

872715

5



ESTUDIOS REALIZADOS EN LA UNIVERSIDAD

DON VASCO, A.C.

**INCORPORACION No. 8727-15 A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

TEMA:

**Diseño del Pavimento Flexible
del Camino Libramiento Oriente
a la Colonia Manuel Pérez Coronado
en Uruapan, Mich.**

EJEMPLAR UNICO

PRESENTA:

Octavio Martínez Chávez

2002

URUAPAN, MICHOACÁN, NOVIEMBRE



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Con cariño a mis padres, Luis J. Martínez Armas
y Mela Chávez Figueroa, por su apoyo y
dedicación durante mi vida.

A mis hermanos,

Claudia y Luis, con mucho cariño.

A mis abuelos, tíos y primos, con agradecimiento

A mi sobrinito,

Antonio Villaseñor Martínez.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**A mis maestros con respeto y agradecimiento,
que me transmitieron los conocimientos
de sus importantes disciplinas.**

**A mis compañeros y amigos,
por toda su amistad brindada.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A la Universidad Don Vasco A. C.

**A la Escuela de Ingeniería Civil, con especial
agradecimiento al Ing. Raúl Jamit Abud y
al Ing. Anastacio Blanco Simiano.**

**A todas aquellas personas que de alguna
forma u otra, contribuyeron
en mi formación profesional.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Hago patente mi especial agradecimiento, al
Ing. Luis Juan Martínez Armas, por su valiosa
labor de asesoría y revisión, sin la cual no
hubiera sido posible desarrollar este trabajo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO: Libramiento Oriente a la Colonia Manuel Pérez Coronado en Uruapan, Mich

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I. GENERALIDADES ----- 4

- I.1. Descripción de la Obra ----- 5**
- I.2. Justificación del Proyecto. ----- 5**
- I.3 Condiciones Regionales ----- 7**
 - I.3.1. El Municipio de Uruapan ----- 7**
 - I.3.2. Ubicación. ----- 7**
 - I.3.3. Topografía ----- 7**
 - I.3.4. Geología General de la Zona ----- 8**
 - I.3.5. Rocas Características de la Geología de la Región de Uruapan-- 9**
 - I.3.6. Climatología. ----- 10**

CAPÍTULO II. SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO. ----- 14

- II.1. Características del terreno natural ----- 16**
- II.2. Materiales de la región ----- 17**
- II.3. Magnitud de cargas ----- 18**
- II.4. Repetición de cargas ----- 20**
 - II.4.1 Área cargada ----- 21**
 - II.4.2 Forma del área de contacto ----- 21**
- II.5. Vida útil ----- 21**
- II.6. Clima ----- 22**
 - II.6.1 Calor ----- 23**
 - II.6.2 Humedad ----- 23**
 - II.6.3 El frio ----- 23**

CAPÍTULO III. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS ----- 24

- III.1. IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO-- 25**
- III.2- OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS----- 25**
- III.3. PRUEBAS DE LABORATORIO ----- 26**
 - III.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LUGAR ----- 26**
 - III.3.2. COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ----- 27**
 - III.3.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA (PLASTICIDAD). ----- 28**

III.3.4. ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO	31
III.3.5. DENSIDAD RELATIVA APARENTE DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8"	32
III.3.6. VALOR RELATIVO DE SOPORTE (ESTÁNDAR SATURADO)	34
III.3.7. VALOR RELATIVO DE SOPORTE (MODIFICADO)	34
III.3.8. VALOR CEMENTANTE	36
III.3.9. EQUIVALENTE DE ARENA_	37
III.3.10. PESO VOLUMÉTRICO DEL LUGAR (GRADO COMPACTACIÓN).....	39
III.3.11. PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS MÁXIMOS (PROCTOR Y PORTER)	41
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	53
IV.1. DEFINICIÓN GENERAL DE PAVIMENTOS	44
IV.2. TIPOS DE PAVIMENTOS.	54
IV.3. FUNCIONALIDAD DE UN PAVIMENTO	55
IV.4. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.	56
IV.5. MÉTODOS DE DISEÑO.	59
CAPÍTULO V. DATOS DE TRÁNSITO	60
V.1. DATOS DE TRÁNSITO.	61
V.2. INCREMENTOS DE TRÁNSITO.	62
V.3. Obtención del Índice de Tránsito (IT) para el método del Departamento De Carreteras del Estado de California, EE.UU.	63
V.4. Obtención del Número de Tránsito de Diseño (NTD), para el Método del Instituto Norteamericano del Asfalto.	67
V.5. Obtención del Tránsito Equivalente Acumulado (ΣL_n), para el Método del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México.	70

CAPÍTULO VI. DISEÑO DEL PAVIMENTO	83
VI.1 MÉTODO CALIFORNIA O DE Hveem.	85
VI.1.1.- Intensidad de tránsito.	86
VI.1.2.- Resistencia del material de la capa de Subrasante.	86
VI.1.3.- Resistencia a la tracción (Cohesión) del pavimento.	87
VI.1.4.- Obtención de espesores.	88
VI.2. MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO. ---	92
VI.2.1. Obtención de Espesores.	92
VI.3. MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.	97
VI.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES	97
VI.3.2.- SECUELA TEÓRICA DEL CÁLCULO	98
VI.3.3.- PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	100
CAPÍTULO VII. DATOS DE CONSTRUCCIÓN	104
VII. 1.- SUPERFICIE ACTUAL DEL CAMINO	105
VII.2.- CAPA SUBRASANTE	106
VII.3.- CAPA DE BASE HIDRÁULICA	106
VII.4.- RIEGO DE IMPREGNACIÓN	107
VII.5.- RIEGO DE LIGA.	107
VII.6.- CARPETA ASFÁLTICA.	107
VII.7.- RIEGO DE SELLO.	108
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES	109
CAPÍTULO IX. PRESUPUESTO DE OBRA	112
IX.1.- ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	113
IX.2.- PRESUPUESTO	141

* BIBLIOGRAFÍA

* ÍNDICE DE FIGURAS

*ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I.
GENERALIDADES

I.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.

El tema que a continuación presento como tesis profesional, se refiere a la pavimentación de un tramo de que servirá de vía de acceso del Libramiento Oriente a la colonia Manuel Pérez Coronado.

Este tramo se encuentra ubicado en una zona semiurbana al Oriente de la ciudad, está determinado por las coordenadas: 102° 00' a 102° 05' de Longitud y 19° 20' a 19° 25' de Latitud, como se detalla en el mapa adjunto. Cuenta con una longitud aproximada de 500m y 10m de ancho en su inicio y 15m de ancho a los 500m. Al final del Capítulo se presenta un croquis de localización (Figuras 1 y 2).

En el recorrido que se ha hecho por el tramo a pavimentar se encontró que la topografía del terreno en su mayoría se puede considerar un terreno con pendiente suave, con una cantidad de terraplenes prácticamente pequeña y nula en lo correspondiente a cortes. No cuenta tampoco con drenaje previo, el cual habrá de suministrarlo posteriormente.

Actualmente se encuentra en calidad de terracería haciendo el tránsito vehicular más lento y con dificultades de acceso a la colonia MAPECO.

I.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

El municipio de Uruapan -sitio en donde se encuentra ubicado el proyecto a tratar- tiene una extensión territorial de 1,286 km², actualmente cuenta aproximadamente con 350,000 habitantes y una densidad de 422 habitantes por km². Se localiza, geográficamente, a los 102° 03' 30" de Longitud Oeste y a los 19° 25' de Latitud Norte y está a 1,612 metros sobre el nivel del mar.

El rápido y desordenado crecimiento urbano de Uruapan a partir de 1970 ha provocado dificultades muy serias en materia de organización física, social, económica, cultural y natural por el crecimiento de la población que demanda servicios e infraestructura urbana.

Para el control de este problema en los años 1982 y 1983 el gobierno del estado de Michoacán y el Ayuntamiento de Uruapan elaboraron el Plan Director de Desarrollo Urbano de Uruapan cuya publicación se realizó en 1983. En 1988 fue revisado por primera vez y en 1993 por segunda ocasión. Estas revisiones buscan ajustar las estrategias y políticas de acuerdo a la evolución urbana de la ciudad.

Estos lineamientos han orientado el crecimiento de la ciudad hacia su parte oriental, el cual ya desde el primer plano se establecía como zona de crecimiento natural para la ciudad dadas las características topográficas de su entorno.

En el Plan Director de 1983 se delimita como zona de crecimiento la franja de terreno que corre al lado del libramiento oriente desde el entronque con la Carretera a Taretan hasta el entronque con Zumpimito. Todos los terrenos alrededor del aeropuerto se consideran como área de crecimiento, lo mismo que otras zonas de la ciudad.

El Plan de Desarrollo de 1988 y el de 1993 continúan la política establecida en el plan de 1983 referente a encauzar el crecimiento hacia las mismas zonas propuestas; en el de 1988 se establecen tres etapas de desarrollo urbano. En su tercera etapa que la que nos interesa, la cual comprende de 1994 al 2005 y busca el poblamiento general de las nuevas zonas de crecimiento e integración urbana. Esta nueva zona para la tercer etapa, o sea 1994 al 2005, es ubicada en los actuales terrenos del aeropuerto en tierras del ejido de Santa Catarina al oriente de lo que hoy es conocido como parque ecológico y las zonas que actualmente pertenecen a las colonias ubicadas en la reserva territorial urbana, en esta zona también se ubica la colonia Manuel Pérez Coronado en estudio.

Las expectativas del Plan de Desarrollo Urbano se cumplieron mucho antes del período contemplado para ello, por lo que la etapa de largo plazo señalada de 1994 al 2005 por estas zonas ya se encuentran pobladas, por lo que se puede observar que este crecimiento ha ocurrido bastante más rápido de lo que el plan había previsto en un principio.

Se puede observar que en la colonia MAPECO se tiene una población de alrededor de 2700 habitantes, o bien lo que correspondería a un 0.77% de la población total del municipio, es una zona en la que su población principalmente se desempeñan en el sector terciario y el secundario y en donde gran parte de los habitantes son población económicamente activa, por lo que es un sector de la ciudad que con el paso del tiempo sigue y sigue creciendo desmesuradamente y que requiere de mejores vías de acceso para su mejor desarrollo.

I.3 CONDICIONES REGIONALES.

I.3.1. El Municipio de Uruapan.

El municipio se localiza en el Noroeste del Estado, limita al Norte con los Municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen; al sur con el Municipio de Gabriel Zamora, al Oriente con los municipios de Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan y al Poniente con los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes.

El municipio de Uruapan tiene una extensión territorial de 1,286 km², actualmente cuenta aproximadamente con 350,000 habitantes y una densidad de 422 habitantes por km².

I.3.2. Ubicación.

La ciudad de Uruapan se localiza, geográficamente, a los 102° 03' 30" de Longitud Oeste y a los 19° 25' de Latitud Norte y está a 1,612 metros sobre el nivel del mar.

La ciudad se ubica en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, en parte de las subprovincias Escarpa Limítrofe del Sur y la Neovolcánica Tarasca, en la que se observan sistemas de sierras con características de sierra volcánica compleja con llanos; hacia el Noroeste se encuentra una pequeña franja de Malpais.
(SEDUE, 1988:11-13).

I.3.3. Topografía.

Uruapan ocupa una meseta rodeada de cerros a excepción del lado Oeste. El Norte se localiza el cerro de La Cruz que es la elevación más importante con 2,300 m.s.n.m; al Sur existen dos cerros: el de Las Campanas y La Cruz del Arriero, y también ahí, se localizan las salidas de los escurrimientos pluviales; al Este, una serie de lomeríos menores, y al Oeste, únicamente el cerro Jicalán.

**FALTAN
LAS
PAGINAS**

8 | A 9 |

Loess:

Es una capa estratificada conformada por lodos compactados y sus principales componentes son minerales de arcilla. Se distinguen por su blandura y capas muy delgadas.

Algunas lutitas son bastante porosas y muy retenedoras de humedad, sin embargo los poros no están comunicados y el agua no las satura. Es de grano tan fino que a simple vista no se revela su composición y su origen geológico. Este material es un magnífico cementante natural en la formación de capas flexibles.

I.3.6. Climatología.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de KOPPEN modificado (Fig. 3), el clima en Uruapan está incluido en la división de climas semicálidos, perteneciendo al más cálido de los templado húmedos, con temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C y la más caliente mayor a 6.5°C así como es el más húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media del mes más caliente entre 6.5°C y 22°C , con variación isothermal menor a 5°C ; el mes más caliente del año se presenta antes de junio, la temperatura media anual es de 19°C .

La época de lluvia está comprendida entre los meses de julio a octubre, presentándose la mayor precipitación en el mes de septiembre con aproximadamente 380mm., la precipitación anual es de 1630.6 mm. Los vientos soplan generalmente, de Sur a Norte, con velocidad de 34 Km/hr.

(SEDUE, 1988:13-15).

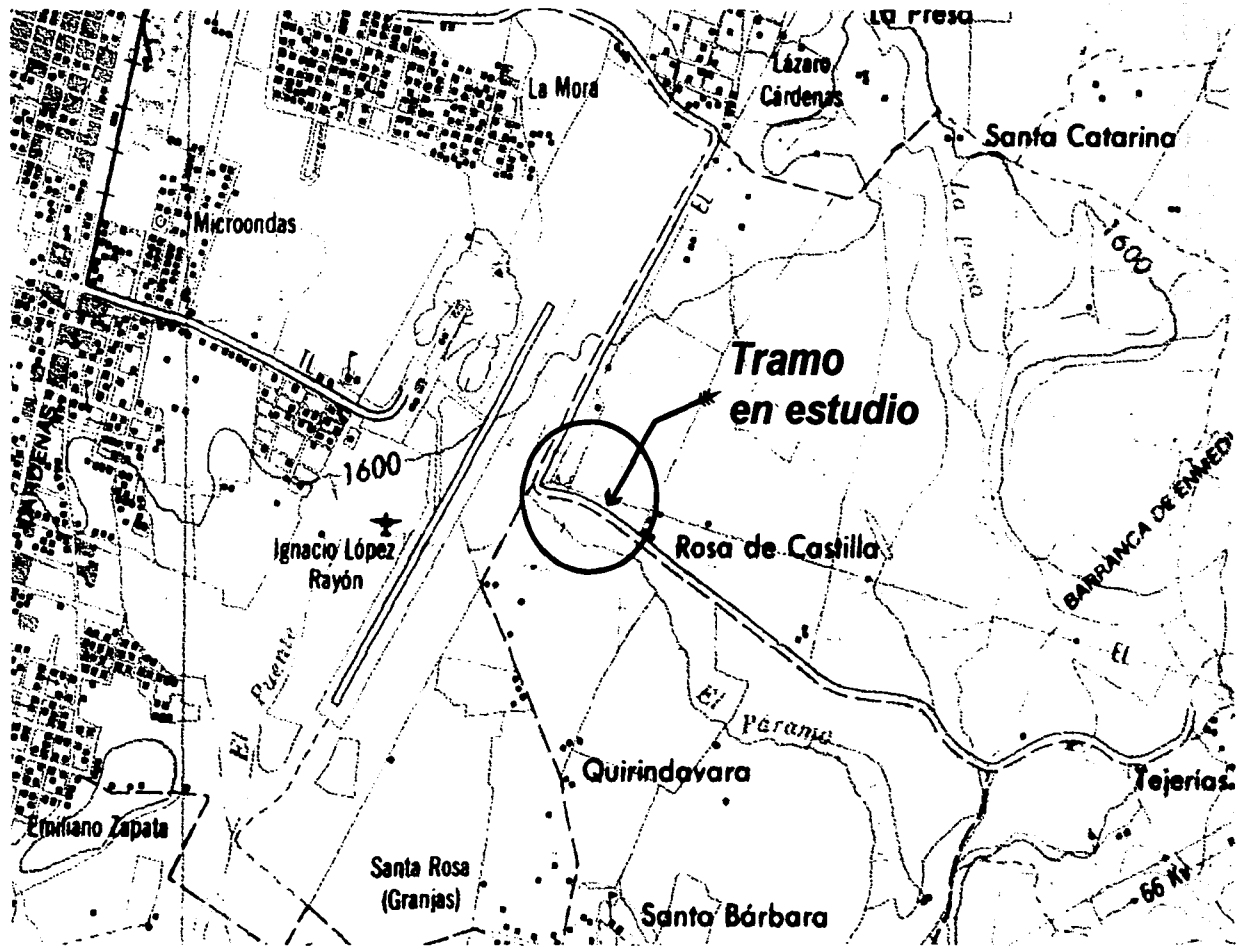


Fig. 1 Croquis de localización

Fuente: Carta Topográfica del Municipio de Uruapan, INEGI, 2000.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

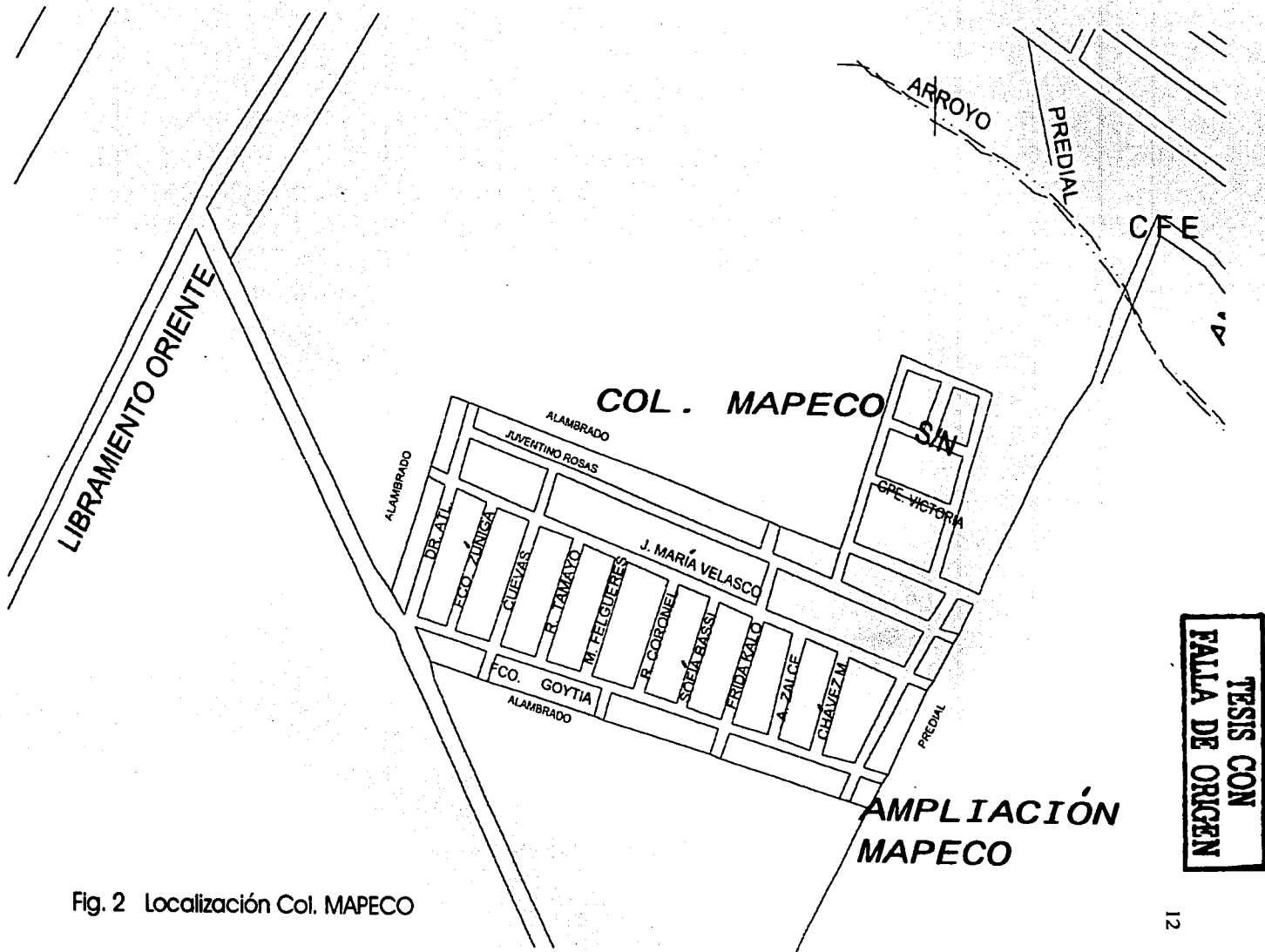
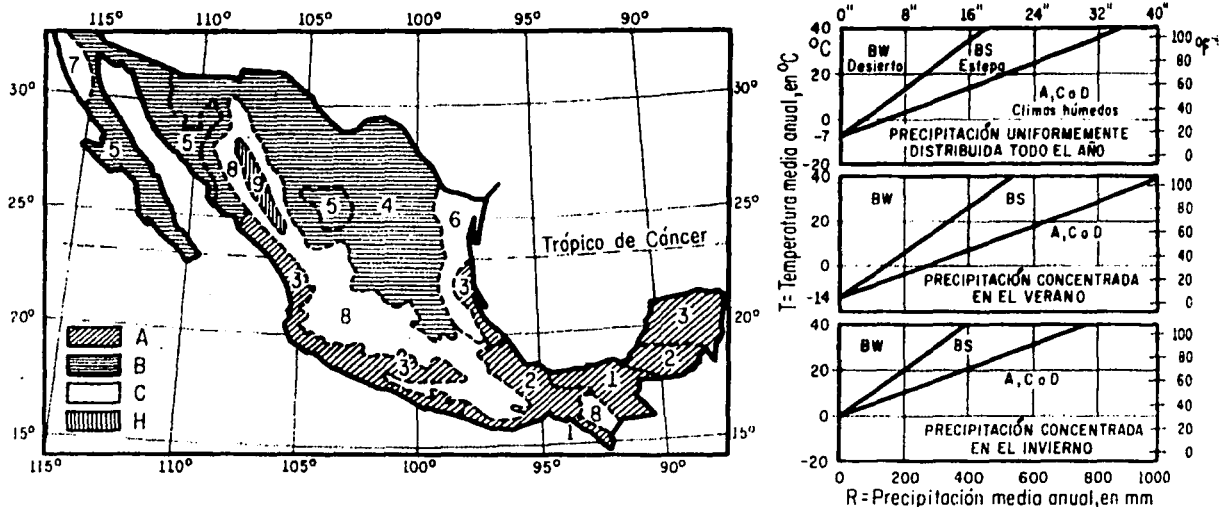


Fig. 2 Localización Col. MAPECO

Fuente: Elaboración Propia



CLIMAS			
A	TROPICAL	Afa	1 Ecuatorial, tipo amazónico caluroso regular
		Ama	2 Subecuatorial, tipo sudanés caluroso regular
		Awa	3 Tropical, tipo senegalés variaciones térmicas
B	SECO	BSk	4 Esteparia, tipo senegalés o tipo sirio. Caluroso o templado medio, oscilaciones térmicas sensibles
		BWh	5 Desértico, tipo sahariano extremo
C	SUB TROPICAL	Cfa	6 Subtropical mediterráneo con influencia de monzón tipo chino, caluroso medio, oscilaciones térmicas notables
		Csb	7 Mediterráneo, tipo portugués templado medio, veranos secos y calientes
		Cwh	8 Subtropical de altura, tipo mexicano. Templado regular
H	DE MONTAÑA	H	9 De montaña, extremo tipo alpino

PRIMERA LETRA

A,C,D Suficiente calor y precipitación para el crecimiento de árboles grandes

A-Climas tropicales. Todas las temperaturas medias mensuales mayores de 18°C

B-Climas secos. Fronteras determinadas mediante las gráficas T-R

C-Climas templado-calurosos. temperatura media del mes más frío entre 18° y 3°C

D-Climas de nieve. temperatura media del mes más caluroso mayor de 10°C; del mes más frío menor de -3°C

f-Climas polares. temperatura media del mes más caluroso menor de 10°C

SEGUNDA LETRA

S-Clima estepario

W-Clima desértico

f-Suficiente precipitación todos los meses

m-Clima de selva, a pesar de una estación seca

s-Tiempo seco en verano

w-Tiempo seco en invierno

* Fronteras determinadas por gráficas T-R. Solo se usa en combinación con la primera letra B

TERCERA LETRA

a-Temperatura media del mes más caluroso, mayor de 22°C

b-Temperatura media del mes más caluroso, menor de 22°C

(por lo menos cuatro meses tienen medias mayores de 10°C)

c-Menos de cuatro meses tienen medias mayores de 10°C

d-Igual que c, pero la media del mes más frío menor de -38°C

h-Seco y caliente. temperatura media anual mayor de 18°C

w-Seco y frío. temperatura media anual menor de 18°C

H-Clima de montaña. extremo, tipo alpino

Fig. 3 Clasificación de climas, con base en el sistema Köpen - Geiger

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO II.

SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO.

Con respecto a este capítulo podemos decir que un pavimento puede estar formado por una sola capa o más comúnmente por varias capas o a su vez dichas capas pueden ser de materiales seleccionados a naturales, superficie de rodamiento puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados, de hecho seleccionar el pavimento más apropiado no es nada fácil pero podemos para este fin tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

En primer lugar, de las condiciones del terreno natural y de la economía de la construcción, y en segundo de las cargas a soportar, de la presión de los neumáticos, de la intensidad de tráfico así como de las heladas y el clima.

Todo lo anteriormente dicho se toma en cuenta para seleccionar el mejor pavimento según las condiciones de cada lugar.

Por regla podemos decir que los pavimentos flexibles son más apropiados en suelos granulares y en general en terrenos de alta capacidad de carga debido a que se reduce notablemente el espesor de pavimento requerido. En cambio los pavimentos rígidos se adaptan a terrenos flojos y arcillosos debido a que estos extienden la carga en gran superficie.

Pero ahora hablando en la cuestión económica, un pavimento flexible se considera aquí en México más de dos veces menos caro que uno rígido, pero no todo está en contra de los pavimentos rígidos ya que uno flexible necesita mucha más conservación que uno rígido y como conclusión final tomando en cuenta lo anteriormente dicho podemos decir que uno rígido a largo plazo es más económico que uno flexible.

En general podemos decir que no existe regla fija para establecer el tipo de pavimento, pero se nos ocurre pensar en base a las consideraciones hechas anteriormente que los pavimentos rígidos no son deseables en zonas urbanas y en carreteras de muy alto tránsito, en las que cualquier interrupción de servicio o deterioro sean de importancia.

II.1. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO NATURAL.

Antes que nada debemos procurar saber los orígenes del terreno natural ya que esto nos va a servir para tener una idea del espesor que tendrá el pavimento ya sea este rígido o flexible.

Por lo general cualquier terreno natural es bueno para terracerías, exceptuando los suelos orgánicos.

Cuando el material de terracería sea de mala calidad como se dijo anteriormente, por ejemplo un suelo orgánico, es necesario entonces una verdadera capa subrasante, de mejor calidad que haga la transición entre éste y el pavimento pero por el contrario cuando el material de terracería sea de mejor calidad, la capa subrasante estará formada por el propio material de terracería así, podemos decir la siguiente: que el espesor del pavimento depende fundamentalmente del "material del terreno natural que constituye su apoyo".

La deformabilidad constituye un requisito necesario para que se acepte o rechace un material de terracería, así como también de esta forma se sabe si el material va a tener buen comportamiento en cuanto a soporte del pavimento.

Para diseñar adecuadamente un pavimento principalmente de tipo flexible, se deben hacer extensos estudios del suelo de la subrasante, tanto en campo como en el laboratorio.

Se establece la calidad de la subrasante en tres categorías: buenas, regulares y pobres.

CUADRO 1. CATEGORÍAS DE SUBRASANTE

CATEGORÍA	VALOR DE SOPORTE	SUELO TÍPICO
Buena	13 - 35	Gravas, gravas arenas, arenas
Regular	6 - 12	Limos y arcillas poco plásticas
Pobre	3 - 5	Arcillas muy plásticas

Fuente: "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres", 1976 , p. 25.

(Referencias 1, 2 y 3)

II.2. MATERIALES DE LA REGIÓN.

Se considera que uno de los costos más importantes en la construcción de un camino lo constituyen sin lugar a dudas los materiales que se van a utilizar en su construcción, para localizar los bancos apropiados a una obra se usan métodos exploratorios que van desde la simple observación, al uso de herramientas de perforación, hasta el empleo de métodos geofísicos, la fotointerpretación y otros métodos.

Normalmente las terracerías de un pavimento son las mismas encontradas sobre la ruta. En la construcción de la subrasante es donde se puede presentar la necesidad de hacerla, acarreado un mejor suelo.

Los cerros, los cantiles, las márgenes de los ríos a lagunas son lugares comunes para bancos de sub-base o base, uno de los problemas más serios del ingeniero proyectista es localizar la manera más viable de extraer los materiales que puedan ser utilizados en la construcción de un pavimento ya sea por medio de cortes o bancos de préstamo.

Entendiendo por cortes como excavaciones del terreno natural, terraplenes existentes y de derrumbes que se llevan a cabo para formar la sección de la obra conviene también hacer notar que los bancos para terracería conviene fijarlos no demasiado espaciados para no dar lugar a distancias de acarreo excesivas ya que como ya es sabido estas repercuten mucho en el costo total de la obra.

Los bancos para subrasante tendrán el requisito que es el de lograr homogeneidad de material en longitudes significativas para esta manera estar en posibilidades de evitar que los espesores del pavimento varíen con demasiada frecuencia, las distancias comunes entre bancos pueden extenderse en este caso hasta 10 Km.

Los materiales para sub-base de pavimento, además del requisito anterior, suele estar condicionados en forma importante por los tratamientos mecánicos que llegan a requerir para satisfacer las normas de calidad, por todo lo dicho llegan a tener distancias del orden de 50 Km.

Los bancos para subrasante suelen encontrarse en formaciones de rocas muy alteradas en las zonas limo arenosas de los depósitos de ríos, en zonas de depósito volcánico etc.

Los materiales para sub-base y base suelen encontrarse en playones y márgenes de ríos en frentes v cantiles rocosos. cerros. etc.

II.3. MAGNITUD DE CARGAS.

Para poder hacer el diseño de un pavimento flexible todas las variables de tránsito deben enfocarse a un concepto constante o que, por lo menos, pueda ser manejado en las fórmulas matemáticas o en los criterios de diseño, Hveem ha clasificado en cuatro factores de influencia principal y tres de efectos más secundarios.

Entre los factores principales tenemos:

- Carga transmitida por la rueda.
- Área de influencia de la carga.
- Número de repeticiones de la carga.
- Velocidad.

Factores secundarios:

- Área de contacto de la llanta, que determina la presión de contacto.
- Número de llantas en el arreglo.
- Espaciamiento entre ejes.

La magnitud de la carga que es aplicada a los pavimentos varía entre límites muy amplios: en camiones llega a nueve toneladas por eje.

Para que la comparación de análisis tenga sentido es necesario referirnos a conceptos que las homogenicen, entre estos conceptos tenemos el de rueda de diseño y el de carga equivalente.

Refiriéndonos a lo dicho en el párrafo anterior, cuando se diseña un pavimento de carretera éste se proyecta con la carga transmitida por una sola rueda idealizada. Para esto claro será preciso elegir el vehículo que represente el tránsito y este será el camión más pesado.

Para llegar a la carga equivalente se han seguido dos criterios, o se busca la rueda simple que produzca a una cierta profundidad los mismos esfuerzos verticales que el sistema de llantas de vehículo o la que produzca las mismas deformaciones.

La figura 4 muestra la idealización muy utilizada del efecto de un sistema dual, según la que llega a una rueda equivalente de diseño atendiendo a lograr una misma intensidad en los esfuerzos transmitidos.

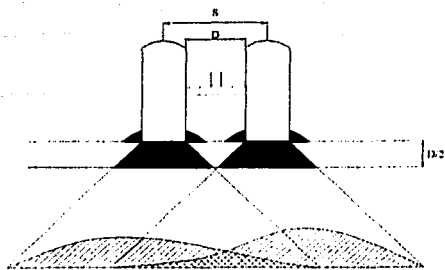


FIG. 4
INFLUENCIA DE UN SISTEMA DUAL
EN CUANTO A ESFUERZOS

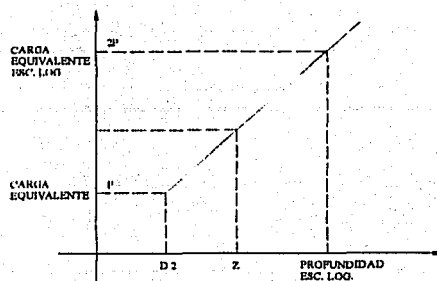


FIG. 5
METODO GRÁFICO PARA ENCONTRAR LA
CARGA EQUIVALENTE EN UN SIT. DUAL.

Fuente: "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres", 1976 , p. 32.

En mediciones teóricas, y en mediciones experimentales se muestra que el efecto de las dos llantas empieza a superponerse a la profundidad $d/2$ bajo la superficie de rodamiento, también se muestra que la superposición de los esfuerzos de dos llantas es prácticamente total a la profundidad $2d$, es decir, que en un punto colocado bajo ese nivel actuaría un esfuerzo igual al que se tendría si en la superficie y en el centro del espacio de carga actuara una fuerza única $2P$. Por lo tanto un punto colocado entre la superficie y la profundidad $d/2$ es presionado por efecto de la carga p ; un punto más profundo a $2d$, sufre un esfuerzo debido a una carga proporcionalmente intermedia entre F y $2P$, aunque esta relación lineal entre carga y profundidad no es correcta, pero tal relación es más admisible, de este hecho cuando se usan escalas logarítmicas, se deduce el método para encontrar la carga equivalente a un sistema dual.

La velocidad de las cargas ejercen una influencia determinante en la vida de un pavimento. Esto se dice por que es común ver más destruidos los carriles de subida que los de bajada y como conclusión del párrafo anterior decimos que las velocidades lentas destruyen más que las velocidades rápidas.

La deformación bajo la carga móvil es 99.9% elástica, sin embargo, la falla del pavimento es producto de la acumulación de las pequeñas deformaciones plásticas que se presentan.

(Referencias 1, 2, 8 y 9)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.4. REPETICIÓN DE CARGAS.

Para el diseño de un pavimento, generalmente se toma como punto de partida, el número de repeticiones de carga, debido al cual falla dicho pavimento. Esto se hace mediante pruebas de carga estática, que producirán una deformación de grado considerable, de acuerdo al número de aplicaciones de aquella.

Lo que verdaderamente interesa en este diseño, son las magnitudes plásticas acumuladas en la subrasante, pues la deformación puede ser pequeña y las magnitudes plásticas considerables, para producir finalmente la falla.

Las principales causas de falla de un pavimento son:

- La acumulación de deformación plástica en la subrasante
- El esfuerzo cortante en alguno de los elementos del pavimento
- La fatiga producida por la repetición de la carga

Se ha demostrado en el laboratorio que el comportamiento de diversos materiales que forman un pavimento es muy complejo cuando se somete a repetición de carga.

Refiriéndonos a lo dicho en el párrafo anterior se dice que cuando un pavimento rígido es sometido a repetición de carga, y las deformaciones en la carpeta pueden ser totalmente elásticas, por las deformaciones en la subrasante son elásticas y plásticas, se presentan con esta última falla.

Una causa que complica aun más el diseño de un pavimento es el tránsito mezclado, ya que las cargas por rueda son de diferente magnitud, produciendo con esto diferentes efectos en cada una de las capas que forman un pavimento. Esto da lugar a pensar que en el diseño del mismo es necesario considerar que carga por rueda actúa independientemente y que debe cuantificarse el efecto producido en cada capa.

Cuando un pavimento es sometido a repetición de carga, puede resistir hasta cierto límite, después del cual sobreviene la falla; una de las más comunes es la llamada de piel de cocodrilo y esta es ocasionada por un exceso de repetición de carga.

Tres son los principales efectos nocivos producidos por repetición de carga en la base:

1. Algunos materiales se rompen por repetición de esfuerzos.
2. Intrusión de la subrasante en la base.
3. Bombeo de los materiales de base.

II.4.1 Área cargada

Las deformaciones varían también con el área cargada, así por ejemplo, si aplicamos una cierta carga unitaria sobre un disco rígido de 30 cm. de diámetro, se obtendrá en el terreno una deformación de la producida por la misma carga unitaria sobre un disco de 50 cm. de diámetro.

II.4.2 Forma del área de contacto

en la práctica se ha generalizado tomar como área de contacto de llanta la relación existente entre la carga por rueda W y la presión de inflado P .

$$\text{Área de Contacto} = \frac{W}{P} = \frac{\text{carga por rueda}}{\text{presión de inflado de llanta}}$$

De todo lo expuesto en este tema podemos resumir lo siguiente:

- 1) Las cargas por rueda estática, causan deformaciones mayores que las cargas móviles.
- 2) Para carga de igual magnitud, con áreas de contacto y presiones de inflado iguales, aquellas directamente por medio de las llantas, causan deformaciones mayores que las aplicadas mediante discos metálicos rígidos.
- 3) Las deformaciones y asentamientos aumentan con el número de repeticiones de carga. Las cargas repetidas aceleran el proceso de destrucción de un pavimento.
- 4) Para una misma carga unitaria, las deformaciones varían con el área cargada.

(Referencias 1, 2, 8 y 9)

II.5. VIDA ÚTIL

Los estudios de la duración de un camino fueron empezados cerca de 1935 en varios estados de Estados Unidos, y hasta la fecha, han sido principalmente dedicados a determinar la vida útil de las superficies de varias carreteras. Fijar la probable duración media de todas las clases de carreteras en varias circunstancias será un problema largo y difícil.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Existen muchas variaciones que hacen mucho muy difícil definir tal concepto, tales como terreno, clima, topografía y volumen de tránsito que afectarán directamente la vida de la vía por otra parte, un camino de áreas montañosas u onduladas, originalmente construido sobre alineamiento torcido de poco valor, a menudo se hace obsoleto a causa del alcance visual restringido y es reconstruido antes de terminar la vida útil del pavimento.

Es conveniente definir el concepto de vida útil y este es, el tiempo durante el cual se determina que el pavimento se mantendrá prestando un servicio eficiente dentro de las normas y datos de proyecto, incluyendo tanto reparaciones como ciertas situaciones contempladas en el diseño.

En 1939 las vidas útiles se estimaron como sigue:

Derecho de vía, 100 años, la rasante y la estructura, 40 años, y pavimentos 30 años.

En 1960 un comité de la A.A.S.H.O. usó los mismos valores, excepto para pavimentos, donde la vida estimada se redujo para concordar con los descubrimientos de los estudios de la vida útil del camino, la idea común es que el periodo de análisis no debería exceder de 40 a 50 años para derechos de vía, o 30 a 40 años para rasantes y estructuras.

(Referencias 2, 8 y 9)

II.6. CLIMA.

El principal factor climático que afecta a los pavimentos suele ser la precipitación pluvial ya sea por su acción directa o por elevación de las aguas freáticas. Las heladas en los climas rigurosos y en suelos susceptibles, pueden ser fuente de un gran número de problemas de pavimentos, en México, sin embargo, esta condición no es crítica.

La expresión "Acción Climática" es muy amplia para expresar el importante efecto que tiene el contenido de agua de los materiales sobre la resistencia estructural de los pavimentos.

En seguida se mencionan los efectos que produce el calor, la humedad y el frío en el pavimento.

II.6.1 Calor

El calor excesivo en zonas climatológicamente calificadas, provoca en pavimentos flexibles la dilatación de los materiales, cambiando las propiedades mecánicas de los mismos.

En pavimentos rígidos, las juntas constructivas se ven afectadas de tal forma que puede provocar hasta la fractura de las losas.

II.6.2 Humedad

Uno de los principales problemas que produce la humedad, es sin lugar a dudas la disminución del factor seguridad en la superficie de rodamiento, cambios volumétricos en los materiales de subrasante, sub-base, base, con la consiguiente disminución de la resistencia al esfuerzo cortante.

II.6.3 El frío

El frío es otro factor climático que ocasiona problemas a los pavimentos, las heladas y el congelamiento de los elementos, provoca la disminución del factor seguridad en su superficie de rodamiento, aumento de volumen de los materiales y consecuente reducción de la resistencia al esfuerzo cortante.

(Referencias 1, 2, 8 y 9)

CAPÍTULO III.

ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

III.1. IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO.

Para cumplir con los requerimientos técnicos de diseño de la "Estructura del Pavimento de tipo Flexible" (páginas 36 y 37) del estudio de diseños de pavimentos según el criterio del Instituto de Ingeniería de la UNAM, se localizaron 2 bancos de material de mina ubicados el primero en la carretera Uruapan-Paracho, desviación al predio las canoas, distante 9 km., del sitio de construcción, material que será usado para la construcción de la subrasante. El material esta constituido de tezontle rojo con algo de material fino y se compacto en pruebas de laboratorio al 90% de su peso volumétrico seco máximo.

El segundo banco apropiado para la construcción de la sub-base y la base se denomina "El Panadero", ubicado a 24 km., del sitio de construcción, sobre la carretera Uruapan-Ziracuaretiro, cuyo material consiste en una grava-arena de color negro de origen volcánico, de peso volumétrico suelto de 1213 kg/m³ y de 1621 kg/m³ máximo seco con una humedad optima del orden del 8.8% la compactación será del orden del 95% para la sub-base y base de pavimento flexible. Se presenta el croquis de localización en la Fig. 7.

III.2- Objetivos de los estudios de mecánica de suelos

El concepto "Suelo" utilizado en el presente estudio considera las propiedades "vectoriales" del mismo. Se conoce que el suelo cambia sus propiedades mucho más rápidamente en la "dirección vertical" que en la horizontal.

El suelo tiene "Perfil" y es este estrato del suelo al que se dirigen con amplia profundidad los estudios de mecánica de suelos.

Para nuestros fines; "El Suelo" representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicios hasta areniscas parcialmente cementadas en forma natural o micas suaves. Se excluyen de este estudio rocas sanas, ígneas o metamórficas y depósitos sedimentarios altamente cementados que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.

Por otra parte, el agua contenida en el suelo, tiene un papel fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

Los suelos de la región de Uruapan tienen un origen mixto derivados de la acción volcánica antigua caracterizada por la emisión de gravillas areniscas y limos (cenizas), características de las zonas altas y frías del planeta.

Estas capas de diversos materiales volcánicos, además de los suelos transportados por el agua y el viento, conforman la geología general del valle de Uruapan.

(Referencias 1, 3)

III.3. PRUEBAS DE LABORATORIO

A los materiales recuperados del muestreo efectuado en los caminos y en los bancos de materiales para tercerías y pavimento, se les efectuaron las siguientes pruebas que a continuación se describen.

III.3.1 Contenido de humedad del lugar.

a) Definición

La humedad de un suelo se define como la relación del peso del agua contenida en el suelo al peso de los sólidos, expresada en por ciento.

Representada en forma de ecuación sería:

$$W = \frac{Pa}{Ps} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad en %

Pa = Peso del agua presente en el suelo

Ps = Peso de los sólidos

La muestra que se tome para esta determinación deberá ser una muestra representativa del suelo cuya humedad se desea determinar.

b) Objetivo

El objetivo de esta prueba es el de determinar el % del agua que tiene ese suelo en relación al peso del mismo.

FALTA

PÁGINA

27

II.3.2. b) Determinación de la composición granulométrica del material que pasa la malla N° 4 por el procedimiento del lavado.

a) Objetivo

Determinar la variación de las partículas que pasan la malla N°4 y que se retienen y pasan en la N° 200 para así tener una idea del suelo fino que contiene la muestra.

b) preparación de la muestra

Del material que pasó la malla N° 4 en la prueba de cribado en seco, se toma por cuarteo una muestra de 500 a 600 gramos, que se pone a secar en un horno a temperatura de 100 a 110 °C hasta peso constante.

c) Procedimiento de prueba

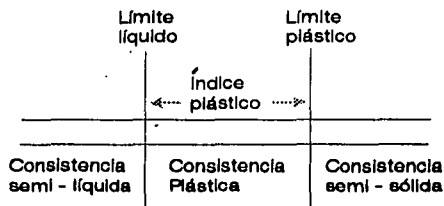
De la muestra preparada anteriormente se toman por cuarteo 200 gramos, la cual se coloca en un vaso metálico de 500 c.c., y se le añaden 200 c.c. o más de agua, dejándose en reposo por 12 horas, después de éste tiempo se procede a lavar la muestra através de la malla N° 200, después de lavada ésta, se seca el material, se criba por las mallas N° 10, 20, 40, 60, 100 y 200, para posteriormente al igual que en la granulometría del cribado seco, determinar el % que pasa en cada criba y así graficar para obtener la curva granulométrica.

III.3.3. Límites de Consistencia (Plasticidad).

a) Generalidades

Atterberg desarrolló un método para describir cuantitativamente el efecto de la variación de humedad en la consistencia de los suelos granos finos. Estableció los "estados de consistencia" de los suelos y fijo LÍMITES definidos, aunque arbitrarios para cada estado. Cada límite se define por la humedad que produce una consistencia determinada. La diferencia entre los LÍMITES representa la variación en el contenido del agua o humedad dentro de la cual el suelo se mantiene en un cierto estado.

Fig. 6 Límites de Consistencia



b) Definiciones

El "límite líquido" (LL) de un suelo se expresa por la humedad que contiene el suelo en el estado que separa las consistencias plástica y semi-líquida.

$$LL = \frac{P1 - P2}{P2 - PT} \times 100$$

Donde:

LL = Humedad en el límite líquido

P1 = Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente.

P2 = Peso de la muestra seca + peso del recipiente.

PT = Peso del recipiente.

* El "límite plástico" (LP) queda expresado por la humedad que contiene un suelo en el estado que separa las consistencias semi-sólida y plástica. En los suelos de características arenosas el "LP" coincide con el "LL".

$$LP = \frac{L1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde:

LP = Humedad en el límite plástico

P1 = Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente

P2 = Peso de la muestra seca + peso del recipiente

Pt = Peso del recipiente

* El "índice plástico" (IP) de un suelo queda expresado por la diferencia aritmética entre el "LL" y el "LP" de dicho suelo.

$$IP = LL - LP$$

* La "contracción lineal" (CL) de un suelo es la disminución de una dimensión original. La contracción lineal es una función de plasticidad del suelo, siendo nula para los suelos de características arenosas y aumentando a medida que el suelo es más plástico.

$$CL = \frac{L1 - L2}{L1} \times 100$$

Donde:

CL = % de contracción lineal con respecto a la longitud del molde.

L1 = Longitud del molde, o sea de la barra del suelo húmedo.

L2 = Longitud barra suelo seco.

c) Objetivo

El objetivo de ésta prueba es determinar la plasticidad de la muestra del suelo, así mismo, estos límites nos sirven para clasificar los suelos finos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

d) Procedimiento de las pruebas.

d. 1) Límite Líquido (LL)

Se toma una muestra de 150 gramos aproximadamente del material, se coloca en una cápsula de porcelana y se procede a hacer homogéneo el material manipulándolo con una espátula sin aplicar una presión excesiva, posteriormente se coloca en la copa de latón del aparato de Casagrande en cantidad ligeramente excedida, de manera que al ser extendido del centro hacia los extremos, y una vez nivelado con una espátula se procede a dividirlo en mitades utilizando el ranurador.

Accionando la manivela se hace caer la copa desde una altura de 1 cm, a razón de dos golpes por segundo; si el número de golpes es superior a 25 para lograr la liga íntima de los bordes inferiores de la ranura (13mm o 0.5"), la humedad de la muestra es inferior al límite líquido. La prueba se repetirá el número de veces necesario hasta lograr que con 25 golpes se cierre la ranura en la forma especificada. La humedad que contiene la muestra En éstas condiciones es precisamente la del límite líquido.

d.2) Límite plástico. (LP)

Se toma una muestra del mismo material utilizado para el límite líquido, con el cual se forma una pequeña bola de 12 mm. De diámetro aproximadamente que se moldea con los dedos hasta lograr un cilindro con un diámetro de aproximadamente 3.2 mm. (1/8"). Si al alcanzar dicho diámetro no se rompe en varias secciones simultáneamente, su humedad es superior a la del límite plástico. Este proceso se repite el número de veces necesario hasta que se produzca un rompimiento del cilindro, en ése momento se hace la determinación de la humedad pesando los cilindros rotos, poniéndose a secar y determinando su % de agua (LP).

d.3) Contracción lineal. (CL)

Para ésta determinación se utiliza el material que sobró de la prueba del líquido, inmediatamente después de determinada ésta última; se produce al llenado del molde de prueba que deberá ser engrasado previamente.

El llenado de los moldes se efectuará en tres capas y golpeando en cada ocasión el molde contra una superficie dura. Esta operación deberá continuarse hasta lograr la expulsión casi total del aire. Al final se enrazará el material con el molde utilizando una espátula; deberá dejarse secar la barra al aire hasta que su color cambie de oscuro a claro y a continuación se pondrá a secar al horno por un periodo de 18 horas aproximadamente.

Finalmente se medirá la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde con el calibrador y se calculará su contracción lineal.

III.3.4. Absorción del Material Pétreo.

a) Objetivo

El objetivo de ésta prueba es determinar la cantidad de agua absorbida por el material pétreo que se ha dejado saturado en agua a una temperatura de 15 a 20 °C durante 24 horas.

b) Procedimiento de prueba

La muestra de material pétreo retenido en la malla de 318" deberá sumergirse en agua que se encuentre a una temperatura de 15 0 °C y mantenerse así durante 24 horas. Finalizado este tiempo deberá extraerse la muestra del agua y proceder a su secado superficial utilizando un lienzo absorberse ligeramente humedecido.

Se pesará el material saturado y superficialmente seco, anotándose dicho peso como (Pw), posteriormente se seca el material a una temperatura de 100 a 110°C y se pesa registrándose como "PS".

e.)- Cálculo de la absorción

La absorción se calcula con la formula siguiente:

$$W_{abs} = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

Wabs = Humedad de absorción, en %

Pw = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca, en grs.

Ps = Peso de la muestra seca, en grs.

III.3.5. Densidad Relativa Aparente del Material Pétreo Retenido en la Malla de 3/8".

a) Definiciones

* **Densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad absoluta del agua a la temperatura de 40c.**

* **Densidad absoluta de una cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen.**

La "Densidad Relativa Aparente" de un material pétreo se define como la relación de la densidad absoluta de dicho material, incluyendo sus oquedades, a la densidad absoluta del agua destilada a 4°C que tiene valor de 1 gr/cm³.

b) Objetivo

Esta prueba relacionada con la prueba de absorción, da una idea general de la calidad de material pétreo, en términos generales, se puede decir que a densidades altas adsorciones bajas, lo cual corresponde a materiales compactos y resistentes.

c) Procedimiento de prueba

La muestra de material pétreo, previamente cribada por la malla de 318", para eliminar el material que pasa dicha malla, se satura durante 24 horas en agua y seca superficialmente como antes se menciona. Se registra el "Pw" del material húmedo y superficialmente seco, y se sumerge con todo cuidado en el picnómetro lleno de agua que ha sido llevado al nivel del derrame, el cual deberá permanecer fijo durante la prueba.

Se recoge en la probeta graduada toda el agua desalojada por el material pétreo y se mide el volumen de ella. Se extrae del picnómetro la muestra del material pétreo y se procede a secarlo en un horno a temperatura constante de 100 a 110 'c durante 20 horas aproximadamente. Después de secada la muestra, se deja enfriar a temperatura ambiente y se registra su "Ps".

d) Cálculo de la densidad relativa aparente

Esta densidad se calcula con la formula siguiente:

$$Da = \frac{Ps}{V \& w}$$

Donde:

Da = Densidad relativa aparente.

Ps = Peso de la muestra seca, en grs.

V = Volumen desalojado, en c.c.

&w = Densidad absoluta del agua, que es igual a 1 gr/cm³ (aproximadamente).

III.3.6. Valor Relativo de Soporte (Estándar Saturado).

a) Objetivo

Determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compacto y sujeto a un determinado periodo de saturación.

b) Preparación de la muestra

La muestra para efectuar ésta prueba deberá haber sido secada, disgregada y cuarteada.

Cuando se ha logrado la disgregación de los grumos se tamiza la muestra por la malla de 1".

c) Procedimiento de prueba

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración de un espécimen compactado a la humedad óptima de la prueba porter, con una carga unitaria de 140.6kg/cm² aplicada con la máquina de compresión, después de haber sido saturada en agua hasta lograr su máxima expansión.

d) Cálculo del valor relativo del soporte (VRS)

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm (0.1"), se debe expresar como un % de la carga estándar de 1360 kg., y si la prueba estuvo bien ejecutada, el % así obtenido es el VRS correspondiente a la muestra ensayada.

III.3.7. Valor Relativo de Soporte (Modificado).

a) Objetivo

Hacer la determinación del VRS de un material para calcular el espesor mínimo de la capa o capas que deberán colocarse encima del material estudiado (suelo natural, terciaría o sub-base), a fin de que las cargas vivas que se apliquen no produzcan esfuerzos que puedan ocasionar deformaciones permanentes perjudiciales.

Estas pruebas deberán verificarse siempre en condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que pudiera alcanzar el material para una compactación dada.

b) Generalidades

Se refiere esencialmente a una prueba de proyecto, es decir, que los resultados obtenidos con ella al hacer la prueba en el material proveniente de cortes, prestamos o bancos, deberán ser verificados posteriormente en el camino ya construido a fin de comprobar dichos resultados, o bien, en caso de discrepancia, hacer las modificaciones procedentes de acuerdo con los nuevos datos obtenidos.

c) Aplicaciones de la prueba

Esta prueba tiene aplicación al caso de caminos ya construidos cuando se considere que los suelos que los conforman son susceptibles de adquirir mayor humedad que pueda originar una disminución apreciable del VRS.

Los pasos necesarios para verificar la prueba se detallan a continuación en su orden respectivo:

- 1.- Obtención de la humedad óptima de porter ó proctor compactación de varios especímenes con la carga unitaria de 140.6 kg/cm² a diversas humedades.
- 2.- Determinación de las resistencias a la penetración.

d) Preparación de la muestra.

La muestra llevada al laboratorio desde exponerse al sol, extendiendo todo el material sobre una superficie limpia y tersa, la cual permita la fácil disgregación y manejo de la muestra.

A la muestra por analizar se le tamiza por la malla de 1" y no deberá ser menor de 30 kg.

e) Procedimiento de prueba

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración en especímenes de material compactado por medio de cargas aplicadas con una máquina de compresión, para reproducir los pesos volumétricos que correspondan a diferentes grados de compactación, empleando las humedades que se especifican en la siguiente tabla.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Grado de compactación %	VARIANTE 1 Buen drenaje y precipitación baja a media	VARIANTE 2 Drenaje deficiente y precipitación media a alta
100	Wo	Wo
95	Wo	Wo + 1.5
90-75	Wo	Wo + 3.0

Fuente: "Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible", U.N.A.M. , 1974 , p.22

f) Cálculo del valor relativo de soporte modificado

La carga registrada para penetración de 2.54 mm (0.1"), se debe expresar como un % de la carga estándar de 1360 kgm., y si la prueba estuvo bien ejecutada, el % así obtenido es el VRS correspondiente a la muestra ensayada.

III.3. 8. Valor Cementante.

a) Objetivo

Determinar el poder de cementación de un suelo fino o de la fracción que pasa la malla N° 4 de un suelo granular.

b) Generalidades

El valor cementante es una función de la forma y acomodo de las partículas de un suelo y de su rugosidad , de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos que tiene relación con la composición química del suelo.

Es un factor primordial para prever el comportamiento de los suelos que forman el pavimento de un camino, principalmente en el caso de sub-bases abiertas al tránsito que no tiene protección.

Es de desearse que en todos los casos, los suelos que forman la estructura del pavimento tengan un cierto valor cementante. Hay que tomar consideración sin embargo, que un valor cementante alto puede ser debido a acceso de arcilla, condición que es poco deseable.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

c) Cálculos de resultados de la prueba

El valor cementante es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida en los tres especímenes, y es expresada en kg/cm^2 .

d) Procedimiento de prueba

Después de preparar la muestra (cuarteo del material), se tamiza a través de la malla N° 4 para obtener una muestra de 3 kg, se adiciona agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación aproximadamente, se manipula hasta lograr una repartición uniforme de la misma. Se toman muestras para efectuar la prueba por triplicado.

Se compacta el material en tres capas para formar un espécimen de forma sensiblemente cúbica, apisonando con 15 golpes con la varilla y una altura libre de caída de 50 cm para cada capa. El molde deberá descansar sobre un apoyo firme al hacer el apisonado. El molde con el material compactado se coloca en el horno a una temperatura de 40°C y se mantiene hasta que se pierda la superficie húmeda para facilitar la remoción del molde. Se continua el secado a una temperatura de $100 - 110^\circ\text{C}$ hasta que se pierda toda la humedad, Se saca el espécimen del horno, se deja enfriar y se prueba a la compresión colocando unas placas de cartón sobre la cara superior e inferior del espécimen, o bien se cabecean los cubos con azufre a una mezcla de arena y yeso, dejando las caras paralelas y conservando la posición en que fue compactado.

El valor cementante es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida en los tres especímenes, y se expresa en kg/cm^2 . Si uno de los valores de resistencia difiere mucho de los otros dos, este se desecha por el cálculo.

III.3.9. Equivalente de Arena.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

a) Objetivo

Determinar la fracción de suelo que pasa la malla N° 4.75 bajo condiciones de prueba establecidas, la proporción volumétrica de partículas de tamaño mayor que el de las arcillas con respecto al volumen de las partículas finas de tamaño similar al de las citadas arcillas, para lo cual se emplea un procedimiento que amplifica el volumen arbitrario de los materiales finos en forma proporcional a sus efectos perjudiciales.

b) Aplicaciones de la prueba

En general, esta prueba se aplica a materiales para sub-bases y agregados pétreos para mezclas asfálticas y para concreto hidráulico, permitiendo obtener rápidamente datos sobre la calidad del material, desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica.

c) Solución de reserva

Se prepara disolviendo 454 gramos de cloruro de calcio en 1.89 litros de agua destilada. Como al preparar esta solución se genera calor, se le deja enfriar y se le deja pasar a través del papel filtro; a continuación se le agregan 47 gramos de solución volumétrica al 40% del forinaldehído R.A (Solución Comercial) y 2050 gramos de glicerina V.S.P. (Glicerina normalizada), se mezcla el total y se agrega agua destilada hasta completar 3.785 litros, finalmente se agita toda la solución para homogeneizarla.

d) Solución de Trabajo

Se prepara colocando en la botella de 3.78 litros de capacidad, $\pm 85\text{cm}^3$ de la solución de reserva, se llena con agua destilada y se agita para obtener una solución homogénea.

e) Procedimiento de la prueba

De la muestra total se toma por cuarteo la proporción necesaria para obtener aproximadamente 500 gramos de material que pasa la malla N° 4.75. Posteriormente se llena una cápsula, se golpea ésta por su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa.

Se coloca la botella con la solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 915, ± 25 milímetros, sobre el nivel de la mesa de trabajo, luego se vierte en una probeta solución de trabajo hasta una altura de 101.5, ± 2.5 milímetros (4"), posteriormente se coloca en la probeta la muestra previamente preparada usando un embudo para evitar pérdidas de material, se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y así facilitar el humedecimiento de; material, luego se deja reposar la muestra durante 10 minutos, ± 1 minuto, procurando no mover la prueba durante ese tiempo; a continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material de esta, inclinándola y agitándola simultáneamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Posteriormente se agita la probeta mediante un agitador mecánico a o manual, para lo cual deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento lineal horizontal hasta completar 90 ciclos en 30 segundos en una longitud de 20 centímetros., entendiéndose por ciclo un movimiento de oscilación completo. Una vez efectuada la operación de agitado, se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella el tubo irrigador y se acciona de tal manera que al bajar, se vayan lavando las paredes de la probeta; Se llena el tubo hasta el fondo de la misma, efectuándose simultáneamente con el ligero picado de material.

Cuando el nivel del líquido llegue a 381 milímetros (15"), cortar el flujo de la solución, luego se deja la probeta en reposo durante 20 minutos, ± 15 segundos, contados a partir de que se sacó de la probeta el tubo irrigador; transcurrido dicho tiempo, se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se registra como "lectura de arcilla".

Después se introduce lentamente el pisón en la probeta hasta que por su propio peso descansa en la fracción gruesa, luego se hace la lectura del nivel inferior del indicador, se le restan 254 milímetros y la diferencia se registra como "lectura de arena".

Finalmente se calcula en equivalente de arena empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente.de.arena} = \frac{\text{Lectura.de.arena}}{\text{Lectura.de.arcilla}} \times 100$$

Quedando expresado en por ciento.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

III.3.10. Peso Volumétrico del Lugar (Grado de Compactación).

Los coeficientes de variación volumétrica son los factores que pueden ser de reducción o de abundamiento en diferentes condiciones de los suelos; (suelto, compacto y de banco).

a) Definición

El peso volumétrico en el lugar, ó "in situ", es el peso del material seco contenido en la otra unidad de volumen, considerando huecos que quedan entre sus partículas cuando han adquirido éstas un cierto acomodo, ya sea por un proceso mecánico de compactación.

b) Aplicación de la prueba

Esta prueba encuentra su principal aplicación como prueba de control de compactación alcanzado por los suelos que forman su estructura, con el fin de hacer el estudio de su valor relativo de soporte (VRS).

Se aplica también para conocer los coeficientes de variación volumétrica (abundamiento y reducción) de los suelos, de los préstamos o bancos a los camiones de transporte.

c) Objetivo

El objetivo de esta prueba es el de conocer el grado de compactación o acomodo que tienen las partículas que constituyen al suelo en estudio.

d) Procedimiento de prueba

Hágase una excavación en el suelo cuyo peso volumétrico se desee determinar, utilizando la cuchara y la barreta y procurando que sea lo más regular posible, de sección circular ó cuadrada.

Pésese inmediatamente el material extraído de la excavación en la balanza de 20 kg. De capacidad y tómese una muestra para determinar su humedad.

Determinése el volumen de la excavación en m³.

Posteriormente se determina el peso volumétrico húmedo de; suelo dividiendo el peso del material húmedo extraído de la excavación entre el volumen de la misma.

Una vez determinada la humedad que contiene el suelo, se calcula el peso volumétrico seco de éste, mediante la fórmula:

$$\delta_s = \frac{\delta_v}{100 + w} \times 100$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Donde.

δ_w = Peso volumétrico húmedo del suelo en kg/m^3

W = Humedad del suelo, en decimos

δ_s = peso volumétrico seco del suelo ó peso volumétrico seco " de campo", en Kg/m^3

Determinando el δ_s de campo se determina el δ_s de laboratorio mediante la prueba porter o proctor según el tamaño del material de la misma excavación.

Determinando el δ_s de laboratorio ahora sí podemos determinar el grado de compactación de éste suelo mediante la expresión:

$$\%compactación = \frac{\delta_{scampo}}{\delta_{slaboratorio}} \times 100$$

III.3.11. Pesos Volumétricos Secos Máximos (Proctor y Porter).

PRUEBA PROCTOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a) Finalidades de la prueba

Esta prueba conocida bajo el nombre de prueba de compactación de "proctor", se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen, así como de la resistencia o la penetración de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido, para distintos contenidos de humedad.

Los objetos de la prueba son los siguientes.

* Determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar el material durante la construcción o en caminos ya construidos, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar (de campo) con el peso volumétrico máximo proctor (de laboratorio).

b) Generalidades

La prueba proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación que se obtiene con los rodillos pata de cabra es decir, una compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

c) Limitaciones de la prueba

*Esta prueba está limitada a los suelos que pasen totalmente la malla n° 4 ó a lo más tengan un retenido de 10% en esta malla, pero que pasen totalmente por la malla de 3/8" y tengan un índice plástico mayor de 6.

* No debe efectuarse, además, en las arenas del río, arenas de mina, arenas producto de una trituración de tezontles francamente arenosos, y en general en todos aquellos materiales que carecen de cementación.

d).- Cálculos de los resultados de la prueba

El peso volumétrico húmedo se calcula con la siguiente formula:

$$\delta_w = \frac{P_i - P_t}{V}$$

Donde:

δ_w = Peso volumétrico húmedo, en gr o kgs/m³

P_i = Peso del material compactado + peso molde, en grs.

P_t = Peso del molde, en grs

V = Volumen del molde, en lts.

El peso volumétrico seco se calcula aplicando la fórmula:

$$\delta_s = \frac{\delta_w}{100 + w} \times 100$$

Donde:

δ_s = Peso volumétrico seco en grs/lts ó kgs

W = Humedad del espécimen compacto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

e).- Procedimiento de la prueba

El material que contiene ya la humedad necesaria para iniciar la prueba se tamiza por la malla N° 4, mezclando para homogenizarlo, y se compacta en el molde cilíndrico en tres capas aproximadamente iguales, la compactación se hace utilizando la guala para mantener constante la altura de caída. Deberán darse 30 golpes (versión SCT) repartidos uniformemente para apisonar cada capa. Una vez apisonada la última capa se remueve la extensión y se elimina por medio de la regla metálica el excedente del material del molde cilíndrico y se pone a secar una pequeña porción del corazón del espécimen para determinar la humedad.

La muestra que ha sido removida del molde cilíndrico se desmenuza hasta que pasa de 2% nuevo por la malla N° 4, se añaden 60 c.c. de agua y se repite el procedimiento descrito.

Esta serie de determinaciones se continúa hasta que la muestra esté muy húmeda y se presente una disminución apreciable en el peso del suelo húmedo compactado.

Para facilitar lo anterior se deberán ir graficando contenidos de agua (abscisas) contra pesos del material húmedo (ordenadas). El punto de las ordenadas que esté más alto es el peso volumétrico seco máximo, el cual si se baja verticalmente hasta coincidir con las abscisas proporciona la humedad óptima requerida para que el suelo alcance dicho peso volumétrico seco máximo.

PRUEBA PORTER

a) Objetivos de la prueba

* Determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar el material para un procedimiento definido de compactación así como la humedad óptima a que deberá hacerse dicha compactación

* Determinar el grado de compactación alcanzado por el material de que se trate, ya sea durante la construcción ó bien en caminos ya construidos, relacionando con el peso volumétrico máximo obtenido con esta prueba el peso volumétrico determinado en el lugar.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

b) Generalidades

El tipo de compactación de carga estática, que se aplica en la presente prueba, puede compararse en forma hasta cierto punto relativa con el tipo de compactación que se obtiene con los rodillos lisos 6 neumáticos, es decir como compactación que va de la superficie hacia abajo.

e) Limitaciones de la prueba

Esta prueba esta limitada a los suelos que pasen totalmente por la malla de 1". Deberá efectuarse también en los suelos finos en que la prueba de compactación por impacto o puede verificarse, es decir, en las arenas de río ó de mina, arenas producto de trituración tezontles francamente arenosos, y en general en todos los materiales que carezcan de cementación.

d) Cálculo de los resultados de la prueba

El peso volumétrico húmedo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\delta w = \frac{P_i - P_t}{V}$$

Donde:

δw = Peso volumétrico húmedo en grs/lit o kgs/m³

P_i = Peso del espécimen húmedo + peso molde, en grs.

P_t = Peso del molde, en grs.

V = Volumen del espécimen, en lts.

La humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$W = \frac{P_i - P_t - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

P_s = Peso del material seco, en grs.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El peso volumétrico seco se calcula con la fórmula:

$$\delta s = \frac{\delta w}{100 + w} \times 100$$

Donde:

δs = Peso volumétrico, en grs./H ó kg/l.

e) Procedimiento de la prueba

Se colocan 4 kg. aproximadamente de material en una charola, luego se le incorpora agua hasta homogenizar la humedad del material, posteriormente se coloca en tres capas dentro del molde de prueba y a cada uno de ellas se le dan 25 golpes con varilla metálica. Al terminar la colocación de la última capa compacta el material aplicando caros uniforme y lentamente de modo de alcanzar la presión de 140.6 kg/cm², en un tiempo de 5 minutos, la que debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente hacer la descarga lentamente en el siguiente minuto.

Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde, la humedad del espécimen es inferior a la óptima.

Para fines prácticos es muy conveniente considerar que el espécimen se encuentra con su humedad óptima cuando se inicia el humedecimiento de la base del molde, siendo esta humedad la más adecuada para efectuar la compactación.

Se determina la altura del espécimen restando la altura entre la cara superior de éste y el borde del molde, de la altura total del molde y con éste dato se calcula el volumen del espécimen. Se pesa el espécimen con el molde de compactación y se calcula el peso volumétrico húmedo. Posteriormente se calcula la humedad y con estos datos se calcula el peso volumétrico seco en grs 1 Lt o Kgs / m³.

Todas las pruebas anteriores descritas, se efectuaron para conocer la calidad y espesor de los materiales existentes, tanto en el campo como en el laboratorio, así como para conocer sus parámetros de resistencia y diseñar la estructura del pavimento flexible.

Los resultados de dichas pruebas se presentan al final de este Capítulo.

(Referencias 1, 3, 14, 7, 10, 11)

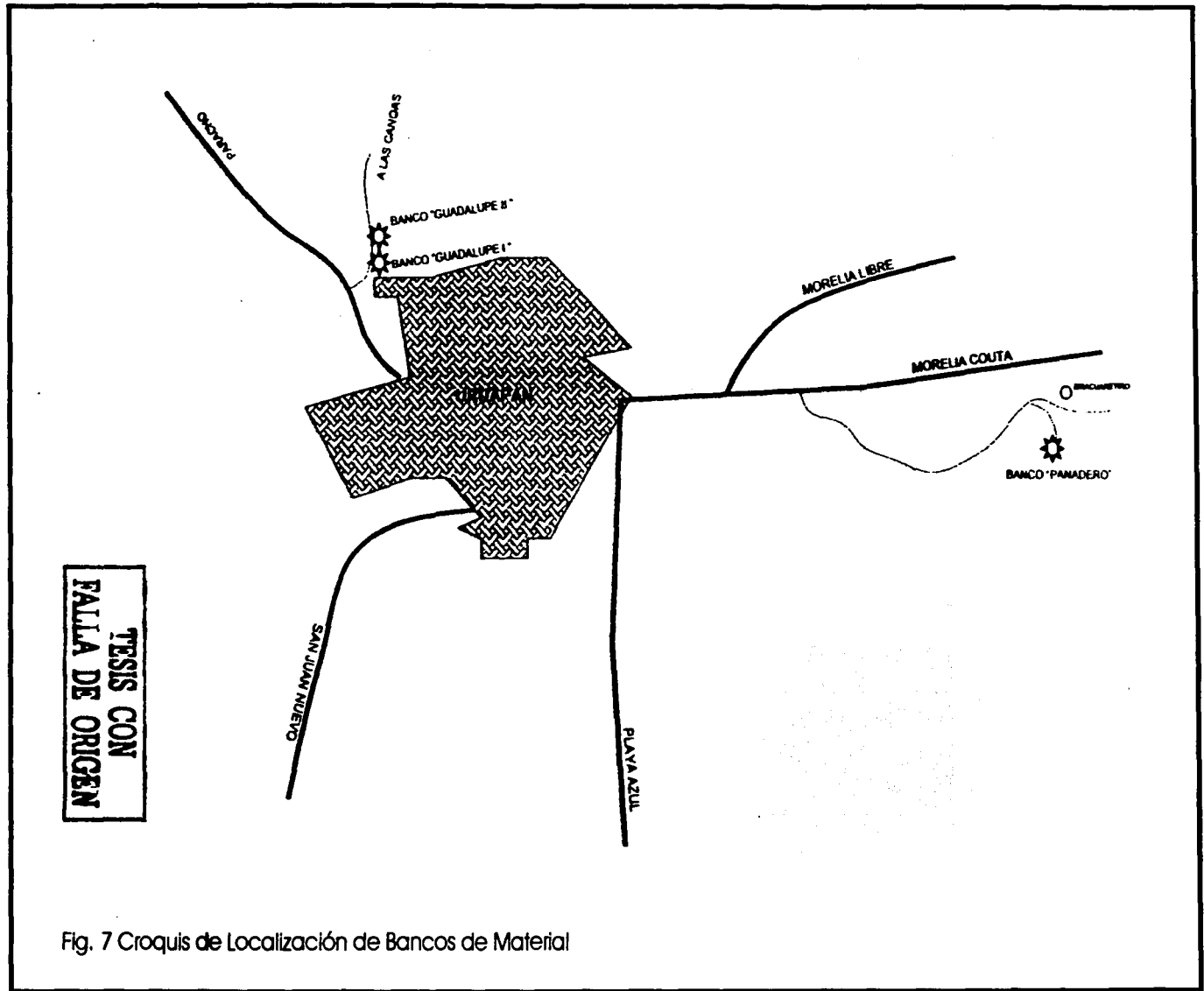


Fig. 7 Croquis de Localización de Bancos de Material

Fuente: Elaboración Propia.

LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

 CONTROL DE MATERIALES EN OBRAS CIVILES
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
 Y GEOTECNIA

RESUMEN DE PROPIEDADES
OBRA: ACCESO COLONIA MAPEGO AL LIBRAMIENTO

FECHA: MARZO DEL 2001

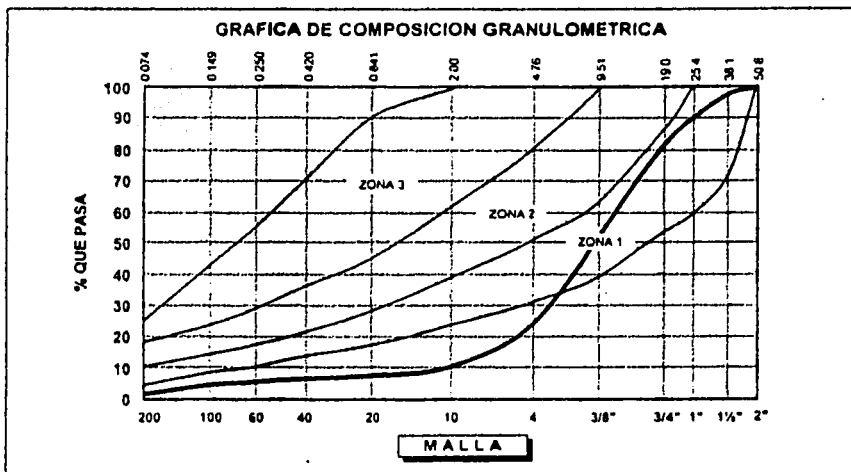
LOCALIZACION: URUAPAN, MICH.

ENSAYE: T-2276

 DATOS
 DEL
 MATERIAL

MATERIAL PARA CAPA DE: SUBRASANTE () SUB-BASE () BASE ()
DESCRIPCION MATERIAL: TEZONTLE ROJO CON ALGO DE FINO
DEPOSITO MUESTREADO: BANCO "GUADALUPE II"
UBICACION DEL BANCO: CARRETERA A PARACHO DESVIACION DERECHA CAMINO A LAS CANOAS

PESO VOLUMETRICO Kg/m ³	
SECO SUELTO	736
SECO MAXIMO	1358
HUMEDAD OPTIMA %	17.4
TIPO DE PRUEBA	PORTER



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA	% RETENIDO
	50.8	38.1
		% QUE PASA
50.8	100	
38.1	98	
25.4	90	
19.0	82	
9.51	52	
4.76	24	
2.00	10	
0.841	7	
0.420	6	
0.250	5	
0.149	4	
0.074	1	

V.R.S. (ESTANDAR) %	140.2
EXPANSION %	0.00
VALOR CEMENTANTE Kg/cm ³	
EQUIVALENTE DE ARENA %	93.0

PRUEBAS EN MATERIAL MAYOR QUE LA MALLA Núm 9.51	
ABSORCION %	15.0
DENSIDAD	1.62
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm 0.420			
LIMITE LIQUIDO %	34.95	EQUI. HUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO %	N.P.	CONTRACCION LINEAL %	0.0
INDICE PLASTICO %	N.P.	CLASIFICACION S.U.C.S.	GP (GRAVA MAL GRADUADA)

OBSERVACIONES:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

JEFE DE LABORATORIO: ING. JOSE ANTONIO VÁZQUEZ VÁZQUEZ

LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

CONTROL DE MATERIALES EN OBRAS CIVILES
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
Y GEOTECNIA



RESUMEN DE PROPIEDADES

OBRA: ACCESO COLONIA MAPECO AL LIBRAMIENTO

FECHA: MARZO DEL 2001

LOCALIZACION: URUAPAN. MICH.

ENSAYE: T-2276

DATOS DEL MUESTREO

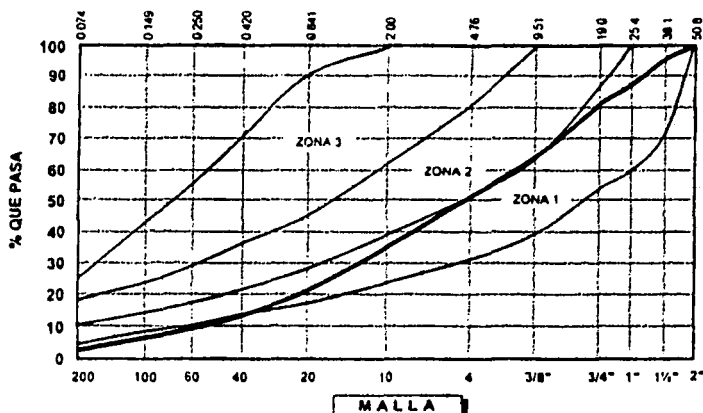
MATERIAL PARA CAPA DE: **SUBRASANTE** () **SUB-BASE** () **BASE** ()
DESCRIPCION MATERIAL: **GRAVA ARENA COLOR NEGRO**
DEPOSITO MUESTREADO: **BANCO "PANADERO"**
UBICACION DEL BANCO: **CAMINO A ZIRACUARETIRO DESVIACION DERECHA DE 150 mts.**

PESO VOLUMETRICO Kg/m³

SECO SUELTO	1213
SECO MAXIMO	1621
HUMEDAD OPTIMA %	8.8
TIPO DE PRUEBA	PORTER

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MAILLA	% RETENIDO
	50.8	
38.1		
	% QUE PASA	
50.8	100	
38.1	96	
25.4	87	
19.0	81	
9.51	64	
4.76	51	
2.00	35	
0.841	21	
0.420	13	
0.250	9	
0.149	6	
0.074	2	

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



V.R.S. (ESTANDAR) %	125.8
EXPANSION %	0.00
VALOR CEMENTANTE Kg/cm ³	
EQUIVALENTE DE ARENA %	88.6

PRUEBAS EN MATERIAL MAYOR QUE LA MALLA Núm 9.51

ABSORCION %	8.6
DENSIDAD	1.74
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm 0.420

LIMITE LIQUIDO %	28.91	EQUI. HUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO %	N.P.	CONTRACCION LINEAL %	0.0
INDICE PLASTICO %	N.P.	CLASIFICACION S.U.C.S.	GM (GRAVA LIMOSA)

OBSERVACIONES:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

JEFE DE LABORATORIO: ING. JOSE ANTONIO VÁZQUEZ VÁZQUEZ

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DEPENDENCIA: DIREC. GRAL. DE CARRETS. FED.CENTRO SCT MICHOACAN

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA DE SUPERVISION "NUEVA ITALIA"

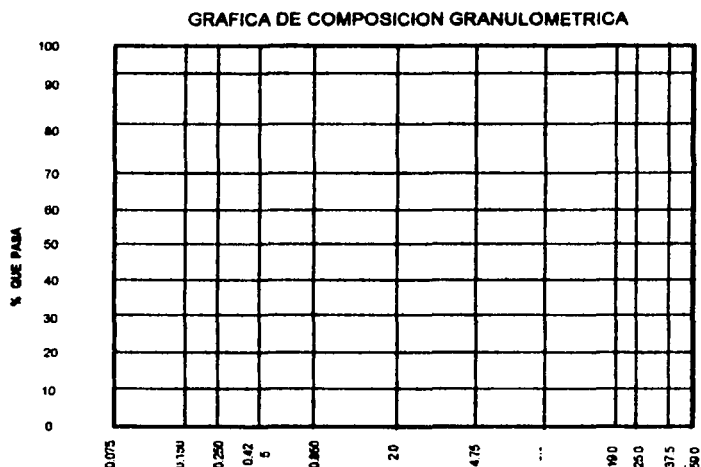
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE, BASE Y CAPA ROMPEDORA

OBRA: <u>CARRETERA: ACCESO A LA COLONIA MAPECO</u>	ENSAYE N° <u>1a / 4a</u>
LOCALIZACION: <u>TRAMO: KM. 0+000 - KM. 0+500</u>	FECHA DE RECIBO: <u>22 / FEB. / 01</u>
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE INFORME: <u>26 / FEB. / 01</u>

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE: <input type="checkbox"/> SUB-BASE <input checked="" type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> CAPA ROMPEDORA
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL <u>BRECHA VOLCANICA</u>
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO: <u>TOMADO DEL TENDIDO KM. 0+080 Y KM. 0+350</u>
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: <u>SE DESCONOCE</u>
UBICACION DEL BANCO: <u>SE DESCONOCE SU UBICACION</u>	

P.E. SECO SUELTO Kg/m ³	1500		1523
P.E. SECO MAXIMO Kg/m ³	1818	COMPAC.	1828
HUMEDAD OPTIMA %	8.8	TACION	8.8
P.E. DEL LUGAR Kg/m ³	1787		1823
HUMEDAD DEL LUGAR %	7.2		8.8
COMPACTACION %	98.3		99.7
ESPESOR EN cm.	21		19

COMPOSICION GRANULOMETRIA	MALLA		RETENIDO	
	EN	%		
	EN 50.0			
	EN 37.5			
		% QUE PASA		
	50.0			
	37.5	100		100
	25.0	96		91
	19.0	92		86
	9.50	83		78
	4.75	73		65
	2.00	64		54
	0.85	55		43
	0.43	48		35
	0.25	42		27
	0.15	35		22
	0.075	21		15



V.R.S. (ESTANDAR) %	75.0	88.4	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 9.5	
EXPANSION %	0.09	0.0	ABSORCION %	6.21
VALOR CEMENTANTE Kg/cm ²			DENSIDAD	2.02
EQUIVALENTE DE ARENA	60.6	62.3	DURABILIDAD	2.04

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Num. 0.425				
LIMITE LIQUIDO %	27	25	EQUIV. HUM. DE CAMPO	
LIMITE PLASTICO %	N.P	N.P	CONTRACCION LINEAL %	0.5
INDICE PLASTICO %	INAP	INAP	CLASIFICACION SCT	<u>SM</u>

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: EN BASE AL ESTUDIO EFECTUADO SE RECOMIENDA:
 RENIVELAR LA SUPERFICIE ACTUAL CON MATERIAL DE BANCO PREDOMINANTE DEL MISMO BANCO CON EL QUE SE REVISTIO LA ESTRUCTURA ACTUAL EN UN ESPESOR MINIMO DE 0.25 MTS. COMPACTANDOLO AL 95%; ASI MISMO SE RECOMIENDA CONSTRUIR UNA CAPA ASFALTICA DE POR LO MENOS 0.05 MTS. DE ESPESOR Y FINALMENTE UN RIEGO DE SELLO CON MATERIAL PETREO DEL TIPO 3A (NORMAS SCT VIGENTES), A RAZON DE 10 A 12 LTS. POR M² Y 1.0 A 1.2 LTS. DE EMULSION ASFALTICA.

EL LABORATORISTA

C. JORGE SOTELO TAPIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL JEFE DEL LABORATORIO

TMH. JULIO ACEVEDO

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

CENTRO SCT MICHOACAN

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA DE SUPERVISION "NUEVA ITALIA"

INFORME DE CALIDAD EFECTUADA EN MUESTRAS DE TERRACERIAS

OBRA: <u>CARRETERA: ACCESO A LA COLONIA MAPECO</u>	ENSAYES No. <u>5a/7a</u>
LOCALIZACION: <u>TRAMO: KM. 0+000 - KM. 0+500</u>	FECHA DE RECIBO <u>22 / 11 / 00</u>
	FECHA DE INFORME <u>28 / 11 / 00</u>

ANALISIS EFECTUADO EN EL LABORATORIO EN MUESTRAS TOMADAS DEL SONDEO A CIELO ABIERTO

ENSAYES N°		1048/1047		
ESTACION		0+100	0+350	
LADO		DERECHO	CENTRO	
CAPA		ESTRATO N° 2	ESTRATO N° 2	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

TAMANO MAXIMO				
% QUE RETIENE MALLA DE 75 mm. (3")		0.0		
% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm. (NUM 4)		98		
% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm. (NUM 40)		83		
% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm. (NUM 200)		50		
% LIMITE LIQUIDO		74		
% LIMITE PLASTICO		64		
% INDICE PLASTICO		10		
% DE CONTRACCION LINEAL		3.9		
% DEL EQUIVALENTE DE ARENA		15.8		
PESO ESPECIFICO SECO SUELTO (Kg./m3)		721	COMPACTACION	
PESO ESPECIFICO SECO LUGAR (Kg./m3)		928	945	
PESO ESPECIFICOS ECO MAXIMO (Kg./m3)		998	998	
HUMEDAD OPTIMA (%)		60.8	60.8	
HUMEDAD DEL LUGAR (%)		50.4	48.1	
COMPACTACION DEL LUGAR (%)		93.0	94.7	
V.R.S. ESTANDAR SATURADO (%)		20.6		
EXPANCIION (%)		1.01		
CLASIFICACION (SUCS SCT)		MH.		

ESTUDIO DE ESPESORES

TIPO DE PRUEBA	VALOR RELATIVO DEL SOPORTE MODIFICADO			
CURVA DE PROYECTO	NUMERO 1			
- HUMEDAD DE PRUEBA		63.8		
- AL 90% DE COMPACTACION		8.1		
- HUMEDAD DE PRUEBA		72.3		
- AL 95% DE COMPACTACION		14.3		

OBSERVACIONES:

SONDEO UNICO:

ESTRATO NUMERO 2, CLASIFICACION PETROGRAFICA: LIMOS INORGANICOS DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD, ARENAS FINAS O LIMOS MICASEOS O DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS. (MH.)

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL ANALIZADO PREDOMINANTES EN EL 2° ESTRATO.

EN LA FRANJA IZQUIERDA SE RECOMIENDA CORTAR HASTA ENCONTRAR EL NIVEL INFERIOR DE LA CAPA DE REVESTIMIENTO Y COMPACTAR AL 90% MINIMO DE SU PESO ESPECIFICO MAXIMO, Y APLICAR LAS RECOMENDACION

APLICAR LAS RECOMENDACION LAS RECOMENDACIONES QUE SE DAN EN LA HOJA DE ENSAYES 1a / 4a

EL LABORATORISTA:

C. JORGE BOTELO TAPIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL JEFE DEL LABORATORIO:

TMH. JULIO MACEVEDO



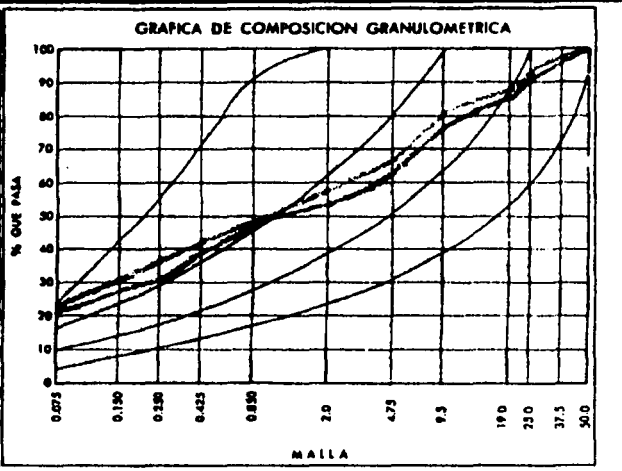
DEPENDENCIA: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 CENTRO SCT: MICHOACAN UNIDAD DE LABORATORIOS: 15 MICHOACAN
 RESIDENCIA: SUPERVISON LAS "NVA. ITALIA"

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA: CARRETERA: ACCESO A LA COLONIA MAPECO ENSAYES N°: 350a / 353a
 LOCALIZACION: TRAMO: KM. 0+000 - KM. 0+500 FECHA DE RECIBO: 16 / JULIO / 01
 FECHA DE INFORME: 19 / JULIO / 01
 TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)

CATOS DEL MUESTREO MATERIAL PARA CAPA DE: SUBBASE BASE REVESTIMIENTO X
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL BRECHA VOLCANICA
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO CAPA TENDIDA Y COMPACTADA KM.0+050 L/IZQ. Y KM.0+400 L/ DER.
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO SE DESCONOCE
 UBICACION DEL BANCO SE DESCONOCE SU UBICACION

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	1903	1425
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1803	1815
HUMEDAD OPTIMA %	16.3	16.0
P.E. DEL LUGAR kg/m ³	1750	1783
HUMEDAD DEL LUGAR %	10.9	10.7
COMPACTACION %	97.1	98.2
ESPESOR cm.	23	24



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	EN 50.0	EN 37.5
	% QUE PASA	
50.0	100	100
37.5	98	96
25.0	93	91
19.0	88	86
9.5	80	77
4.75	67	63
2.00	58	54
0.85	49	47
0.425	42	39
0.250	37	32
0.150	31	28
0.075	22	21

V.R.S. (ESTANDAR) %	84.5	89.1	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 9.5	
EXPANSION %	0.11	0.0	ABSORCION %	6.75
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²			DENSIDAD	2.04
EQUIVALENTE DE ARENA %	45.7	47.9	DURABILIDAD	2.08

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 0.425				
LIMITE LIQUIDO %	27	26	EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO %	INAP.	INAP.	CONTRACCION LINEAL %	0.4
INDICE PLASTICO %	INAP.	INAP.	CLASIFICACION SCT	SM-GM

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: EN BASE AL ESTUDIO EFECTUADO SE RECOMIENDA:

RENIVELAR LA SUPERFICIE ACTUAL CON MATERIAL DE LOS BANCOS PREDOMINANTES EN LA REGION DE CLASIFICACION SIMILAR, EN ESPECIAL DEL MISMO BANCO DE LA CAPA YA EXISTENTE, EN UN ESPESOR MINIMO PROMEDIO DE 0.25 A 0.30 M. COMPACTANDOLO AL 95% MINIMO DE SU PESO ESPESIFICO PORTER, ASI MISMO SE RECOMIENDA CONSTRUIR UNA CAPA ASFALTICA DE POR LO MENOS 0.07 M. DE ESPESOR Y FINALMENTE UN RIEGO DE SELLO CON MATERIAL PETRO DEL TIPO 3A (NORMAS SCT VIGENTES), A RAZON DE 10 A 12 LTS. POR M₂ Y 1.0 A 1.2 LTS. POR M₂ DE EMULSION ASFALTICA.

EL LABORATORISTA: *[Signature]*
 C. JORGE SOTERO TAPIA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

EL JEFE DE LABORATORIO: *[Signature]*
 TMM. S. RUIZ ACEVEDO



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

CENTRO SCT MICHOACAN

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA DE SUPERVISION "NUEVA ITALIA"

INFORME DE CALIDAD EFECTUADA EN MUESTRAS DE TERRACERIAS

OBRA:	CARRETERA: ACCESO A LA COLONIA MAPECO	ENSAYES No.	354a/355a
LOCALIZACION:	TRAMO: KM. 0+000 - KM. 0+500	FECHA DE RECIBO	16 / VII / 00
		FECHA DE INFORME	19 / VII / 00

ANALISIS EFECTUADO EN EL LABORATORIO EN MUESTRAS TOMADAS DEL SONDEO A CIELO ABIERTO

ENSAYES N°			354a/355a	356a		
ESTACION			0+080	0+400		
LADO			IZQUIERDO	DERECHO		
CAPA			ESTRATO N° 2	ESTRATO N° 2		

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

TAMANO MAXIMO						
% QUE RETIENE MALLA DE 75 mm. (3")			0.0			
% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm. (NUM 4)			98			
% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm. (NUM 40)			92			
% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm. (NUM 200)			58			
% LIMITE LIQUIDO			68			
% LIMITE PLASTICO			61			
% INDICE PLASTICO			7			
% DE CONTRACCION LINEAL			2.6			
% DEL EQUIVALENTE DE ARENA			14.7			
PESO ESPECIFICO SECO SUELTO (Kg./m3)			707			
PESO ESPECIFICO SECO LUGAR (Kg./m3)			939	COMPACTACION	929	
PESO ESPECIFICOSECO MAXIMO (Kg./m3)			976		976	
HUMEDAD OPTIMA (%)			56.5		56.5	
HUMEDAD DEL LUGAR (%)			52.7		50.4	
COMPACTACION DEL LUGAR (%)			96.3		95.3	
V.R.S. ESTANDAR SATURADO (%)			22.0			
EXPANCON (%)			0.88			
CLASIFICACION (SUCS SCT)			MH,			

ESTUDIO DE ESPESORES

TIPO DE PRUEBA						
CURVA DE PROYECTO				VALOR RELATIVO DEL SOPORTE MODIFICADO		
				NUMERO 1		
- HUMEDAD DE PRUEBA			59.5			
- AL 90% DE COMPACTACION			10.3			
- HUMEDAD DE PRUEBA			58.0			
- AL 95% DE COMPACTACION			15.4			

OBSERVACIONES:

SONDEO UNICO:

ESTRATO NUMERO 2, CLASIFICACION PETROGRAFICA: LIMOS INORGANICOS DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD, ARENAS FINAS O LIMOS MICASEOS O DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS. (MH.)

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL ANALIZADO PREDOMINANTES EN EL 2° ESTRATO.

EN LA FRANJA IZQUIERDA SE RECOMIENDA CORTAR HASTA ENCONTRAR EL NIVEL INFERIOR DE LA CAPA DE REVESTIMIENTO Y COMPACTAR AL 90% MINIMO DE SU PESO ESPECIFICO MAXIMO. Y APLICAR LAS RECOMENDACION

APLICAR LAS RECOMENDACION LAS RECOMENDACIONES QUE SE DAN EN LA HOJA DE ENSAYES 350a / 353a

NOTA: EN LA ESTACION 0+080 Y 0+350 EL ESPESOR DE REVESTIMIENTO ES DE 10 A 13 cm.

EL LABORANTISTA:

C. JORGE BOTÉLO TAPIA

EL JEFE DEL LABORATORIO:

TMH. JULIO RUIZ ACEVEDO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO IV.
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

IV.1. DEFINICIÓN GENERAL DE PAVIMENTOS

Pavimento es la capa ó conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y rasante o superficie de rodamiento de una obra vial cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al TRÁNSITO de los vehículos y al intemperismo producido por los agentes naturales y/o cualquier otro agente perjudicial. Estructuralmente, un pavimento tiene la función de transmitir los esfuerzos a la subrasante de tal manera que el pavimento no se deforme de manera superficial.

Así pues, se puede decir que un pavimento es una superestructura de obra vial que hace posible que se pueda transitar por un cierto camino con comodidad y seguridad.

Los requisitos primordiales que debe tener un pavimento flexible son:

1. Ser económico
2. Tener una textura adecuada para el rodamiento
3. Ser durable
4. Tener condiciones apropiadas a la permeabilidad.
5. Ser estable ante el intemperismo
6. Ser resistente a las cargas impuestas por el tránsito.

(Referencias 2, 8, 9, 12, 13)

IV.2. TIPOS DE PAVIMENTOS.

Existen 2 tipos de pavimentos; el Rígido y el Flexible.

Los pavimentos Rígidos están contruidos con losas de concreto hidráulico, con una resistencia relativamente alta entre 210 a 350 kg/cm² a los 28 días. Normalmente se usa concreto armado y ocasionalmente en puentes-canal o alcantarillado se usa concreto reforzado. Las losas son pequeñas del orden de 4 a 8 mts., en concreto armado y de 100 ó más metros en losas pretensadas.

Los pavimentos Flexibles están formados por una carpeta bituminosa o asfáltica apoyada generalmente sobre 2 capas no rígidas llamadas base y sub-base; la calidad de estas capas es descendente hacia abajo.

En lo general, cualquier suelo natural es aprovechable para terracerías con excepción de suelos muy orgánicos o aquellos muy expansibles de alto rebote elástico.

Cuando el material de la terracería sea de mala calidad, se hace necesario el uso de una capa subrasante de material de mejor calidad que sirva de transición, entre esta y el pavimento.

Si el material de terracería es de mejor calidad, la capa subrasante estar formada por el propio material mejorando su calidad con un tratamiento físico, principalmente en lo referente a la compactación.

Otro tipo de carpeta sería un tipo semi-rígido de tipo flexible a cuya base se le da un tratamiento con cemento portland o asfalto emulsionado llamada comúnmente **base negra** este procedimiento se usa en los pavimentos reciclados para reconstruir pavimentos en vías de segundo orden.

Concluyendo, podemos resumir que un pavimento de tipo rígido o flexible esta formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo, cuando más cercanas se encuentran a la superficie de rodamiento, debido principalmente por la mayor intensidad de los esfuerzos que les son transmitidos.

(Referencias 2, 8, 9, 12, 13)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.3. FUNCIONALIDAD DE UN PAVIMENTO

Las funciones de un buen pavimento son ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento con la rugosidad necesaria para garantizar una buena fricción con las llantas de los vehículos, con color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos y debe poseer la resistencia adecuada para soportar las cargas impuestas por el TRÁNSITO vehicular sin fallas y deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico sin complicaciones así como soportar los ataques de intemperismo.

Las características de resistencia y deformabilidad, se satisfacen con capas capaces de distribuir los esfuerzos que llegan a la subrasante en niveles tolerables que no produzcan falla ni asentamiento ó deformaciones laterales.

Para tal efecto, las capas del pavimento deben ser de materiales friccionantes que son los más adecuados para funcionar estructuralmente constituyendo el cuerpo de un buen pavimento flexible.

La capacidad natural de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la cual se requiere que sobre la base, exista una capa de material cohesivo y con resistencia a la tensión, esta capa es la carpeta asfáltica que debe (además de su resistencia), cubrir las condiciones de una buena superficie de rodamiento ya señalados.

Por tanto en pavimentos flexibles se debe buscar cohesión en la parte superficial y fricción al interior del cuerpo del pavimento flexible.

(Referencias 2, 8, 9, 12, 13)

IV.4. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

Carpeta Asfáltica: está constituida por un material pétreo al que le ha sido adicionado una cierta cantidad de un producto asfáltico que a la vez éste tiene como objeto servir de aglutinante.

Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuado con textura y color convenientes, resistir la abrasión del tráfico y hasta donde sea posible impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Las principales funciones que tiene la Carpeta Asfáltica son:

1. Impedir la infiltración del agua de lluvia a las capas inferiores, para que por consecuencia de esta no se vaya a tener una disminución en su capacidad de carga.
2. Proporcionar una superficie de rodamiento que permita todo el tiempo de tránsito fácil y cómodo a los vehículos.
3. Resistir la acción destructora que se pueda ocasionar por el tránsito vehicular.

Base: ésta es la capa de material que se construye sobre la Sub-base y que debe estar formada por un material que debe ser de mucho mejor calidad que el de la Sub-base.

La función de una base consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y subrasante los esfuerzos producidos por el TRÁNSITO. También debe ser capaz de drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos e impedir la asunción capilar. Desde el punto de vista económico, permite reducir el espesor de la carpeta asfáltica.

Los requisitos principales que debe de satisfacer esta capa llamada Base son:

1. Tener todo el tiempo la resistencia adecuada para soportar las presiones que le sean transmitidas por los vehículos que se encuentren estacionados o en movimiento.
2. Tener el espesor necesario para que cuando estas presiones sean transmitidas a las capas Sub-base o sub-rasante, éstas no se excedan en su resistencia estructural.
3. Esta no debe presentar cambios volumétricos que sean perjudiciales cuando varíen las condiciones de humedad.

Sub-base: es la capa de material que se encuentra entre la Sub-rasante y la base, se puede construir con el mismo material de la base o material de menor calidad, desde luego a menor calidad del material mayor espesor de la sub-base.

La sub-base sirve para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad impidiendo que se refleje en la superficie del pavimento.

Sirve además como capa de transición entre la base y la subrasante, actúa como filtro de la base e impide su incrustación en la subrasante.

Subrasante: Juega un papel importante en el comportamiento de un pavimento flexible debido a que es determinante en el espesor final de un pavimento.

Para estimar el espesor de la subrasante, es preciso conocer las características del material de la vía para formar las terracerías.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El TRÁNSITO vehicular es otro parámetro muy importante a considerar para el diseño de la subrasante, hay que considerar en el diseño de un pavimento flexible, que la magnitud de las cargas puede llegar a 8 toneladas por eje y las presiones de inflado de las llantas son del orden de 4 a 6 kg/cm² equivalente a 60-90 pulgadas por pulgada cuadrada en transporte tipo medio a pesado.

El efecto de fatiga en un pavimento flexible bien construido es menos notable que en pavimentos rígidos, sin embargo el efecto de muchas repeticiones produce deformaciones acumuladas de caracteres plásticos o rebote elástico en suelos susceptibles.

Obras de Drenaje.

Las obras de drenaje en una carretera nos sirven para evitar los daños que pueda ocasionar el agua que llega a dicha carretera por escurrimiento superficial, independientemente de que el agua haya caído sobre o fuera de la vía terrestre.

Se puede decir que las estructuras de drenaje más frecuentemente utilizadas en una vía terrestre son los puentes y las alcantarillas, que son las que se encargan principalmente del drenaje transversal; es decir, del paso de grandes masas de agua, arroyos, ríos, etc., a través de la carretera en una dirección más o menos perpendicular a ella, suele llamarse a los puentes obras de drenaje mayor y a las alcantarillas obras de drenaje menor.

En México se ha considerado que un puente es aquella obra que cuenta con sus claros mayores a los 6 metros, y por lo contrario a las estructuras que tienen sus claros menores a los 6 metros se les considera alcantarillas.

Existen otras obras de drenaje que se les nombra obras complementarias de drenaje y son las siguientes:

- a) el bombeo
- b) Las guarniciones
- c) Los bordillos
- d) Los lavaderos
- e) Las bajadas
- f) Las bermas
- g) El uso apropiado de vegetación
- h) Los bordos
- i) Las cunetas
- i) Las contracunetas

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Todas estas obras anteriormente mencionadas son obras que deben hacerse sólo en el lugar en el que se requieran esto si se construyen donde no se necesitan encarecerían el costo de la vía terrestre.

En nuestro caso haremos uso únicamente como sistema de drenaje del bombeo de la carpeta asfáltica del orden del 2% y a su vez de cunetas para el desalojo del agua precipitada en la vía.

(Referencias 2, 7, 8, 9, 12, 13)

IV.5. MÉTODOS DE DISEÑO.

Existe una gran diversidad de métodos de diseño de pavimentos y cada uno de ellos tiene una forma distinta de analizar el tránsito; los métodos que se han elegido para el presente trabajo son los más utilizados para el diseño de pavimento, lo cual no quiere decir que no tengan carencias en sus consideraciones técnicas para llegar a un diseño determinado, sin embargo hay que tomar en cuenta que ningún método engloba todas las variables que afectan a un pavimento; por lo tanto el criterio del proyectista y/o constructor, aunado a su experiencia sigue siendo un factor determinante para obtener un buen diseño de pavimento. Los Métodos elegidos para este trabajo son los siguientes:

- A) MÉTODO DEL DEPARTAMENTO DE CARRETERAS DEL ESTADO DE CALIFORNIA, EE.UU.
- B) MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.
- C) MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Para realizar la aplicación de los métodos enumerados anteriormente es necesario calcular primeramente los siguientes parámetros:

- Índice de Tránsito (IT) para el Método del Departamento de Carreteras del Estado de California, EE.UU.
- Número de Tránsito de Diseño (NTD), para el Método del Instituto Norteamericano del Asfalto.
- Tránsito Equivalente Acumulado (ΣL_n), para el Método del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

CAPÍTULO V.**DATOS DE TRÁNSITO**

V.1. DATOS DE TRÁNSITO.

Para realizar la asignación del tránsito del camino Libramiento Oriente a la Colonia Manuel Pérez Coronado, se partió en primera instancia del volumen de tránsito y composición registrado en los aforos vehiculares realizados en la hora de máxima demanda, para las intersecciones localizadas dentro de la vialidad en estudio, la cual a continuación se presenta:

- Crucero Vía en estudio – Libramiento Oriente
- Crucero Vía en Estudio – Col. Manuel Pérez Coronado

De estos aforos direccionales, se concentró y tomó en cuenta la mayor carga vehicular; y es el que la vía recibe en el cruce con el Libramiento Oriente. En la tabla siguiente se resume y presenta el volumen de tránsito registrado para las horas de máxima demanda de un día hábil de la semana:

CUADRO 2. AFOROS DIRECCIONALES EN H.M.D. (Horas de Máxima Demanda)

10:00 - 11:00 am

VOLUMENES CLASIFICADO

CRUCERO	VOLUMEN TOTAL EN LA INTERSECCIÓN	ACCESO	A	B	C	TOTAL POR ACCESO
Crucero Vía en Estudio-Col. Manuel Pérez Coronado	85	NOROESTE-SURESTE	36	4	3	43
		SURESTE-NOROESTE	35	5	2	42

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: No se tomó en cuenta las unidades de transportes identificados en los datos de aforo proporcionados, como Motos y Otros por ser o producir una acción de daño menor a los ya considerados en la estructura de pavimento a diseñar.

La composición del tránsito para el periodo de 10:00-11:00 a.m. está formada aproximadamente de la siguiente forma:

Vehículos tipo A:

A = 65.7%

A' = 16.5%

Total = 82.2%

Vehículos Tipo B:

B = 13.4%

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Vehículos Tipo C:

$$C2 = 2.8\%$$

$$C3 = \underline{1.6\%}$$

$$\text{Total} = 4.4\%$$

Ahora, considerando que en caminos urbanos y suburbanos los volúmenes horarios se mantienen constantes durante todo el año y tomando como referencia lo establecido en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la S.C.T. (Referencia 13) donde se considera que el volumen horario para fines de proyecto se encuentra comprendido entre el 8% y el 16% del tránsito diario promedio anual, valor que dependerá de las consideraciones económicas al hacer el balance entre beneficios y costos de construcción.

Para este caso en especial, que no se cuenta con un aforo de 24 horas, que nos pudiera servir para determinar el TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), se decidió tomar el factor de 8%, factor que el manual recomienda para vías urbanas y suburbanas.

Con las consideraciones anteriores se procedió a calcular el TDPA sobre el camino de la siguiente manera:

El volumen horario registrado en la H.M.D. = 85 veh/hr. (dos sentidos).

El factor k utilizado = 8%

Utilizando la ecuación: $VHP = K (TDPA)$

Y por tanto: $TDPA = \frac{VHP}{K}$

Sustituyendo valores:

$$TDPA = \frac{85}{0.08} = 1,063 \text{ vehículos mixtos}$$

V.2. INCREMENTOS DE TRÁNSITO.

Una vez calculado el tránsito promedio diario podrá realizarse el análisis para el pronóstico del Volumen de tránsito futuro, para lo cual se tomará en cuenta una tasa de crecimiento del 7% anual.

**V.3. OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE TRÁNSITO (IT) PARA EL MÉTODO DEL
DEPARTAMENTO DE CARRETERAS DEL ESTADO DE
CALIFORNIA, EE.UU.**

a) Clasificación Vehicular.

Con los datos de tránsito obtenemos el número de vehículos de acuerdo con su clasificación.

$$\begin{aligned} A &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.822 = 874 \text{vehículos} \\ B &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.134 = 142 \text{ vehiculos} \\ C &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.044 = 47 \text{ vehiculos} \\ T2 - S2 &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.00 = 0 \text{ vehiculos} \\ T3 - S2 &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.00 = 0 \text{ vehiculos} \end{aligned}$$

Vehículos Tipo A:

$$\begin{aligned} A &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.657 = 698 \text{ vehiculos} \\ A' &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.165 = \underline{176 \text{ vehiculos}} \\ \text{Total} &= 874 \text{ vehiculos} \end{aligned}$$

Vehiculos Tipo C:

$$\begin{aligned} C2 &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.028 = 30 \text{ vehiculos} \\ C3 &= TDPA \times (\%) = 1063 \times 0.016 = \underline{17 \text{ vehiculos}} \\ \text{Total} &= 47 \text{ vehiculos} \end{aligned}$$

b) Obtención de las Cargas Equivalentes (CE) para cada tipo de vehículo.

En este método el tránsito queda expresado en términos del número de cargas por RUEDA EQUIVALENTE de 5,000 libras (2,267.96 kg.), que puede esperarse dentro del período de diseño, lo cual se calcula con ayuda de la tabla siguiente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUADRO 3. FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA NEUMÁTICOS EN ARREGLO DUAL DE VEHÍCULOS DE VARIOS EJES, CON LA RUEDA ESTÁNDAR DE 5,000 LBS.

No. DE EJES DEL VEHÍCULO	VALOR C.E. PARA UN AÑO DE SERVICIO DE PAVIMENTO	
	CAMINO PRINCIPAL	CAMINO SECUNDARIO
2	280	200
3	930	690
4	1320	1070
5	3190	1700
6	1950	1050

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la suma de las cargas equivalentes nos auxiliaremos de la tabla siguiente.

CUADRO 4. SUMA DE LAS CARGAS EQUIVALENTES

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA DOS DIRECCIONES	TDPA UNA DIRECCIÓN	CONSTANTE DE C.E.	CARGAS EQUIVALENTES
A	873	436.5	0	0
B	142	71	200	14200
C2	30	15	200	3000
C3	17	8.5	690	5865
T2 - S2	0	0	1070	0
T3 - S2	0	0	1700	0

CE = 23065

Fuente: Elaboración propia.

EL TDPA en una dirección se considera como el 50% del TDPA con dos direcciones.

De esta forma la suma de cargas equivalentes (ΣCE) será igual:

$$\Sigma CE = 23,065$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

c) Cálculo del factor de proyección de tránsito (FP).

Se obtiene mediante la expresión:

$$FP = \frac{1 + (TDPA)f}{2(TDPA)i}$$

En donde:

FP = Factor de Proyección del Tránsito.
 TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual,
 f = Índice Final del Período de Diseño.
 i = Índice Inicial del Período de Diseño.

Considerando que el período de diseño será de 10 años y que el tránsito crece con una tasa de interés compuesto anual del 7% y sabiendo que:

$$(TDPA)f = (TDPA)i \times (1 + i)^P$$

Donde:

P = Período de Diseño
 i = Tasa de Interés.

Tenemos:

$$(TDPA)f = (TDPA)i \times (1 + 0.07)^{10} = (TDPA)i \times 2.76$$

Despejando:

$$\frac{(TDPA)f}{(TDPA)i} = 2.76$$

Por lo tanto:

$$FP = \frac{1 + 2.76}{2}$$

d) Obtención del Índice de Tránsito (IT).

Se calcula con la expresión:

$$IT = 6.7 \left[\frac{CE}{10^6} \right]^{0.119}$$

Donde:

IT = Índice de tránsito.

CE = P x Σ CE x FP

Entonces:

$$CE = 15 \times 23,065 \times 1.88$$

$$CE = 650,265$$

Por lo tanto:

$$IT = 6.7 \left[\frac{650,265}{1'000,000} \right]^{0.119}$$

$$IT = 6.37$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

V.4. OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE TRÁNSITO DE DISEÑO (NTD), PARA EL MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

El número de tránsito de diseño, es el promedio de cargas equivalentes a 8.2 toneladas por eje sencillo, que se esperan durante el período de diseño.

a) Determinación del Tránsito Diario Inicial (TDI).

Es el TDPA en ambas direcciones.

TDI = 1063 vehículos.

b) Determinación del porcentaje de vehículos pesados (A/100).

Es la suma de todos los vehículos excepto los ligeros, recordando la clasificación vehicular tenemos:

A = 82.2%

B = 13.4%

C = 4.4%

Por lo tanto:

$(A/100) = 0.822$

c) Determinación del porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño (B/100).

Consideramos un 17.8% del tránsito que circula en ambos carriles.

$(B/100) = 0.178$

d) Determinación del número promedio de vehículos pesados en el carril de diseño.

$TDI \times (A/100) \times (B/100) = 1063 \times 0.822 \times 0.178$

156 vehículos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

e) Peso promedio de los vehículos pesados.

Calcularemos el promedio de la manera siguiente:

De acuerdo con la tabla siguiente.

CUADRO 5. PESO PROMEDIO DE VEHÍCULOS PESADOS

TIPO DE VEHÍCULO	PESO TONELADAS	TDPA AMBOS SENTIDOS
B	14	142
C2	14	30
C3	20	17
T2 - S2	29	0
T3 - S2	35	0

Fuente: "Reproducciones del Método del Instituto Norteamericano del Asfalto, SCT, p. 47

El peso promedio es:

$$W = \frac{(142)(14) + (30)(14) + (17)(20) + (0)(29) + (0)(35)}{189}$$

$$W = 14.53$$

W = 15 toneladas

f) Establecer la carga permisible por eje.

El método la fija en 8.2 toneladas (18,000 libras)

g) Determinar el Número de Tránsito Inicial (NTI).

Con la ayuda del Nomograma de la Fig. 8, obtenemos con:

$$W = 15 \text{ ton.} = 33.07 \text{ miles de libras}$$

$$\text{No. Promedio de vehículos pesados} = 156$$

$$\text{NTI} = 80$$

h) Corrección por volumen de vehículos ligeros.

Solo es necesario cuando NTI es menor de 10, por lo tanto no se realizará en este caso.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

i) Determinar el factor de corrección para período de diseño y tasa de crecimiento.

Con la expresión:

$$FC = \frac{(1+r)^n - 1}{20 \times r}$$

Donde:

FC = Factor de corrección

n = Período en años

r = Tasa de crecimiento en decimales.

$$FC = \frac{(1+0.07)^{15} - 1}{20 \times 0.07}$$

$$FC = 1.26$$

j) Determinar el Número de Tránsito de Diseño.

Se calcula mediante la expresión siguiente:

$$NTD = NIT \times FC$$

Sustituyendo:

$$NTD = 80 \times 1.26$$

$$NTD = 101$$

V.5. OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO EQUIVALENTE ACUMULADO (ΣL_n), PARA EL MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Este método sugiere un criterio teórico-experimental en el diseño de pavimentos flexibles para carreteras. Se fundamenta en las investigaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Referencia 6), patrocinadas por la extinta Secretaría de Obras Públicas (Hoy Secretaría de Comunicaciones y Transportes); durante el período de 1962 a 1973.

El método tiene 3 opciones:

- A) Diseño Gráfico
- B) Diseño por Calculadora Programable
- C) Diseño por Computadora

Para el presente trabajo utilizaremos la opción Gráfica.

El tránsito equivalente acumulado, es el número de repeticiones de carga de un eje equivalente cuyo peso es de 8.2 toneladas a lo largo de la vida de diseño, considerando además un tasa de crecimiento de tránsito.

a) Clasificación vehicular.

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA DOS DIRECCIONES
A2	698
A' 2	175
B2	142
C2	30
C3	17
T3-S2	0
T3-S3	0
SUMA	1063

Fuente: Elaboración propia.

b) Obtención del número de ejes equivalentes (Tn) a diferentes profundidades (Zn).

Para lo cual nos auxiliaremos de la tabla siguiente:

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA DOS DIRECCIONES	DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO	No. DE VEHÍCULOS EN EL CARRIL DE DISEÑO	COEFICIENTES DE DAÑO BAJO CARGA MÁXIMA				NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES (Tn)			
				Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = ∞0	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = ∞0
A2	698	0.5	349.1955	0.004	0.000	0.000	0.000	1.4	0.0	0.0	0.0
A' 2	175	0.5	87.6975	0.536	0.064	0.023	0.015	47.0	5.6	2.0	1.3
B2	142	0.5	71.221	2.000	1.010	0.902	0.899	142.4	71.9	64.2	64.0
C2	30	0.5	14.882	2.000	1.070	0.936	0.899	29.8	15.9	13.9	13.4
C3	17	0.5	8.5	1.999	1.190	0.756	0.756	17.0	10.1	6.4	6.4
T2 - S2	0	0.5	0	4.000	3.110	2.661	2.790	0.0	0.0	0.0	0.0
T3 - S2	0	0.5	0	5.000	3.491	2.250	2.249	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMA	1062.992		531.496					237.6	103.6	86.6	85.1

TDPA: 1063
 Años de servicio (n): 15
 Tasa de crecimiento (r): 7%

NOTAS:

- 1.- La distribución del tránsito se obtiene del Cuadro 6
- 2.- Los coeficientes de daño fueron tomados de las figuras 9 a 15, para la condición de carga máxima.

Se elige el número de ejes equivalentes, en el cual el daño es mayor, o sea $Z = 0$.

Entonces:

Número de Ejes Equivalentes (To) = 237.6

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 6. Coeficientes de Distribución

No. DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DE PROYECTO.
2	50
4	40 - 50
6 o más	30 - 40

Fuente: "Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible", UNAM, 1974.

Se anexan las tablas de los coeficientes de daño (Figuras 9 a 15).

c) Cálculo del tránsito equivalente acumulado (ΣLn).

$$\Sigma Ln = C't \times T_o$$

ΣLn = Tránsito acumulado durante "n" años de servicio y tasa de crecimiento de "r".

Para nuestro caso:

$$n = 15 \text{ años}$$

$$r = 7\%$$

T_o = Número de ejes equivalentes, durante el primer año de servicio para el carril de diseño.

$C't$ = Coeficiente de acumulación del tránsito.

Se acumula mediante la expresión:

$$C't = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]_{365}$$

$$C't = \left[\frac{(1+0.07)^{15} - 1}{0.07} \right]_{365}$$

$$C't = 9,172$$

O también utilizando la Fig. 16 , entrando en el eje de las abscisas con el valor de "n" (Vida de proyecto), se traza una línea vertical hasta interceptar con la curva correspondiente de "r" (tasa de crecimiento anual) y de esta intersección se traza una línea horizontal hasta obtener así el valor del Coeficiente de Acumulación de Tránsito.

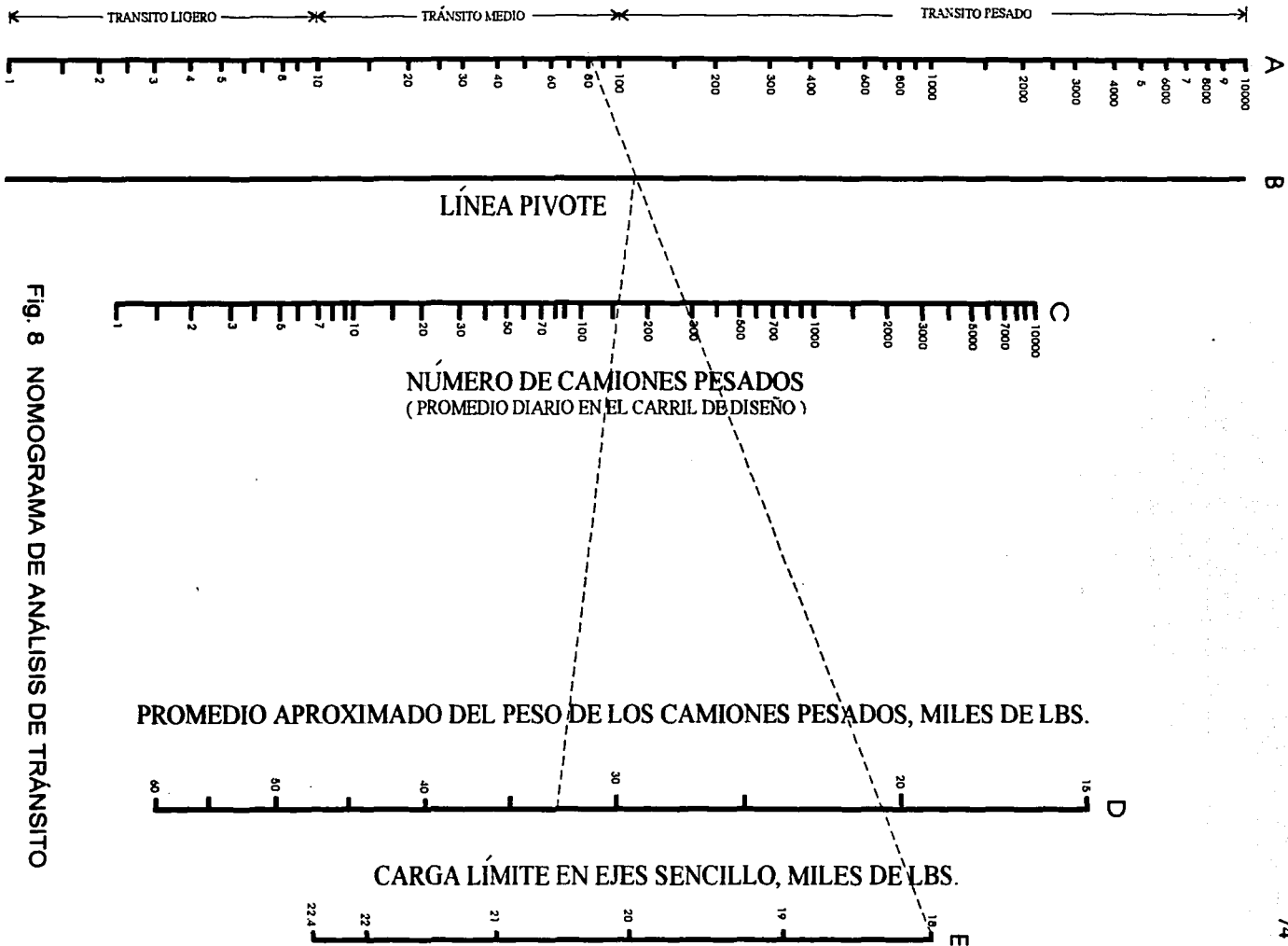
Por lo tanto:

$$\Sigma Ln = C't \times To = 9,172 \times 237.6$$

$$\Sigma Ln = 2'179,364$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

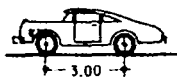
NÚMERO INICIAL DE TRÁNSITO (NIT)



Fuente: "Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible", U.N.A.M., 1974.

Fig. 8 NOMOGRAMA DE ANÁLISIS DE TRÁNSITO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



A

Automóvil

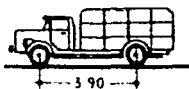
Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
	1*	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
2*	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	
Σ	2.0	1.6		0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 9 Coeficientes de Daño

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



A'

Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton.

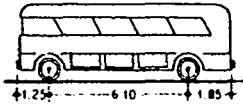
Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
	1*	1.7	1.3	4.6	0.268	0.003	0.000	0.000	0.268	0.001	0.000	0.000
	2*	3.8	1.2	4.6	0.268	0.061	0.023	0.015	0.268	0.001	0.000	0.000
	Σ	5.5	2.5		0.536	0.064	0.023	0.015	0.536	0.002	0.000	0.000

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 10 Coeficientes de Daño

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



B

Autobús de 2 ejes

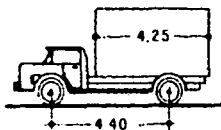
	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
Camino A	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.079	0.001	0.010
	2*	10.0	7	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.679	0.501	0.433
	Σ	15.5	10.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.758	0.502	0.443
Camino B	1*	5.0	3.5	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.001	0.010
	2*	9.0	6.5	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.558	0.359	0.292
	Σ	14.0	10		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.637	0.360	0.302
Camino C	1*	4.0	3	5.8	1.000	0.126	0.002	0.021	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	8.0	6	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.448	0.249	0.190
	Σ	12.0	9		2.000	1.070	0.902	0.899	2.000	0.492	0.258	0.194

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 11 Coeficientes de Daño

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



C2

Camión de 2 ejes

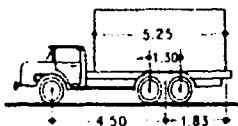
	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
Camino A	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.079	0.019	0.010
	2*	10.0	3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	15.5	6.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.123	0.028	0.014
Camino B	1*	5.0	3	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	9.0	3	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	14.0	6		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
Camino C	1*	4.0	2.5	5.8	1.000	0.126	0.036	0.021	1.000	0.022	0.003	0.002
	2*	8.0	2.5	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.022	0.003	0.002
	Σ	12.0	5		2.000	1.070	0.936	0.899	2.000	0.044	0.006	0.004

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 12 Coeficientes de Daño

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



C3

Camión de tres ejes

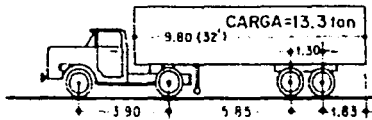
	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
Camino A	1*	5.5	4	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.028	0.003	0.002
	Σ	23.5	8.5		3.000	2.817	2.457	2.940	3.000	0.154	0.039	0.023
Camino B	1*	5.0	3.8	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.106	0.028	0.016
	2**	15.0	4.2	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.021	0.002	0.001
	Σ	20.0	8		3.000	1.876	1.178	1.160	3.000	0.127	0.030	0.017
Camino C	1*	4.0	3.5	5.8	0.666	0.107	0.034	0.021	0.666	0.068	0.018	0.010
	2**	14.0	4	5.8	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.015	0.002	0.001
	Σ	18.0	7.5		1.999	1.190	0.756	0.756	1.999	0.083	0.020	0.011

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

**TESIS CON
FUELLA DE ORIGEN**

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**



T2 - S2

Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes

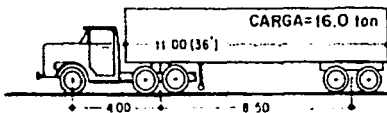
	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
Camino A	1*	5.5	4	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	10.0	3.5	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.079	0.019	0.010
	3***	18.0	4	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	33.5	11.5		4.000	4.358	4.747	5.760	4.000	0.222	0.057	0.032
Camino B	1*	5.0	3.4	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.071	0.016	0.009
	2**	9.0	3.4	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.071	0.016	0.009
	3***	15.0	3.7	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.012	0.001	0.001
	Σ	29.0	10.5		4.000	3.110	2.661	2.790	4.000	0.154	0.033	0.019

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 14 Coeficientes de Daño

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



T3 - S2

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes

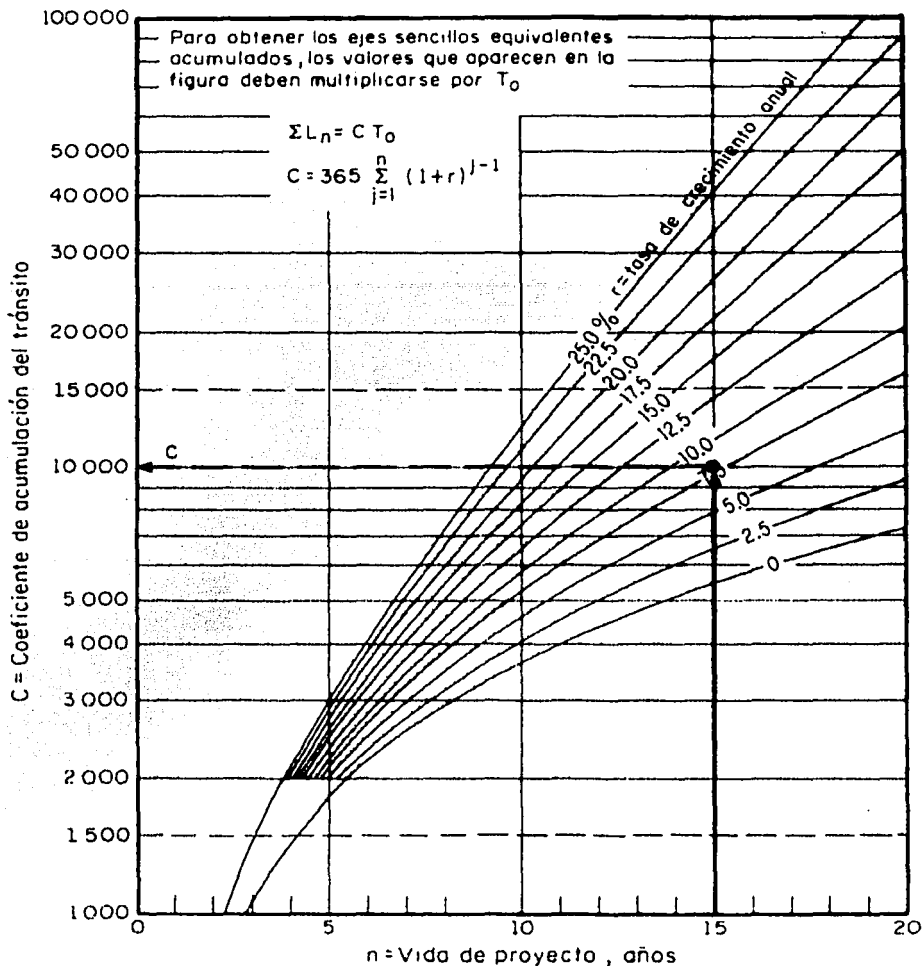
	Conjunto	Peso, en ton		p, Kg/cm ²	+ dm = Coeficiente de daño bajo carga máxima				dv = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60	Z = 0	Z = 15	Z = 30	Z = 60
Camino A	1*	5.5	4	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	3***	18.0	4	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	41.5	12		5.000	5.285	4.747	5.761	5.000	0.160	0.040	0.023
Camino B	1*	5.0	3.5	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.019	0.010
	2**	15.0	4	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.002	0.001
	3***	15.0	4	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	35.0	11.5		5.000	3.491	2.250	2.249	5.000	0.113	0.023	0.012

+ Proyecto de Actualización con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México; D.F., 1978

- * Eje Sencillo
- ** Eje Tandem
- *** Eje Triple

Fig. 15 Coeficientes de Daño

**TESIS CON
 SELLA DE ORIGEN**



$\sum L_n$ 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

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

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 i (cargado o descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 ton

Fig 16

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO VI.
DISEÑO DEL PAVIMENTO

El diseño del pavimento es básicamente la obtención de los espesores de las diversas capas que conforman el camino.

Los tres métodos basan la obtención de dichos espesores, en valores de resistencia de los materiales con los cuales se construirá el camino.

A su vez estos valores se obtienen de pruebas de laboratorio, cuyos resultados son índices de calidad de los materiales.

Dos de los tres métodos aplicados (Método Instituto del Asfalto y Método UNAM), se apoyan en la prueba de Valor Relativo de Soporte, la cual ya fue descrita en su oportunidad; mientras que el método restante (Método California) utiliza un parámetro llamado "R" o "Número de Estabilidad", el cual se obtiene con el estabilómetro de Hveem.

VI.1 MÉTODO CALIFORNIA O DE HVEEM.

Este método es muy usado actualmente en los Estados Unidos y se ve bastante lógico; está basado en la resistencia del material que forma la subrasante sobre la cual se va a construir el pavimento, en la resistencia a la tracción de las capas que formarán el pavimento, y en la intensidad del tránsito que circulará por el camino. Mediante estudios teórico - experimentales, los Ingenieros Hveem y Carmany llegaron a la siguiente fórmula para determinar el espesor del pavimento.

$$T = \frac{0.095(IT)(90 - R)}{\sqrt[3]{C}}$$

Donde:

T = Espesor del pavimento, en pulgadas.

IT = Índice de Tránsito

R = Número de repeticiones de carga que se estime para la vida útil del Pavimento.

C = Resistencia a la tracción del material que forma el pavimento, determinada en El cohesiómetro.

Como se ve, en la fórmula anterior se han tomado en cuenta los 3 factores indicados anteriormente y su resolución en la práctica es sencilla, mediante el uso del nomograma de la figura adjunta, el cual nos da el espesor necesario del pavimento, una vez que se han efectuado los ensayos del Estabilómetro y del cohesiómetro de Hveem, haciendo además el cálculo del "Índice de Tránsito".

(Referencia 5)

VI.1.1.- Intensidad de tránsito.

Es fácil suponer que la resistencia de un pavimento depende no solamente de la magnitud de las cargas que se le apliquen, sino también el número de veces que actúan sobre él, Hveem llama EWL (Carga por rueda equivalente) al número total de aplicaciones de una carga equivalente a 5000 lbs., durante la vida útil del pavimento, para nuestro caso la hemos considerado de 15 años. Cuando el tránsito que circula por un camino es muy diverso, se convierte el tránsito diario promedio en tránsito anual, por medio de unas constantes que varían según el número de ejes del vehículo transformando todos a un número equivalente de pasadas de una rueda cargada con 5000 lbs. (2268 kg.) ; para esto no se toman en cuenta los automóviles, sino exclusivamente los vehículos comerciales.

(Referencia 5)

IV.1.2.- Resistencia del material de la capa de Subrasante.

Se determina ésta en especímenes cilíndricos de 4 plg. De diámetro por 2.5 plg de altura, elaborados con muestras de material que pasa la malla de $\frac{3}{4}$ " y compactados con la humedad óptima en un aparato diseñado por Hveem, el cual semeja la compactación efectuado en el campo, y que posee un pisón en forma de sector circular de 10 cm de diámetro y un área de 3.5 plg², y que aplica sobre el espécimen 100 golpes con una presión de 25 kg/cm². Para comprobar si la muestra posee la humedad óptima, se le cubre toda la superficie, una presión de 350 lbs/plg², y si al llegar a la carga correspondiente se produce la exudación, la humedad óptima es la correcta; por el contrario, si la expulsión del agua se efectúa antes o después de llegar a la presión indicada, se deberá disminuirse o acrecentarse respectivamente la cantidad de agua necesaria. Elaborado ya el espécimen en la forma anterior, se lleva al estabilómetro en donde se le aplica una presión vertical de 11.25 kg/cm², la que hace que transmita una presión horizontal al líquido contenido en la cámara que rodea la muestra, y la cual se registra en un manómetro.

El valor de la resistencia del material se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$R = 100 \left(1 - \frac{Ph}{Pv} \right)$$

Donde:

R = Coeficiente de resistencia de la capa subrasante

Ph = Presión horizontal originada

Pv = Presión vertical aplicada

VI.1.3.- Resistencia a la tracción (Cohesión) del pavimento.

Mientras mayor sea la cohesión del material de las capas que lo forman el espesor del pavimento, mayor es la capacidad de carga del mismo y viceversa; por lo tanto es conveniente conocer ese valor, lo cual se logra por medio del cohesiómetro de Hveem, el cual consta de un brazo móvil que parte de una articulación sobre la cual se coloca el espécimen cilíndrico que está sujeto en su parte superior por unas placas; en el extremo del brazo móvil hay un recipiente que se va cargando con municiones, lo que hace que el brazo se flexione hasta llevar a la falla al espécimen. La cohesión se calcula con la fórmula siguiente:

$$C = \frac{L}{D(0.20H + 0.044H^2)}$$

En donde:

C = Cohesión

L = Peso de las municiones

D = Diámetro del espécimen

H = Altura del espécimen.

Cuando el espesor total del pavimento consta de 2 capas de diferentes materiales, se calcula una cohesión media por medio de la fórmula siguiente:

$$C_m = C_1 + \frac{(T_2)}{T_1 + T_2} (C_2 - C_1)$$

En donde:

C_m = Cohesión media del conjunto de las 2 capas

C₁ = Cohesión de la capa superior

C₂ = Cohesión de la capa inferior

T₁ = Espesor de la capa superior

T₂ = Espesor de la capa inferior

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Si el pavimento va estar compuesto de 3 capas diferentes, se calcula primero la cohesión media para las 2 capas superiores con la misma fórmula anterior, y después se repite el cálculo considerando las 2 primeras capas si fueran una sola

Obtenidos ya los valores de resistencia, índice de tránsito y cohesión, podemos obtener el espesor total de pavimento requerido. Partiendo del valor R en la primera escala vertical e interceptando con una línea recta en el valor del I.T. (la primera escala inclinada), hasta la segunda escala vertical, de donde partimos con otra línea recta que intercepta la segunda escala inclinada, en el valor encontrado para C, hasta la tercera escala vertical que es la que nos da el espesor necesario de pavimento para prevenir la deformación plástica del suelo ensayado.

(Referencia 5)

VI.1.4.- Obtención de espesores.

Una vez obtenido el índice de tránsito, el cual fue:

$$IT = 6.37$$

Se procede a realizar el análisis de espesores.

Debido a que no fue posible contar con el equipo necesario para llevar a cabo las pruebas antes mencionadas, por la inexistencia del equipo, se obtendrá el valor de "R" auxiliándonos de un nomograma del Instituto del Asfalto (Fig. 17). Entrando con $NTD=101$ y un espesor de pavimento de 6.0 pulgadas, resulta:

$$R = 55$$

Posteriormente se tienen valores aproximados de la prueba del cohesiómetro que podemos tomar como referencia, los cuales se encuentran en la siguiente tabla:

Cuadro 7. Valores Promedio del Cohesiómetro

Concreto con cemento Portland	700
Base tratada con cemento Clase A	1500
Base tratada con cemento Clase B	750
Concreto Asfáltico	400
Mezcla en Planta con Asfalto Líquido	150
Sup. De mezcla en el camino	150
Base o Sub-base sin tratamiento	100

Fuente: Reproducciones del Método del Departamento de Carreteras Del Estado de California, E.U., SCT, p.63

Como se empleará una mezcla en el lugar por lo tanto se tomará para fines prácticos el siguiente valor de C:

$$C = 150$$

A continuación empleando el nomograma de la Fig. 18 obtenemos un espesor de 20 centímetros, que incluyen la estructura de base y carpeta.

Empleando la siguiente tabla, se determina el factor de grava equivalente (FGE) para $IT = 6.37$.

Cuadro 8. Factores de grava equivalente para diversas estructuras de pavimentos flexibles

Tipo de Material	Índice de Tránsito	Factor de Grava Equivalente
	5	2.5
	6	2.3
	7	2.2
Carpeta de Concreto	8	2
Asfáltico	9	1.9
	10	1.8
	11	1.7
	12	1.6
	13	1.6
	14	1.5
Bases estabilizadas con Asfalto		1.2
	A	1.7
Bases tratadas con cemento	B	1.5
	C	1.2
Bases granulares de material triturado		1.1
Sub-bases y bases granulares naturales		1.0

$$FGE = 2.263$$

Con lo cual tendríamos un espesor de pavimento de:

$$20/2.263 = 8.84 \text{ centímetros de Concreto Asfáltico.}$$

Se propone una carpeta de 5 cm de mezcla en el lugar (3.5 cm de concreto asfáltico), con lo cual:

$$8.84 - 3.5 = 5.34 \text{ cm de concreto asfáltico.}$$

Por lo tanto la base hidráulica tendrá un espesor de 14.66 centímetros de material granular.

En resumen, la estructuración del camino por este método será:

CARPETA ASFÁLTICA
BASE HIDRÁULICA

5 centímetros mezcla en el lugar
15 centímetros

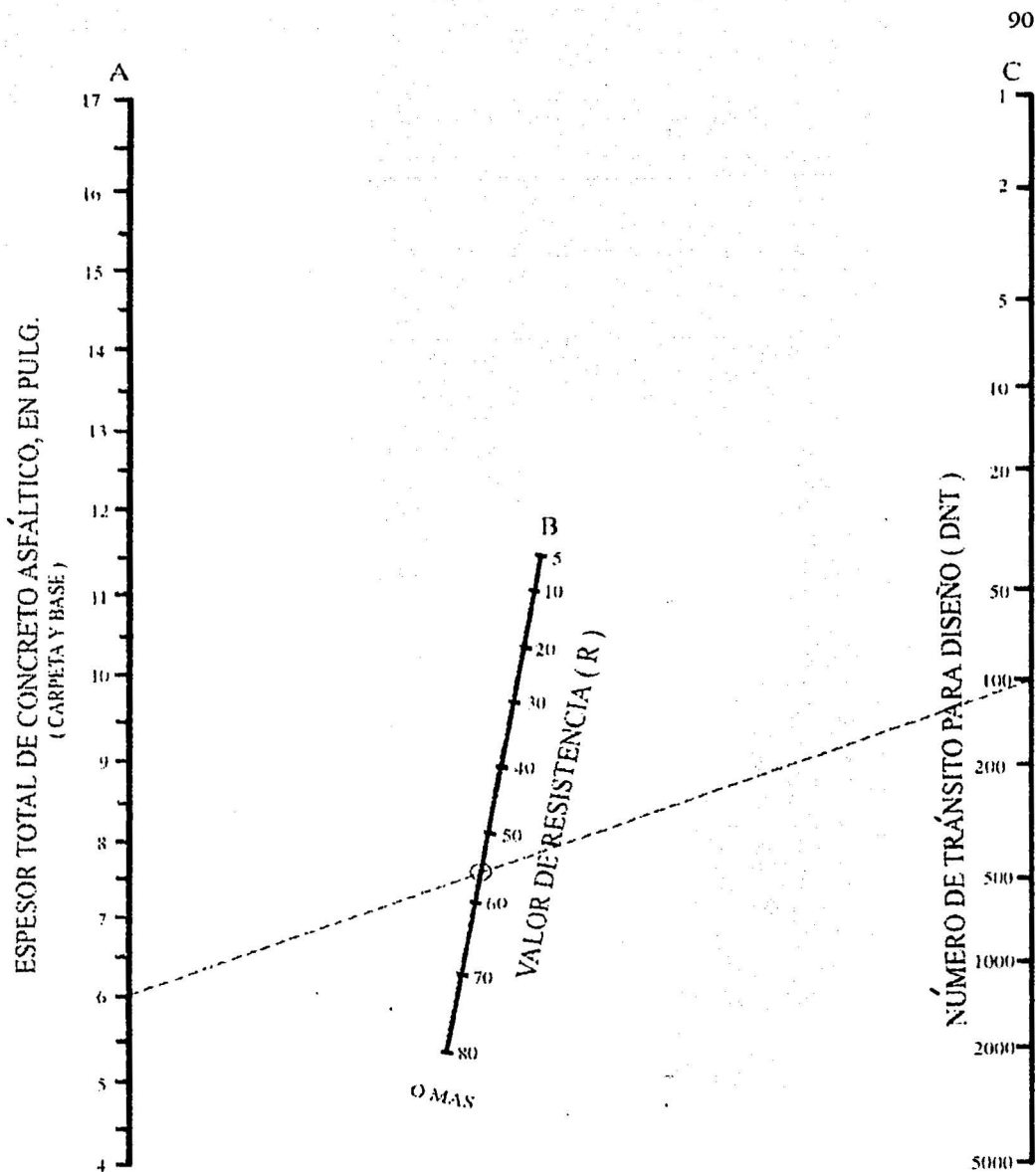
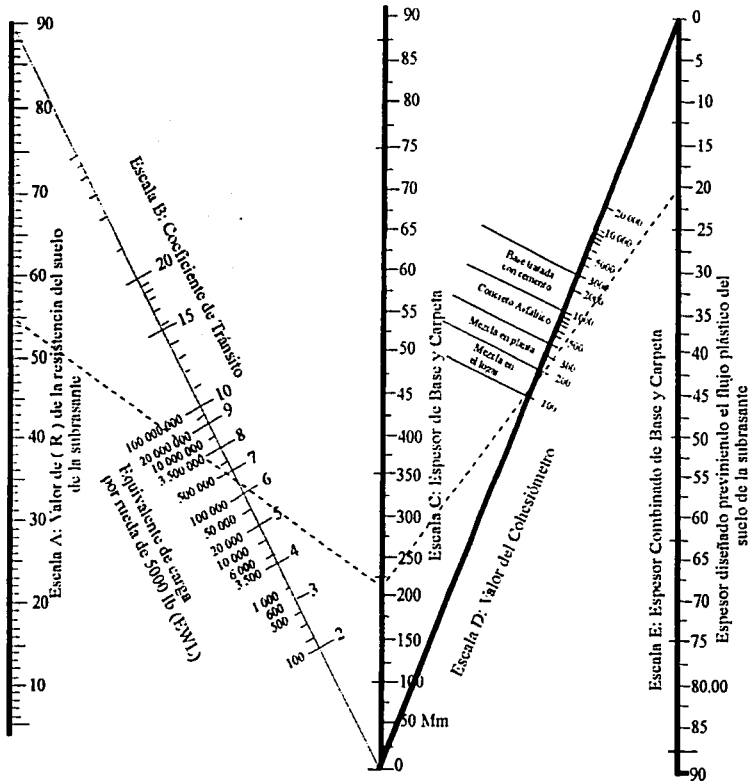


Fig. 17 NOMOGRAMA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.

Fuente: "Reproducciones del Método del Departamento del Instituto Norteamericano del Asfalto", SCT

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 18 NOMOGRAMA PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE BASE Y/O CARPETA



En la escala A se señalan los valores de R y en la escala B el coeficiente de tránsito y carga para la vida útil del camino.

La intersección de una línea llevada por estas dos escalas marcará un punto en la escala C que indica el espesor de grava necesario para soportar la carga. Desde ese punto (Escala C) se lleva una línea al valor dado por el cohesímetro en la superficie y que lo registra la escala D. Esta línea señala en la escala E el espesor de base y carpeta necesarios para resistir el flujo plástico del suelo de la subrasante.

Cuando el espesor de base y carpeta es menor que la mitad del valor indicado en la escala C el valor correcto del Cohesímetro que se debe usar en la escala es el siguiente.

$$S_s = \frac{\text{Espesor de Pavimento}}{0.5 \times \text{la lectura en la escala C}} \times C$$

$$S_s = \text{Valor corregido del cohesímetro}$$

$$C = \text{Valor original del cohesímetro}$$

Fuente: "Reproducciones del Método del Departamento de Carreteras del Estado de California, E.U.", SCT.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

VI.2. MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

VI.2.1. Obtención de Espesores.

Una vez obtenido el número de tránsito de diseño, el cual fue:

$$\text{NTD} = 101$$

Se procede como sigue:

a) Determinación del valor relativo de soporte de diseño, equivalente al 90%.

Se utilizan los valores de VRS obtenidos para la Subrasante de las pruebas de laboratorio, que son:

$$(\text{VRS})_{\text{SR}} = 20.6 \text{ y } 22.$$

A continuación se realiza la tabla siguiente:

$(\text{VRS})_i$	f_i	F_a	f_a^*
20.6	1	1	0.50
22.0	1	2	1.00

Se procede a graficar el $(\text{VRS})_i$ contra f_a^* en por ciento, y de la gráfica (Fig. 19) obtenemos el VRS correspondiente al 90%, el cual es:

$$(\text{VRS})_{\text{P90}} = 21.72$$

b) Obtención del espesor total de recubrimiento de concreto asfáltico (e_t).

Este espesor se obtiene mediante el uso del nomograma de la fig. 20, con el NTD y $(\text{VRS})_{\text{P90}}$ como datos, del cual obtenemos:

$$e_t = 4.65 \text{ pulgadas} = 11.81 \text{ cm de concreto asfáltico arriba de la subrasante.}$$

c) Obtención del espesor mínimo de carpeta asfáltica (E_m).

Conociendo el NTD y suponiendo que la base hidráulica será de buena calidad, entramos a la Fig. 21 de la cual:

, $E_m = 13$ cm de concreto asfáltico.

d) Estructuración de las capas.

Como el valor mínimo obtenido fue de 13 centímetros de concreto asfáltico, se propone:

Carpeta asfáltica de 5 centímetros de concreto asfáltico, con lo cual los 8 centímetros restantes serían de base hidráulica, que por el factor de equivalencia de dos para bases granulares, da como resultado la estructuración siguiente:

CARPETA ASFÁLTICA**5 centímetros de concreto asfáltico****BASE HIDRÁULICA****16 centímetros**

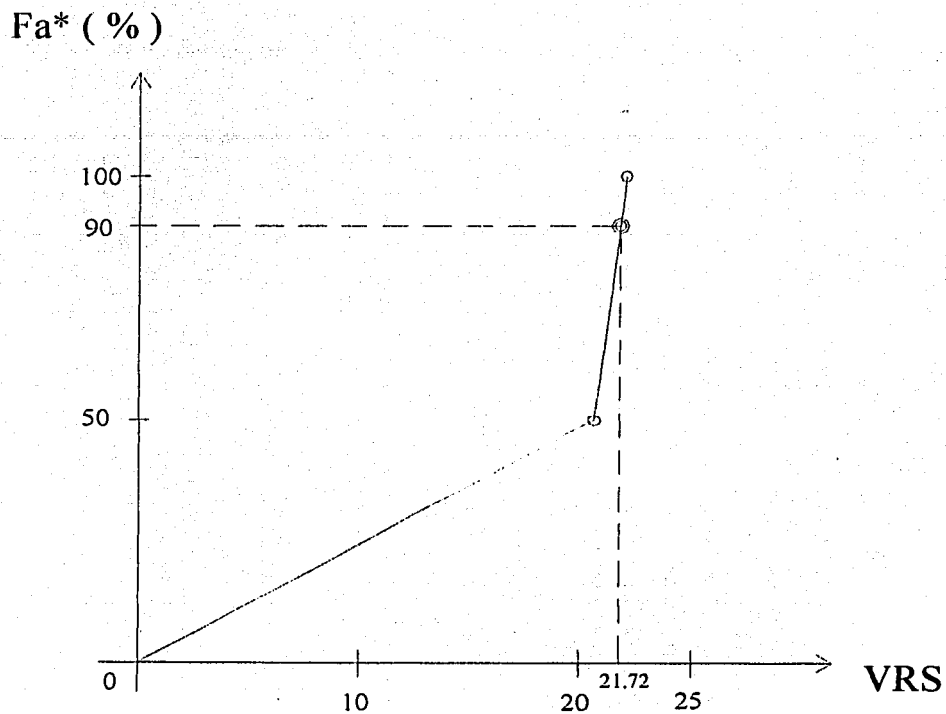


FIG. 19 GRÁFICA PARA OBTENER EL VRS
CORRESPONDIENTE AL 90% PERCENTIL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESPESOR TOTAL EN PULGADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO ARRIBA DE LA SUBRASANTE (CARPETA Y BASE)

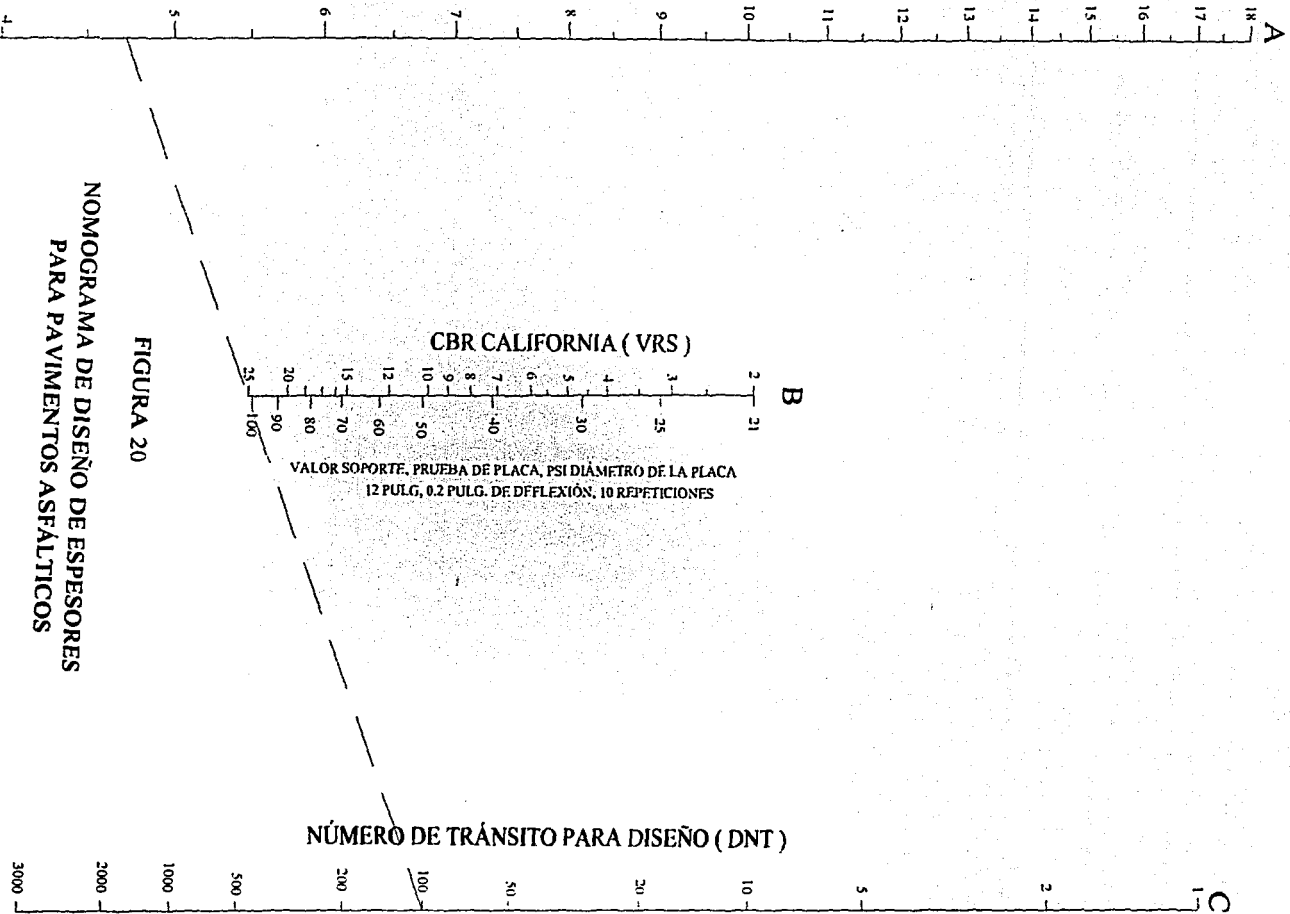


FIGURA 20

NOMOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Fuente: "Reproducciones del Método del Instituto Norteamericano del Asfalto", SCT.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

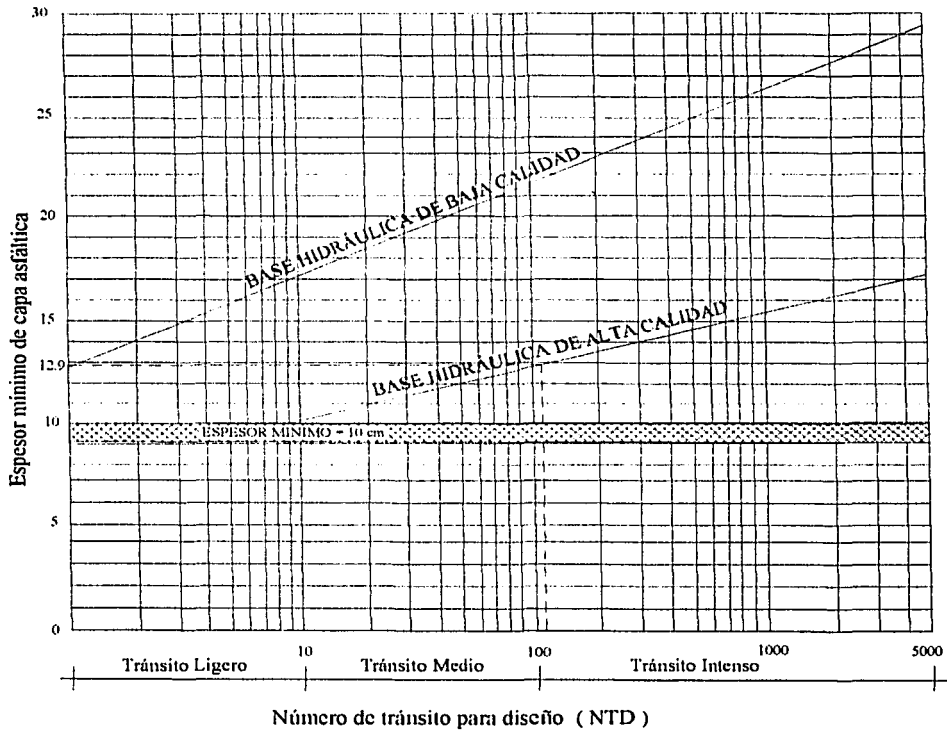


FIGURA 21

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA

Fuente: "Reproducciones del Método del Instituto Norteamericano del Asfalto", SCT.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.3. MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.

Para el diseño de pavimentos flexibles se deben tomar en cuenta las características, propiedades, naturaleza y comportamiento de los materiales térreos que van a formar parte del pavimento. Otro factor a tomar en cuenta es "el efecto del ambiente", el cual se refiere a las condiciones no sólo del clima sino topográficas por donde va a atravesar el camino, ya que no es lo mismo que el camino atraviese un valle ó siga la línea del parte aguas.

En la actualidad casi todos los criterios de diseño de pavimentos se basan en métodos empíricos, los cuales consisten en realizar una prueba de laboratorio, siendo estas una aproximación burda de la realidad.

VI.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

- a) Este método sugiere un criterio teórico - experimental para el diseño de pavimentos flexibles de carreteras
- b) Se fundamenta en las investigaciones realizadas en el instituto de ingeniería de la U.N.A.M., patrocinadas por la extinta S.O.P. durante el periodo 1962- 1973.
- e) Las recomendaciones que hace se han obtenido mediante experimentación en:
- Tramos de prueba
 - Carreteras típicas existentes
 - Prueba,- aceleradas a escala natural en laboratorio (pista circular)

También se analizaron trabajos realizados en otros países.

- d) Considera condiciones particulares del país en cuanto a:
- Características del tránsito
 - Materiales - Clima
 - Conservación
 - Especificaciones

e) En el método se pueden utilizar 3 opciones:

- o Diseño gráfico
- o Diseño con calculadora programable
- o Diseño con computadora

f) El criterio propuesto supone con análisis de la totalidad de la estructura y que ésta corresponde a un sólido de capas múltiples.

g) El método parte de la hipótesis que la carretera más económica es aquella que tiene una resistencia relativa uniforme en todas sus capas y llega a la falla funcional cuando ha soportado el número acumulado de aplicaciones de carga equivalente especificadas para la vida de proyecto.

(Referencias 6, 9)

VI.3.2.- SECUELA TEÓRICA DEL CÁLCULO

La secuela de cálculo es la siguiente:

a) Se determina el VRS del material de cada capa que se va a utilizar en la construcción del pavimento.

b) Se estima el Tránsito Promedio Diario Anual (TDPA), con el cual se determina el tránsito Equivalente ΣL en ejes sencillo de 8.2 y con una presión de inflado de 5.8 Kg/cm².

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente ΣL representa el número medio de ejes equivalentes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de un cierto número de años.

e) Determinación de los espesores del pavimento.

Para determinar los espesores del pavimento se utilizan la gráfica de las figura VI.3.2, según el nivel de confianza que se haya elegido.

Esta gráfica se utiliza de la manera siguiente:

Se determina el espesor equivalente requerido Z_i cubre la capa analizada, entrando a la gráfica con el VRS de dicha capa en el eje de las abscisas por donde se baja una vertical hasta interceptar la curva del tránsito equivalente ΣL correspondiente a la profundidad analizada y en el eje de las ordenadas se lee el espesor equivalente Z_i .

Para determinar el espesor real de las capas D_i se utiliza la expresión

$$Z_i = \sum a_i D_i$$

Donde: Z_i = espesor equivalente

a_i = Coeficiente de equivalencia

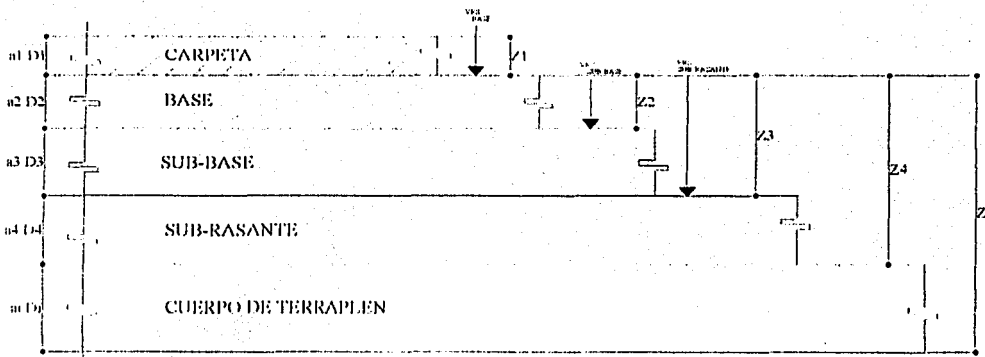
$a_1 = 0$ para carpetas de riego

$a_1 = 2$ para carpetas asfálticas (se toma $a_1 = 2$)

$a_2 = a_3 = a_4 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente.

D_i = Espesor real

Fig. 22 Estructuración de un Pavimento Flexible



Fuente: "Pavimentos Asfálticos (proyecto y construcción), p. 132.

El VRS para la sub-base máximo es de 20% para lograr así una estructuración adecuada.

Es espesor de la carpeta será: Z_1 mínimo = 7 cm.

$$Z_1 = a_1 D_1 ; D_1 = \frac{Z_1}{a_1}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El espesor de la carpeta será:

$$Z_2 = a_1 D_1 + a_2 D_2 = a_1 + a_2 D_2$$

$$a_2 D_2 = Z_2 - Z_1$$

$$D_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{a_2}$$

En general:

$$D_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{a_i}$$

(Referencias 6 y 9)

VI.3.3.- PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

En el Capítulo V.5. de este presente trabajo se obtuvo el Tránsito Equivalente Acumulado (ΣL_n), el cuál fue de:

$$\Sigma L_n = 2'179,364$$

Se procede de la siguiente manera:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.- Determinación del VRS crítico (VRS), para cada una de las capas del pavimento.

CAPA	VALOR RELATIVO DE SOPORTE	
TERRENO NATURAL	20.6,	22

De estos valores mediante estadísticas obtenemos: la media (\bar{X}) y la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (CV).

CAPA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)
TN	21.3	0.99	0.05

Como el $VRS = \overline{VRS}(1 - 0.842CV)$; tenemos:

CAPA	VRS
TN	20.44

2.- Determinación de los espesores de las diferentes capas del camino.

Con el auxilio de las figuras 23 y 24, para un nivel de confianza de 0.80, tenemos que:

CAPA	VRS %	ΣL	Espesor equivalente sobre la capa
Sub-Rasante	20.44	2'179,364	24 cm

3.- Espesor de carpeta asfáltica y base.

Como el espesor mínimo de carpeta asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar para caminos tipo "C" es de 7 cm compactos, que multiplicados por su factor de equivalencia (para este caso es de 1.5) resultan 10.5 cm equivalentes, que restados al espesor total requerido a partir de la subrasante (24 cm), resultan así 13.5 cm de espesor para la capa de base, los cuales se aproximan a 15 cm para fines prácticos.

Lo anteriormente descrito quedará así:

Carpeta asfáltica = D1 = 7 x 1.5 = 10.5 cm equivalentes

D1 = 7.5 cm equivalentes

$$Base = \frac{24 - 10.5}{F.E.} = \frac{13.5cm}{1} = 13.5cm$$

D2 = 15.0 cm equivalentes

La estructura quedaría de la siguiente forma:

CARPETA ASFÁLTICA

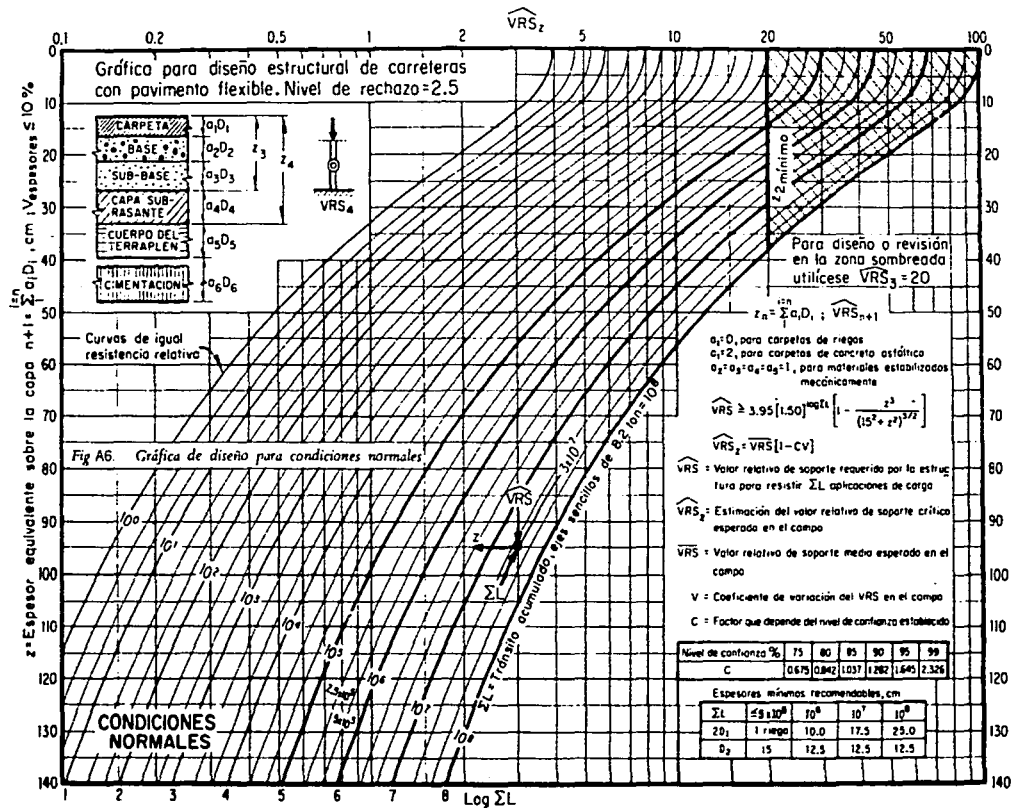
5 cm de concreto asfáltico

BASE HIDRÁULICA

15 cm

FIG. 23 GRÁFICA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

(INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.)



VRS = Valor relativo de soporte requerido por la estructura

V = Coeficiente de variación del VRS en campo.

VRS_z = Estimación del valor relativo de soporte crítico esperado en campo.

C = Factor que depende del nivel de confianza establecido.

VRS = Valor relativo de soporte medio esperado en campo

Fuente: "Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible", U.N.A.M., 1974.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FIG. 24 GRÁFICA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE

(INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.)

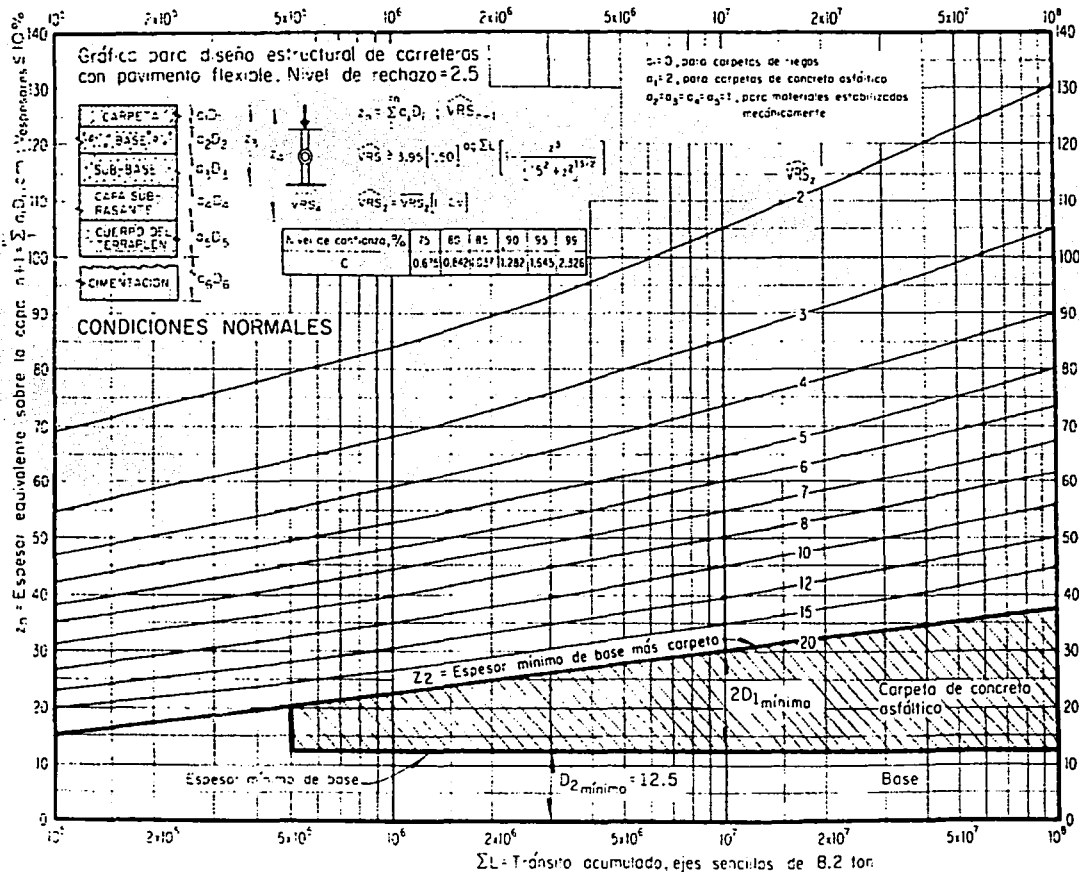


Fig. 24 Gráfica de diseño para condiciones normales

Fuente: "Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible", U.N.A.M., 1974.

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

CAPÍTULO VII.**DATOS DE CONSTRUCCIÓN**

VII. 1.- SUPERFICIE ACTUAL DEL CAMINO

En este estudio preliminar del camino se detectó que los anchos de calzada no son uniformes, así como también se desconocen las cotas actuales con respecto a una rasante de proyecto. Por lo que es necesario que previamente a iniciar cualquier trabajo se realice un estudio topográfico para obtener las secciones y nivelación actual y de acuerdo con el tipo de camino de proyecto se realizan dos trabajos de corte, terraplén y aplicaciones para que cumpla con los alineamientos horizontales y verticales.

Como se estima cuantitativamente que los cortes y terraplenes así como las ampliaciones serán de volúmenes pequeños y de acuerdo con la calidad del material existente es de regular a buena para la construcción de la capa subrasante; es factible el empleo del material de corte para terraplenar si los acarreos se encontrarán dentro de distancias que económicamente sean adecuados.

En caso de requerirse material para las ampliaciones y terraplenes se propone el procedente del banco " Guadalupe II" ubicado en. Recomendando que seque previamente a su empleo se eliminen en el banco o en el camellón las partículas mayores de 3".

En el caso de los cortes, cuando estos se efectúen se podrá detectar las cimas inestables producidas por exceso de humedad o cambios de material contaminado o de baja calidad, siendo necesario substituyendo por material del banco mencionado anteriormente.

Si el corte es la capa subyacente a la capa de subrasante, previamente al término de esta se deberá comprobar el grado de compactación para asegurar que presenta el 90% mínimo con respecto a su peso volumétrico seco máximo por el método de proctor versión S.C.T.

Si es necesario terraplenar esto se hará por medio de capas con espesores no mayores de 30 cm compactas al 90% mínimo si es subyacente a la capa subrasante.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

VII.2.- CAPA SUBRASANTE

Para la construcción de esta capa estructural del pavimento, de acuerdo con el alineamiento vertical se pueden presentar los casos siguientes:

A) Si el material de revestimiento actual se encuentra a nivel de subrasante, se recomienda escarificar en un espesor de 20 cm aproximadamente, se verificará el grado de compactación de la superficie descubierta en un espesor no menor de 20 cm, para corroborar que presenta el 90% mínimo en relación a su peso volumétrico seco máximo Proctor o Porter. Esta operación puede efectuarse estando el material, producto de la escarificación, acamellonado.

Si la capa subyacente a la subrasante cumple con el grado de compactación se procederá a eliminar las partículas mayores a 3" alternativamente al tendido del material acamellonado con el que se formará la capa subrasante.

Esta capa deberá tener un espesor mínimo de 20 cm compactos al 95% mínimo en relación a su peso volumétrico seco máximo Porter o Proctor versión SCT.

B) Si es necesario, por razones del alineamiento vertical, la construcción de esta capa deberá ser con material producto del banco "Guadalupe II" con un espesor mínimo de 20 cm compactos al 95% en relación su peso volumétrico seco máximo Porter y humedad óptima.

VII.3.- CAPA DE BASE HIDRÁULICA

Inmediatamente después de terminada la construcción de la capa subrasante y cumpliendo ésta con espesor y grado de compactación, se construirá la capa de base hidráulica con un espesor compacto de 15 cm al 95% mínimo con relación a su peso volumétrico seco máximo Porter.

Para la construcción de esta capa se propone el empleo de una mezcla de materiales en proporción 85%/20% en peso del material procedente del banco "El Panadero" (100%), ubicado a 24 km., del sitio de construcción, sobre la carretera Uruapan-Ziracuaretiro.

El material del banco deberá cumplir con las normas y requisitos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en cuanto a tamaño máximo, granulometría, límites de consistencia y valor relativo de soporte.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

VII.4.- RIEGO DE IMPREGNACIÓN

Terminada la capa de base hidráulica y con el fin de impermeabilizarla, se procederá a efectuar un riego de impregnación usando como producto asfáltico emulsión asfáltica de rompimiento rápido del orden de 1.5 lts/m², valor que deberá verificarse por el laboratorio de campo.

Es necesario que el riego de impregnación tenga una penetración en la capa de por lo menos 4 mm, con el fin de asegurar su impermeabilización, para lo cual será necesario previamente realizar un barrido y eliminar toda materia extraña para facilitar su penetración y adherencia. Después de efectuar el riego de impregnación no debe permitirse el tránsito vehicular durante un tiempo mínimo de 24 horas y, en caso de no efectuarse el riego de liga inmediatamente después de haber penetrado el riego de impregnación, se propone protegerlo con un riego de arena fina limpia (poreo).

VII.5.- RIEGO DE LIGA.

Con el fin de favorecer la adherencia de la capa de base hidráulica impregnada con la capa de carpeta asfáltica previamente a la construcción de esta se efectuará un riego de liga con un producto asfáltico del grado 3 (FR – 3) en una proporción de 0.5 a 1.0 lts/m², con un equipo petrolizador que efectúe el riego uniformemente.

VII.6.- CARPETA ASFÁLTICA.

Esta capa que servirá como superficie de rodamiento se construirá con un espesor compacto de 7 cm al 95% mínimo en relación a su peso volumétrico máximo.

La carpeta asfáltica se construirá por el sistema de mezcla en el lugar con agregados pétreos procedentes del banco " El Panadero" con un tamaño máximo de 3/4 aglutinados con una emulsión asfáltica de rompimiento medio; Se propone el empleo del material procedente de este banco por existir antecedentes de su buen comportamiento en mezclas elaboradas por este sistema, sin embargo es necesario efectuar un estudio previo del material que actualmente produce el banco para que de acuerdo con las características granulométricas se obtenga el contenido óptimo de cemento asfáltico y cumpla con los requisitos especificados de adherencia, resistencia en Kg/cm² y relación cemento asfáltico - disolventes.

Es necesario que después de tendida y compactada la carpeta en sus primeros tramos se determine el grado de compactación y porcentaje de permeabilidad por los métodos y pruebas establecidas para tal fin. Se debe muestrear el material acamellonado para que de acuerdo con las variaciones granulométricas se hagan los ajustes en la proporción que establece el proyecto asfáltico.

VII.7.- RIEGO DE SELLO

Con el fin principal de que la carpeta asfáltica sea menos permeable, tenga una adecuada rugosidad, sea antideslumbrante y tenga una mayor durabilidad, se propone que sobre esta se coloque un riego de sello con emulsión asfáltica de rompimiento rápido y material pétreo clasificado como 3' en las siguientes proporciones.

Producto asfáltico
0.8 a 1.0 lts/m²

Material pétreo.
8 a 12 lts/m²

Para este riego de sello se propone el empleo del material pétreo procedente del banco "**El Panadero**" con un tratamiento de cribado para que se cumpla con los requisitos especificados de graduación en cuanto a su granulometría y limpieza.

Después de completar la compactación y anclaje del material pétreo es necesario barrer y retirar el material excedente para evitar desprendimientos, estrellamiento de los parabrisas de los vehículos, así como accidentes causados por la gravilla suelta.

Si la carpeta asfáltica presenta en algunos tramos textura diferente (cerradas o abiertas), se propone realizar sobre ésta mosaicos de prueba para corregir la dosificación del material pétreo.

(Referencias 7, 8, 10, 11 y 12)

CAPÍTULO VIII.**CONCLUSIONES**

Una vez que contamos con todos los resultados; tanto de los métodos de diseño, como con los datos de construcción, los resumiremos en el cuadro siguiente para su posterior comparación.

CUADRO 9. RESUMEN DE ESPESORES

MÉTODO	CAPA	
	BASE HIDRÁULICA	CARPETA ASFÁLTICA
CALIFORNIA	15 cm	5 cm
INSTITUTO DEL ASFALTO	16cm	7 cm
U.N.A.M.	15cm	7 cm
DE CONSTRUCCIÓN	15 cm	7 cm

Fuente: Elaboración propia.

A estos valores se les ha hecho la conversión a mezcla en el lugar, pues eran 5 cm de concreto asfáltico lo que nos da como mínimo una carpeta de 7 cm por el sistema de mezcla en frío. Lo anterior para igualar los resultados en lo que a carpeta asfáltica se refiere y no mezclar un sistema de construcción con otro.

En lo que se refiere a la BASE HIDRÁULICA, el espesor obtenido es prácticamente el mismo por los tres métodos, únicamente el del INSTITUTO DEL ASFALTO difiere en un centímetro. Estos resultados casi iguales se derivan de el hecho de que los tres métodos basan su diseño en valores de resistencia a la deformación de los materiales. En método de CALIFORNIA utiliza el número "R" de estabilidad de Hveem; el cual se obtiene por medio del estabilómetro diseñado especialmente para este método, el estabilómetro es básicamente una cámara triaxial formada por un cilindro metálico, dentro del cual hay una membrana de hule, este dispositivo permite medir la resistencia a la deformación, expresada como una función de la relación entre la presión lateral transmitida y la presión vertical aplicada.

La prueba de valor relativo de soporte mide la resistencia a la penetración, ejercida por una presión vertical, pero sin la fuerza lateral que las pruebas triaxiales proporcionan, por lo tanto es una prueba menos rígida. Esto no quiere decir que sus resultados no sean fiables como un valor representativo de la calidad de los materiales examinados. Es por ello que el espesor de construcción coincide perfectamente con el arrojado por los métodos de diseño.

En lo referente a los resultados de espesores de CARPETA ASFÁLTICA, los cuales presentan dos propuestas claras; ya que tanto el método de la U.N.A.M., como el del Instituto del Asfalto recomiendan 5 centímetros de concreto asfáltico, los cuales transformados a una carpeta de mezcla en el lugar, equivalen a un espesor mínimo de 7 centímetros. Por otra parte el método de California y el daño de construcción coinciden en una carpeta de 5 centímetros de espesor por el sistema de mezcla en frío.

Es en esta capa donde la diferencia de espesores se vuelve más significativa, ya que dos centímetros a lo largo de 500 metros, nos representa un costo de construcción mucho mayor que el previsto para una carpeta de 5 centímetros; es aquí donde la experiencia del proyectista y/o constructor, reviste de una especial importancia ya que dadas las condiciones económicas del país, se debe tener mucho cuidado con la opción a elegir.

En este caso se optó por construir una carpeta de 7 centímetros compactos, más por motivos técnicos, o bien de seguridad.

Así pues de los métodos ensayados podemos concluir que los tres arrojan resultados similares, pero el único que nos da la estructuración de un camino capa por capa, desde el terreno natural hasta la subrasante es el método del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual a mi juicio es el más completo y además está desarrollado en México y para México.

A pesar de que la prueba del valor relativo de soporte no toma en cuenta varios factores que afectan a un pavimento, es una prueba económica en comparación con una prueba triaxial, y como se ha visto sus resultados son bastante aceptables en la práctica; por lo tanto y mientras no se cuente con una prueba más completa y con las ventajas económicas de la prueba de VRS, esta prueba seguirá siendo la mejor opción para el diseño de pavimentos en México.

CAPÍTULO IX.
PRESUPUESTO DE LA OBRA

IX.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: APLANADORA TRES ROI
Compactador Raygo Rascal Modelo 400 A

Datos Generales

Potencia (p):	130.00 hp	Años de vida útil (V):	10.00
Motor:	Diescl	Horas al año (Ha):	2400.00
Costo Base (Cb):	\$ 269,609.97	Vida económica (Vc = Ha*V):	24000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 269,609.97	Prima de seguro anual (s):	3%
Porcentaje Rescate (r):	10%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.80
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 26,961.00	Número de llantas (NLL):	1.00
		Vida eco. Llantas (Hv):	0.00 hrs
Factor de Operación (FO):	0.75	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO)	97.50	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO)	0.3413 lts/hr
Capacidad del carter (Cc):	33.00 lts		

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 21.62
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Vc$	\$ 10.11
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 1.85
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 8.09
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 41.68
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 74.30
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*PI$	\$ 4.52
	Total de Consumos	\$ 78.81
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 63.25
	Total de Operación	\$ 63.25
	Costo Horario	\$183.74

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: BARREDORA
Barredora Mecánica

Datos Generales

Potencia (p):	30.00 hp	Años de vida útil (V):	15.00
Motor:	gasolina	Horas al año (Ha):	1400.00
Costo Base (Cb):	\$ 237,529.38	Vida económica (Vc = Ha*V):	21000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 10,500.00	Tasa interés anual (i):	0.35
Valor de Llantas (Va = Cb - VLL):	\$ 227,029.38	Prima de seguro anual (s):	0.03
Porcentaje Rescate (r):	15%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	1.00
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 34,054.41	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	1800.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO)	24.00	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.24	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0030
Capacidad del carter (Cc):	6.60 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*Pc)	0.0720 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 32.64
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Vc$	\$ 9.19
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.80
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 9.19
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 53.81
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 26.50
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 2.01
LLANTAS	$Li=VLL*NLL/Hv$	\$ 5.83
	Total de Consumos	\$ 34.34
Operación		
#CUAD CHOF+AYUD	$O=So/H$	\$ 44.46
	Total de Operación	\$ 44.46
	Costo Horario	\$132.61

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: CAMIÓN DE VOLTEO F1
Camión de volteo Ford F600

Datos Generales

Potencia (p):	140.00 hp	Años de vida útil (V):	7.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2200.00
Costo Base (Cb):	\$ 379,855.00	Vida económica (Ve = Ha*V):	15400.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 9,856.26	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 369,998.74	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	30%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.30
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 110,999.62	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	1800.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	112.00	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.24	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0030
Capacidad del carter (Cc):	6.60 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.3360 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 38.26
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 16.82
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.19
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 5.05
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 62.31
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$102.41
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*PI$	\$ 3.29
LLANTAS	$Ll=VLL*NLL/Hv$	\$ 5.48
	Total de Consumos	\$111.18
Operación		
#CUAD CHOF+AYUD	$O=So/H$	\$ 52.28
	Total de Operación	\$ 52.28
	Costo Horario	\$225.77

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: CARGADOR FRONTAL D1
Cargador frontal Caterpillar 928-F

Datos Generales

Potencia (p):	65.00 hp	Años de vida útil (V):	5.50
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2200.00
Costo Base (Cb):	\$ 543,767.74	Vida económica (Vc = Ha*V):	12100.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 10,500.00	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 533,267.74	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	10%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 53,326.77	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.75	Vida eco. Llantas (Hv):	2000.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	48.75	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	19.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO)	0.1706 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 46.66
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Vc$	\$ 39.66
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.67
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 7.93
Otros:		\$ -
Total de Cargos Fijos		\$ 96.92
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 37.15
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 2.37
LLANTAS	$Ll=VLL*NLL/Hv$	\$ 5.25
Total de Consumos		\$ 44.77
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
Total de Operación		\$ 74.38
Costo Horario		\$216.07

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: CLASIFICADORA AGREGA

Clasificadora de agregados de 100 m³ x turno, vibratoria de 3 camas MOD C3, MCA UNIVERSAL

Datos Generales

Potencia (p):	20.00 hp	Años de vida útil (V):	5.50
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	1500.00
Costo Base (Cb):	\$ 92,200.00	Vida económica (Ve = Ha*V):	8250.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 92,200.00	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	10%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 9,220.00	Número de llantas (NLL):	1.00
		Vida eco. Llantas (Hv):	0.00 hrs
Factor de Operación (FO):	0.80	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	16.00	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO)	0.0560 lts/hr
Capacidad del carter (Cc):	4.00 lts		

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 11.83
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 10.06
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 0.68
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 2.01
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 24.58
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 12.46
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 0.68
	Total de Consumos	\$ 13.14
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
	Total de Operación	\$ 74.38
	Costo Horario	\$112.10

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: COMPACTADOR ASFALTO
 Compactador Vibratorio CB 534-C Para Asfalto

Datos Generales

Potencia (p):	130.00 hp	Años de vida útil (V):	6.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2000.00
Costo Base (Cb):	\$ 780,015.00	Vida económica (Vc = Ha*V):	12000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 780,015.00	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 156,003.00	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.75	Vida eco. Llantas (Hv):	0.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	97.50	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	19.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO)	0.3413 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 81.90
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 52.00
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 4.68
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 10.40
Otros:		\$ -
Total de Cargos Fijos		\$148.98
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 74.30
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 3.89
Total de Consumos		\$ 78.19
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
Total de Operación		\$ 74.38
Costo Horario		\$301.55

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: COMPACTADOR CB614

Compactador vibratorio CB 614

Datos Generales

Potencia (p):	73.00 hp	Años de vida útil (V):	5.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2000.00
Costo Base (Cb):	\$ 463,197.00	Vida económica (Ve = Ha*V):	10000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 463,197.00	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.80
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 92,639.40	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hlv):	0.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	58.40	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	12.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.2044 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 48.64
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 37.06
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.78
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 29.64
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$118.12
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 44.50
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 2.36
	Total de Consumos	\$ 46.86
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
	Total de Operación	\$ 74.38
	Costo Horario	\$239.35

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: COMPACTADOR DE LLA1

Compactador de llantas neumáticas Duo-Pactor 30 ton. 105 HP

Datos Generales

Potencia (p):	105.00 hp	Años de vida útil (V):	5.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2000.00
Costo Base (Cb):	\$ 430,759.10	Vida económica (Ve = Ha*V):	10000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 53,513.82	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 377,245.28	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.80
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 75,449.06	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.85	Vida eco. Llantas (Hv):	4000.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	89.25	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	25.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.3124 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 39.61
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Vc$	\$ 30.18
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.26
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 24.14
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 96.20
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 68.01
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 3.90
LLANTAS	$Li=VLL*NLL/Hv$	\$ 13.38
	Total de Consumos	\$ 85.29
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
	Total de Operación	\$ 74.38
	Costo Horario	\$255.87

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: MOTONIVELADORA CATI
Motoconformadora Cat 120 G

Datos Generales

Potencia (p):	125.00 hp	Años de vida útil (V):	11.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2200.00
Costo Base (Cb):	\$ 1,172,661.54	Vida económica (Ve = Ha*V):	24200.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 19,566.11	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 1,153,095.43	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	10%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 115,309.54	Número de Llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.75	Vida eco. Llantas (Hv):	4000.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	93.75	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	27.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.3281 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$100.90
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 42.88
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 5.77
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 8.58
Otros:		\$ -
Total de Cargos Fijos		\$158.12
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 71.44
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 4.13
LLANTAS	$Li=VLL*NLL/Hv$	\$ 4.89
Total de Consumos		\$ 80.46
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
Total de Operación		\$ 74.38
Costo Horario		\$312.96

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: PAVIMENTADORA BARBI

Pavimentadora Barber-Green completa SB-131 130 HP

Datos Generales

Potencia (p):	130.00 hp	Años de vida útil (V):	7.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	1000.00
Costo Base (Cb):	\$ 1,862,511.14	Vida económica (Ve = Ha*V):	7000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 4,609.44	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 1,857,901.70	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	10%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 185,790.17	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	4000.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	104.00	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	19.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.3640 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$357.65
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$238.87
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 20.44
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 47.77
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$664.73
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 79.25
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 4.09
LLANTAS	$LI=VLL*NLL/Hv$	\$ 1.15
	Total de Consumos	\$ 84.49
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 74.38
	Total de Operación	\$ 74.38
	Costo Horario	\$823.61

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: CAMION PETROLIZADO1
 Petrolizadora Seaman Gunnison

Datos Generales

Potencia (p):	133.33 hp	Años de vida útil (V):	4.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2000.00
Costo Base (Cb):	\$ 511,812.01	Vida económica (Ve = Ha*V):	8000.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 9,856.26	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 501,955.75	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.20
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 100,391.15	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	1800.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	106.66	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	6.60 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.3733 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 52.71
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 50.20
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 3.01
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 10.04
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$115.95
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 81.28
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 3.62
LLANTAS	$LI=VLL*NLL/Hv$	\$ 5.48
	Total de Consumos	\$ 90.38
Operación		
#CUAD CHOF+AYUD	$O=So/H$	\$ 52.28
	Total de Operación	\$ 52.28
	Costo Horario	\$258.61

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: CAMION PIPA FAMSA 1

Camión Pipa, de 122.8 HP

Datos Generales

Potencia (p):	122.80 hp	Años de vida útil (V):	4.50
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	2200.00
Costo Base (Cb):	\$ 360,924.32	Vida económica (Ve = Ha*V):	9900.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ 9,856.26	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 351,068.06	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	30%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.30
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 105,320.42	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	1800.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	98.24	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	7.50 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO)	0.3438 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 36.30
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 24.82
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 2.07
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 7.45
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 70.65
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 74.86
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 3.40
LLANTAS	$Ll=VLL*NLL/Hv$	\$ 5.48
	Total de Consumos	\$ 83.74
Operación		
#CUAD CHOF+AYUD	$O=So/H$	\$ 52.28
	Total de Operación	\$ 52.28
	Costo Horario	\$206.66

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: REVOLVEDORA PARA C1
 Revolvedora Río de 1 saco de 8 HP

Datos Generales

Potencia (p):	8.00 hp	Años de vida útil (V):	3.00
Motor:	gasolina	Horas al año (Ha):	1400.00
Costo Base (Cb):	\$ 10,040.00	Vida económica (Ve = Ha*V):	4200.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 10,040.00	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.65
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 2,008.00	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	0.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	6.40	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.24	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0030
Capacidad del carter (Ce):	2.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.0192 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$ 1.51
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 1.91
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 0.09
Mantenimiento:	$M=Q*D$	\$ 1.24
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$ 4.75
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 7.07
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 0.56
	Total de Consumos	\$ 7.62
Operación		
#CUAD ALBAÑIL	$O=So/H$	\$40.73
	Total de Operación	\$40.73
	Costo Horario	\$53.10

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

COSTO HORARIO DE EQUIPO

Descripción

Clave: TRACTOR DE CADENAS3

Tractor Caterpillar D-7, 105 HP, montado sobre orugas

Datos Generales

Potencia (p):	105.00 hp	Años de vida útil (V):	6.00
Motor:	Diesel	Horas al año (Ha):	1800.00
Costo Base (Cb):	\$ 941,144.30	Vida económica (Ve = Ha*V):	10800.00
Valor de Llantas (VLL):	\$ -	Tasa interés anual (i):	35%
Adquisición (Va = Cb - VLL):	\$ 941,144.30	Prima de seguro anual (s):	2%
Porcentaje Rescate (r):	20%	Coefficiente de mantenimiento (Q):	0.80
Valor de Rescate (Vr = Va * r):	\$ 188,228.86	Número de llantas (NLL):	1.00
Factor de Operación (FO):	0.80	Vida eco. Llantas (Hv):	0.00 hrs
Potencial de Operación (PO = p * FO):	84.00	Tiempo cambio de aceite (Tc):	200.00 hrs
Coefficiente de Combustible (EC):	0.20	Coefficiente para lubricante (ca):	0.0035
Capacidad del carter (Cc):	28.00 lts	Cant. De aceite en c/cambio (cl=ca*PO):	0.2940 lts/hr

Clave	Fórmula	Total
Cargos Fijos		
Inversión:	$I=i (Va+Vr)/2Ha$	\$109.80
Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 69.71
Seguro:	$S=s (Va+Vr)/2Ha$	\$ 6.27
Mantenimiento:	$M=Q*I$	\$ 55.77
Otros:		\$ -
	Total de Cargos Fijos	\$241.56
Consumos		
COMBUSTIBLES	$E=(EC*PO)*Pc$	\$ 64.01
LUBRICANTES	$L=(Cc/Tc+cl)*Pl$	\$ 3.87
	Total de Consumos	\$ 67.88
Operación		
#CUAD OPER MAQU+AYUD	$O=So/H$	\$ 63.25
	Total de Operación	\$ 63.25
	Costo Horario	\$372.69

Catálogo de Mano de Obra					
Clave	Descripción	Unidad	Salario Base FSR	Salario Real	Fecha
#CUAD SPEON	Cuadrilla (5 Peones)	jor		\$ 768.46	29-Ago-01
#CUAD ALBAÑIL	Cuadrilla (Albañil)	jor		\$ 277.06	29-Ago-01
#CUAD ALBAÑIL + 4PEON	Cuadrilla (Albañil + 4 Peones)	jor		\$ 891.83	29-Ago-01
#CUAD ALBAÑIL + PEÓN	Cuadrilla (Albañil + Peón)	jor		\$ 430.75	29-Ago-01
#CUAD CARP + AYUD	Cuadrilla (Carpintero + Ayudante)	jor		\$ 353.18	29-Ago-01
#CUAD CHOF + AYUD	Cuadrilla (Chofer + Ayudante)	jor		\$ 355.65	29-Ago-01
#CUAD ELEC + 2AYUD	Cuadrilla (Electricista + 2 Ayudantes)	jor		\$ 657.79	29-Ago-01
#CUAD OPER-MAQ + AYUD	Cuadrilla (Operador de maquinaria + Ayudan	jor		\$ 505.97	29-Ago-01
#CUAD PEÓN	Cuadrilla (Peón)	jor		\$ 153.69	29-Ago-01
#CUAD PINT + AYUD	Cuadrilla (Pintor + Ayudante)	jor		\$ 430.75	29-Ago-01
#CUAD TUBE + 2 AYUD	Cuadrilla (Tubero + 2 Ayudantes)	jor		\$ 532.90	29-Ago-01

Catálogo de Mano de Obra						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
#CUAD SPEON	Cuadrilla (5 Peones)	jor				
PEON	Peón	jor	5	\$ 139.72	\$ 698.60	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 698.60	\$ 69.86	
				Suma	\$ 768.46	
#CUAD ALBAÑIL	Cuadrilla (Albañil)	jor				
ALBAÑIL	Albañil	jor	1	\$ 251.87	\$ 251.87	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 251.87	\$ 25.19	
				Suma	\$ 277.06	
#CUAD ALBAÑIL + 4PEON	Cuadrilla (Albañil + 4 Peones)	jor				
ALBAÑIL	Albañil	jor	1	\$ 251.87	\$ 251.87	
PEÓN	Peón	jor	4	\$ 139.72	\$ 558.88	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 810.75	\$ 81.08	
				Suma	\$ 891.83	
#CUAD ALBAÑIL + PEÓN	Cuadrilla (Albañil + Peón)	jor				
ALBAÑIL	Albañil	jor	1	\$ 251.87	\$ 251.87	
PEÓN	Peón	jor	1	\$ 139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 391.59	\$ 39.16	
				Suma	\$ 430.75	
#CUAD CARP + AYUD	Cuadrilla (Carpintero + Ayudante)	jor				
CARPINTERO DE OBRA N.	Carpintero de Obra Negra	jor	1	\$ 181.35	\$ 181.35	
AYUDANTE	Ayudante	jor	1	\$ 139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 321.07	\$ 32.11	
				Suma	\$ 353.18	
#CUAD CHOF + AYUD	Cuadrilla (Chofer + Ayudante)	jor			\$ -	
CHOFER	Chofer	jor	1	\$ 183.60	\$ 183.60	
AYUDANTE	Ayudante	jor	1	\$ 139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 323.32	\$ 32.33	
				Suma	\$ 355.65	
#CUAD ELEC + 2 AYUD	Cuadrilla (Electricista + 2 Ayudante)	jor			\$ -	
ELECTRICISTA	Electricista	jor	1	274.67	\$ 274.67	
AYUDANTE	Ayudante	jor	2	161.66	\$ 323.32	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 597.99	\$ 59.80	
				Suma	\$ 657.79	
#CUAD OPER MAQ + AYUD	Cuadrilla (Operador de maquinaria + ayudante)	jor				
OPERADOR DE MAQUINARI	Operador de Maquinaria	jor	1	320.25	\$ 320.25	
AYUDANTE	Ayudante	jor	1	139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 459.97	\$ 46.00	
				Suma	\$ 505.97	
#CUAD PEÓN	Cuadrilla (Peón)	jor				
PEÓN	Peón	jor	1	139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 139.72	\$ 13.97	
				Suma	\$ 153.69	
#CUAD PINT + AYUD	Cuadrilla (Pintor + Ayudante)	jor				
PINTOR	Pintor	jor	1	251.87	\$ 251.87	
AYUDANTE	Ayudante	jor	1	139.72	\$ 139.72	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 391.59	\$ 39.16	
				Suma	\$ 430.75	
#CUAD TUBE + 2 AYUD	Cuadrilla (Tubero + 2 Ayudantes)	jor				
TUBERO	Tubero	jor	1	205.01	\$ 205.01	
AYUDANTE	Ayudante	jor	2	139.72	\$ 279.44	
HERRAMIENTA Y MANDO	Herramienta Menor (3%) y Mando Intermedio 7%	(%) mo	0.1	\$ 464.45	\$ 46.45	
				Suma	\$ 532.90	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Catálogo de Auxiliares

Clave	Descripción	Unidad	Precio U.	Fecha
ACARREO 1KM	Acarreo 1er km	m ²	\$ 3.70	29-Ago-01
ACARREO KM SUBSECUE:	Acarreo km subsecues	m ² -km	\$ 1.70	29-Ago-01
ACERO #2	Acero #2 (Alambrón)	kg	\$ 4.70	29-Ago-01
ACERO AR #3	Acero Alta Resistencia #3 Fy=4200 kg/cm ²	kg	\$ 4.42	29-Ago-01
CIMBRA COMÚN MUROS	Cimbra Común en Muros	m ²	\$ 29.38	29-Ago-01
CONCRETO/AGU F'C=150	Concreto hecho en obra f'c=150 kg/cm ² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m ³	\$ 568.57	29-Ago-01
CONCRETO/AGU F'C=200	Concreto hecho en obra f'c=200 kg/cm ² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m ³	\$ 625.21	29-Ago-01
CONCRETO/AGU F'C=250	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm ² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m ³	\$ 684.18	29-Ago-01
CONCRETO/AGU F'C=300	Concreto hecho en obra f'c=300 kg/cm ² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m ³	\$ 702.85	29-Ago-01
EXTRACCIÓN AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	\$ 22.03	29-Ago-01
LECHADA CEM GRIS/EXT	Lechada cemento gris con extracción y acarreo de agua	m ²	\$ 1,866.79	29-Ago-01
RIEGO DE LIGA	Riego de Liga con Emulsión de Rompimiento Rápido	m ²	\$ 1.37	29-Ago-01

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Catálogo de Auxiliares

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
ACARREO 1KM	Acarreo 1er km	m³			
CAMION DE VOLTEO F1	Camión de volteo Ford F600 (Activo)	hora	0.0075	\$ 226.21	\$ 1.70
CAMION DE VOLTEO F2	Camión de volteo Ford F600 (Inactivo)	hora	0.0172	\$ 116.26	\$ 2.00
				Suma	\$ 3.70
ACARREO KM SUBSECUES	Acarreo km subsecues	m³-km			
CAMION DE VOLTEO F1	Camión de volteo Ford F600 (Activo)	hora	0.0075	\$ 226.21	\$ 1.70
				Suma	\$ 1.70
ACERO #2	Acero #2 (Alambrón)	kg			
ALAMBRO LISO DE 1/4	Alambrón liso de 1/4" (no. 2)	kg	1.04	\$ 4.30	\$ 4.47
ALAMBRE RECOCIDO N 1	Alambre recocado no.18	kg	0.046	\$ 5.06	\$ 0.23
				Suma	\$ 4.70
ACERO AR #3	Acero Alta Resistencia #3 Fy=4200 kg/cm²	kg			
VARILLA FY=4200	Varilla Fy=4200 kg/cm ² no.3 (3/8")	kg	0.0011	\$ 3,913.04	\$ 4.30
ALAMBRE RECOCIDO N 1	Alambre recocado no.18	kg	0.024	\$ 5.06	\$ 0.12
				Suma	\$ 4.43
CIMBRA COMUN MUROS	Cimbra Común en Muros	m²			
ALAMBRE RECOCIDO N 1	Alambre recocado no.18	kg	0.322	\$ 5.06	\$ 1.63
CLAVO DE 2 1/2" A 3	Clavo de 2 1/2" a 3 1/2"	kg	0.123	\$ 7.82	\$ 0.96
DIESEL	Diesel	litro	0.5	\$ 3.81	\$ 1.91
MADERA DE PINO DE 2	Madera de pino de 3a. En duela de 1" x 4"	pt	2.188	\$ 5.17	\$ 11.31
MADERA DE PINO DE 4	Madera de pino de 3a. En barrote de 2" x 4"	pt	0.836	\$ 5.17	\$ 4.32
MADERA DE PINO DE 5	Madera de pino de 3a. En polín de 4" x 4"	pt	1.058	\$ 5.17	\$ 5.47
MADERA DE PINO EN VI	Madera de pino de 3a. En viga de 3 1/2" x 6"	pt	0.05	\$ 60.60	\$ 3.03
CHAFLAN DE MADERA DE	Chafían de madera de pino de 3a de 1"	m	0.25	\$ 3.00	\$ 0.75
				Suma	\$ 29.38
CONCRETO/AGU F'C=150	Concreto hecho en obra f'c=150 kg/cm² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m³			\$ -
EXTRACCION DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.2532	\$ 22.03	\$ 5.58
CEMENTO NORMAL GRIS	Cement normal gris tipo i en saco	ton	0.3275	\$ 1,373.91	\$ 449.96
ARENA	Arena	m ³	0.5382	\$ 85.50	\$ 46.02
GRAVA	Grava	m ³	0.6527	\$ 102.66	\$ 67.01
				Suma	\$ 568.56
CONCRETO/AGU F'C=200	Concreto hecho en obra f'c=200 kg/cm² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m³			\$ -
EXTRACCION DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.2424	\$ 22.03	\$ 5.34
CEMENTO NORMAL GRIS	Cement normal gris tipo i en saco	ton	0.3698	\$ 1,373.91	\$ 508.07
ARENA	Arena	m ³	0.5329	\$ 85.50	\$ 45.56
GRAVA	Grava	m ³	0.6452	\$ 102.66	\$ 66.24
				Suma	\$ 625.21
CONCRETO/AGU F'C=250	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m³			\$ -
EXTRACCION DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.234	\$ 22.03	\$ 5.16
CEMENTO NORMAL GRIS	Cement normal gris tipo i en saco	ton	0.413	\$ 1,373.91	\$ 567.42
ARENA	Arena	m ³	0.5371	\$ 85.50	\$ 45.92
GRAVA	Grava	m ³	0.6398	\$ 102.66	\$ 65.68
				Suma	\$ 684.18

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CONCRETO/AGU F'C=300	Concreto hecho en obra f'c=300 kg/cm² con extracción y acarreo de agua, resistencia normal, agregado máximo 3/4"	m³			
EXTRACCION DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m³	0.196	\$ 22.03	\$ 4.32
CEMENTO NORMAL GRIS	Cemento normal gris tipo i en saco	ton	0.431	\$ 1,373.91	\$ 592.18
ARENA	Arena	m³	0.507	\$ 85.50	\$ 43.35
GRAVA	Grava	m³	0.6139	\$ 102.66	\$ 63.02
				Suma	\$ 702.84
EXTRACCION AGUA	Extracción y acarreo de agua	m³			
REGALIAS AGUA	Regalías del banco de agua	m³	1	0 \$	-
BOMBA DE 3"	Bomba de 3", 8 HP Motor de Gasolina	hora	0.0034	55.5 \$	0.19
CAMION PIPA FAMSA 2	Camión Pipa (Inactivo), de 122.8 HP	hora	0.051	124.91 \$	6.37
CAMION PIPA FAMSA 1	Camión Pipa (Activo), de 122.8 HP	hora	0.0747	\$ 207.09	\$ 15.47
				Suma	\$ 22.03
LECHADA CEM GRIS/EXT	Lechada cemento gris con extracción y acarreo	m²			
EXTRACCION AGUA	Extracción y acarreo de agua	m³	1.231	22.03 \$	\$ 27.12
CEMENTO NORMAL GRIS	Cemento normal gris tipo i en saco	ton	1.339	1,373.91 \$	\$ 1,839.67
				Suma	\$ 1,866.78
RIEGO DE LIGA	Riego de Liga Con Emulsión de Rompimiento R.	m²			
EMULSION ASFALTICA	Emulsión asfáltica de rompimiento rápido	litro	0.714	1.34 \$	0.96
FLETE	Flete de emulsión	litro	0.714	0.08 \$	0.06
ALMACENAMIENTO CAL.	Almacenamiento, calentamiento y bombeo	litro	0.714	0.05 \$	0.04
CAMION PETROLIZADO	Petrolizadora Seaman Gunnison	hora	0.0012	259.05 \$	0.31
				Suma	\$ 1.36

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.02

Barrido de la superficie por tratar

Unidad: Ha

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Equipo					
BARREDORA	Barredora Mecánica	hora	7.56	\$ 132.61	\$ 1,002.53
				Total de Equipo	\$ 1,002.53
				Costo Directo	\$ 1,002.53
				Indirectos (10%)	\$ 100.25
				Subtotal	\$ 1,102.78
				Financiamiento (1.20%)	\$ 13.23
				Subtotal	\$ 1,116.01
				Utilidad (8%)	\$ 89.28
				Subtotal	\$ 1,205.29
				SAR (2%)	\$ 24.11
				INFONAVIT (5%)	\$ 60.26
				Subtotal	\$ 1,289.66
				Inspección Municipal (0.5%)	\$ 6.45
				Precio Unitario	\$ 1,296.11

N MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SEIS PESOS 11/100 M.I

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: E.05 B)

Sub-base o bases, por unidad de obra terminada.

Unidad: m³

b) Bases

1) Compacta al noventa y cinco por ciento (95%)

a) Del Banco "El Panadero" ubicado en el camino a Ziracuaretiro desviación derecha a 150 mts.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
REGALÍAS BANCO PAN	Regalías del banco "El Panadero"	m ³	1.3	\$ 7.00	\$ 9.10
Total de Materiales					\$ 9.10
Equipo					
MOTONIVELADOTA CATI	Motoconformadora Cat 120 G	hora	0.006	\$ 312.96	\$ 1.88
COMPACTADOR CB614	Compactador vibratorio CB 614	hora	0.006	\$ 239.35	\$ 1.44
	Clasificadora de agregados de 100 m3 x				
CLASIFICADORA AGREGA	MCA UNIVERSAL	hora	0.0128	\$ 112.10	\$ 1.43
	turno, vibratoria de 3 camas MOD C3.				
CARGADOR FRONTAL D1	Cargador frontal Caterpillar 928-F	hora	0.0366	\$ 216.07	\$ 7.91
CAMIÓN PIPA FAMSA 1	Camión Pipa, de 122.8 HP	hora	0.0083	\$ 206.66	\$ 1.72
TRACTOR DE CADENAS3	Tractor Caterpillar D-7, 105 HP, montado sobre orugas	hora	0.007	\$ 372.69	\$ 2.61
CAMIÓN DE VOLTEO F1	Camión de volteo Ford F600 (Activo)	hora	0.0183	\$ 226.21	\$ 4.14
Total de Equipo					\$ 21.12
Auxiliares					
EXTRACCIÓN DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.2	\$ 22.03	\$ 4.41
ACARREO 1 KM	Acarreo 1er km	m ³	1.3	\$ 3.70	\$ 4.81
ACARREO KM SUBSECUE:	Acarreo km subsecues	m ³ -km	29.9	\$ 1.70	\$ 50.83
Total de Auxiliares					\$ 60.05
				Costo Directo	\$ 90.27
				Indirectos (10%)	\$ 9.03
				Subtotal	\$ 99.29
				Financiamiento (1.20%)	\$ 1.19
				Subtotal	\$ 100.48
				Utilidad (8%)	\$ 8.04
				Subtotal	\$ 108.52
				SAR (2%)	\$ 2.17
				INFONAVIT (5%)	\$ 5.43
				Subtotal	\$ 116.12
				Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.58
				Precio Unitario	\$ 116.70

** CIENTO DIECISÉIS PESOS 70/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: L.03

Carpeta de concreto asfáltico, por unidad de obra terminada.

Unidad: m²

Carpeta asfáltica, compactado al 95%, inc riego de liga con emulsión asfáltica,

T.M. Material pétreo 19 mm (3/4"), por unidad de obra terminada.

a) De siete centímetros de espesor.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
CONCRETO ASFÁLTICO	Concreto asfáltico elaborado en planta con Cemento Asfáltico AC-20	m ²	0.115	\$ 550.00	\$ 63.25
				Total de Materiales	\$ 63.25
Mano de Obra					
#CUAD PEÓN	Cuadrilla (Peón)	gor	0.0002	\$ 153.69	\$ 0.03
				Total de Mano de Obra	\$ 0.03
Equipo					
PAVIMENTADORA BARBI	Pavimentadora Barber-Green completa SB-131 130 HP	hora	0.005	\$ 823.61	\$ 4.12
COMPACTADOR ASFALTO	Compactador Vibratorio CB 534-C Para Asfalto	hora	0.0017	\$ 301.55	\$ 0.51
COMPACTADOR DE LLA1	Compactador de llantas neumáticas Duo-Pactor 30 ton. 105 HP	hora	0.0017	\$ 255.87	\$ 0.43
				Total de Equipo	\$ 5.07
Auxiliares					
RIEGO DE LIGA	Riego de Liga con Emulsión de Rompimiento Rápido	m ²	1	\$ 1.37	\$ 1.37
				Total de Auxiliares	\$ 1.37
				Costo Directo	\$ 69.69
				Indirectos (10%)	\$ 6.97
				Subtotal	\$ 76.66
				Financiamiento (1.20%)	\$ 0.92
				Subtotal	\$ 77.57
				Utilidad (8%)	\$ 6.21
				Subtotal	\$ 83.78
				SAR (2%)	\$ 1.68
				INFONAVIT (5%)	\$ 4.19
				Subtotal	\$ 89.64
				Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.46
				Precio Unitario	\$ 90.09

** NOVENTA PESOS 09/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: E.P.*LIMPIEGRAL

Limpieza general de obra, por unidad de obra terminada.

Unidad: m²

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Mano de obra					
#CUAD PEÓN	Cuadrilla (Peón)	jor	0.0045	\$ 153.69	\$ 0.69
				Total de Equipo	\$ 0.69
				Costo Directo	\$ 0.69
				Indirectos (10%)	\$ 0.07
				Subtotal	\$ 0.76
				Financiamiento (1.20%)	\$ 0.01
				Subtotal	\$ 0.77
				Utilidad (8%)	\$ 0.06
				Subtotal	\$ 0.83
				SAR (2%)	\$ 0.02
				INFONAVIT (5%)	\$ 0.04
				Subtotal	\$ 0.89
				Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.00
				Precio Unitario	\$ 0.89

** CERO PESOS 89/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: G.07

Materiales asfálticos, por unidad de obra terminada

Unidad: lts

c) Emulsiones Asfálticas

2) Empleadas en riegos

a) Emulsión asfáltica de rompimiento lento. En impregnación (1.5 Lts/m²)

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
EMULSIÓN ASFÁL RL	Emulsión asfáltica de rompimiento lento	litro	1.02	1.34 \$	1.37
FLETE	Flete de emulsión	litro	1.02	0.08 \$	0.08
ALMACENAMIENTO, CAL.	Almacenamiento, calentamiento y bombeo	litro	1.02	\$ 0.05 \$	0.05
				Total de Materiales	\$ 1.50
Equipo					
CAMIÓN PETROLIZADO1	Petrolizadora Scaman Gunnison	hora	0.0011	\$ 258.61 \$	0.28
				Total de Equipo	\$ 0.28
				Costo Directo	\$ 1.78
				Indirectos (10%)	\$ 0.18
				Subtotal	\$ 1.96
				Financiamiento (1.20%)	\$ 0.02
				Subtotal	\$ 1.99
				Utilidad (8%)	\$ 0.16
				Subtotal	\$ 2.14
				SAR (2%)	\$ 0.04
				INFONAVIT (8%)	\$ 0.11
				Subtotal	\$ 2.29
				Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.01
				Precio Unitario	\$ 2.31

** DOS PESOS 31/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: Y.05

Recubrimiento de cunetas y contracuneta.

Unidad: m²

a) Cunetas

4) Con concreto hidráulico simple, de f'c=200 kg/cm²

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
MADERA DE PINO DE 2	Madera de 3a. En duela de 1" x 4"	pt	3.5	\$ 5.17	\$ 18.10
Total de Materiales					\$ 18.10
Mano de Obra					
#CUAD ALBAÑIL + PEÓN	Cuadrilla (Albañil + Peón)	jor	0.0833	\$ 430.75	\$ 35.88
#CUAD ALBAÑIL + 4PEON	Cuadrilla (Albañil + 4 Peones)	jor	0.08	\$ 891.83	\$ 71.35
#CUAD SPEON	Cuadrilla (5 Peones)	jor	0.0794	\$ 768.46	\$ 61.02
Total de Mano de Obra					\$ 168.24
Equipo					
REVOLVEDORA PARA	(Revolvedora Río de 1 saco de 8 HP	hora	0.5	\$ 53.10	\$ 26.55
Total de Equipo					\$ 26.55
Auxiliares					
EXTRACCIÓN AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.08	\$ 22.03	\$ 1.76
	Concreto hecho en obra f'c=200 kg/cm ² con				
CONCRETO/AGU F'C=200	extracción y acarreo de agua, resistencia	m ³	1.03	\$ 625.21	\$ 643.97
	normal, agregado máximo 3/4"				
Total de Auxiliares					\$ 645.73
Costo Directo					\$ 858.62
Indirectos (10%)					\$ 85.86
Subtotal					\$ 944.48
Financiamiento (1.20%)					\$ 11.33
Subtotal					\$ 955.81
Utilidad (8%)					\$ 76.47
Subtotal					\$ 1,032.28
SAR (2%)					\$ 20.65
INFONAVIT (5%)					\$ 51.61
Subtotal					\$ 1,104.54
Inspección Municipal (0.5%)					\$ 5.52
Precio Unitario					\$ 1,110.06

** UN MIL CIENTO DIEZ PESOS 06/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: M.04

Riego de sello, por unidad de obra terminada.

Unidad: m²Riego de sello con emulsión de R.R. (1.5 lts/m²) y pétreo 3E (con un tamaño 1/4" - 3/8") por unidad de obra ter

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
MATERIAL 3E	Material 3-e (con tamaño 1/4" - 3/8")	m ²	0.008	7 \$	0.06
EMULSIÓN ASFÁLTICA	Emulsión asfáltica de rompimiento rápido	litro	1.53	1.34 \$	2.05
ALMACENAMIENTO, CAL.	Almacenamiento, calentamiento y bombeo	litro	1.53	0.05 \$	0.08
FLETE	Flete de emulsión	litro	1.53	\$ 0.08	0.12
				Total de Materiales	\$ 2.31
Equipo					
APLANADORA TRES RO1	Compactador Raygo Rascal Modelo 400 A	hora	0.0003	\$ 183.74	\$ 0.06
CAMIÓN PETROLIZADO1	Petrolizadora Scaman Gunnison	hora	0.0017	\$ 258.61	\$ 0.44
	Clasificadora de agregados de 100 m3 x				
CLASIFICADORA AGREGA	turno, vibratoria de 3 camas MOD C3,	hora	0.0001	\$ 112.10	\$ 0.01
	MCA UNIVERSAL				
TRACTOR DE CADENAS3	Tractor Caterpillar D-7. 105 HP, montado sobre orugas	hora	0.0001	\$ 372.69	\$ 0.04
				Total de Equipo	\$ 0.54
Auxiliares					
ACARREO I KM	Acarreo 1er km	m ²	0.008	\$ 3.70	\$ 0.03
ACARREO KM SUBSECUE:	Acarreo km subsecues	m ² -km	0.184	\$ 1.70	\$ 0.31
				Total de Auxiliares	\$ 0.34

Costo Directo	\$ 3.19
Indirectos (10%)	\$ 0.32
Subtotal	\$ 3.51
Financiamiento (1.20%)	\$ 0.04
Subtotal	\$ 3.55
Utilidad (8%)	\$ 0.28
Subtotal	\$ 3.84
SAR (2%)	\$ 0.08
INFONAVIT (5%)	\$ 0.19
Subtotal	\$ 4.10
Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.02
Precio Unitario	\$ 4.13

** CUATRO PESOS 13/100 M.N. **

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: E.05 B)

Sub-base o bases, por unidad de obra terminada.

Unidad: m³

a) Sub-bases

1) Compacta al noventa y cinco por ciento (95%)

a) Del Banco "El Panadero" ubicado en el camino a Ziracuaretiro desviación derecha a 150 mts.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio_U.	Total
Materiales					
REGALÍAS BANCO PAN	Regalías del banco "El Panadero"	m ³	1.3	\$ 7.00	\$ 9.10
Total de Materiales					\$ 9.10
Equipo					
MOTONIVELADOTA CATI	Motoconformadora Cat 120 G	hora	0.006	\$ 312.96	\$ 1.88
COMPACTADOR CB614	Compactador vibratorio CB 614	hora	0.006	\$ 239.35	\$ 1.44
	Clasificadora de agregados de 100 m3 x				
CLASIFICADORA AGREGA	turno, vibratoria de 3 camas MOD C3, MCA	hora	0.0128	\$ 112.10	\$ 1.43
	UNIVERSAL				
CARGADOR FRONTAL D1	Cargador frontal Caterpillar 928-F	hora	0.0366	\$ 216.07	\$ 7.91
CAMIÓN PIPA FAMSA 1	Camión Pipa, de 122.8 HP	hora	0.0083	\$ 206.66	\$ 1.72
TRACTOR DE CADENAS3	Tractor Caterpillar D-7, 105 HP, montado	hora	0.007	\$ 372.69	\$ 2.61
	sobre orugas				
CAMIÓN DE VOLTEO F1	Camión de volteo Ford F600 (Activo)	hora	0.0183	\$ 226.21	\$ 4.14
Total de Equipo					\$ 21.12
Auxiliares					
EXTRACCIÓN DE AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.2	\$ 22.03	\$ 4.41
ACARREO 1 KM	Acarreo 1er km	m ³	1.3	\$ 3.70	\$ 4.81
ACARREO KM SUBSECUE:	Acarreo km subsecues.	m ³ -km	29.9	\$ 1.70	\$ 50.83
Total de Auxiliares					\$ 60.05

Costo Directo	\$ 90.27
Indirectos (10%)	\$ 9.03
Subtotal	\$ 99.29
Financiamiento (1.20%)	\$ 1.19
Subtotal	\$ 100.48
Utilidad (8%)	\$ 8.04
Subtotal	\$ 108.52
SAR (2%)	\$ 2.17
INFONAVIT (5%)	\$ 5.43
Subtotal	\$ 116.12
Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.68
Precio Unitario	\$ 116.70

** CIENTO DIECISÉIS PESOS 70/100 M.N. **

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: F. 14

Mezclado, tendido y compactación de la subrasante, formada con material seleccionado, por unidad de obra terminada

Unidad: m³

a) De la elevación de la subrasante en cortes y/o terraplenes existentes.

1) Para noventa por ciento (90%) (Banco "Guadalupe II" tezontle rojo)

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales					
MAT SUBRASANTE	Material para subrasante banco "Guadalupe II"	m ³	1.3	\$ 25.00	\$ 32.50
Total de Materiales					\$ 32.50
Mano de Obra					
#CUAD PEÓN	Cuadrilla (Peón)	jor	0.0143	\$ 153.69	\$ 2.20
Total de Mano de Obra					\$ 2.20
Equipo					
MOTONIVELADORA CAT	Motoconformadora Cat 120 G	hora	0.006	\$ 312.96	\$ 1.88
COMPACTADOR CB614	Compactador vibratorio CB 614	hora	0.006	\$ 239.35	\$ 1.44
CAMIÓN PIPA FAMSA I	Camión Pipa (Activo), de 122.8 HP	hora	0.006	\$ 206.66	\$ 1.24
Total de Equipo					\$ 4.55
Auxiliares					
EXTRACCIÓN AGUA	Extracción y acarreo de agua	m ³	0.15	\$ 22.03	\$ 3.30
ACARREO 1KM	Acarreo 1er km	m ³	1.3	\$ 3.70	\$ 4.81
ACARREO KM SUBSECUES	Acarreo km subsecues	m ³ -km	11.7	\$ 1.70	\$ 19.89
Total de Auxiliares					\$ 28.00

Costo Directo	\$ 65.06
Indirectos (10%)	\$ 6.51
Subtotal	\$ 71.56
Financiamiento (1.20%)	\$ 0.86
Subtotal	\$ 72.42
Utilidad (8%)	\$ 5.79
Subtotal	\$ 78.22
SAR (2%)	\$ 1.56
INFONAVIT (6%)	\$ 3.91
Subtotal	\$ 83.69
Inspección Municipal (0.5%)	\$ 0.42
Precio Unitario	\$ 84.11

** OCHENTA Y CUATRO PESOS 11/100 M.N. **

IX.2 PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO PARA LA PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA DEL CAMINO A LA COLONIA MAPECO TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL LIBRAMIENTO AL ACCESO A LA COLONIA MAPECO DE ESTA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.

CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1.- Base hidráulica con materiales pétreos de 1 1/2" compacto de 15 cm al 95% de su P.V.S.M. Incluye agua acarreo, desperdicio y abundamiento, herramienta y equipo mecánico.	547.50	m³	\$ 116.70	\$ 63,893.73
2.- Riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 1.5 lts/m², utilizando petrolizadora, incluye el suministro del material, almacenamiento, calentamiento y operaciones necesarias para su aplicación.	3,650.00	m²	\$ 2.31	\$ 8,417.89
3.- Riego de liga con emulsión de rompimiento rápido, aplicado con petrolizadora, incluye suministro, almacenamiento, bombeo, aplicación y desperdicios a razón de 0.70 lts/m².	3,650.00	m²	\$ 1.37	\$ 5,000.50
4.- Barrido de la superficie por tratar.	0.365	Ha	\$ 1,296.11	\$ 473.08
5.- Carpeta asfáltica T.M.A. 3/4" a finos de 7 cm de espesor compacto, con emulsión catiónica de rompimiento medio a razón de 1.30 lts/m². Compactada al 95%, incluye suministro de materiales, acarreo a su lugar de utilización y operaciones necesarias para su mezclado, tendido y compactado. Ancho de calzada de 7.3 m	3,650.00	m²	\$ 90.09	\$ 328,838.68
6.- Riego de sello con emulsión asfáltica de rompimiento rápido	3,650.00	m²	\$ 4.13	\$ 15,056.73
			TOTAL	\$ 421,680.62

El presente presupuesto importa la cantidad de \$421,680.62 (Cuatrocientos veintiún mil seiscientos ochenta pesos 62/100 m/n)

18 de Septiembre del 2001

BIBLIOGRAFÍA

Referencia

1. Alfonso Rico y Hermillo del Castillo.
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomos I y II.
Ed. LIMUSA
México, 1976

2. Crespo Villalaz Carlos
Vías de Comunicación
Ed. LMUSA

3. Juárez Badillo y Rico
Mecánica de Suelos, Tomos I y II
Ed. LIMUSA
México, 1978

4. Reproducciones del Método del Instituto Norteamericano del Asfalto
Editadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, 1976

5. Reproducciones del Método del Departamento de Carreteras del Estado de California, E. U.
Editadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, 1978

6. Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible.
Editado por la Secretaría de Obras Públicas.
México, 1974

7. Normas para la Construcción e Instalaciones
Libro segundo (terracerías)
Libro tercero (obras de drenaje)
Libro cuarto (Pavimentos)
Editado por la SCT.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIG. 1.- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN -----	11
FIG. 2.- LOCALIZACIÓN COLONIA MAPECO -----	12
FIG. 3.- CLASIFICACIÓN DE CLIMAS CON BASE EN EL SISTEMA KÖPEN – GEIGER -----	13
FIG. 4.- INFLUENCIA DE UN SISTEMA DUAL EN CUANTO ESFUERZOS -----	19
FIG. 5.- MÉTODO GRÁFICO PARA ENCONTRAR LA CARGA EQUIVALENTE DE UN SISTEMA DUAL -----	19
FIG. 6.- LÍMITES DE CONSISTENCIA -----	29
FIG. 7.- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL -----	46
FIG. 8.- NOMOGRAMA DE ANÁLISIS DE TRÁNSITO -----	74
FIG. 9.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO A -----	75
FIG. 10.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO A' -----	76
FIG. 11.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO B -----	77
FIG. 12.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO C2 -----	78
FIG. 13.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO C3 -----	79
FIG. 14.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO T2-S2 -----	80
FIG. 15.- COEFICIENTES DE DAÑO VEHÍCULO TIPO T3-S2 -----	81
FIG. 16.- OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE ACUMULACIÓN DE TRÁNSITO ---	82
FIG. 17.- NOMOGRAMA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO -----	90
FIG. 18.- NOMOGRAMA PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE BASE Y/O CARPETA -----	91
FIG. 19.- GRÁFICA PARA OBTENER EL VRS CORRESPONDIENTE AL 90% -----	94
FIG. 20.- NOMOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS. -----	95
FIG. 21.- DETERMINACIÓN DEL ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA - 96	
FIG. 22.- ESTRUCTURACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE -----	99
FIG. 23.- GRÁFICA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE (UNAM) -----	102
FIG. 24.- GRÁFICA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE (UNAM) -----	103

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO. 1.- CATEGORÍAS DE SUBRASANTE -----	16
CUADRO. 2.- AFOROS DIRECCIONALES EN H.M.D. (Horas de Máxima Demanda) -----	61
CUADRO 3.- FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA NEUMÁTICOS EN ARREGLO DUAL DE VEHÍCULOS DE VARIOS EJES, CON LA RUEDA ESTÁNDAR DE 5,000 LBS -----	64
CUADRO 4.- SUMA DE LAS CARGAS EQUIVALENTES -----	64
CUADRO 5.- PESO PROMEDIO DE VEHÍCULOS PESADOS -----	68
CUADRO 6.- COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN -----	72
CUADRO 7.- VALORES PROMEDIO DEL COHESIÓMETRO -----	88
CUADRO 8.- FACTORES DE GRAVA EQUIVALENTE PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -----	89
CUADRO 9.- RESUMEN DE ESPESORES -----	110