno de los vehículos restantes .

Vehículo T₃- S₂- R₄

(Tractor de tres ejes (1 eje sencillo y 1 tándem), con semirremolque de dos ejes (en tándem), y remolque de cuatro ejes (dos ejes en tándem)) .

El peso total del vehículo es de 77.5 toneladas .



Eje sencillo :

$$F_s = \left(\frac{Q_s}{8.2} \right)^4 = \left(\frac{5.5}{8.2} \right)^4 = (0.67073)^4 = 0.2024 \times 1 = 0.2024$$

Eje Tándem :

$$F_t = \left(\frac{Q_t}{15} \right)^4 = \left(\frac{18}{15} \right)^4 = (1.2)^4 = 2.0736 \times 4 = 8.2944$$

8.496

El coeficiente de daño para este tipo de vehículo es igual a ;
8.496 .

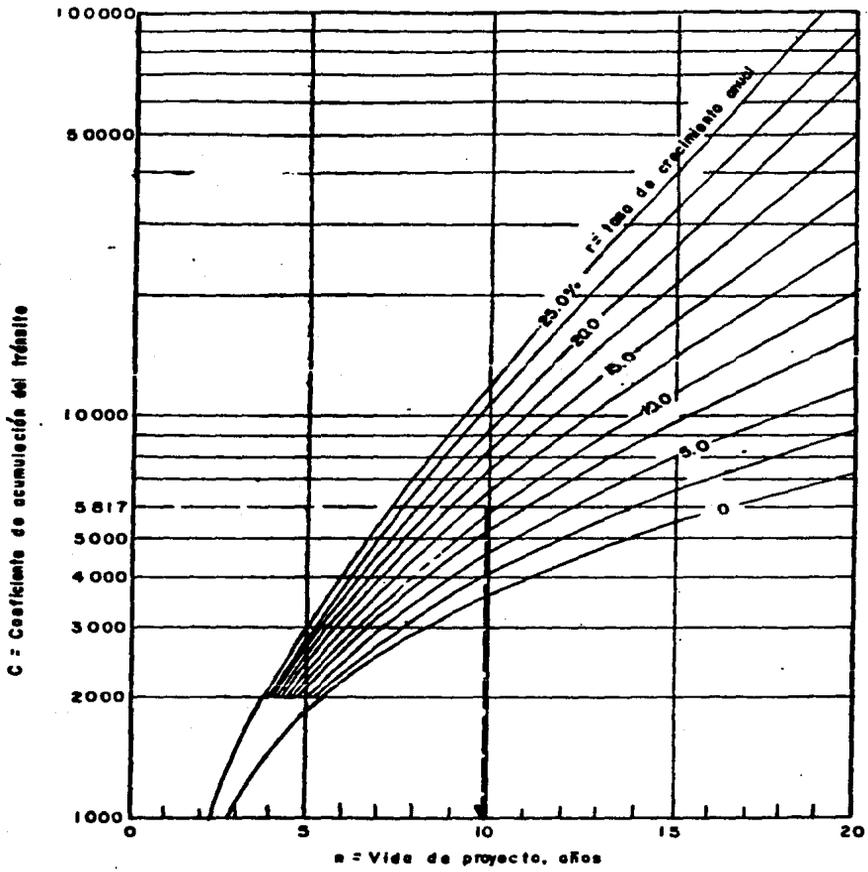
9.3.3 Cálculo del tránsito acumulado en función de ejes sencillos equivalentes de 8.2 toneladas.

Tipo de vehíc.	Distrib. tránsito (%)	Distrib. tránsito (vehíc.)	Coefficiente de daño	E. equivalentes de 8.2 ton.
A ₂	37	3700	0.0004	1.48
A ₂	25	2500	0.048	120.0
B ₂	4	400	2.414	965.40
C ₂	11	1100	2.414	2655.40
C ₃	8	800	2.276	1820.40
T ₂ -C ₂	5	500	4.488	2244.00
T ₃ -S ₂	4	400	4.350	1740.00
T ₃ -S ₃	1	100	4.375	437.50
C ₂ -R ₄	2	200	6.837	1367.40
T ₂ -S ₁ -R ₂	2	200	9.049	1809.80
T ₃ -S ₂ -R ₄	1	100	8.496	849.60
TOTAL	100	10,000		14,011.58

9.3.4 Tránsito acumulado al final del período de diseño, (10 años) .

$$L_{10} = 14,011.58 \times 5817 = 81.51 \times 10^6$$

9.3.5 Con el dato del tránsito acumulado de 81.51×10^6 y el valor relativo de soporte de 4 % , se obtiene con la ayuda de las curvas de la fig. 12 , el espesor total de la estructura - en grava equivalente. El espesor fue de 83 cm. y el procedi -- miento de obtención se indica gráficamente con líneas punteadas.



$$C = 368 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Fig. 10 Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

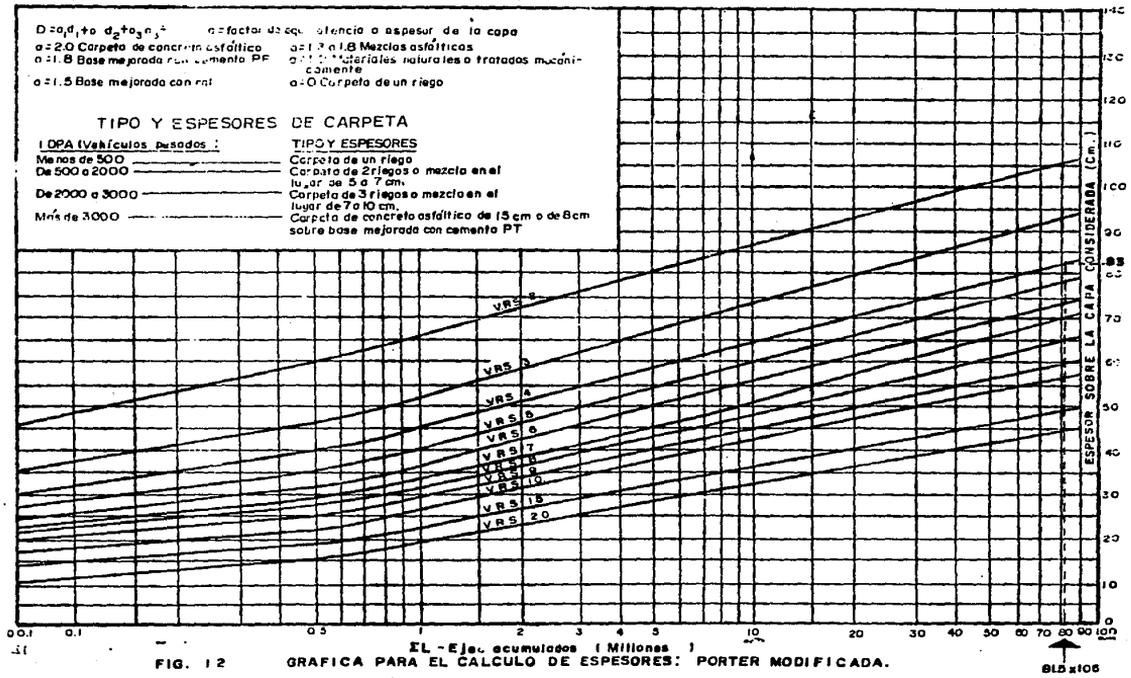


FIG. 12

GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESORES: PORTER MODIFICADA.

9.4 METODO FRANCES (catálogo de estructuras)

DATOS :

TDPA ----- 20,000 vehículos, ambas direcciones
Clasificación del suelo (terreno natural) -----CL
Valor relativo de soporte (VRS) ----- 2 %
Indice de plasticidad (I_p) ----- 3.75 %
Condiciones climáticas ----- condiciones buenas.

9.4.1 EVALUACION DEL FACTOR TRANSITO DE DISEÑO

Haciendo uso del tránsito diario promedio anual (TDPA) inicial de 20,000 vehículos y de la tabla 6, se obtuvo la categoría de tránsito la cual correspondió al caso de un estudio especial (según el método, considera para estos casos un espesor total de 70 cm. en grava equivalente).

9.4.2 EVALUACION DEL TIPO DE SUELO

Con los datos de ; clasificación del suelo (CL) , valor relativo de soporte(VRS), Índice de plasticidad(I_p), condiciones de drenaje y la tabla 7, se encontró la categoría del suelo que correspondió a "S-1" .

9.4.3 CALCULO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Entrando a la tabla 8 con el tipo de tránsito (estudio especial) y el suelo (S-1) , se obtuvo el espesor del pavimento, que para este caso fue de 70 cm. (estudio especial).

TRAFICO (Primer año de servicio)	Categoría de tráfico sugerido
$T \geq 15,000$	Estudio especial
$15,000 > T \geq 6,000$	T1
$6,000 > T \geq 3,000$	T2
$3,000 > T \geq 750$	T3
$750 > T \geq 200$	T4

TABLA-6

TABLA 7. DETERMINACION DE LA CATEGORIA DE SUELO (Sj)

L. C. P. C. CLASIFICACION	INDICE DE C. S. R	INDICE DE PLASTICIDAD (I _p)	EXISTENCIA DE NIEVE	CONDICIONES DEL DRENAJE	CATEGORIA DEL SUELO
SW. SP	—	—	—	—	S-4
SM	—	< 7 —	NO —	BUENAS —	S-3
			SI —	MALAS —	S-2
		> 7 —	NO —	BUENAS —	S-2
			SI —	MALAS —	S-1
SC	—	—	NO —	BUENAS —	S-2
			SI —	MALAS —	S-1
SW. SP.	—	—	—	BUENAS MALAS	S-3 S-2
SM	—	< 7 —	NO —	BUENAS —	S-3
			SI —	MALAS —	S-2
		> 7 —	NO —	BUENAS —	S-2
			SI —	MALAS —	S-1
SC	—	—	NO —	BUENAS MALAS	S-2 S-1
			SI —	—	S-1
ML	> 4 —	—	NO —	BUENAS MALAS	S-2 S-1
	< 4 —	—	SI —	—	S-1
CL	—	—	—	—	S-1
CH LH	—	—	—	—	S-1

TABLA 8. DETERMINACION DE LOS ESPESORES EN FUNCION DE T₁ Y S₁ (TIPO DE TRANSITO Y SUELO)

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
S ₁				
S ₂				
S ₃				
S ₄	ESTUDIO ESPECIAL			

NOTA: LAS ACOTACIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS

9.2. Resumen de datos obtenidos.

TABLA 13.- RESUMEN DE NUMERO DE EJES EQUIVALENTES Y/O TRANSITO DE DISEÑO.

TRANSITO INI-- MEYO CIAL (VEHI DO DE -- DISEÑO. CULOS)	1,000	3,000	5,000	10,000	20,000
INSTITUTO DE INGENIERIA (UNAM).	3.98×10^6	14.86×10^6	25.30×10^6	51.46×10^6	99.43×10^6
INSTITUTO DEL ASFALTO (E. U. A.).	352	1360	1648	4800	8960
PORTER MODIFI CADA. (MEXICO).	4.07×10^6	12.22×10^6	20.38×10^6	40.75×10^6	81.51×10^6
METODO FRANCES (CATALOGO DE - ESTRUCTURAS).	T ₃	T ₂	T ₂	T ₁	ESTUDIO ESPECIAL.

TABLA 14 .- RESUMEN DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA EN GRAVA EQUIVALENTE EN CENTIMETROS.

TRANSITO INI- METO CIAL (VEHI- DO DE - CULOS). DISEÑO.	1,000	3,000	5,000	10,000	20,000
INSTITUTO DE - INGENIERIA (UNAM) VRS = 2%	92	108	112	121	126
INSTITUTO DEL ASPALTO (E. U. A.) VRS = 2%	76	84	86	90	102
PORTER MODIFI CADA. (MEXICO) VRS = 4%	57	66	71	77	83
METODO FRANCES (CATALOGO DE - ESTRUCTURAS). Ti y Sj	45	58	58	71	ESTUDIO ESPECIAL.

DETERMINACION DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA PROPUESTA DEL PAVIMENTO.

En base al espesor promedio de 114cm. en grava equivalente de la estructura que se obtuvo a partir del terreno natural hasta la superficie de rodamiento y, que fué el promedio de los espesores obtenidos por el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica; se procedió a calcular los diferentes espesores de las capas que forman el pavimento

Los espesores de las distintas capas fueron obtenidos por el procedimiento de tanteos, y se revisaron tomando en consideración los valores relativos de soporte de cada una de ellas, con el fin de que la estructura no quedara subdiseñada ni sobrediseñada, además se consideraron los espesores límites propuestos en las especificaciones que tiene la S.C.T. al respecto.

A continuación se muestra un corte transversal, donde se indican los espesores propuestos que se calcularon de esta manera:

<u>CORTE TRANSVERSAL</u>			
<u>ESPESORES PROPUESTOS (Cm)</u>	<u>CAPAS</u>	<u>ESPESORES GRAV.EQUIV. (Cm).</u>	<u>ESPESORES GRAV.EQUIV. (Cm.)</u>
8 (C.A.)	CARPETA ASFALTICA		 114
20	BASE	36	
30	SUB-BASE (VR-20%)	48	
30	SUBRASANTE	30	
20	SUBYACENTE		
	TERRENO NATURAL		

En el caso de la sub-base aunque tiene un VRS alto se consideró el espesor mínimo de base más carpeta que indica el método del Instituto de Ingeniería.

El nivel de confianza empleado fue de 0.8.

IV.- C O N C L U S I O N E S

Los cuatro métodos de diseño de pavimentos desarrollados en el presente análisis, utilizan diferentes técnicas y procedimientos para determinar tanto el valor relativo de soporte, como el espesor total de la estructura en grava equivalente.

La diferencia se acentúa en que plantean sus procedimientos tomando en consideración los aspectos mas importantes, como son; las condiciones de tránsito, los tipos de materiales y las condiciones de climatología existentes en cada lugar.

Los métodos del Instituto de Ingeniería de la UNAM, y del Instituto de Asfalto de los E.U.A., son técnicas muy aceptables. puesto que sus gráficas y nomogramas para el diseño están basadas en la teoría y en la experiencia adquirida durante el tiempo de aplicación a diferentes casos. Además para la determinación de la resistencia de los materiales aceptados para definir las capas de la estructura, hacen uso del método propuesto por el cuerpo de Ingenieros de los E.U.A., el cual está basado en el sistema de compactación dinámica de las muestras; por tanto, arroja resultados muy semejantes a los esperados en campo. En la tabla No. 13 se pueden observar los espesores de la estructura en grava equivalente obtenidos por cada uno de los métodos y cuya magnitud es parecida.

La Técnica de la Porter Modificada además de ser un método absolutamente teórico, presenta deficiencias en el momento de realizar la compactación de la muestra en el laboratorio, puesto que se realiza utilizando materiales con contenido de agua fijados de antemano según el grado de compactación elegido (Wóptima(100%), Wop.+1.5 (95%) y Wop.+1.3 (90%). Los materiales en estas condiciones, se encuentran parcialmente saturados, obteniéndose valores relativos de soporte mayores que los obtenidos en condiciones saturadas para el caso de suelos esencialmente finos (caso del cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica

El procedimiento empleado por los Franceses (catálogo de estructuras) permite conocer las dimensiones de la estructura y de las diferentes capas del pavimento, basándose en tablas previamente calculadas.

El método únicamente puede aplicarse al diseño de carreteras con bajo volumen de tránsito y cuando éste volumen es alto, el método propone un estudio especial (el espesor de la estructura total es mucho mayor a 70cm).

Los materiales que utiliza la técnica francesa son mezclas de materiales granulares con cemento portland (capas rígidas).

En el diseño del pavimento se excluyó éste método, debido a que el terreno natural es un suelo compresible-

y en el momento de sufrir asentamientos provocaría grietas prematuras en las capas rígidas.

Para definir las capas del pavimento se eligió el espesor total de la estructura como el promedio de los valores encontrados por los métodos del Instituto de Ingeniería y del Instituto de Asfalto (promedio igual a 114cm, ver tabla 13). Se escogió el valor relativo de soporte del terreno natural en condiciones saturadas (2%) y se aplicó el método del Instituto de Ingeniería, por ser el procedimiento que se consideró mejor y se apegó a las condiciones del País.

B I B L I O G R A F I A

1. S. Corro, R. Magallanes y G. Prado "Instituto para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras", Publicación 444 Series del Instituto de Ingeniería UNAM, México, 1981.
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. "Normas de Construcción, Libro X, pavimentos" México, 1981.
3. Alfonso Rico R. y Ermilo del Castillo "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres" Vol. 2 Editorial Limusa.
4. Thirth International Conference on the Structural Disegn of asphalt pavements. Volume I Proccedings September II Through 15, 1972 Grosvenor House Park Lane, London England.
5. Fernando Olivera B., Luis G. Limón L. "Proposición de Curvas para el Cálculo de espesores de pavimento basadas en la prueba Porter Modificada", trabajo presentado en la Sección de Carreteras, IX Reunión Nacional Mecánica de Suelos Mérida, Yuc. (Nov. 1978).
6. Estudios de la Dirección General de Conservación de Obras Públicas. (Diseño y reforzamiento de pavimentos).