

59



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**VIALIDAD PRIMARIA DE CIUDAD NEZAHUALCOYOTL  
PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para Obtener el Título de:  
**INGENIERO CIVIL**

P r e s e n t a:  
**Santiago Jorge García Perales**

México, D. F.

1985.



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.

# INDICE GENERAL

## INTRODUCCION

Datos históricos

Extensión y límites

Localización geográfica

Localización urbana

Clima

Vías de comunicación

Transportes

Ferrocarril

Centros de trabajo

Comercio

Fuente de trabajo

Vivienda

Servicios

Estudios socio-económicos

Anexo A población por su origen y  
económicamente activa

## I.- TRABAJOS PRELIMINARES

- 1.1. Levantamientos topográficos
  - 1.1.1. Trazo
  - 1.1.2. Nivel
  - 1.1.3. Secciones transversales
  - 1.1.4. Areas de las secciones y cálculos de volúmenes
- 1.2. Estudios geotécnicos
  - 1.2.1. Resistencia del suelo subyacente
  - 1.2.2. Sección de bancos de materiales
  - 1.2.3. Delimitación de las áreas de utilización más económica.

## II.- PROYECTOS.

- 2.1. Definición de pavimentos
    - 2.1.1. Tipos de pavimento
    - 2.1.2. Características fundamentales del pavimento flexible
  - 2.2. Criterio del valor relativo soporte
    - 2.2.1. Prueba del valor relativo soporte
    - 2.2.2. Desarrollo de la prueba del valor relativo soporte
  - 2.3. Método empleado por la S.C.T.
    - 2.3.1. Inconvenientes del método S.C.T.
  - 2.4. Método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.
    - 2.4.1. Características del método de diseño
    - 2.4.2. Campo de aplicación del método
    - 2.4.3. Criterio de diseño
    - 2.4.4. Ecuaciones de diseño
    - 2.4.5. Variables de diseño
    - 2.4.6. Análisis de tránsito
  - 2.5. Secciones tipo
    - 2.5.1. Datos de diseño para la sección tipo I
    - 2.5.2. Cálculo por el método de la S.C.T.
    - 2.5.3. Cálculo por el método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.
  - 2.6. Proyecto geométrico
    - 2.6.1. Sección transversal
- Anexo B gráficas y tablas de diseño

### III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- 3.1. Procedimiento constructivo de la sección tipo I
- 3.2. Procedimiento constructivo de la sección tipo II
- 3.3. Procedimiento constructivo de la sección tipo III
- 3.4. Control de calidad

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

r

Uno de los problemas importantes que afrontan las - ciudades, es el relacionado con el tránsito de vehículos.

El problema surge del incremento en número de vehículos, así como lo inadecuado de las vías para alojar - los volúmenes de tránsito.

En el año de 1976 se reinició la pavimentación del Circuito Vial Primario de Ciudad Nezahualcoyotl, pero se tuvieron problemas debido a diferentes proyectos y a las dificultades de construcción.

El problema de pavimentación es complejo debido -- principalmente a que los moradores de la zona son en general de escasos recursos y se tuvieron que proyectar, - pavimentos económicos.

El Circuito Vial Primario comprende las avenidas: - Siete, Cuauhtémoc, Riva Palacio, México, López Mateos, - Nezahualcoyotl, Sor Juana Inés de la Cruz, Vicente Villa da, Carmelo Pérez, Tepozanes, Floresta, Calle 10, Andrés Molina, Texcoco, Pantitlán, Chimalhuacán, Cuarta Avenida, Xochiaca, Bordo Xochiaca.

DATOS HISTORICOS.- La palabra nezahualcoyotl, pro - viene del dialecto chichimeca "Nezahualli" que significa ayuno y "Coyotl" que significa coyote, es decir coyote - en ayuno.

El municipio de Ciudad Nezahualcoyotl, tiene su -

asentamiento en lo que fuera el ex-vaso de las colonias del lago de Texcoco, por razones técnicas hubo necesidad de disecarlo, habiendo formado parte de la comunidad del municipio de Chimalhuacán.

Los comuneros de ese lugar vendieron sus parcelas a particulares, los que fraccionaron formando así colonias de tipo popular; cuyos lotes fueron vendidos a personas de escasos recursos, cabe aclarar que esas operaciones de compra-venta se celebraron en forma un tanto ilegal, por que la venta de terrenos la hicieron los fraccionadores sin la dotación de los servicios públicos necesarios, empezando así a tomar forma uno de los problemas más complejos, que en la actualidad afrontan las autoridades Federales, estatales y municipales.

Ciudad Mezahualcoyotl se empezó a formar hace aproximadamente 43 años, siendo de las colonias más antiguas la Juárez Pantitlán, El Sol, Vicente Villada, Loma Bonita y otras.

Entre los principales pobladores de las colonias, se destaca que por su origen son gentes que emigraron del interior de la República por ejemplo, Guanajuato, Michoacán, Aguascalientes, Sonora, Oaxaca, Hidalgo, Puebla, Querétaro, D.F. y otros (ver apéndice A).

Ante la necesidad de servicios públicos y de una buena administración, los habitantes se integraron en

torno de una agrupación que se llamó "Unión de Fuerzas"-- cuyo objetivo fue buscar la independencia municipal en cuanto a Chimalhuacán .

La legislatura del Estado de México decretó el nacimiento del municipio de Ciudad Nezahualcoyotl con fecha - 23 de abril de 1963, y el primer ayuntamiento empezó a -- funcionar el 1º de enero de 1964.

EXTENSION Y LIMITES.- El municipio de Ciudad Neza - hualcoyotl, tiene una superficie territorial de 77 km. - 400 mil metros cuadrados.

Limita al norte con el Municipio de Ecatepec y el - de Texcoco; al sur con el Distrito Federal y Municipio - de La Paz; al este con los Municipios de Atenco, Texco - co y Chimalhuacán; al oeste con el Distrito Federal.

La superficie total de la zona urbana es de 4 mil - hectáreas.

FORMA DE GOBIERNO.- La forma de gobierno es de muni - cipio libre, regido por un Presidente Municipal, un sín - dico y tres regidores.

LOCALIZACION GEOGRAFICA.- Se establece entre los pa - ralelos 19º 2' 30" y 19º 3' 30" de latitud norte y entre los meridianos 99º 50' 30" y 99º 40' 30" longitud oeste-

de Greenwich. Su elevación sobre el nivel del mar es de -  
2,230 metros.

LOCALIZACION URBANA.- Se ubica al este del Distri- -  
to Federal, del área metropolitana y a 9 kilómetros del -  
centro de la Ciudad de México.

CLIMA.- De acuerdo al sistema Koppen-Geiger, la re -  
gión tiene un clima templado húmedo con temperatura media  
de 16° C, variaciones térmicas del orden de 5° C. Su régi -  
men de lluvias es de verano con precipitación anual de -  
600 mm. de los cuales un 5% se acumula en el invierno al;  
ser una zona semi-urbana, no presenta vegetación definida.

VIAS DE COMUNICACION.- El Municipio de Mezahualco - -  
yotl colinda con el Distrito Federal, comunicándose prin -  
cipalmente por la calzada Ignacio Zaragoza, que al prolon -  
garse se convierte en la carretera Federal México-Puebla.

Existen además las vías de comunicación siguientes:-  
la calzada Ermita-Ixtapalapa, Viaducto Miguel Alemán, Av.  
Churubusco, las cuales conectan a la calzada Ignacio Zara -  
goza.

TRANSPORTES.- Existen en la zona aproximadamente - -  
6,500 unidades (1976) de transporte urbano, servicios de-

taxi y de carga en general. Las principales líneas urbanas con que cuenta el municipio son: San Rafael Aviación, Col. del Vaso de Texcoco, Chimalhuacán, Aviación Civil, - Caracol.

**FERROCARRIL.-** El servicio de ferrocarril colinda con los terrenos del Parque Industrial, la línea es México-Cuautla-Cuernavaca. Asimismo a poca distancia pasa la línea del ferrocarril México-Veracruz, dichas rutas cuentan con servicios regulares de carga y pasajeros.

**CENTROS DE TRABAJO.-** Se considera una Ciudad Dormitorio Gigante; ya que su potencial económico está basado en los Municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Distrito Federal, donde se encuentran localizadas oficinas - (en el Distrito Federal principalmente) y zonas fabriles.

**EL COMERCIO.-** El comercio ha tomado un auge tremendo ya que sin salir de la localidad se pueden encontrar viveres, calzado, ropa, etc.

**FUENTE DE TRABAJO.-** Existe el Parque Industrial el cual se encuentra enclavado al oriente. La capacidad de este es de 200 factorías de las cuales se encontraban - produciendo 20 en 1976 y dando empleo a 700 obreros aprox.

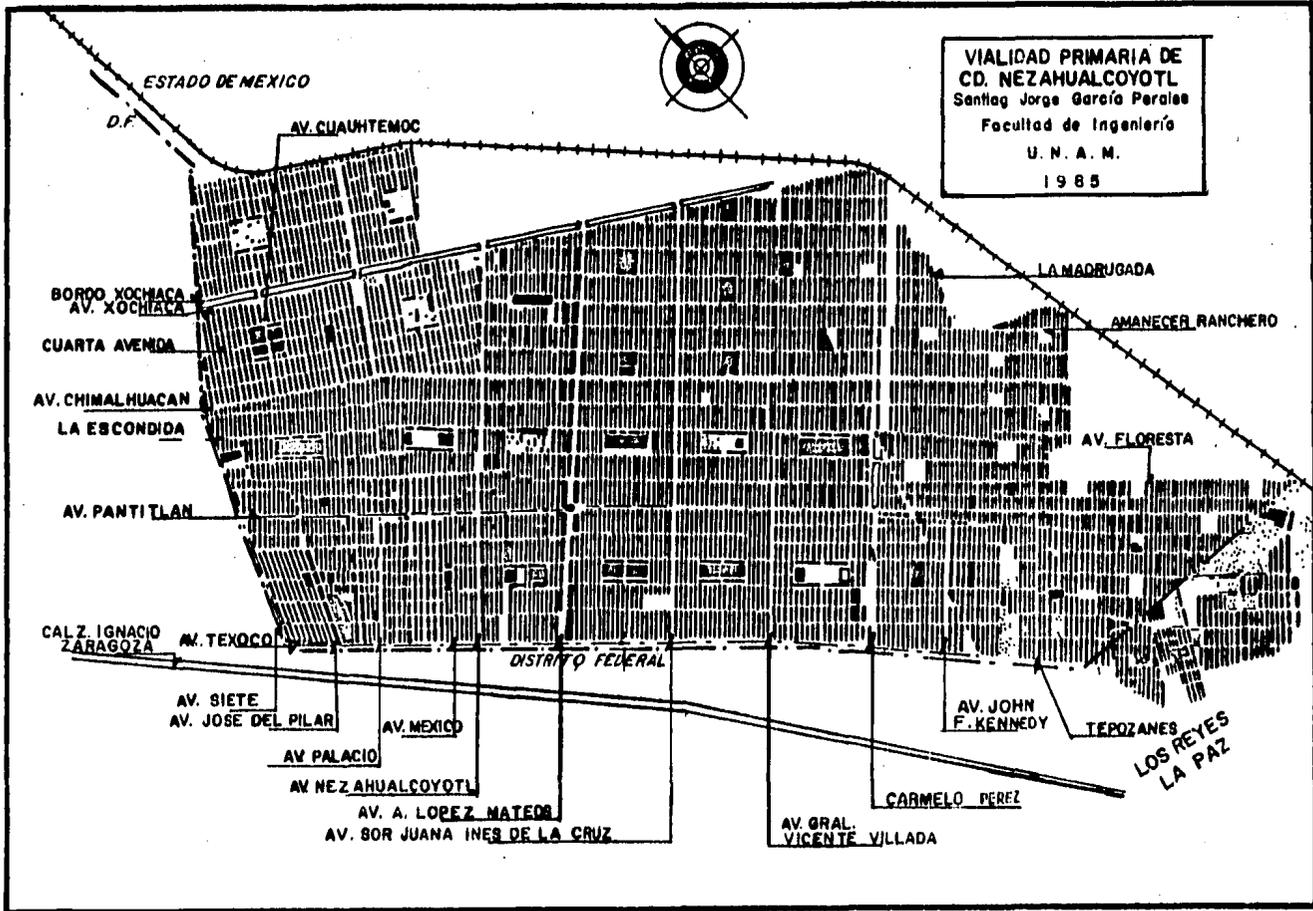
Por la condición del sub-suelo no existen actividades agrícolas.

VIVIENDA.- Ciudad Nezahualcoyotl contaba en 1976 con 90,338 viviendas y una densidad de población de 7.48 habitantes por vivienda, las cuales se encuentran alojadas en lotes de superficie aproximada de 200 metros cuadrados.

SERVICIOS.- El 99% de la población cuenta (1976) con servicios de agua potable y alcantarillado y el 100% cuenta con servicio de luz. Se cuenta con escuelas (desde educación pre-primaria hasta nivel superior) y centros de salud tales como Hospital General; existen infinitud de agrupaciones sociales y religiosas.

ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS.- Los estudios socio-económicos se hicieron a base de brigadas de información, y según el Censo de 1970 el Municipio albergaba 580 436 habitantes, con un índice anual de crecimiento del 5.1% en 1976 Nezahualcoyotl contaba con 1'570 000 habitantes y se previó que en 1980 llegaría a 2'000 000 habitantes.

El apéndice A muestra la población económicamente activa según su posición en el trabajo.



**VIALIDAD PRIMARIA DE  
 CD. NEZAHUALCOYOTL**  
 Santiago Jorge García Perales  
 Facultad de Ingeniería  
 U. N. A. M.  
 1985

ESTADO DE MEXICO



D.F.  
 AV. CUAUHEMOC  
 BOROO XOCHITACA  
 AV. XOCHITACA  
 CUARTA AVENIDA  
 AV. CHIMALHUACAN  
 LA ESCONDIDA  
 AV. PANTITLAN  
 CALZ. IGNACIO ZARAGOZA  
 AV. TEXCOCO  
 AV. SIETE  
 AV. JOSE DEL PILAR  
 AV. MEXICO  
 AV. PALACIO  
 AV. NEZAHUALCOYOTL  
 AV. A. LOPEZ MATEOS  
 AV. SOR JUANA INES DE LA CRUZ  
 AV. JOHN F. KENNEDY  
 AV. GRAL. VICENTE VILLADA  
 CARMELO PEREZ  
 LA MADRUGADA  
 AMANECEER RANCHERO  
 AV. FLORESTA  
 TEPOZANES  
 LOS REYES  
 LA PAZ

DISTRITO FEDERAL

**I.-.TRABAJOS PRELIMINARES**

## 1.1.- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

### 1.1.1.- TRAZO.

El trazo se llevó a cabo por un equipo de topografía, y consistió en fijar el ó los ejes de las calles; según sean de vialidad secundaria ó primaria respectivamente; así como el eje de la razante.

Así mismo se consideraron las interferencias existentes, tales como líneas de conducción de energía eléctrica (torres, postes), árboles, casas habitación mal ubicadas.

### 1.1.2.- NIVEL.

Se tomaron en consideración las elevaciones existentes en las líneas de agua potable, alcantarillado así como pozos de visita, cajas de distribución y acceso a casas habitación.

La nivelación se llevó a cabo mediante instrumentos denominados niveles, que constan básicamente de un telescopio dotado de un nivel de burbuja.

### 1.1.3.- SECCIONES TRANSVERSALES.

Estas son secciones ó perfiles del terreno, normales al eje proyectado en planta, que se obtienen cada 20 metros.

Las secciones se dibujan en papel milimétrico a escala 1:100 horizontal y vertical y sirven para dibujar en cada una la sección que debe construirse.

#### 1.1.4.- AREAS DE LAS SECCIONES Y CALCULO DE VOLUMENES.

Como las secciones están dibujadas a igual escala horizontal y vertical, si se dispone de un planímetro se pueden calcular sus áreas.

Otra forma de cálculo, es contar materialmente los cuadros del papel milimétrico comprendidos dentro de la sección. Los centímetros cuadrados representan metros cuadrados.

Se puede aplicar la siguiente expresión:

$$V = \left( \frac{A1 + A2}{2} \right) d$$

pero como la distancia (d) vale 20 m. generalmente.

$$V = ( A1 + A2 ) 10$$

donde V= volúmen entre secciones separadas 20 m.

## 1.2. ESTUDIOS GEOTECNICOS.

### 1.2.1. RESISTENCIA DEL SUELO SUBYACIENTE.

Para conocer las condiciones geológicas de la zona donde se ubicó el proyecto, se efectuaron muestreos con pozos a cielo abierto a pico y pala, excavando hasta una profundidad de 1.50 metros.

La ubicación de los muestreos se hicieron referidos al eje de las calles y espaciados cada 500 metros en promedio.

De las muestras extraídas se elaboró un perfil estratigráfico, teniéndose a una profundidad de 0.40 metros - arena arcillosa contaminada con materia orgánica y residuos de materiales de construcción. Subyaciendo a éstos - materiales se encuentran arcillas limosas de alta plasticidad intercalado con estratos de arena fina y turba de color verde oscuro a gris verdoso con un contenido de humedad superior al 100%.

#### 1.2.2.- SELECCION DE BANCOS DE MATERIALES.

Se hizo un recorrido por la región y se seleccionaron los bancos de materiales de acuerdo con sus propiedades, acorde con los requerimientos de calidad para cada concepto (Sub-Bases, Bases y Carpetas).

Se consideraron los agrupamientos de bancos que estando próximos entre sí, tienen materiales de tipo y propiedades muy similares, eligiendo entre ellas uno representativo, que se le dió el nombre de banco "Principal" y los demás del conjunto se le llaman bancos "Alternos".

Así, en la selección se tuvo muy en cuenta y especialmente en los bancos "Principales", tengan:

- a) Una capacidad comprobada de 50 000 m<sup>3</sup>. ó más

- b) Que satisfacen los requisitos de calidad para su uso.
- c) Su disponibilidad es real, es decir no está impedida por problemas de uso de la tierra.
- d) Su acceso es transitable.

CARPETAS.- Dado que se utiliza en vialidad con fuertes volúmenes de tránsito y que por ello requieren carpetas de la mejor calidad.

BASES.- Las condiciones de trabajo de los pavimentos en esta zona, por los volúmenes de tránsito a que estarán sujetos, necesitan de los mayores grados de calidad ( - - - VRS  $\geq$  100%), pero existen pocos bancos que satisfacen los requerimientos de calidad.

De ahí que los bancos existentes tengan que ser mejorados, recurriendo a estabilizaciones con productos industrializados (cemento generalmente), para que los materiales satisfagan las normas de calidad.

SUB-BASES.- Como la función de estas capas es reducir el costo del pavimento, su selección impone menos condiciones, pero de manera congruente con lo anterior.

1.2.3.- DELIMITACION DE LAS AREAS DE UTILIZACION MAS ECONOMICA.- Con base en la selección de los bancos para cada

concepto, trató un sistema integrado solo con los bancos principales, para determinar en función de sus precios unitarios por unidad de obra terminada y el costo de sus acarreos, el área donde resulta más económica la utilización de cada uno de ellos, de acuerdo con el siguiente -- procedimiento.

- 1.- Definido el sistema de bancos principales para cada concepto, se ubicarán en el plano base formado con carta DETENAL, en el que están ubicadas también las obras del programa.
- 2.- Se identificaron las rutas posibles por las cuales sea posible el acarreo de los materiales e intercomunicación entre sí los bancos principales.
- 3.- Partiendo del precio unitario de cada banco principal se obtuvo el precio del (m<sup>3</sup>) en cada punto de las rutas mencionadas en el punto (2).
- 4.- Con base en los puntos donde se igualan los costos, se delimitarán las áreas de cada banco donde resulte más barato su empleo.
- 5.- Con las áreas así determinadas, se procedió a identificar las obras del programa, asig-

nándole el banco principal que les corres -  
ponde y los bancos alternos.

BANCO	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	UTILIZACION	TRATAMIENTO
TRIBASA	km. 26+000, 1200 mts. <u>desv. Jorocha del camino México-Puebla.</u>	Dusulto	Concr. <u>asfáltico.</u>	Trituración total.
LA MAGDALENA	km. 23+000, 1000 mt. <u>D/D de la carretera México-Tezcoco.</u>	Toba basáltica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá SC. (Tepotate).</u>	Sub-rasante Cemontante.	Disgregado
LA ESCONDIDA	km. 10+000, 3900 mt. <u>de la calzada Ermita-Ixtapalapa. Desv. der.</u>	Roca piroclástica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá GW-Fc (Tezontle).</u>	Sollo No. 2 3-A 3-E	Cribado a tamaño máximo de: 1.27cm (1/2") 0.951cm (3/8") 0.951cm (3/8")
EL POLI	km. 17+500, 2500m. - <u>D/D de la calzada Ermita-Ixtapalapa.</u>	Roca piroclástica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá GW-Fc (Tezontle).</u>	Base hidráulica Sub-base	Cribado a tamaño máx. de 1 1/2" Cribado a tamaño máx. de 2"
XALTEPEC	km. 10+000, 6000 D/D <u>de la calzada Ermita-Ixtapalapa.</u>	Roca piroclástica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá GW-Fc (Tezontle).</u>	Sollo No. 2 3-A 3-E	Cribado a tamaño máx. de: 1/2" 3/8" 3/8"
VILLA II	A 900 m. de la <u>Rosa - dancia J.L.C. Mezahual coyotl</u>	Toba basáltica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá SC.</u>	Cemontante Sub-rasante.	Disgregado
VALDEZ	km. 10+000, 3700m. - <u>D/D de la calzada Ermita-Ixtapalapa.</u>	Roca piroclástica (Rio). <u>Al excavar se obtendrá GW-Fc (Tezontle).</u>	Base hidráulica Filtro Sub-base	Cribado a tamaño máx. 1 1/2" Cribado a tamaño máx. 2"

II.- PROYECTOS.

## 2.1. DEFINICION DE PAVIMENTO.

El pavimento es la superestructura de la obra vial, -- que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

La disposición de los elementos que lo constituyen, -- así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen gran variedad de posibilidades, de tal manera que puede estar formado por una sola capa ó como es más común por varias. Así mismo esta(s) capa(s) pueden ser de materiales naturales seleccionados, sometidos a diversos tratamientos, la superficie de rodamiento puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico ó -- está formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados.

### 2.1.1. TIPOS DE PAVIMENTO.

Los pavimentos se dividen en pavimento flexible y pavimento rígido.

La rigidez ó flexibilidad que un pavimento exhibe no es fácil de definir como para permitir una diferenciación precisa; es hasta cierto punto materia de juicio el precisar que tan rígido puede ser un pavimento flexible ó que -- tan flexible puede llegar a ser un pavimento rígido. De --

hecho los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de que están constituidos y de como se estructuran esos materiales y no por la forma en como distribuyen los esfuerzos y las deformaciones producidas por los vehículos a las capas inferiores, lo que constituiría un criterio de clasificación más acertado.

Para los fines de esta tósis consideraremos a un pavimento rígido aquel cuyo elemento fundamental resistente sea una losa de concreto hidráulico, en cualquier otro caso, el pavimento se considerará flexible.

#### 2.1.2.- CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

Las características fundamentales de un pavimento flexible, considerado como un conjunto son los siguientes:

- 1.- La resistencia estructural.
- 2.- La deformabilidad.
- 3.- La durabilidad.
- 4.- El costo.
- 5.- Los requerimientos de conservación.
- 6.- La comodidad.

Breve explicación sobre las características fundamentales de un pavimento flexible.

- 1.- La resistencia estructural.

Los esfuerzos que actúan en los pavimentos son esf. cor-  
tantes, esf. adicionales producidos por la aceleración y fre-  
naje de los vehículos así como esf. de tensión que se produ-  
cen en los niveles superiores de la estructura.

El problema de la resistencia se toma en relación con -  
la estructura de los materiales que conforman el pavimento.-  
Es decir, aunque la calidad de los materiales de las terraca-  
rías, es mala; pero el espesor del pavimento a que los esfuer-  
zos que llegan a las terracerías son inferiores a la capaci-  
dad de carga.

## 2.- LA DEFORMABILIDAD.

Dada la naturaleza de los materiales que forman las ca-  
pas de un pavimento, se determina que la deformabilidad de -  
las terracerías es grande con relación a las capas superio -  
res ó propiamente dicho el pavimento.

En los pavimentos las deformaciones interesan porque sí  
se presentan un exceso, puede presentarse la falla; así como  
un pavimento deformado deja de cumplir sus funciones.

## 3.- LA DURABILIDAD.

Las incertidumbres a la durabilidad de un pavimento, --  
son muy difíciles de tratar. La durabilidad está ligada a un  
conjunto de factores económicos y sociales del camino en cues-  
tión, en una obra modesta, la duración del pavimento puede -

ser corta con la condición de que el costo de conservación del camino sea la inversión inicial menor que el costo inicial de un pavimento más durable.

En obras importantes se requerirá de pavimentos duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de tránsito.

#### 4.- EL COSTO.

Un diseño correcto será aquel que satisfaga los requerimientos de servicio a un costo bajo.

Los pavimentos rígidos imponen poco gasto de conservación pero el costo inicial es elevado. Los pavimentos flexibles requieren de una inversión inicial menor, pero el costo de conservación es elevado.

#### 5.- LOS REQUERIMIENTOS DE LA CONSERVACION.

Los factores climáticos influyen directamente en la vida de un pavimento, la intensidad del tránsito es otro factor importante; por lo que será importante preveer adecuadamente al crecimiento futuro. Las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía terrestre son factores importantes.

Constantemente sufren los pavimentos una falta de conservación por lo que su vida se acorta irremediabilmente.

#### 6.- LA COMODIDAD.

La comodidad es importante en autopistas y caminos importantes por lo que los usuarios deben de transitar a velocidad de proyecto.

## 2.2. CRITERIO DEL VALOR RELATIVO SOPORTE.

Los métodos de diseño de pavimentos, están basados en el criterio del valor relativo soporte, el cual hizo su aparición hace más de 40 años, propuesto por O.J. Porter.

Este fué el primer intento de dimensionar los pavimentos flexibles; desde que hizo su aparición este criterio ha sido usado por ingenieros dedicados al dimensionamiento de pavimentos.

El constante uso ha originado perfeccionamientos de interés, basados en experiencias y análisis.

### 2.2.1.- PRUEBA DEL VALOR RELATIVO SOPORTE.

Esta prueba fué desarrollada por el departamento de carreteras del Estado de California, actualmente es de uso muy extendido en todo el mundo.

El valor relativo de soporte (V.R.S.) se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4 cm<sup>2</sup>. (3 pulg<sup>2</sup>) de área se hace penetrar en un espécimen de suelo a razón de 0.127 cm/min. (0.05 pulg/min.); se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen en 0.25 cm. (0.1 pulg)

El valor relativo de soporte del suelo se define como -

La relación, expresada como porcentaje, entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. (0.1 pulg.) y la presión requerida para tener la misma penetración en un material arbitrario adoptado como patrón, que es una piedra triturada en la que se producen las presiones en el vástago.

Presiones para distintas penetraciones del vástago en el material patrón-prueba VRS.

PENETRACION		PENETRACION EN EL VASTAGO.	
cm.	pulg.	kg/cm <sup>2</sup> .	Lb/pulg. 2
0.25	0.1	70	1000
0.50	0.2	105	1500
0.75	0.3	133	1900
1.00	0.4	161	2300
1.25	0.5	182	2600

Como se dijo anteriormente, la penetración que se usa para calcular el VRS, es de los primeros 0.25 cm. como regla general; el valor relativo de soporte disminuye cuando la penetración considerada en el cálculo es mayor; pero a veces si se calcula con la penetración de 0.5 cm. (0.2 pulg.) resulta más grande que el obtenido de la primera penetración, en este caso se toma como VRS el obtenido con la segunda penetración (0.5 cm.)

El espécimen de suelo con el cual se efectúa la prueba-

se encuentra confinado en un molde de seis pulgadas de diámetro por ocho pulgadas de altura.

### 2.2.2.- DESARROLLO DE LA PRUEBA DEL VALOR RELATIVO SOPORTE.

Se prepara el espécimen en tres capas, varilladas; posteriormente se presiona en forma uniforme la superficie superior con 140 kg/cm<sup>2</sup>. Se preparan especímenes con humedades distintas, hasta que se encuentra una en la que al efectuar la presión de 140 kg/cm<sup>2</sup>. se provoca en el espécimen la exudación del agua en la parte inferior del molde; a este espécimen se le somete a saturación durante cuatro días, y se supone que es representativo de las condiciones más desfavorables para el pavimento.

### 2.3.- METODO EMPLEADO POR LA S.C.T.

Este método consiste en contabilizar el número de vehículos de carga mayor ó igual a tres toneladas y que circulan en un mismo sentido. Se contemplan cuatro condiciones:

- 1a. Condición.- menos de 500 vehículos al día
- 2a. Condición.- de 500 a 1000 vehículos al día
- 3a. Condición.- de 1000 a 2000 vehículos al día
- 4a. Condición.- más de 2000 vehículos al día ó autopistas

### 2.3.1.- INCONVENIENTES DEL METODO S.C.T.

- a) Considera una carga de tres toneladas por vehículo ; y hoy en día se tienen vehículos mucho más pesados.
- b) No considera el arreglo del sistema de neumáticos.
- c) Da como límite máximo 2000 vehículos.
- d) No relaciona la vida útil del camino
- e) No toma en cuenta la distribución de vehículos.

Para caminos de bajo tránsito la gráfica que emplea la S.C.T. tiende a dar pavimentos sobre diseñadas, así como en caminos con un volumen de tránsito alto ocurre lo contrario y el procedimiento sugiere pavimentos sub-diseñados.

### 2.4.- METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

A partir de 1962, la Secretaría de Comunicaciones y - - Transportes (S.C.T.) patrocina el programa de investigación sobre diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras, que desarrolla el Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.

El fin principal es el obtener mejores métodos de diseño en la construcción y reconstrucción de carreteras considerando las características del tránsito, clima, condiciones regionales, conservación, especificaciones, materiales, procedimientos de construcción, factores de seguridad y programa de inversiones: El método es confiable, así como signifi-

ca ahorros importantes al aplicarse de acuerdo con las recomendaciones del mismo. Se basa en una generalización teórica de los datos experimentales obtenidos en la pista circular del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., así como en los tramos experimentales de Izúcar y Salinas.

#### 2.4.1.- CARACTERISTICAS DEL METODO DE DISEÑO.

En el método destacan los conceptos de comportamiento a la fatiga de las diferentes capas que constituyen la carretera, el criterio de la sección estructural de resistencia relativa uniforme. Así como los conceptos aplicados para evaluar los coeficientes de daño en términos de esfuerzos a diferentes profundidades, constituyen un avance con relación a los factores empleados usualmente, que son de carácter empírico y no toman en cuenta ni las presiones de contacto ni la profundidad de la capa en que se analiza el deterioro.

En el método de diseño se relacionan resistencias críticas en el lugar contra aplicaciones de carga estándar esperadas en la vida de proyecto de la carretera.

#### 2.4.2.- CAMPO DE APLICACION DEL METODO.

El criterio de diseño está limitado al caso tipo de las estructuras que se emplean en México, donde el espesor de proyecto de las carpetas de concreto esfáltico rara vez excede de 7.5 cm., así como las demás capas están formadas por materiales granulares ó suelos finos estabilizados por com -

pactación mecánica.

#### 2.4.3.- CRITERIO DE DISEÑO.

Se supone que la carretera tiene una resistencia relativa uniforme en todas las capas de su estructura y llega a la falla funcional cuando ha soportado el número de cargas estándar especificado para la vida de proyecto. Si la resistencia relativa no es uniforme, la capa con resistencia relativa mínima determina la vida de servicio de la carretera.

El criterio de diseño emplea conceptos de capacidad de carga en suelos cohesivos y se basa en la teoría de distribución de esfuerzos verticales ( $\bar{V}_z$ ) de Boussinesq.

La carga estándar ó eje equivalente se define como la sollicitación de un eje sencillo de 8.2 ton. y llantas con presión de contacto de 5.8 kg/cm<sup>2</sup>.

El número de aplicaciones se refirió a la carga estándar ( $\Sigma L$ ) y se determinó la resistencia en la capa crítica referida a la superficie ( $\widehat{VRS}_z=0$ ) mediante pruebas de laboratorio y de campo.

#### 2.4.4.- ECUACIONES DE DISEÑO.

La duración del pavimento queda limitada por la falla de la capa con resistencia relativa mínima y puede calcularse con la expresión siguiente:

$$\text{Log } \Sigma L = \frac{1}{0.1761} (\log \widehat{VRS}_z - \log \widehat{VRS}_0 - \log F_z)$$

Donde:

- $\widehat{VRS}_Z$  estimación del valor relativo de soporte crítico esperado en el campo,, igual a  $\overline{VRS}_Z (1-0.84V)$
- 0.84 coeficiente para un nivel de confianza de 80 -- por ciento en la estimación del  $\widehat{VRS}_Z$
- $\overline{VRS}_Z$  valor relativo de soporte medio esperado en el campo.
- V coeficiente de variación del VRS en el campo.
- Z Espesor equivalente en cm. igual a  $\sum_{i=1}^n a_i D_i$
- $a_i$  coeficiente de equivalencia estructural.  
 $a_1 = 0$  para carpeta de riego.  
 $a_1 < 2$  para carpeta de concreto asfáltico.  
 $a_1 = 1$  para materiales estabilizados mecánicamente en bases, sub-bases y terracerías ( $i \geq 2$ ).
- $D_i$  espesor de cada capa que forman la sección del pavimento (cm.).
- $F_Z$  coeficiente de influencia de Boussinesq para  $a = 15$  cm.
- $\widehat{VRS}_0$  constante experimental, igual a  $10^B$ .  
para bases:  $B = B_1 = 0.8477 + 0.12 U$   
para sub-bases y terracerías:  $B = B_2 = 0.4547 + - 0.1593 U$
- U abscisa de la distribución normal estandar para un nivel de confianza  $Q_U$

#### 2.4.5.- VARIABLES DE DISEÑO.

Existen un gran número de variables de diseño, entre - las cuales mencionaremos:

- a) Estructurales.- Consideran características relativas a cada una de las capas que forman el pavimento, como son espesores, resistencia y deformabilidad en -- condiciones esperadas de servicio.
- b) Coeficiente de daño estructural por eje (d) ó por - vehículo (  $\Sigma d$ ); cargados o descargados.
- c) De clima.- Las características de los materiales que forman las capas del pavimento dependen de la tempe- ratura, geología, topografía de la región.
- d) Tasa de crecimiento anual del tránsito.
- e) Factores de equivalencia estructural; para el caso - de carpetas asfálticas y bases estabilizadas con as- falto, cal o cemento.
- f) Coeficiente de variación del VRS en el campo para ca da una de las diferentes capas.
- g) Dos gráficas de diseño de espesores, con diferente - coeficiente de seguridad a la falla funcional de la- carretera.
- h) De conservación.- El proporcionar un mantenimiento - adecuado, garantiza que las variaciones de las carac- terísticas constructivas de los materiales sean míni- mas.

- i) De comportamiento.- Un pavimento diseñado adecuada - mente, es aquel que llega a la falla funcional des - pués de haber resistido el tránsito de proyecto.
- j) De composición.- Composición del tránsito; tipo y pe - so del vehículo.

#### 2.4.6.- ANALISIS DE TRANSITO.

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de ca - mino depende fundamentalmente de la demanda vehicular, es de - cir del volúmen de tránsito o número de vehículos que circu - larán en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa - de crecimiento y su composición.

Los volúmenes de tránsito son una medida de capacidad - de los caminos, ya que la capacidad de un camino admite un - volúmen máximo de trabajo para ser considerado eficiente.

Con el fin de conocer los diferentes volúmenes de trán - sito en los distintos tramos de una calle, se utilizan como - fuentes los datos obtenidos de estudios de origen y destino, de aforos por muestreo y de aforos continuos en estaciones - permanentes.

El equipo utilizado para aforar, consistió en contado - res manuales.

Para el análisis de tránsito, se emplea la siguiente ex - presión:

$$SL = (TDPA)(C_D)(C_T) \sum_{i=1}^P C_i (W_i \Sigma d_m + (1-W_i) \Sigma d_v)$$

Donde:

$\Sigma L$  número acumulado de cargas estándar producidas por p tipos de vehículos durante n años.

TOPA volúmen de tránsito diario promedio anual en ambas direcciones en el año inicial de operación.

$C_D$  proporción del número de vehículos en el carril de proyecto. Se recomienda 0.5 para carreteras de dos carriles, 0.4 a 0.5 para cuatro carriles, y 0.3 a 0.4 para seis o más carriles.

$C_T$  coeficiente de acumulación del tránsito al término de n años de operación, y con una tasa de incremento anual igual a r:

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

$C_i$  proporción de cada tipo de vehículo (i) en la composición del tránsito.

$W_i$  proporción de vehículos por cada tipo de vehículo (i).

$dm$  coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado.

$dv$  coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío.

## 2.5.-.SECCIONES TIPO.

Los métodos de diseño antes mencionado (S.C.T., Instituto de Ingeniería), se tomaron en consideración para diseñar-

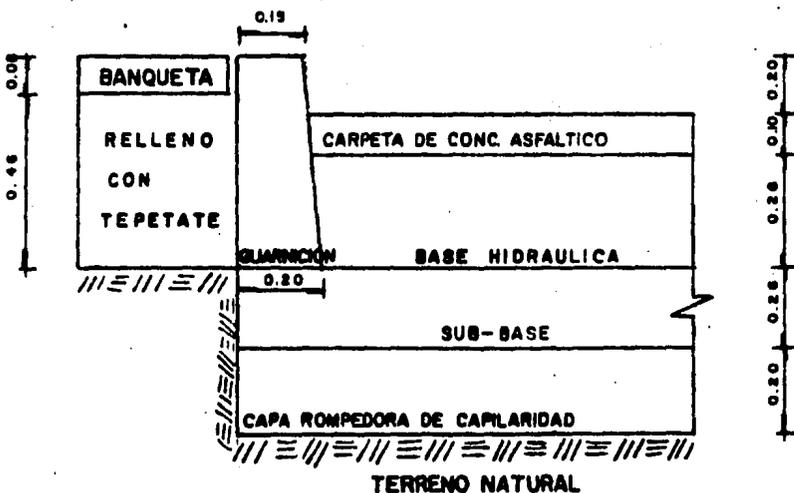
los pavimentos en la vialidad primaria de Ciudad Nezahualcoyotl.

El método del Instituto de Ingeniería es tomado como base y los espesores calculados se revisaron empleando el método de la S.C.T.

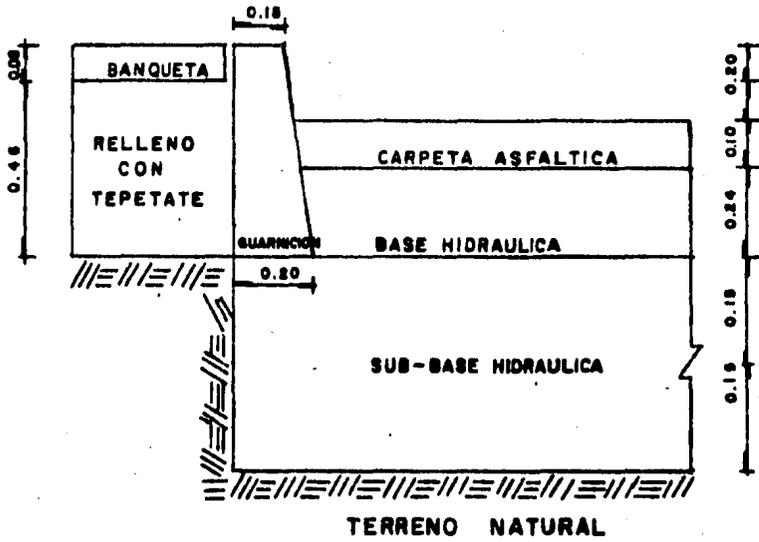
Por tratarse de una vialidad en la que el tránsito que circula no es el mismo para todas las avenidas, se procedió a elaborar un proyecto de pavimentación para cada vía. Así mismo conforme se fué avanzando en la construcción de la vialidad, y dado los problemas constructivos que se fueron presentando, hubo la necesidad de ir modificando la estructuración de los pavimentos por construir.

De las secciones que se construyeron, mencionaremos --- tres tipos, que fundamentalmente difieren en su estructura- ción.

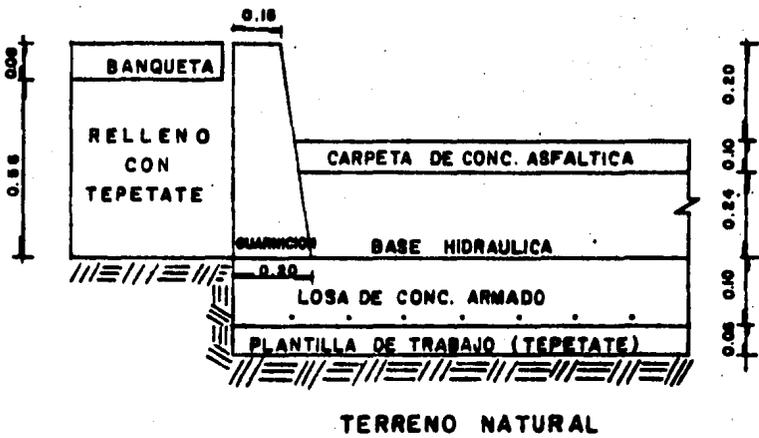
Sección tipo I.



Sección tipo II.



Sección tipo III.

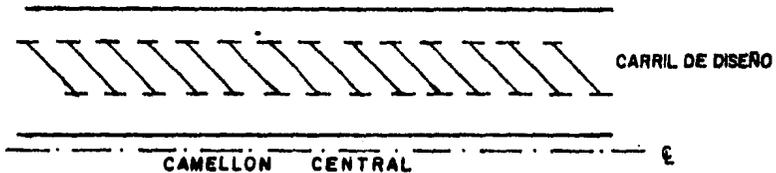


### 2.5.1.- DATOS DE DISEÑO PARA SECCION TIPO I.

V.R.S. de diseño a 85 % de compactación = 2.5

tránsito en el carril de diseño = 1500 v.p.d.

Croquis de la sección:



Composición del tránsito en el carril de diseño.

A = 15 %

B = 60 %

C = 25 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito: 10 %

Carga límite permisible en un eje sencillo: 3172 kg.

### 2.5.2.- CALCULO POR EL METODO S.C.T.

Tránsito actual en el carril de diseño = 1500 v.p.d.

Determinación del tránsito futuro (a 10 años) con la siguiente expresión:

$$T_f = T_a (1 + i)^n$$

donde:

$T_f$  = Tránsito futuro

$T_a$  = Tránsito actual

$i$  = tasa de incremento anual

$n$  = número de años

Por lo tanto:

$$T_f = 1500 (1 + 0.10)^{10} = 3891$$

Con el tránsito futuro y al V.R.S. se entra a la gráfica de diseño propuesta por la S.C.T. y se obtiene un espesor de pavimento igual a 60 cms.

### 2.5.3.- CALCULO POR EL METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

Tránsito actual en el carril de diseño = 1500 v.p.d.

Composición del tránsito: A = 15%, B = 60%, C = 25%.

Tasa de crecimiento anual del tránsito = 10 %.

Carga límite permisible en un eje sencillo 8172 kg.

## CALCULO DEL NUMERO ACUMULADO DE CARGAS ESTANDAR ( 8.2 ton )

AÑO	TDPA	TDPA x 365	A(15%)	B(60%)	C(25%)	FACTORES DE EQUIVALENCIA	DE	NO. DE EJES EQUIV. DE 82ton	
						0.0004	1.1190	1.7425	
1977	1500								
1978	1650	602 250	90 338	361 380	150 563	36	404 351	262 366	
1979	1815	662 475	99 371	397 488	165 619	39	444 786	288 591	
1980	1997	728 905	109 336	437 343	182 226	44	489 357	317 629	
1981	2198	801 540	120 231	480 924	200 385	48	538 154	349 171	
1982	2418	881 840	132 276	529 104	220 460	53	592 067	384 152	
1983	2657	969 805	145 471	581 883	242 451	58	651 127	422 471	
1984	2923	1' 066 895	160 034	640 137	266 724	64	716 313	464 766	
1985	3215	1' 173 475	176 021	704 085	293 369	70	787 671	511 195	
1986	3537	1' 291 005	193 651	774 603	322 751	77	866 781	562 394	
1987	3891	1' 420 215	215 032	852 129	358 054	85	953 532	618 691	
								El	10' 829 249

Con el número acumulado de cargas estandar, y el valor relativo soporte de la sub-rasante, se entra a la gráfica de diseño para obtener el índice de espesor (D) = 72 cms.

$$D = 2 D_1 + D_2 + D_3$$

Espesor de base + sub-base, c.m.

a) Para carpeta de un riego 72 cms.

b) Para carpeta de concreto asfáltico de 10 cm. 52 cms.

TABLA COMPARATIVA DE ESPESORES, CM.:

C A P A S	M E T O D O	
	S.C.T.	INST. DE ING.
Carpeta de conc. asfáltico	10 cm.	10 cm.
Base Hidráulica	24 cm.	26 cm.
Sub-Base	24 cm.	26 cm.
Capa Rompedora de Capilaridad	20 cm.	20 cm.
Espesor total.....	78 cm.	82 cm.

El espesor obtenido por el método S.C.T. nos sugiere un pavimento sub-diseñado; ya que se consideró la curva I (más de 2000 vehículos al día) para un TDPA -- 3891. Por lo tanto se considera aceptable el espesor obtenido por el método del -- Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

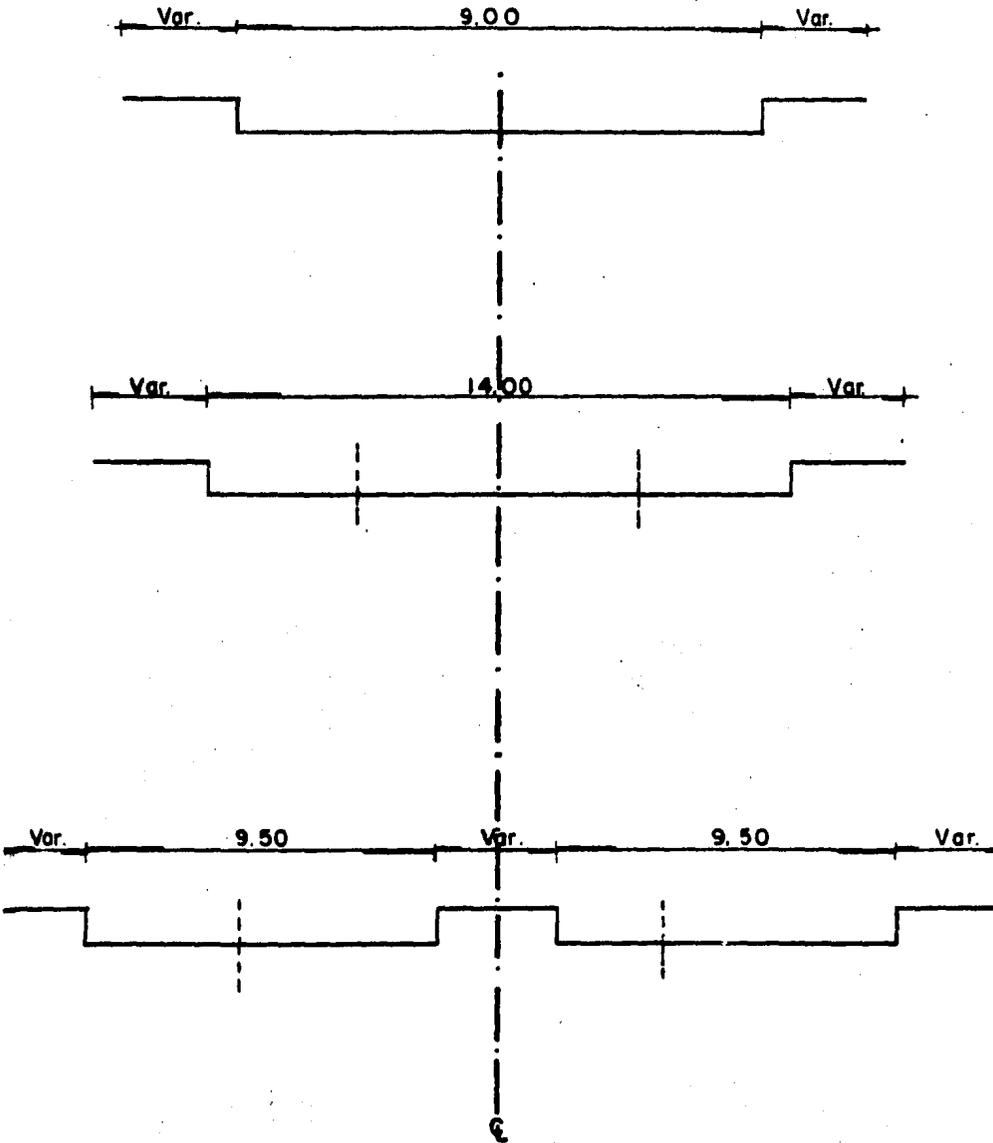
Las secciones tipo II y tipo III se obtienen en forma similar.

2.6.- PROYECTO GEOMETRICO.

La sección geométrica de las vías se diseño de acuerdo a espacios existentes; ya que por tratarse de una ciudad que creció sin ninguna planeación, se tuvo que -- trabajar con anchos de calle variables.

Por tratarse de un programa de obra social, se evitó en lo posible las efectuaciones para no encarecer el proyecto.

# SECCIONES GEOMETRICAS TIPO



### 2.6.1.- SECCION TRANSVERSAL TIPO.

Las banquetas se proyectaron en diferentes anchos, ejemplo; avenida Siete y 4a. avenida tienen 1.50 m. y 3.00 m. respectivamente. Así como los camellones se proyectaron de 4.50 mts. a 9.00 m. de ancho en la avenida Siete y avenida Vicente Villada respectivamente.

El número y ancho de carriles es variable, no solo entre calles sino en una misma puede ser variable, como ejemplo se cita:

Avenida México: Dos carriles de 4.50 m. de ancho cada uno - -  
(tramo: de avenida Chinalhuacán-Avenida Xochica).

Avenida México: Tres carriles de 4.67m. de ancho cada uno - -  
(tramo: de avenida Pantitlán-avenida Chimal -  
huacán).

Por especificación se tiene que el ancho mínimo de banda es de 3.00 m. más 0.60 m. a cada lado de la banda; por lo tanto el ancho mínimo de carril es de 4.20 m.

Existen vialidades de uno y dos cuerpos como avenida México y avenida Siete respectivamente.

### III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### 3.1.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA SECCION TIPO I.

a) Abrir caja aproximadamente 82 cm., y desperdiciar el material extraído. La superficie descubierta no recibirá ningún tratamiento de compactación, únicamente se afinará la su perficie de desplante.

b) Sobre la superficie de desplante afinada se colocará una capa de filtro aproximadamente de 20 cm., con el objeto de controlar hasta donde sea posible el ascenso de agua por capilaridad. Esta capa recibirá únicamente un tratamiento de a comodo.

c) Arriba de la capa de filtro se construirá una capa de sub base con material proveniente del banco más cercano de 26 cm de espesor y compactado al 90 % de su P.V.S. Máx.

d) Se construirá las guarniciones de conc.  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

e) Inmediatamente después, se construirá una capa de base -- hidráulica de 26 cm. de espesor compactada al 95 % de su P.-V.S. Máx.

f) Sobre la base, se aplicará un riego de impregnación con un material asfáltico tipo FM-0, con una dosificación aprox i mada de 1.5 lts/m<sup>2</sup>.

g) Fraguado el riego de impregnación y antes de construir la carpeta asfáltica, se aplicará un riego de liga con material asfáltico tipo FR-3 dosificado a 0.60 lts/m<sup>2</sup>. aproximadamente.

h) Construir la carpeta asfáltica por el sistema de mezcla - en planta, la cual deberá tener un espesor de 10 cm. compactados al 95 % de su P.V.S. máximo como mínimo.

i) Terminada la carpeta asfáltica, se efectuará un riego de sello con materiales pétreos 3-A y asfáltico FR-3, dosificados como sigue:

Pétreos 3-A - - - - - 10 - 12 lts/m<sup>2</sup>.

Asfáltico FR-3 - - - - - 1.2 - 1.5 lts/m<sup>2</sup>

### 3.2.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA SECCION TIPO II.

a) Abrir caja aproximadamente 64 cm. y desperdiciar el material extraído. Se compactará el terreno natural al 85 % de su P.V.S. Máx., pero sin romper la estructura del terreno natural, lo cual será más perjudicial que lograr una compactación determinada.

b) Sobre la superficie de desplante se colocará una capa de 30 cm. de sub-base con material (grava cementada controlada en planta), proveniente del banco más cercano y compactado -

al 90 % de su P.V.S. Máximo. Una vez construída ésta se colarán las guarniciones de conc.  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

c) Inmediatamente después, se construirá la capa de base hidráulica de 24 cm. de espesor y compactado al 95 % de su P.V.S. Máx.

d) Sobre la capa de base, se aplicará un riego de impregnación con un material asfáltico FM-0, con una dosificación aproximada de 1.5 lts/m<sup>2</sup>.

e) Fraguado el riego de impregnación, se aplicará un riego de liga con material asfáltico FR-3 dosificado a 0.60 lt/m<sup>2</sup> aproximadamente.

f) La carpeta asfáltica se construirá con mezcla de planta y de 10 cm. de espesor; compactado al 95 % de su P.V.S. Máx. como mínimo.

g) Terminada la carpeta asfáltica, se efectuará un riego de sello con materiales pétreos 3-A y asfáltico FR-3 dosificado de la siguiente manera:

Pétreo 3-A - - - - - 10 - 12 lts/m<sup>2</sup>.

Asfáltico FR-3 - - - - - 1.2 - 1.5 lts/m<sup>2</sup>.

### 3.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA SECCION TIPO III.

a) Abrir caja de aproximadamente 50 cm y desperdiciar el material extraído. La superficie descubierta se afinará.

b) Se colocará una capa de tepetate de aproximadamente 6 cm. de espesor, esta capa sólo recibirá tratamiento de acomodo.

c) Sobre la capa de tepetate, se construirá una losa armada - con malla-lac (No. 9 de 15 x 15 cm) de 10 cm de espesor, se usará concreto hidráulico puzolánico de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , el cual recibirá un tratamiento de acomodo para dar el espesor.

d) Se construirá las guarniciones de concreto hidráulico premezclado de un  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

e) Sobre la losa de concreto hidráulico, se colocará una capa de base hidráulica de 24 cm. de espesor, y compactada al 95 % de su P.V.S. Máx.

f) Sobre la base se aplicará un riego de impregnación con un material asfáltico tipo FM-0 dosificado aproximadamente a 1.5 lts./m<sup>2</sup>.

g) Fraguado al riego de impregnación, se aplicará un riego de liga con un material asfáltico tipo FR-3 dosificado a 0.60 --

lts./m<sup>2</sup>. aproximadamente.

h) Se construirá una carpeta asfáltica por el sistema de mez  
cla en planta, la cual deberá tener un espesor de 10 cm. com  
compactada al 95 % de su P.V.S. Máx. como mínimo.

i) Sobre la carpeta asfáltica se efectuará un riego de sello  
con material pétreo 3-A y asfáltico FR-3 dosificado así:

Pétreo 3-A	- - - - -	10 - 12	lts/m <sup>2</sup>
Asfáltico FR-3	- - - - -	1.2 - 1.5	lts/m <sup>2</sup> .

#### 3.4.- CONTROL DE CALIDAD.

La construcción se llevará de acuerdo a las especifica-  
ciones generales de construcción, efectuando muestreos y - -  
pruebas por parte del laboratorio de la Junta Local de Cami-  
nos del Estado de México, en las capas de pavimento, así co-  
mo en bancos de materiales.

CONCLUSIONES

## CRITERIOS PARA DEFINIR LAS VIALIDADES PRIMARIAS Y CALLES SECUNDARIAS.

Las necesidades que motivaron estos estudios fueron de carácter, netamente social, las cuales consistieron en dar solución a los problemas existentes (1976) básicamente a los de Salud Pública, Educación, Transporte, Comunicación y Seguridad. Ya que debido a éstos problemas el nivel cultural en Ciudad Nezahualcoyotl era muy elemental en la mayor parte de la población, así mismo se intentó satisfacer las necesidades de tipo económico para elevar el nivel de vida de sus habitantes ya que existía en 1976 una desigual repartición del poder adquisitivo en Ciudad Nezahualcoyotl.

Se pretendió con éste sistema de vías de comunicación, que la gente pudiera movilizarse con mayor fluidéz para comunicarse a los centros de abastos y propiciar con este el incremento comercial obteniéndose de esta manera mayores beneficios para la comunidad.

Así mismo se vino a dar solución (en parte) al problema de pérdidas hora-hombre.

Como se mencionó en la introducción de ésta tesis, Ciudad Nezahualcoyotl es considerada una ciudad dormitorio gigante, porque su potencial económico se encuentra basado en los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Distrito Federal.

Un viaje de Ciudad Nezahualcoyotl a Naucalpan se efectúa en 2 horas de ida y 2 horas de regreso por lo que las horas-hombre perdidas se pueden calcular de la manera siguiente:

Si consideramos que la población económicamente activa según el censo 1975-1976.

Nezahualcoyotl contaba con 297 600 habitantes activos, si suponemos que el 20 % de los habitantes activos labora en Naucalpan.

$$59\ 520 \times \frac{4 \text{ hrs.}}{\text{días}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 86\ 899\ 200 \text{ horas/año.}$$

ELECCION DEL TIPO DE OBRA (diferentes tipos de calles).- Si vemos una fotografía aérea de Ciudad Nezahualcoyotl, observamos que se forma una cuadrícula con calles principales, los cuadros formados tienen de lado 1 km. por 1 km. y desfogan el tránsito de aproximadamente cien manzanas. Estas vialidades son proyectadas para tener un tránsito pesado de trailers y camiones de pasajeros.

Se tienen también vialidades secundarias con un ancho de diez metros, estas alimentan a las vialidades primarias.

Como se pensó que pavimentar todas las calles saldría sumamente costoso (16,000 millones de pesos, 1976), se pensó en dar mejoramiento a calles secundarias de menor importancia. Este mejoramiento se haría con una capa de 20 cm de te-

zontle y sobre esta capa se colocará otra de 20 cm. de tozontle-material cementante compactada al 90 % de su P.V.S. Máx.- (peso volométrico seco máximo) se aplicará un riego de impregnación y luego un riego de sello; el objeto de éste último -- tratamiento es con el fin de evitar el arrastre del tozontle- con la lluvia y se produzca azolve en el drenaje.

Las obras de drenaje necesarias para el buen funciona -- miento del pavimento, son las consideradas normales para este tipo de obra urbana como son alcantarillados a cada 30 mts. - aproximadamente. Cabe mencionar que no hubo necesidad de romper pavimento para introducir colectores y redes de distribución de agua potable.

El señalamiento visual se efectuará por medio de señales luminosas (semáforos), que se colocarán en algunos cruces de avenidas y además se pintarán cordones sobre la superficie - del pavimento, delimitando cada uno de los carriles.

Para la construcción de guarnicioness se emplearán concre to hidráulico con resistencia a la compresión  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. en la construcción de banquetas se usará concreto  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>.

Las banquetas y camellones se rellenarán con material de sub-rasante y se compactará al 85 % de su P.V.S. Máx.

Cabe mencionarse que por problemas constructivos, hubo -- necesidad de modificar la sección (tipo) del pavimento; ya -- que originalmente la sección incluía una capa rompedora de ca

pilaridad a base de tezontle. Como ejemplo de las desventajas de esta sección se tiene, que en la avenida Vicente Villada se extrajeron 11 000 m<sup>3</sup>. de baches en un tramo de un kilómetro de longitud; así mismo este tipo de sección provocaba fuertes volúmenes de excavación y materiales de construcción, también se tenía el problema de la posible afectación de instalaciones subterráneas.

La construcción de las terracerías y del pavimento se registrarán por las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes contenidas en la Parte Cuarta y Octava.

- a) Se efectuará el despalme y limpieza general usando equipo ligero.
- b) La capa rompedora de capilaridad se colocará a vol-téo se extenderá con motoconformadora y se acomodará con rodillo liso de 3 ton.
- c) La sub-base y base hidráulica se construirán con los espesores indicados, usando una mezcla de materiales en volúmen.
- d) Materiales asfálticos. Habiendo perfilado la capa de base hidráulica y estando superficialmente seca y barrida, se colocará sobre ella el riego de impregnación usando un material asfáltico tipo FM-0 en cantidad 1.5 lt/m<sup>2</sup> tal que penetra cuando menos 1 cm.

Una vez que haya penetrado y fraguado el riego de impregnación se colocará otro material asfáltico del tipo FR-3 para ligar las capas de base y carpeta asfáltica la dosificación será de 0.60 lts./m<sup>2</sup>.

- e) Carpeta asfáltica, será del tipo mezcla en caliente, se usará una mezcla de materiales pétreo y cemento asfáltico No. 6. El material pétreo tendrá un tamaño máximo de 1.9 cm. (3/4").

APENDICE " A "

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA  
POR POSICION EN EL TRABAJO

( 1975 - 1976 )

MUNICIPIO Y OCUPACION PRINCIPAL	POBLACION TOTAL	%
NEZAHUALCOYOTL	297,600	100
PROFESIONALES Y TECNICOS	8,757	2.94
FUNCIONARIOS SUPERIORES Y PERSONAL DIRECTIVO, PUBLICO Y PRIVADO	3,618	1.22
PERSONAL ADMINISTRATIVO	29,570	9.94
COMERCIANTES, VENDEDORES Y SIMILARES	36,062	12.13
TRABAJADORES EN SERVICIOS DIVERSOS Y CONDUCTORES DE VEHICULOS	52,012	17.49
TRABAJO EN LABORES AGROPECUARIAS	9,171	3.00
OBREROS NO AGRICOLAS	137,109	46.11
INSUFICIENTEMENTE ESPECIALIZADOS	21,052	7.09

MUNICIPIO DE NEZAHUALCOYOTL  
POBLACION TOTAL POR LUGAR DE NACIMIENTO

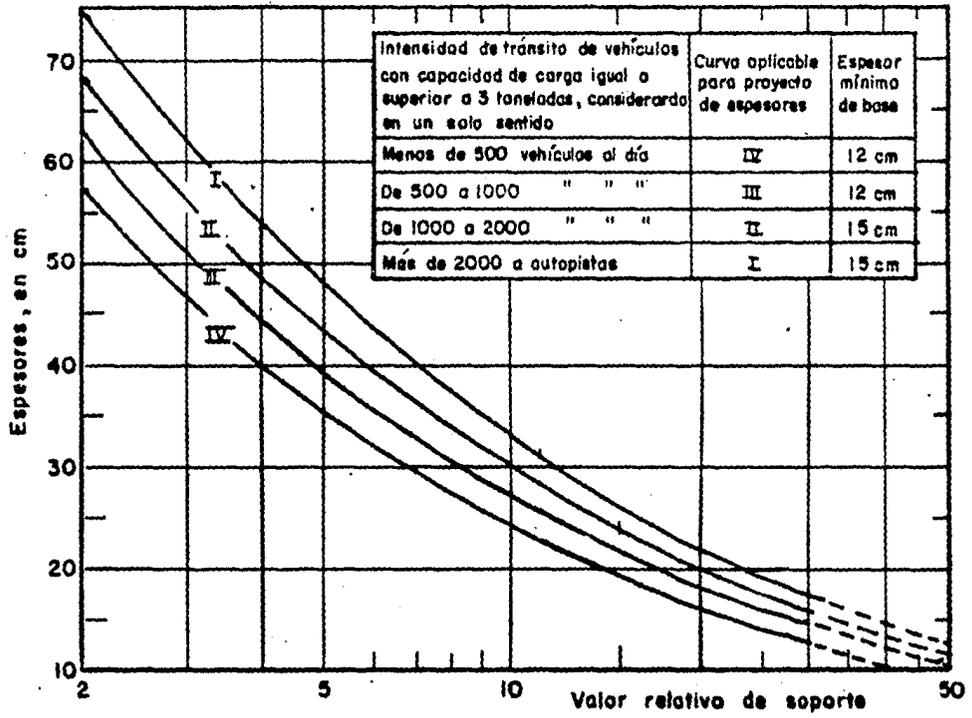
PROCEDENTES DE:

Aguascalientes	1 854	0.54
Baja California	554	0.16
Baja California T.	212	0.06
Campeche	463	0.13
Coahuila	770	0.22
Colima	568	0.16
Chiapas	1 168	0.34
Chihuahua	798	0.23
Distrito Federal	183 107	53.63
Durango	933	0.27
Guanaajuato	24 452	7.14
Guerrero	7 493	2.32
Hidalgo	11 926	3.48
Jalisco	7 728	2.25
Michoacán	27 463	8.02
Morales	3 149	0.92
Nayarit	197	0.05
Nuevo León	568	0.16
Oaxaca	21 256	6.27
Puebla	20 383	5.95
Querétaro	3 125	0.91
Quintana Roo	57	0.01
San Luis Potosí	3 070	0.89
Sinaloa	274	0.08
Sonora	256	0.07
Tabasco	450	0.13
Tamaulipas	1 059	0.30
Tlaxcala	5 618	1.64
Veracruz	8 112	2.37
Yucatán	775	0.22
Zacatecas	3 723	1.08
<b>T O T A L . .</b>	<b>542 011</b>	<b>100.00 %</b>

FUENTE : Censo de Población de 1970

APENDICE " B "

# GRAFICA DE DISEÑO DE LA S.C.T.

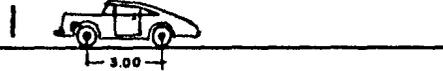


Curvas para calcular el espesor mínimo de sub-base más base, en pavimentos flexibles para caminos en función del VRS de la sub rasante.

# CONVERSION DE VEHICULOS A EJES EQUIVALENTES

(Met. Inst. de Ing.)

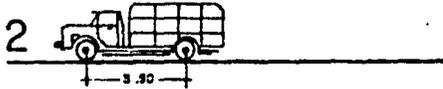
A<sub>p</sub>



$\frac{W}{L}$	$W_{VAC}$	$K_V$	$W_{CARG}$	$K_C$
1	0.9	0.0001	1.0	0.0002
2	0.9	0.0001	1.0	0.0002
3	—	—	—	—
$\Sigma$	1.8	0.0002	2.0	0.0004

A<sub>c</sub>

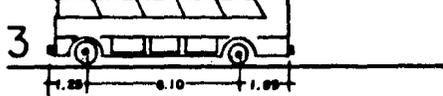
CARGA=2.5 ton



1	1.2	0.0005	1.6	0.0014
2	1.2	0.0005	3.3	0.0260
3	—	—	—	—
$\Sigma$	2.4	0.0010	4.9	0.0274

B

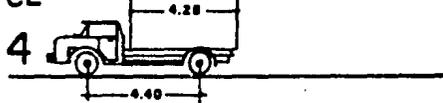
25 PASAJEROS



1	3.0	0.0180	4.2	0.0690
2	7.0	0.5310	8.3	1.0500
3	—	—	—	—
$\Sigma$	10.0	0.5490	12.5	1.1190

C2

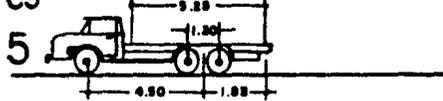
CARGA=5.1 ton



1	1.5	0.0011	2.5	0.0086
2	2.7	0.0118	6.8	0.4730
3	—	—	—	—
$\Sigma$	4.2	0.0129	9.3	0.4816

C3

CARGA=9.7 ton



1	1.7	0.0018	2.6	0.0100
2	5.2	0.0144	14.0	0.7600
3	—	—	—	—
$\Sigma$	6.9	0.0162	16.6	0.7700

T2-S1

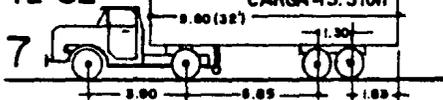
CARGA=9.7ton



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
$\Sigma$	9.1	0.0635	18.8	1.7425

T2-S2

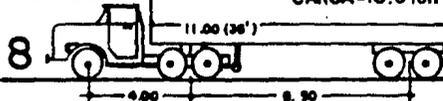
CARGA=3.3 ton



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
$\Sigma$	11.3	0.0991	24.6	1.6460

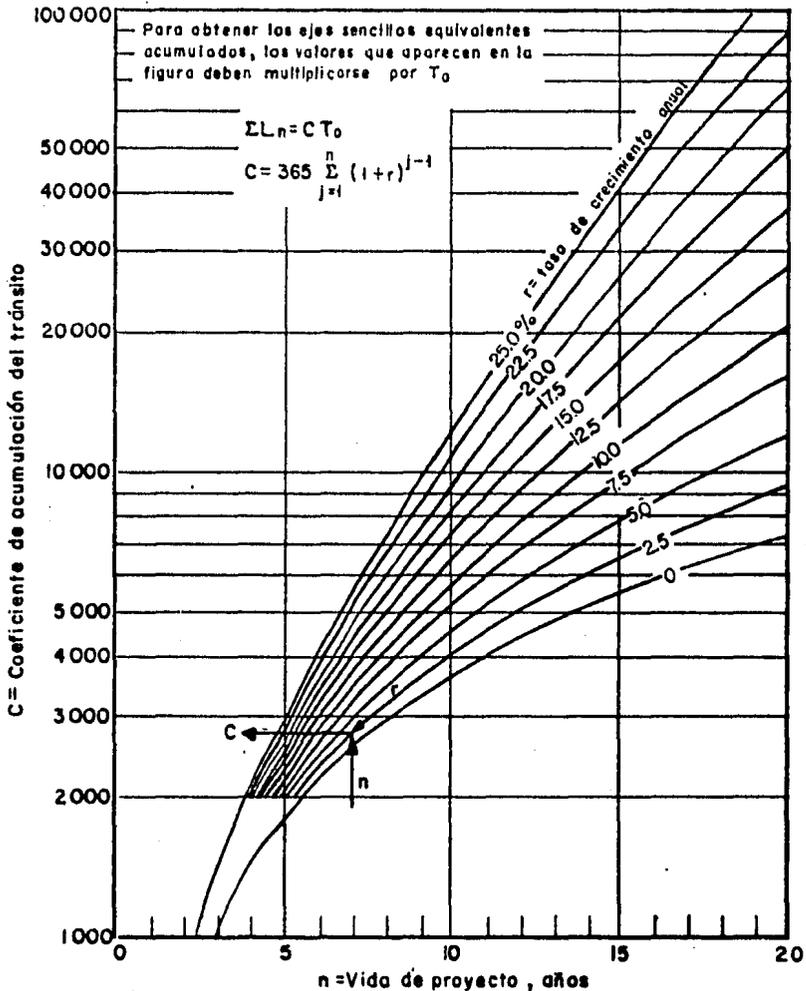
T3-S2

CARGA=16.0 ton



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
$\Sigma$	13.9	0.0623	29.9	1.1790

**GRAFICA PARA ESTIMAR EL TRANSITO EQUIVALENTE ACUMULADO (Met. inst. Ing.)**



$\Sigma L_n$  tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

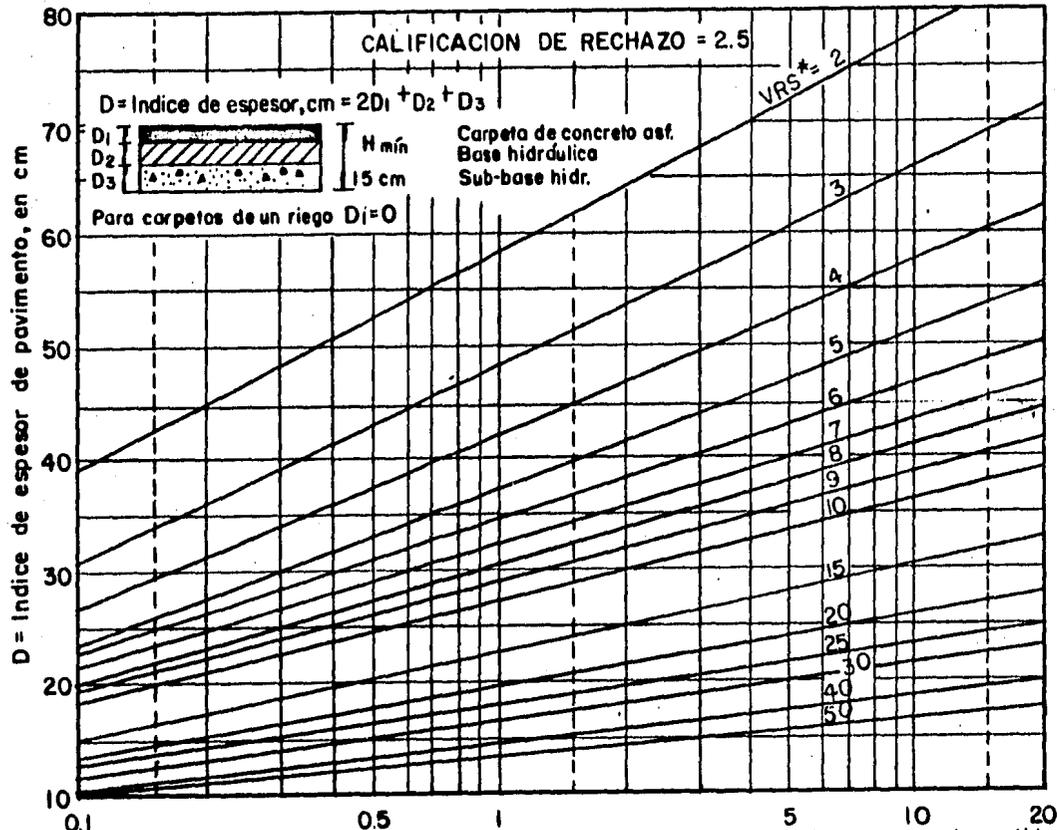
C coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r

$T_0$  tránsito medio diario por carril en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

$$T_0 = \Sigma N_i F_i + \Sigma N'_i F'_i$$

$N_i, N'_i$  promedio diario por carril de vehículos tipo i (cargados o descargados respectivamente), durante el primer año de servicio

$F_i, F'_i$  coeficiente de daño relativo producido por cada viaje del vehículo (cargado o descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 ton



\* El VRS deberá estimarse para las condiciones esperadas de peso volumétrico seco y contenido de agua más desfavorables

**GRAFICA PRELIMINAR PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE CARRETERA**  
(Met. Inst. Ing.)

## BIBLIOGRAFIA

- Diseño de Pavimentos Flexibles, publicación 240 del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.
  
- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. 2 --  
de:            Ing. Alfonso Rico Rodríguez  
                Ing. Hermilo del Castillo
  
- Apuntes del Curso de Diseño y Construcción de Pavimentos,  
impartidos en el Centro de Educación Continua (1974) por:  
                Ing. Fernando Favela Lezoya  
                Ing. Alfonso Rico Rodríguez  
                Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado  
                Ing. Alfredo Guerra Guajardo
  
- Archivo de la Residencia de Construcción Nezahualcoyotl, -  
de la Junta Local de Caminos del Edo. de México.