

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

3  
20/1/84

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

" A R A G O N "



**ESTUDIO PARA LA MODERNIZACION DE UN  
TRAMO DE CARRETERA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :  
BENJAMIN BARREDA AMIGON



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.

# INDICE

DE DICATORIA	i
Cap. I. - INTRODUCCION	1
I. 1. Objeto del estudio	1
I. 2. Reseña histórica de los caminos	2
I. 3. Estado actual de la red carretera	8
I. 3. 1. La utilización de la red vial	8
I. 3. 2. Condiciones de transitabilidad de la red vial	11
I. 4. Conservación de la red vial	13
I. 5. Estructuración de los pavimentos	20
I. 5. 1. Funciones de los elementos que constituyen la sección estructural.	23
I. 6. Evaluación de pavimentos	27
I. 6. 1. Comentarios de la experiencia mexicana en el campo de la evaluación estructural de pa- vimentos	30
Cap. II. - ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO	37
II. 1. Antecedente histórico	37

II. 2.	Localización del tramo en estudio	37
II. 3.	Topografía	38
II. 4.	Climatología	39
II. 5.	Geología	40
II. 6.	Hidrología	42
 Cap. III. - CONDICIONES GENERALES DEL TRAMO		 43
III. 1.	Características actuales de la carretera	43
III. 1. 1.	Proyecto geométrico	43
III. 1. 2.	Tránsito	47
III. 1. 3.	Superficie de rodamiento	52
III. 1. 4.	Obras de drenaje	56
III. 1. 5.	Obras complementarias de drenaje	59
III. 1. 6.	Acotamientos	60
III. 2.	Conclusiones preliminares	60
 Cap. IV. - TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO		 65
IV. 1.	El estudio geotécnico	65
IV. 2.	Estudio geotécnico de la estructura actual	68
IV. 3.	Estudio geotécnico del terreno natural	72
IV. 4.	Estudio geotécnico de los bancos de materiales	73
IV. 4. 1.	Localización	73

IV.4.2. Exploración y Muestreo	74
IV.4.3. Pruebas de laboratorio	74
<b>Cap. V. - ANALISIS Y RESULTADOS</b>	<b>76</b>
V.1. La estructura actual	76
V.1.1. Carpeta	76
V.1.2. Base	77
V.1.3. Sub- base	78
V.1.4. Sub-resorte	78
V.1.5. Terreno de cimentación	79
V.2. El terreno natural	82
V.3. Analisis de capacidad y nivel de servicio	84
V.4. Generación de alternativas y selección	87
V.4.1. Alternativas	87
V.4.2. Selección	88
V.5. Dimensionamiento estructural	92
V.5.1. Método del Instituto de Asfaltos (E.U.A.)	93
V.5.2. Método del Instituto de Ingeniería (U.N.A.M.)	95
V.5.3. Método Porter modificada	96
<b>Cap. VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>98</b>
VI.1. Procedimientos constructivos	103

VI.1.1. Terracerías	103
VI.1.2. Pavimento	105
VI.2. Drenaje y Obras Complementarias	107
VI.2.1. Drenaje	107
VI.2.2. Obras complementarias	107
VI.3. Normas de calidad y ejecución	110

BIBLIOGRAFIA	113
--------------	-----

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### I. 1. - Objeto del Estudio.

El objeto de este trabajo es someter a estudio con miras a su modernización, un tramo de la carretera México-Nogales, el cual constituye la vía terrestre que comunica a las poblaciones de Tangancícuaro y Zamora en el Estado de Michoacán. Ambas poblaciones se encuentran ubicadas en una zona de alta producción desde el punto de vista agrícola y turístico. Asimismo constituye otra alternativa para unir las capitales de los estados de Michoacán y Jalisco. Lo anterior trae como consecuencia que el tramo Tangancícuaro - Zamora, soporte un tránsito promedio diario anual del orden de 10.250 vehículos, donde su composición vehicular reporta un gran porcentaje de vehículos pesados Tipo C, alcanzando un 39 % del total de los que circulan. Además, como adelante veremos la zona en la que se ubica este tramo de carretera es de una mediana precipitación pluvial ( 800 m m . ), lo cual aunado a otros factores como son tipo de suelo, topografía, clima, etc. han hecho que esta vía de comunicación haya sufrido fuertes deterioros y que prácticamente se encuentre en estado de falla estructural impidiendo

do la segura y cómoda circulación de los usuarios por ella.

Los trabajos que se le han hecho a esta carretera para mantener los niveles de servicio dentro de límites aceptables no han surtido los efectos deseables ya que solo han ocasionado cuantiosos gastos, pues las actividades de conservación han tenido que ser más continuas, representando un gasto que sale del presupuesto destinado a una conservación normal, así como también incrementa los costos de operación.

Por lo anteriormente expuesto se plantea la necesidad de estudiar una solución adecuada a la problemática del tramo Tangancicuaro - Zamora, lo cual constituye el objeto específico del presente trabajo.

En lo que sigue del capítulo se comentaran algunos temas relativos a la Red Vial del país y aspectos del sistema pavimento, esto con el objeto de lograr una mejor comprensión del tema a desarrollar.

## I. 2. - Reseña Histórica de los Caminos.

El progreso de cualquier comunidad está condicionado por la comunicación que establezca con otras comunidades, es por ello que el Pueblo Romano, los señores Feudales, los Reyes de Francia, Napoleón, los Incas, los Aztecas, etc. trataron de resolver sus problemas de comunicación, en su época y para sus fines.



Inicialmente fueron veredas, caminos que el hombre dejaba en su diario recorrido hacia el río o manantial, después al utilizar los animales para el transporte de personas y mercancías se trazaron las rutas de las antiguas caravanas y los caminos para el comercio, que con la aparición de las carretas tomaron las características que les imprimió la rueda y en los cuales el hombre tuvo que hacer las adaptaciones adecuadas para el paso de estos vehículos relativamente pesados, algunos de estos caminos se convirtieron al paso del tiempo en los caminos por donde transitarían los primeros automotores con las debidas adaptaciones que el hombre hizo para tal efecto.

Dentro de los datos confiables que nos proporciona la historia, se puede mencionar a la cultura Persa como la iniciadora en la construcción de los grandes caminos en el viejo mundo, y ya que se trata de hacer una reseña histórica de los caminos no se pueden pasar por alto los caminos construidos por las legiones Romanas, ya no eran estos rutas comerciales como la que atravesaba Palestina para llegar a Egipto. El pueblo Romano no hubiera realizado todas las conquistas que hizo sin la ayuda de los caminos que construyó y que gracias a ellos pudo dominar y gobernar a casi toda Europa y algunos pueblos de los Continentes Africano y Asiático.

A la caída del Imperio Romano ante los Bárbaros y al paso del

tiempo la magnífica red de caminos construida hasta ese momento fue desapareciendo poco a poco. Durante trece siglos no hubo pueblo que se interesara en construir y mantener caminos en buenas condiciones.

Posteriormente Napoleón comprendió la importancia de los caminos, como guerrero que fue, Napoleón necesitaba vías de acceso para el transporte de sus tropas y pertrechos. Es por ello que se mejoró grandemente la red de caminos en Europa.

Mucho tiempo ha pasado ya desde el Imperio Romano hasta Napoleón y ya se ha descubierto un nuevo Continente, el nuestro, el Continente Americano, en donde la cultura Inca se había expandido grandemente desde el Norte de Ecuador hasta la parte central de Chile, expansión debida entre otras cosas a la vasta red de caminos que construyeron los Incas.

Del pueblo Maya, aquí en México aún se conservan restos de los caminos que construyeron con magnífico trazo y terracerías perfectamente formadas, cubiertas con una capa de piedra caliza que aún hoy en día constituye una compacta superficie uniforme, estos caminos tenían un ancho de 5 a 6 metros con fines religiosos y en la Península de Yucatán convergían en Itzamal.

El Imperio Azteca contaba también con una amplia extensión de vías de comunicación (caminos y canales de navegación) que servían para

sus fines específicos . Lo que es hoy la Ciudad de México, era en aquel tiempo una ciudad lacustre, comunicada a tierra firme por varias calzadas recordándose como una de las más importantes la de Tlacopán o Tacuba, según las crónicas existía una serie de puentes levadiscos que permitían el paso de las numerosas embarcaciones de los aztecas que utilizaban para transitar o comerciar en la zona del Lago de Texcoco. Precisamente en la zona extrema de la calzada de Tlacopán, los conquistadores sufrieron una derrota, donde Hernán Cortés lloró al pie de un árbol. Conociéndose actualmente como árbol de la Noche Triste, el capitán de Hernán Cortés, Pedro Alvarado al emprender la huida tuvo que saltar al encontrar un puente levantado, a este tramo que existe actualmente y por el cual corre una de las líneas del "metro" se le conoce con el nombre de Puente de Alvarado.

Pero aparte de estas calzadas que acaso tendrían una decena de kilómetros la mayor, el Imperio Azteca contaba con una vasta red de caminos de cientos de kilómetros que servían para dar paso a mercaderes, mensajeros, etc. y contaban con puentes colgantes para el paso de ríos, y canoas para el paso por los más anchos, es por esta red que el Imperio Azteca podía mantener sus dominios, y por ésta misma quizá mejorando la en algunos casos por donde los conquistadores encontraron la vía de acceso hacia la gran Tenochtitlán.

También aquí como en otras partes del mundo llegó a su tiempo la

diligencia y con ella el mejoramiento y la adaptación de los caminos para este tipo de vehículo. En 1849 se estableció la primera línea de diligencias entre la Ciudad de México y Puebla, extendiéndose posteriormente y principalmente hacia las ciudades del norte.

Por otro lado la aparición del automóvil estaba próxima y mientras ocurría esto, los caminos que existían y que servían para el tránsito de vehículos tirados por animales se mantenían en regulares condiciones, aunque en algunos casos estaban abandonados por preferirse el uso del ferrocarril que transportaba mercancías y personas.

Fue en 1910 año en que se inició la producción a gran escala del automóvil gracias al hábil ingenio de un hombre llamado Henry Ford, el cual puso al alcance de las mayorías el novedoso producto.

Con la aparición del automóvil fue necesario construir nuevos caminos o adaptar los existentes con el objeto de adecuarlos a las velocidades y cargas desconocidas hasta ese momento. En general los caminos antiguos tuvieron que modificarse, reconstruirse y mejorarse, en una palabra se adaptaron a los nuevos vehículos y con esto se inició la etapa de la construcción de superficies de rodamiento adecuadas, generalmente petrolizadas, ya que las superficies de rodamiento existentes en el mejor de los casos estaban compuestas por agregados pétreos naturales que resultaban inadecuados.

Debido a que en nuestro país existía una serie de problemas de orden social y político en el preciso momento en que aparecía como medio de transporte el automóvil ( 1910 ), no fue posible acondicionar los caminos existentes ya que los gobiernos emanados del movimiento armado de 1910 centraron su atención en los problemas sociales y políticos imperantes en ese tiempo dejando a un lado las cuestiones de tipo constructivo y material. Así fue como ya calmados los ánimos y ya lograda una estabilidad social, el país se encontró con un automóvil ya desarrollado frente a una red de caminos inadecuados para este tipo de vehículos, esto sucedía en 1925.

El General Plutarco Elías Calles Presidente de la República en aquel tiempo, se dió cuenta de la importancia de los caminos en el desarrollo del país y consciente de la problemática en que se encontraba la red caminera, estableció en Marzo de 1925 un impuesto especial para la gasolina y creo la Comisión Nacional de Caminos, organismo técnico dedicado a construir caminos con el producto del mencionado impuesto. Así es como en 1925 da principio la construcción de nuestra red de caminos.

México, al enfrentarse al problema que se le presentaba de un automóvil bastante desarrollado, de viejos caminos inadecuados para el mismo y de la necesidad de establecer comunicación entre sus centros de población para dar apoyo a los planes de desarrollo e integración, -

tuvo que resolver su problema con los medios con que contaba a su alcance que no siempre fueron los más idóneos, ya que existían presiones por comunicar cuanto antes las ciudades de nuestro país, por un lado y por otro lado el retraso con que llegaban a nuestro país las nuevas técnicas - así como el tiempo que se requería para su implementación y aplicación.

En los años cuarenta se inicia la investigación en México, de temas relativos a los caminos, época en que ya se tenían 8,000 kilómetros de carretera tránsitable en toda época.

Es así como se integra la actual red caminera del país la cual comunica la capital de la República con las capitales de los estados, éstas entre sí, y conduce a las fronteras, a los puertos marítimos y a los principales centros de producción y consumo.

### I. 3. - Estado Actual de la Red Carretera

#### I. 3. 1. - La Utilización de la Red Vial

Actualmente se puede hablar de 213,000 km. como la longitud de la red del país transitable en toda época del año, esta longitud está integrada por caminos federales, es decir, costeados 100% con presupuesto del gobierno federal; caminos bipartitas, del plan de cooperación a 50% el gobierno del estado; caminos del programa tripartita o sea en los que cooperan el gobierno federal, los gobiernos de los estados y los particulares; y --

por último una cantidad considerable de kilómetros de caminos de mano de obra. De todos estos caminos solamente los dos últimos, los tripartitas y los de mano de obra los podemos considerar alimentadores, lo cual pone a la red en condiciones de ser una red de tipo centralista, es decir, que todas las vías conducen a un mismo lugar que es la Ciudad de México, con un bajo porcentaje de caminos alimentadores, lo que si bien está justificado por la necesidad de comunicar, no deja de ser un impedimento para el desarrollo que persigue el país, ya que esto supone una congestión del tránsito y una falta de comunicación e integración social.

En 1940 se llevaron a cabo los primeros aforos, y éstos ponen de manifiesto el poco uso intenso que se hace de los caminos construidos. Solo del orden de 300 km, es decir un 3 % de la red construida en esa fecha tiene una circulación superior a 1,500 vehículos diarios. Para el año de 1950, se mantiene esta misma proporción. Solo por el 3 % de la longitud total de la red transitan más de 1,500 vehículos al día, es decir, solo por 660 km. de una red que para ese año había alcanzado 22,000 km. más aún, únicamente en 250 km. de la mencionada red se advertía un tráfico superior a los 3,000 vehículos.

Para 1980 las cosas cambiaron notablemente, ya que debido al acelerado desarrollo del país en un 70 % de las carreteras pavimentadas estaban circulando en ese año más de 1,500 vehículos diarios en promedio y en ambos sentidos.

Por otro lado es necesario mencionar que los países con una red carretera eficiente son aquellos en que la relación de kilometraje de la fracción alimentadora a la troncal es del orden de 7 a 1. En nuestro país existe actualmente una relación cercana a 4 a 1, lo que señala un desequilibrio en la red carretera nacional.

La longitud de la red de carreteras que México tiene actualmente es de 213,000 kms. aproximadamente, de los que 43,000 corresponden a la red troncal y de los cuales se estima que son aproximadamente 40,000 kms. los que constituyen lo que se ha llamado red básica, que forman la estructura vial principal del país y finalmente 170,000 kms. que constituyen la red alimentadora.

De acuerdo a los comentarios anteriores es posible apreciar que un alto porcentaje de la red vial está llegando a su saturación con un tránsito promedio diario anual mayor a 1,500 vehículos, llegándose al caso de tener hasta 52,000 vehículos diarios en un tramo de carretera, por lo que surgen las siguientes necesidades:

- a) : Dedicar una gran atención a la conservación de la red actual.
- b) : Construir más caminos alimentadores, convirtiendo las actuales brechas en rutas transitables en todo tiempo mediante los trabajos de acondicionamiento que requieran.
- c) : Efectuar trabajos de modernización, es decir de mejoramiento sustancial en sus características, únicamente en aquellos tramos de la red



actual que plenamente se justifique por haber rebasado el tránsito la capacidad del camino.

d) - Estudiar y resolver los problemas aislados de tránsito que ameriten carreteras de cuota o autopista.

De las necesidades anteriores, el presente trabajo se enfoca a un problema real que corresponde al punto c por tratarse de la modernización de un tramo de carretera.

### I. 3. 2. - Condiciones de Transitabilidad de la Red Vial

Como ya se mencionó anteriormente nuestra red vial fue creciendo a través del tiempo hasta llegar a constituir una longitud aproximada de 43,000 kms. para la red federal y cuyo desarrollo se muestra en la fig. No. I. 1. Actualmente se cuestiona el hecho de que las principales carreteras de esta red son obsoletas y que soportan un tránsito y unas cargas mayores para las que fueron proyectadas, al respecto se puede mencionar lo siguiente:

Los problemas inherentes a la conservación de la red, plantea situaciones que no es posible atender con los recursos financieros disponibles, porque hay que aceptar como principio general que nuestro país en función de su disponibilidad de recursos monetarios y con los cuales tiene que atender las distintas necesidades que va demandando para sa-

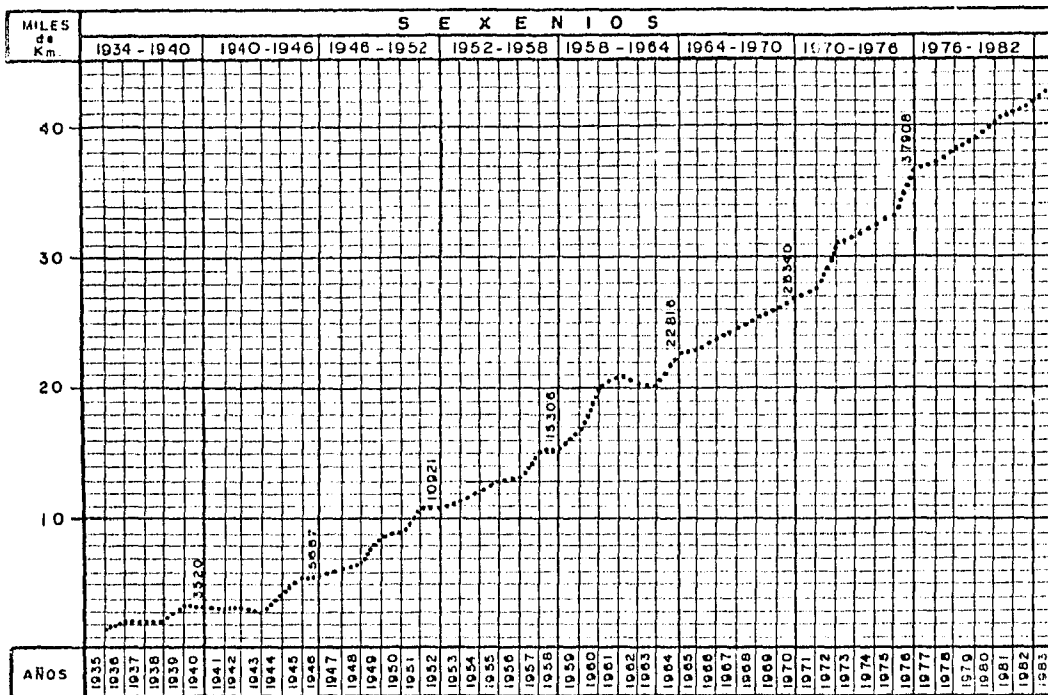


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
Z. N. Z. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barredo Amigón

CRECIMIENTO DE LA RED  
FEDERAL DE CARRETERAS

Figura  
No.  
1.1



tisfaceir problemas de comunicación, de riego, de salud, etc. fija determinadas cantidades para resolver la comunicación por medio de carreteras . Dichas cantidades han sido insuficientes para atender el incremento de las necesidades de la red, lo cual aunado a la edad de los pavimentos que en algunos casos sobrepasa los cuarenta años; al incremento extraordinario del tránsito; al aumento de las cargas rodantes y al descuido en que se tuvo esta red por las presiones para destinar más fondos al desarrollo urgente de las comunicaciones faltantes. Ha contribuido a que gran parte de la red vial esté a punto de colapsarse.

En los momentos actuales las autoridades encargadas de la conservación enfrentan un problema serio, y lo es tal vez peor para la red a cargo de la juntas locales de caminos de los estados. Un gran porcentaje de los pavimentos han llegado al nivel de rechazo y ni siquiera una conservación intensiva aliviaría esta situación en forma permanente.

Los costos de operación de algunos caminos han aumentado considerablemente, lo que ha motivado que los usuarios de los caminos, los empresarios e industriales esten protestando por el mal estado de los pavimentos, y demandan que se mejoren las superficies de rodamiento y se tomen medidas de seguridad más estrictas. Para realizar esto hace falta personal preparado, en todos los niveles; los salarios han subido extraordinariamente y los costos de materiales y equipos se han incrementado exorbitantemente. Pero lo más lamentable es que la eficiencia de -

los trabajos de campo ha bajado notablemente.

El panorama que se observa es delicado. Es necesario rehabilitar por lo menos los pavimentos del sistema carretero federal y paralelamente darle una conservación intensiva al resto de la red para transitar en forma económica y segura el transporte ligero y pesado. Es necesario fijar criterios de reconstrucción y políticas adecuadas que faciliten la enorme tarea que hay que emprender, procurando en la medida de lo posible no interferir al tránsito o reducir estas molestias al público y al contratista constructor al mínimo. Hay que fijar prioridades en los estudios y en la construcción y obtener la información periódica que permita obtener las condiciones de servicio de aquellos tramos que tengan que esperar algunos años en su rehabilitación.

Una auscultación general de la red puede orientar hacia un diagnóstico rápido para fijar un programa tentativo de rehabilitación.

#### I. 4. - Conservación de la Red Vial

La conservación de carreteras se define como la preservación de cada estructura de un camino en sus condiciones de uso normal hasta donde sea posible, con el fin de garantizar la seguridad y la economía de los usuarios.

La conservación también pretende mantener los niveles de seguridad

dad y comodidad que se obtuvieron al construir la carretera.

La conservación en general persigue las siguientes metas:

- Preservación de la estructura del camino
- Seguridad, limitar o reducir el número de accidentes.
- Comodidad, principalmente que la carpeta no presente deterioros, con el objeto de hacer posible transitar a cierta velocidad de manejo, limitando el riesgo de sorpresas peligrosas sobre el camino.

Con el fin de asegurar estas metas y obtener los fondos necesarios, se requiere establecer normas para las labores de conservación como las siguientes:

- Reconstrucción del pavimento

La superficie del camino debe mantenerse uniforme tanto por comodidad como para preservar una buena sobre elevación para el drenaje del agua. La superficie puede deteriorarse por desgaste o por deformaciones causadas por el tránsito pesado. En caminos con un alto tránsito promedio diario anual, la reconstrucción deberá hacerse cuando:

- La profundidad de las roderas exceda de 3 ó 4 cm.
- El índice de servicio esté por debajo del nivel de rechazo (menor de 2.5 y en algunos casos de 3.0)

Las deficiencias pueden ser apreciadas visualmente por Ingenieros residentes, pero también pueden ser medidas cuantitativamente me-

dian te vehículos con registro automático.

- Señalamiento

En las carreteras debe hacerse el respectivo señalamiento, tanto horizontal como vertical. Refiriéndose al horizontal que lo constituye las franjas que se pintan sobre el pavimento para ofrecer a los usuarios una guía del carril por donde deben conducir su vehículo en el camino, así como para indicar zonas de rebate o no rebate, todo esto con el fin de proporcionar seguridad en el tránsito. Cuando se maneja de noche - por ejemplo en las supercarreteras, las rayas deben reponerse cuando su función se ha limitado debido al uso y desgaste, ó cuando su capacidad de reflejar ha decrecido, en los siguientes casos:

- Cuando está maltratada en más del 20 % , o
- Cuando han desaparecido más de 100 M. de la raya.

La conservación de la red vial incluye muchas actividades las cuales están clasificadas de la siguiente manera:

- Conservación Normal

- a) : Vigilancia y Protección del derecho de vía
- b) : Desmonte y Deshierbes
- c) : Terracería, comprende las actividades de remoción de materiales producto de derrumbes, reparación de deslaves, refuerzo de taludes, encauzamiento de corrientes, etc.

- d) LDrenaje, comprende los trabajos de limpia y desazolve de cunetas, contracunetas, alcantarillas, canales de entrada, reparación de bordillos, lavaderos, etc.
- e) LSuperficie de rodamiento, consiste principalmente en realizar bacheo, relleno de roderas, aplicar riegos de sello etc.

- Conservación Preventiva

Este tipo de mantenimiento se realiza por el constructor antes de entregar el camino a la dependencia encargada del mantenimiento.

- Conservación Correctiva

Incluye trabajos menores de la conservación normal, que se realizan durante y después de la temporada de lluvias.

- Reconstrucciones

Cuando la superficie de rodamiento se encuentre muy deteriorada a tal grado que se haya llegado a una falla de tipo estructural.

- Modernizaciones

Cuando además de que la sección estructural de una carretera presente una falla de tipo estructural, ésta tenga un alto volumen de tránsito y haya rebasado el límite de la capacidad de servicio, o sea,

esté saturada, es necesario realizar trabajos como los siguientes:

- . Evitar fallas funcionales del pavimento.
- . Dar a la carretera alineamientos verticales, y horizontales de acuerdo a los crecientes tránsitos, así como secciones más anchas que permitan un tránsito fluído, esto puede incluir ampliación a más carriles de circulación.
- . Dependiendo del resultado de la evaluación de la estructura actual se decidirá si se utiliza parcial o completamente dicha estructura o si se deshecha.

Por otro lado cabe mencionar que la conservación de carreteras es una tarea sumamente cara para la sociedad en cualquier parte del mundo. Esto se complica aún más porque las obras de infraestructura, en muchos países democráticos como el nuestro, excepcionalmente dan gran popularidad a los jefes de estado. Muchos políticos prefieren asignar recursos a nuevas construcciones o a proyectos más glamorosos que a la conservación de los ya existentes.

Un factor importante en la conservación y operación de carreteras, lo constituye una organización eficiente y de recursos suficientes para las mencionadas tareas de conservación. Es necesario mencionar que el definir objetivamente este factor no es cosa fácil, ya que varios especialistas han coincidido en afirmar que el problema más avasallador actual-



mente, en todo el mundo, en relación con el mantenimiento de caminos, se refiere, al financiamiento y planeación ya que es necesario determinar los recursos que se necesitan para mantener una red vial en buen estado, determinar la obtención de esos recursos y la manera de utilizarlos más racionalmente.

En nuestro país desde hace cerca de 15 años, se inició la rehabilitación de la red vial para darle a sus pavimentos la estructura que soportara el tránsito actual. La ejecución del programa que entonces se formuló, se ha venido desarrollando lentamente.

Uno de los problemas es que se carece de información llevada sistemáticamente para poder evaluar el comportamiento de los pavimentos de la red carretera, a través del tiempo; no obstante esto, por observaciones hechas en carreteras construidas hace más de 30 años y por donde se ha encauzado el tránsito pesado, se aprecia un rápido deterioro y la imposibilidad de que estructuralmente pueda soportar el tránsito pesado actual. Los pavimentos de esa época funcionaron satisfactoriamente, pese a las limitaciones en construcción y falta de proyecto en el lapso en que el tránsito fue ligero y reducido.

Las investigaciones realizadas hasta los años sesentas, condujeron a proyectar en forma racional y económica los pavimentos para las necesidades de ese tiempo, lo que propició un incremento de la vida útil

de las obras viales.

Es lógico suponer que el mal comportamiento de los pavimentos puede atribuirse a defectos de construcción, proyecto y como punto importante malas técnicas de conservación, ya que muchas veces se dan paliativos o calmantes sin curar la enfermedad en sentido figurado, es decir se construyen sobrecarpetas en los caminos construídos con bajas especificaciones y desafortunadamente esto no detiene a mediano plazo el deterioro del pavimento.

En 1964 a solicitud de la Secretaría de Obras Públicas, el Instituto de Ingeniería de la UNAM inicia sus investigaciones con los tramos de prueba de Izúcar de Matamoros y Salina Cruz en los estados de Puebla y Oaxaca respectivamente, además de contar con una pista circular de pruebas instalada en el laboratorio del propio Instituto.

Las investigaciones del Instituto han culminado en la propuesta de un método para el proyecto estructural de pavimentos flexibles, el cual maneja conceptos como repetición de cargas, resistencia de los materiales obtenida estadísticamente, concepto de falla y concepto de sección estructural. Lo anterior hace que el método sea más racional y adaptado a nuestras condiciones.

Sin duda alguna los trabajos realizados por los investigadores del Instituto de Ingeniería han contribuído a que el proyecto de los pavim-

mentos se realice de una manera más racional con los consiguientes efectos positivos para las necesidades de la República Mexicana.

### I. 5. - Estructuración de los Pavimentos

En este apartado se presenta la necesidad de hacer la diferenciación de los pavimentos; en rígidos y flexibles. Siendo los primeros aquellos cuya superficie de rodamiento la constituye una losa de concreto hidráulico, en cambio en los segundos la constituye una carpeta asfáltica.

Debido a que el tramo objeto de este trabajo cuenta con pavimento flexible, se tratará exclusivamente lo referente a éstos.

Los pavimentos flexibles cuentan con los siguientes elementos en su estructura:

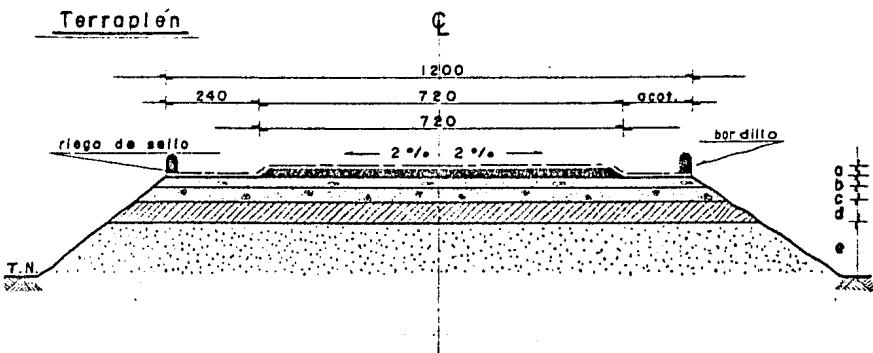
1. - Terreno de cimentación
2. - Terracerías ( cuerpo de terraplén y/o capa subrasante )
3. - Sub- base y/o base
4. - Carpeta asfáltica

En la figura No. 1.2 se muestran dos secciones, con estructura típica.

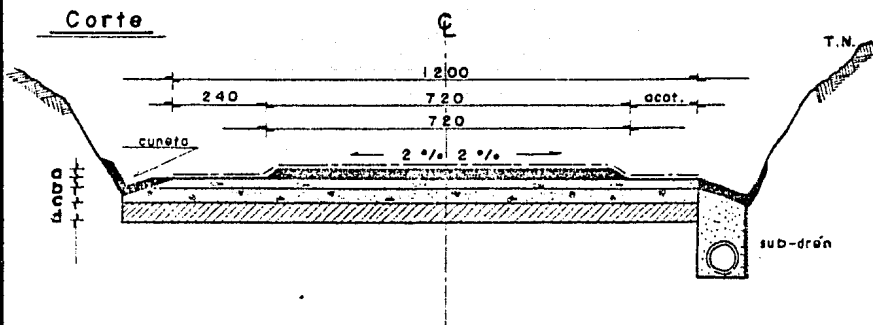
Bajo una carpeta asfáltica, generalmente formada por una mezcla de agregado pétreo y un producto asfáltico, ( cemento asfáltico, para con



Terraplén



Corte



- |  |                       |
|--|-----------------------|
|  | • Cuerpo de terraplén |
|  | d Capa subrasante     |
|  | c Sub base            |
|  | b Base                |
|  | a Carpeta             |

SIMBOLOGIA

Acotaciones en cm.

creto asfáltico y asfalto rebajado para mezcla en el lugar) que constituye la superficie de rodamiento propiamente dicha, subyaciendo a esta capa casi siempre se construyen 2 capas bien diferenciadas: una capa llamada Base, constituida de material granular y una Sub-base, construída de preferencia con material también granular, aunque las normas impongan menos restricciones en el sentido de poder utilizar materiales de menor calidad, con mayor cantidad de finos y menor exigencia en lo que se refiere a resistencia; la razón es, el mayor alejamiento de la sub-base de la superficie de rodamiento, por lo que le llegan esfuerzos de menor intensidad.

Subyaciendo a la sub-base se construye casi universalmente en el tiempo actual otra capa, denominada sub-rasante, todavía con menores requisitos de calidad que la sub-base, por la misma razón.

Bajo la sub-rasante aparece el cuerpo de terraplén en el caso de secciones en terraplén, en secciones en corte subyaciendo a la capa sub-rasante se encuentra el terreno de cimentación.

Por otro lado el establecimiento del comportamiento conjunto del terreno natural y cuerpo de terraplén con las capas suprayacentes ha sido objeto de relativamente poca atención en el pasado y existe poco escrito sobre el tema. A este respecto se pueden mencionar las siguientes observaciones:

La deformabilidad es uno de los factores básicos para la aceptación o rechazo de un material que pretenda utilizarse en la sección estructural de la carretera, principalmente en terreno de cimentación y cuerpo de terraplén ya que condicionan el buen comportamiento de las capas sustrayacentes al servir como soporte de éstas. Desde este punto de vista son fundamentales todos los elementos que contribuyan a que el material sea poco deformable.

Un gran problema a que se enfrenta el proyectista es el encontrarse con suelos finos de alta plasticidad y muy compresibles del tipo MH y CH ( limos y arcillas de alta compresibilidad), los cuales presentan características de deformabilidad tan desfavorables que su uso debería prohibirse.

Si los materiales que constituyen el terreno de cimentación, cuerpo de terraplén o capa subrasante tienen una resistencia baja, además de ser muy deformables, esto obligará a construir pavimentos de espesor considerable, por ejemplo cuando se tiene un material con un valor relativo de soporte igual a 1% se tendrá que construir 1.0 metro de pavimento en grava equivalente, lo que resultaría muy costoso.

Se plantea una disyuntiva muy clara en cuanto a la deformabilidad de los materiales que se utilicen en la sección estructural de una carretera ya que si se toma en cuenta el proyecto del pavimento será antieconómico

co y el conjunto caro, si no se toma en cuenta en el proyecto del pavimento, nunca se tendrá un pavimento con buen comportamiento a pesar de los esfuerzos que se realicen para conservarlo y por mucho que se reconstruya.

Respecto a la selección de materiales, es necesario mencionar que no se puede establecer hasta que punto una norma rígida de alguna especificación puede resolver este tipo de problemas, pues un mismo suelo puede tener un comportamiento diferente según sean las condiciones de clima, drenaje y subdrenaje, geometría del terraplén o corte donde se coloque, topografía del lugar, etc. también juega un papel fundamental en el comportamiento final, el grado de compactación obtenido.

#### 1. 5. 1. - Funciones de los Elementos que constituyen la Sección Estructural de un Camino

##### - Terreno de Cimentación

Se entiende por terreno de cimentación la parte de la corteza terrestre en que se apoya la estructura de la obra vial y que es afectada por la misma. La función del terreno de cimentación es soportar la obra vial, es de vital importancia en el comportamiento futuro de la vía, debido a que una falla de éste se verá reflejada en el comportamiento de toda la estructura.

- Cuerpo de Terraplén

El cuerpo de terraplén es la capa cuya finalidad es la de dar el nivel adecuado para el desarrollo del camino, de acuerdo al proyecto geométrico.

- Capa subrasante.

Las funciones de esta capa son las siguientes:

- . Capa de transición entre el terreno natural o el cuerpo de terraplén y el pavimento
- . Resistir los esfuerzos que le transmita el pavimento, debido al paso de los vehículos y transmitirlos al cuerpo de terraplén o al terreno de cimentación, de tal forma que los resistan fácilmente.
- . Impedir que el material de la sub-base se incruste en el cuerpo de terraplén o en el terreno de cimentación según sea el caso
- . Impedir que las irregularidades en la cama de los cortes en roca, se reflejen en la superficie de rodamiento.
- . Reducir espesores en las capas de sub-base base y carpeta, con el ahorro que esto, trae implícito.

- Sub - base

Una de las principales funciones de la sub-base es de carácter económico, se trata de construir el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un



material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere - - construir de un espesor mayor la capa de sub-base, sustituyendo espesor de la base, aun cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total, pues, naturalmente cuanto menor sea la calidad del material colocado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, impidiendo que se reflejen en la superficie de rodamiento.

Otra función de la sub-base es la de actuar como dren para desalojar - el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería.

#### - Base

La función fundamental de la base consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito. La base también drena el agua que se introduce a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como también impide la ascensión capilar.

#### - Carpeta

La carpeta es la capa que proporciona una superficie de rodamien

to estable, capaz de resistir la aplicación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de frenaje, los producidos por las fuerzas centrífugas, los impactos, etc., debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo y un frenaje apropiado. La naturaleza de la carpeta debe ser tal que resista la acción de los agentes del intemperismo. Es necesario que tenga un color que evite reflejos del sol durante el día o de luces artificiales durante la noche.

Después de mencionar los elementos constituyentes de la sección estructural de una carretera y de definir sus funciones es imprescindible decir que las obras de drenaje, las obras complementarias y el subdrenaje, son elementos de vital importancia para proteger la obra vial, ya que su finalidad consiste en que el agua superficial o subterránea que llegue o tienda a llegar a la estructura de la carretera, sea desalojada rápidamente o interceptada de manera adecuada, evitando con ello que se produzcan deterioros en dicha estructura y que se afecte su buen funcionamiento o duración.

Debe ponerse especial atención al proyecto de las obras de drenaje y subdrenaje de una carretera, pues es cosa bien sabida por los especialistas en vías terrestres que en su gran mayoría, la causa principal de fallas en los pavimentos se deben a que no se canaliza adecuadamente el agua de lluvia o de filtración.

Después de exponer algunas características básicas de los pavimentos, se continuará con lo referente a la evaluación de éstas.

#### 1. 6. - Evaluación de Pavimentos

La función de la evaluación dentro de una organización que se encarga de administrar una red vial, es medir una serie de características las cuales condicionan las diversas respuestas que puede tener un pavimento. Estas mediciones que deben ser periódicas pueden ser utilizadas para lo siguiente:

- . Programa las rehabilitaciones de acuerdo a lo indicado por los datos obtenidos
- . Proporcionar datos para mejorar las técnicas de construcción y conservación
- . Proporcionar información para los programas de mejoramiento de la red vial, etc.

Por lo tanto, la evaluación de pavimentos es una parte fundamental de cualquier sistema de administración de carreteras ya que proporciona los medios para detectar necesidades tanto a nivel de red como de proyecto individual.

Por otra parte se pueden considerar dos enfoques perfectamente definidos y separados para evaluar a los pavimentos.

1. - Un enfoque cualitativo en donde se hacen estudios del comportamiento funcional, utilizando el concepto subjetivo de calificación actual.
2. - Un enfoque cuantitativo en donde se hacen estudios desde el punto de vista estructural con el uso de formas mecánicas de evaluación y/o métodos destructivos del pavimento.

Ahora bien como las carreteras son obras que abarcan una gran extensión longitudinal. Es necesario para los estudios de evaluación dividirlas en tramos representativos atendiendo a los siguientes conceptos:

- 1o. - Climatología
- 2o. - Hidrología
- 3o. - Geología, con la consiguiente estratigrafía y sus propiedades mecánicas.
- 4o. - Cortes y Terraplenes debido a la Topografía
- 5o. - Estabilidad de Taludes
- 6o. - Drenaje y Sub-drenaje
- 7o. - Deterioro Superficial

Respecto al último punto cabe mencionar que los estudios de las condiciones superficiales de los pavimentos tienen como objetivo obtener información útil para la toma de decisiones en relación con las medidas de mantenimiento necesarias para prevenir deterioros futuros acelerados

o para elegir los procedimientos de rehabilitación requeridos para mejorar el pavimento.

Los defectos que son usualmente medidos se pueden dividir en:

a) : Defectos Superficiales

- . Pérdida del agregado de cubierta
- . Erosión de la carpeta
- . Zonas lloradas

b) : Deformaciones Permanentes

- . Roderas
- . Corrugaciones
- . Depresiones
- . Bufamientos

c) : Agrietamientos

- . Longitudinal
- . Transversal
- . Reflexión
- . De Esquina
- . Aleatorio
- . Piel de cocodrilo
- . Por deslizamiento

d) : Zonas Reparadas

- . Baches tapados
- . Riego de sello
- . Renivelaciones.

Todo esto para poder tener una visión global del problema, es -- conveniente presentarlo en un mapa de daños mediante el cual se puedan emitir juicios adecuados; asimismo, poder hacer la planeación y programación de los pasos a seguir en las siguientes etapas, también es el instrumento necesario para la programación y ejecución de las pruebas, tanto de campo como de laboratorio a efectuar.

#### I. 6. 1. - Comentarios de la Experiencia Mexicana en el Campo de la Evaluación Estructural de Pavimentos

En nuestro país la experiencia en métodos de evaluación estructural, puede resumirse en dos casos; los métodos no destructivos, los cuales se han utilizado en forma limitada, mientras que los destructivos han sido desde hace muchos años, los métodos más empleados para todos los estudios de reconstrucción o rehabilitación.

##### A) Métodos no Destructivos

En estos Métodos la Viga Benkelman ha sido el dispositivo más -- utilizado desde 1963, para fines principalmente de estudios de comportamiento de carreteras, evaluación de pavimentos, análisis de rehabilita--

ción de carreteras y para evaluación estructural de pavimentos de aeropuertos. Sus mayores ventajas son la experiencia que se tiene en su uso e interpretación, la utilización de las cargas reales, la simplicidad de su operación y su manejabilidad; su mayor desventaja es su velocidad de operación que es relativamente lenta.

Las pruebas de placa se han utilizado en el caso de carreteras para estudios especiales, como la experimentación que realiza el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. en su propio laboratorio. También se han usado para complementar algunos proyectos de reconstrucción y otras aplicaciones especiales.

Para el caso de Aeropuertos, el uso de las pruebas de placa ha sido más intenso tanto para el diseño de pavimentos como para evaluación de los existentes, aquí se destaca el procedimiento inglés LCN que se ha utilizado desde 1974, como medida rutinaria del comportamiento de las aeropistas más importantes del país.

Entre las ventajas de las pruebas de placa, se encuentran la experiencia que se tiene en su uso e interpretación, la gran cantidad de información útil que se obtiene, así como la posibilidad de análisis teórico que permite esta prueba; sus mayores desventajas son la lentitud del procedimiento y la gran cantidad de equipo adicional que se requiere.

El equipo Dynaflect se ha utilizado desde 1972, tanto para fines de estudio de comportamiento de tramos de carreteras sujetos a experimentación, como para evaluación estructural para fines de rehabilitación de carreteras.

Las mayores ventajas de este equipo son la velocidad de operación y el poco mantenimiento requerido entre sus desventajas esta el alto costo de la inversión inicial como ya se expuso, la viga Benkelman es a nivel mundial el dispositivo más utilizado y del que se tiene mayor experiencia en la interpretación de resultados, por lo cual para aprovechar esas ventajas, se ha tratado de correlacionarla con las medidas de otros equipos más rápidos en su operación, como en el caso del equipo Dynaflect; sin embargo el uso de esas correlaciones es muy peligroso ya que solo son relativamente válidas para las condiciones en que se desarrollaron.

## B) Métodos Destructivos

Aun cuando el comportamiento de un pavimento se pueda establecer por la evaluación de los defectos superficiales, es necesario en ocasiones, observar directamente la estructura de un pavimento con el objeto de determinar dónde y por qué ocurrió la falla. El término "Prueba Destructiva" es aplicado a los métodos de evaluación que alteran la estructura original del pavimento, al estudiar los daños en sitios particulares. Las técnicas



usadas dependen del tipo de información que se desee, aunque generalmente se requiere de una excavación para obtener muestras alteradas y/o inalteradas de la capa o capas que se requieran estudiar. En tal situación se requiere excavar una cala, trinchera o sondeo en el pavimento destruyendo su estructura en ese sitio.

La excavación de calas o trincheras en un estudio de evaluación de pavimentos, permite obtener información acerca de las condiciones en que se encuentran los materiales y sus características. Puede observarse la estructura del pavimento y tomar muestras de los materiales que lo constituyen.

La importancia de estos estudios se resalta al señalar que, la única forma segura para determinar la causa del deterioro es excavar una trinchera o cala en el pavimento y probar cada uno de los materiales que lo componen, para determinar la resistencia estructural de cada uno.

#### B. 1 - Trabajos de Campo

Entre las pruebas de campo, que pueden ser útiles para la evaluación estructural del pavimento se cuenta: Las pruebas de placa, de valor relativo de soporte en el lugar en estado natural y saturada de humedad y peso volumétrico en el sitio.

##### 1. - Pruebas de Placa.

Las pruebas de placa pueden realizarse sobre cada una de las capas de la estructura vial, con el propósito de determinar módulos de elasticidad, valores soporte y/o módulos de reacción; son muy útiles porque son la medida más directa para determinar la resistencia de cada capa - tal como está colocada en el lugar de estudio, es decir a escala natural.

## 2. - Pruebas de Valor relativo de Soporte.

Para muchos problemas es posible obtener una estimación de la resistencia de las terracerías de las pruebas iniciales de valor relativo de soporte que fueron hechas antes del diseño original y la construcción. Sin embargo, la densificación de algunos materiales, bajo el tránsito, - junto con las condiciones ambientales, hacen estas estimaciones difíciles, por lo que es necesario realizar V. R. S. en el lugar, que aunque consume mucho tiempo en casos, la información que proporcionan es muy valiosa para los análisis estructurales.

En vez de realizar pruebas en el lugar, pueden obtenerse muestras de material por medio de excavaciones, para probarlas en laboratorio, ya sea con pruebas estándar ó modificadas.

## 3. - Pruebas de Humedad y Peso volumétrico en el sitio

Aunque el peso volumétrico y la humedad de los materiales, dependen de la época del año en que se hagan las determinaciones, estos valores

forman parte integral del proceso de evaluación. Estas pruebas pueden realizarse por el método estándar de cono y arena, o técnicas nucleares.

## B. 2. - Pruebas de Laboratorio

En la evaluación de cualquier estructura de pavimento es necesario realizar pruebas de laboratorio para cuantificar la calidad y resistencia de cada uno de las capas del sistema pavimento. Estas pruebas incluyen: granulometrias, compactaciones, contenidos de agua y pruebas de resistencia además deben obtenerse corazonces del pavimento para determinar sus propiedades por medio de ensayos de tensión, compresión y otros.

En resumen los métodos destructivos consisten básicamente en las siguientes pruebas:

### A : Trabajos de campo

- . Medición de espesores
- . Determinación de humedad en el lugar
- . Determinación de pesos volumétricos
- . Extracción de muestras alteradas y/o inalteradas para ensayos de laboratorio
- . Valores relativos de soporte en estado natural y saturado en el lugar.

### B : Ensayes de Laboratorio

- . Granulometrias
- . Límites de consistencia
- . Equivalentes de arena
- . Pruebas de compactación
- . Pruebas de resistencia
- . Diseño de mezclas asfálticas, etc.

Se considera que en este tipo de trabajos se tiene una experiencia desarrollada muy valiosa, tanto para la realización de las pruebas como para su interpretación.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO

#### II.1. - Antecedente Histórico

El tramo en estudio forma parte de los caminos que se construyeron en la década de los años cuarenta, época en que ya se tenían aproximadamente 10,000 kilómetros de carreteras transitables en toda época del año, de los cuales solo el 50% estaban pavimentadas. En esta época también, como ya se mencionó en el capítulo anterior, se inicia la investigación de pavimentos, debido a esto el tramo Tangancicuaro - Zamora se construyó con especificaciones bajas y sin ningún control de calidad, ya que éste se comienza a dar hasta la década de los años cincuenta.

A continuación se comentan los aspectos geográficos que envuelven al tramo en estudio.

#### II.2. - Localización del Tramo en Estudio

Geográficamente el tramo en estudio se encuentra ubicado entre los

paralelos 19° y 20° del hemisferio norte y entre los meridianos 102° y 103° - al oeste de la ciudad de Morelia en el estado de Michoacán. El estudio realizado comprende el kilómetro 131 + 000 hasta el 144 + 000 con origen de ca-denamiento en Morelia Mich.

En la figura II. 1 se muestra un plano de localización del tramo objeto de este estudio.

### II. 3. - Topografía

El tramo en estudio se aloja en un terreno cuya topografía varía de lomerío suave a plano, cruzado por algunos ríos. El drenaje superficial - está bien definido y es del tipo arborecente. El tramo cuenta con secciones en terraplén en sus zonas extremas del kilómetro 131 + 000 al 132 + 500 y - del kilómetro 140 + 000 al 144 + 000, representando el 42% de la longitud to-tal y con alturas de terraplén que varían de 0 m. a 3.5 m. aproximadamente. El 58% restante del tramo cuenta con secciones en balcón del kilómetro 132 + 500 al 140 + 000 localizándose algunas secciones en corte aisladamente. En las secciones en balcón, la altura de corte varía de 0.50 m. a 2.6 m. - aproximadamente y la altura de terraplén varía de 0.6 m. a 3.8 m. aproximi-madamente.

En la figura No. II. 2 es posible apreciar la topografía de la zona en estudio, pudiendo constatar lo antes dicho.



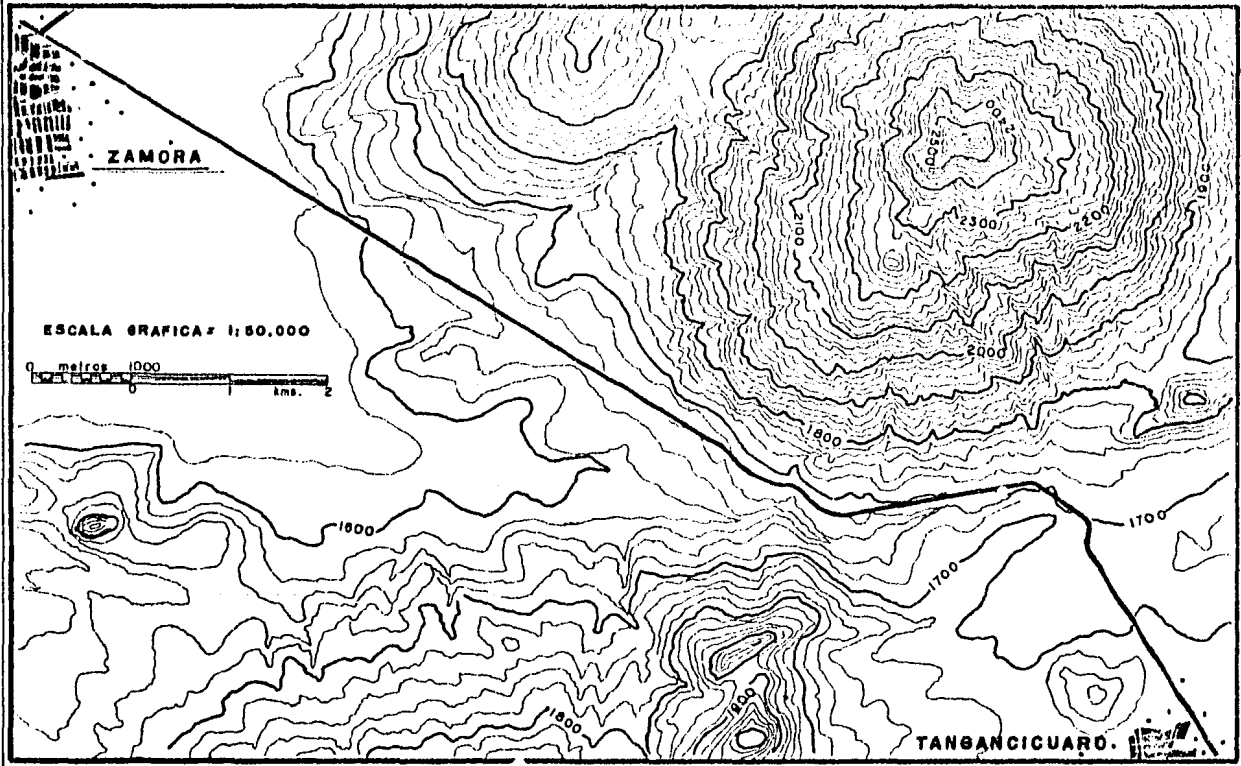


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamin Barrado Amigón

TOPOGRAFIA DEL TRAMO  
EN ESTUDIO

Figura  
No.  
11.2





La fotografía No. 1 muestra el tramo en el kilómetro 136 + 000, en donde es posible observar la sección en terraplén.

En la figura No. II.3 se muestran los pérfiles longitudinales tomados por los hombros derecho e izquierdo de la sección geométrica del tramo, en donde es posible apreciar las alturas de corte y terraplén.

La altura sobre el nivel del mar de la zona en estudio varía de 800 a 1,200 m.

#### II. 4. - Climatología

Los datos que se presentan en este inciso fueron obtenidos siguiendo los lineamientos de la mundialmente aceptada clasificación de climas según W. Köppen y con datos obtenidos en el departamento de meteorología del servicio meteorológico mexicano.

La climatología de la zona queda definida por los siguientes conceptos que se presentan a continuación.

##### Clima

En esta zona es sub-tropical de altura tipo mexicano, templado regular e identificado con las siglas Cwh. En este clima hay lluvias en verano siendo la temperatura media del mes más cálido mayor a 22 °C y la tem



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

TOPOGRAFIA Y GEOLOGIA

foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 1. - Tomada en el km. 132 + 500. Apreciese-  
la sección en terraplén.



FOTOGRAFIA No. 2. - Tomada en el km. 140 + 000 Rocas ig-  
neas encontradas en una zona adyacente al tramo

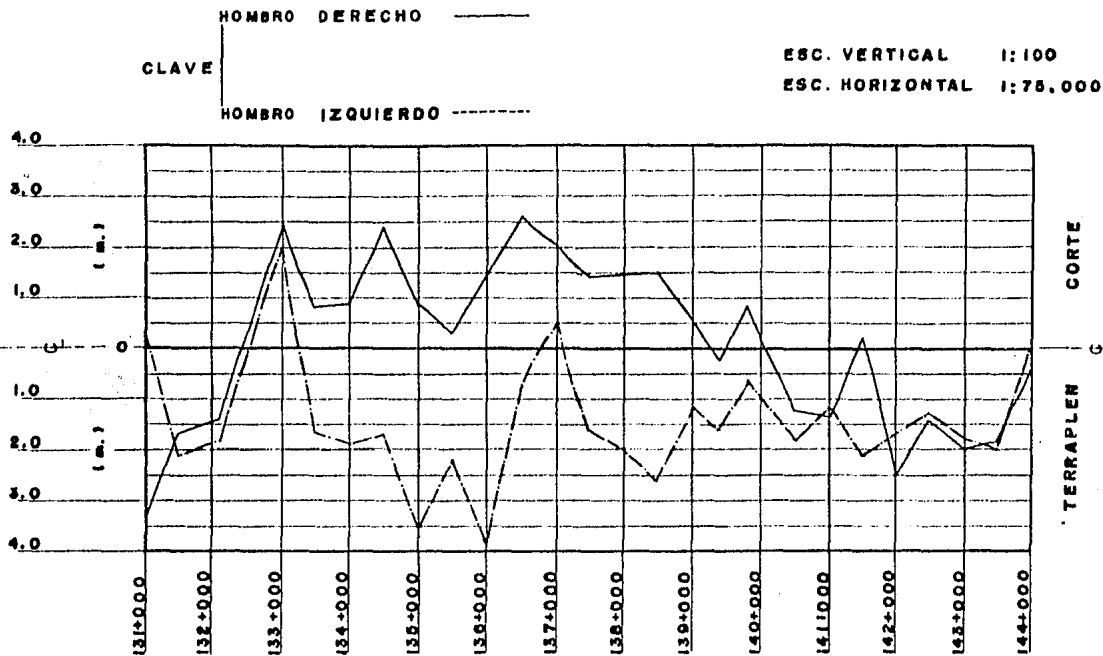


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barredo Amigón

PERFIL LONGITUDINAL

Figura  
No.  
11.3



peratura de cuatro meses o más superior a 10°C, registrándose la máxima temperatura antes del solsticio de verano.

**Temperatura Media Anual**

Varía de 18° a 22°C

**Vientos Dominantes**

Los vientos dominantes provienen del suroeste con una intensidad - máxima de 3

**Precipitación Media Anual**

Varía de 800 a 1 000 mm.

**Número anual de días con Heladas**

Varía de 0 a 20 días.

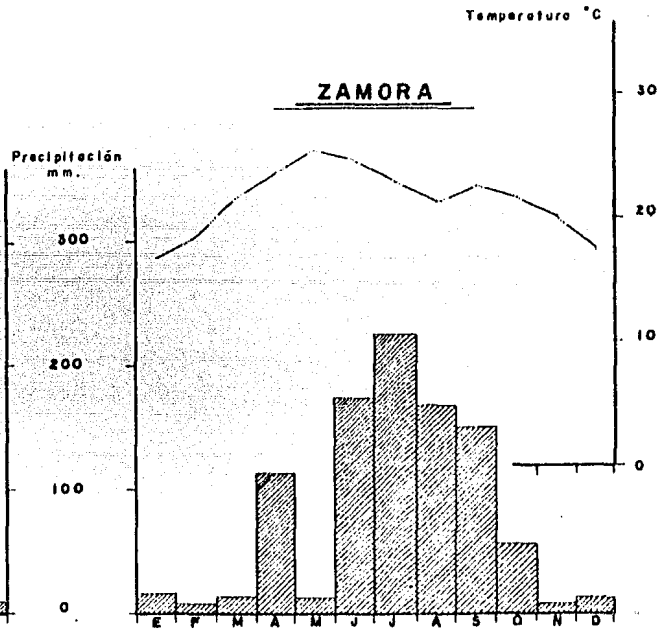
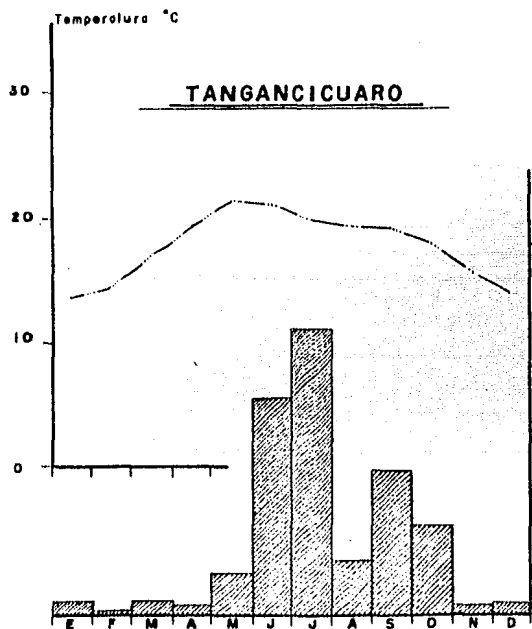
**Indice de Aridez**

Varía de 53 a 67

En la figura No. II. 4 se muestra la variación con el tiempo de la - temperatura en grados centígrados y la altura de la lluvia en mm.

**II. 5. - Geología**

El tramo en estudio queda comprendido dentro de la provincia fisiográfica de la faja volcánica transmexicana ( Mooser 1960 ) o también cono-



cida como eje neovolcánico. Esta se caracteriza por una altiplanicie situada a más de 200 m. sobre el nivel del mar, de la que sobresalen numerosos cerros de varios cientos metros de altura. La mayoría de estos representan aparatos volcánicos, cuya composición litológica varía desde rocas basálticas a riolíticas. Las emisiones lávicas tienen edades que varían desde el plioceno tardío hasta el reciente. Observándose gran diversidad de estados de erosión. Entre los cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas que están formadas en gran parte por rellenos lacustres que contienen gran variedad de rocas mezcladas con cenizas volcánicas.

Los principales fenómenos en esta provincia están representados por las fallas y fracturas causadas por las emisiones volcánicas. La dirección principal del fracturamiento regional es aproximadamente E - W.

La formación geológica que se presenta en la zona de estudio es la correspondiente a la formación del cenozoico superior volcánico (CSV) (mioceno al reciente), constituida principalmente por rocas del plioceno superior al reciente con el predominio de lavas o basaltos.

En la figura II.5 se muestra la composición geológica de la zona, en donde se puede apreciar la existencia de dos zonas en donde se desarrolla el tramo en estudio. La primera abarcando la parte central del tramo en donde predomina el basalto y la segunda en las partes extremas es zona de aluvión.

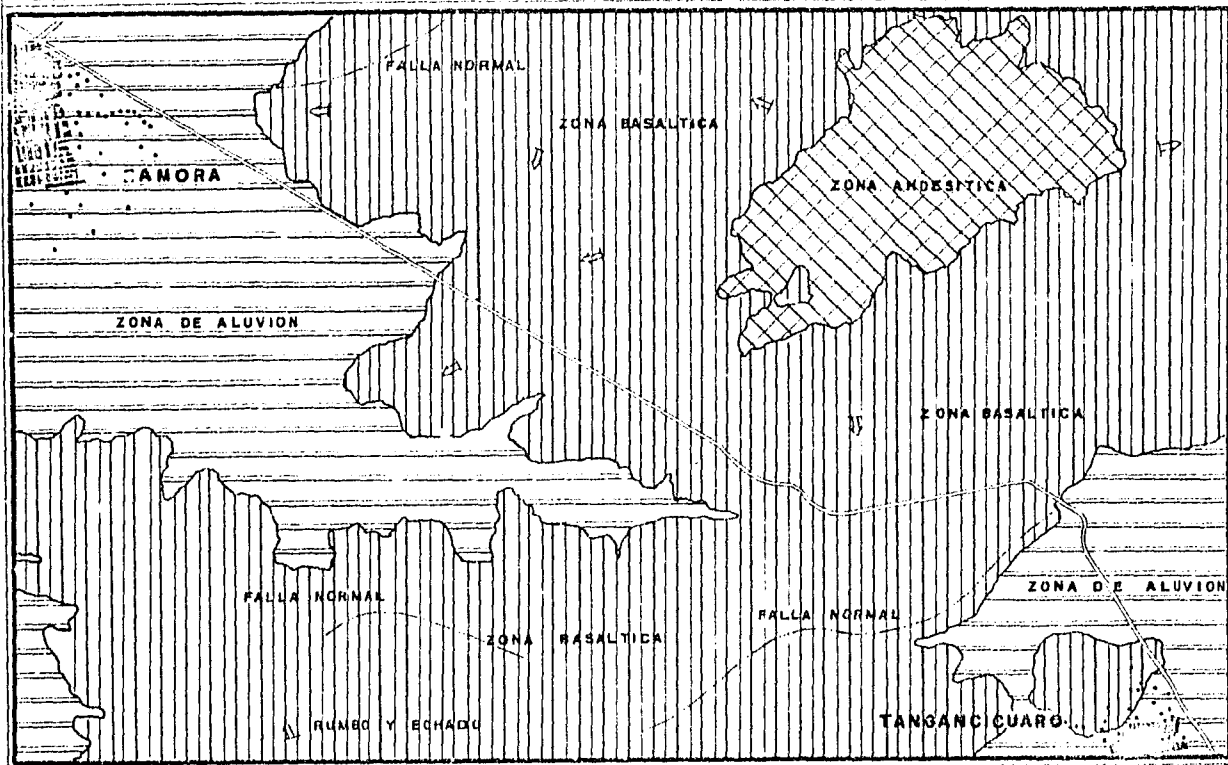


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barredo Amigón

GEOLOGIA DEL TRAMO  
EN ESTUDIO

Figura  
No.  
11.5



En la fotografía No. 2 (en una zona adyacente al tramo) se pueden apreciar bloques de roca en la zona aluvial, lo que viene a constatar lo mencionado anteriormente con respecto a que los rellenos aluviales contienen rocas mezcladas con cenizas volcánicas.

## II. 6. - Hidrología

En forma muy general se puede decir que el camino en estudio se encuentra en la cuenca del río Duero la cual tiene una superficie de 2156 - Km<sup>2</sup>. además del mencionado río también cruzan al camino los ríos Chaparaco y Santiaguillo.

Como ya se mencionó en el inciso II. 4 referente al clima, el tramo se encuentra en una zona templada con lluvias en verano, clima que se caracteriza por una precipitación anual media del orden de 1,000 m m. El mes más lluvioso del año es julio, con una precipitación de 230 mm. y los meses de menor precipitación son febrero y noviembre, como se puede apreciar -- en las gráficas de la figura II. 4.

En la figura No. II. 6 se muestran los ríos que cruzan al tramo y las corrientes de agua superficial que existen en la zona.



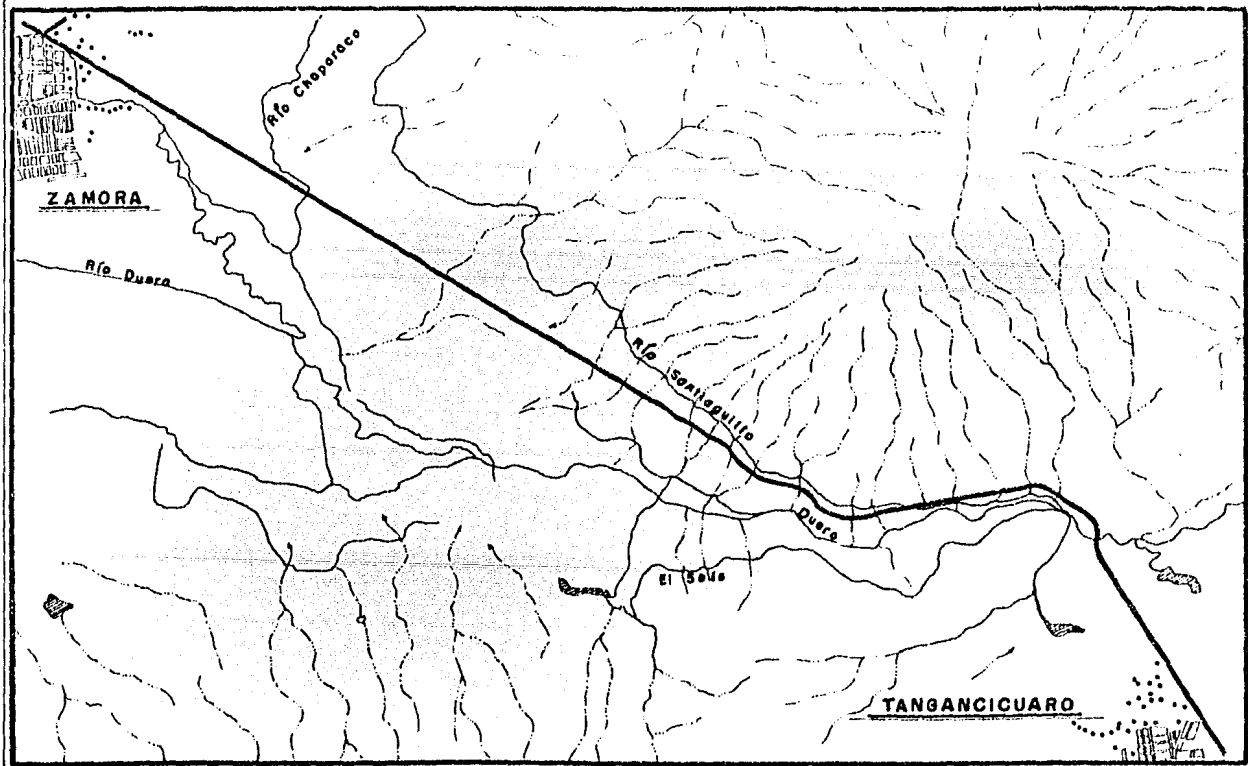


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrado Amigón

HIDROLOGIA DEL TRAMO  
EN ESTUDIO

Figura  
No.  
11.0



## CAPITULO III

### CONDICIONES GENERALES DEL TRAMO

#### III. 1. - Características Actuales de la Carretera

##### III. 1. 1. - Proyecto Geométrico

Como ya se menciono anteriormente, el tramo en estudio se encuentra en una zona que va de Lomerío suave a plana; este tipo de topografía -- provocó que el proyecto geométrico guardara las siguientes características:

En el Sub-tramo comprendido del kilómetro 131 + 000 al 132 + 500 - nos encontramos con un proyecto geométrico caracterizado por ser una sucesión de tangentes unidas por curvas verticales de escasa longitud. La pendiente en este sub-tramo varía de -0.2 % a 5.1 %, lo cual esta dentro de los valores permisibles para este tipo de carretera, ya que la pendiente gobernadora debe ser del 3 % y la máxima de 5 %. Respecto a la sección geométrica de la carretera, se puede decir que es inadecuada ya que los anchos de corona varían de 8.50 a 10.00 m. y los anchos de calzada varían de 6.00 a 6.80 m., siendo lo recomendable para este tipo de carretera tener anchos - de 12.00 y 7.20 m. para corona y calzada respectivamente.

En el sub-tramo comprendido del kilómetro 132 + 500 al 136 + 600 -

aproximadamente, el proyecto geométrico de la carretera se torna diferente con respecto al tramo anterior ya que existen curvas amplias correspondientes a radios de curvatura grandes con pendientes suaves que varían de -0.5 % a 2.9 % estando dentro de los límites permisibles de pendiente gobernadora y máxima comentados en el párrafo anterior. En este sub-tramo los anchos de corona varían de 7.10 a 10.00 m. y los anchos de calzada varían de 5.60 a 6.10 m. Lo anterior hace que la sección geométrica sea obsoleta para este tipo de carretera.

En el sub-tramo comprendido del kilómetro 136 + 600 al kilómetro 144 + 000, término del tramo en estudio, nos encontramos con un proyecto geométrico caracterizado por ser una sucesión de tangente unidas por curvas verticales de escasa longitud, al igual que el sub-tramo mencionado inicialmente. En general la pendiente de este sub-tramo es suave variando de -0.15 % a 4.95 % estando dichos valores dentro de los límites permisibles ya mencionados. La sección geométrica cuenta con anchos de corona que varían de 5.50 a 12.30 m. y anchos de calzada que varían de 5.50 a 7.00 m. Lo anterior indica que tenemos una sección geométrica muy variada que en la mayoría de los casos no cumple con los anchos recomendables.

A continuación se presenta una relación de anchos de corona y carpeta tomados a cada 500 m. a lo largo de toda la longitud del tramo:

KILOMETRO	ANCHO DE CORONA	ANCHO DE CARPETA
	( m . )	( m . )
131 + 000	8.5	6.0
131 + 500	9.0	6.0
132 + 000	9.5	6.2
132 + 500	10.0	6.8
133 + 000	8.6	6.0
133 + 500	9.5	5.7
134 + 000	9.3	6.0
134 + 500	7.5	5.7
135 + 000	10.1	5.8
135 + 500	7.5	5.1
136 + 000	7.1	6.0
136 + 500	7.9	5.6
137 + 000	8.6	6.2
137 + 500	10.6	7.0
138 + 000	10.4	6.2
138 + 500	10.6	6.9
139 + 000	6.2	6.2
139 + 500	9.4	6.2
140 + 000	7.5	6.2
140 + 500	8.9	7.1
141 + 000	5.5	5.5

KILOMETRO	ANCHO DE CORONA ( m . )	ANCHO DE CARPETA ( m . )
141 + 500	8.5	6.2
142 + 000	12.3	6.2
142 + 500	11.3	6.0
143 + 000	12.2	7.0
143 + 500	14.4	7.0
144 + 000	12.0	6.0

Rango de variación del ancho de la corona:

De 5.5 a 14.4 m .

Rango de variación del ancho de la Calzada:

De 5.5 a 7.1 m .

Para obtener los valores representativos de los anchos de corona y calzada de la sección geométrica del tramo en estudio, se eliminaron los valores mayores a 12.0 m . debido a la escasa frecuencia con que se presentan y se calculó el promedio de los valores restantes obteniendo para los anchos de corona, calzada y acotamientos las dimensiones siguientes:

Acotamientos	-	1.25 m .
Calzada	-	6.10 m .
Corona	-	8.60 m .

En las figuras Nos. III.1 a III.3 se muestran secciones transversales del tramo en estudio y en la figura No. III.4 se presentan las secciones transversales representativas del tramo.

### III.1.2. - Tránsito.

El tránsito diario promedio anual ( T.D.P.A. ) que circula en una obra vial, tal como lo es una carretera, queda definido como el número de vehículos que circula sobre dicha obra durante el lapso de un año dividido entre el número de días. El concepto T.D.P.A desempeña un papel muy importante en el proyecto de pavimentos, por lo que debe obtenerse de la manera más aproximada posible.

A continuación se presenta un resumen de los datos viales obtenidos para el tramo en estudio en los años de 1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1979 y 1980. Los datos incluyen el nombre de la población, el kilómetro donde se ubica la población, el lugar donde se realizó el aforo indicando con el número 1 si fue a la entrada y con el número 3 si fue a la salida del lugar mencionado, el tránsito diario promedio anual aforado en el año indicado y además la clasificación vehicular en algunos años, no en todos. La clasificación se presenta en la forma que se acostumbra hacerlo en tipos A, B y C en donde:

A - Porcentaje de Automóviles

B - Porcentaje de Autobuses

C - Porcentaje de Camiones pesados

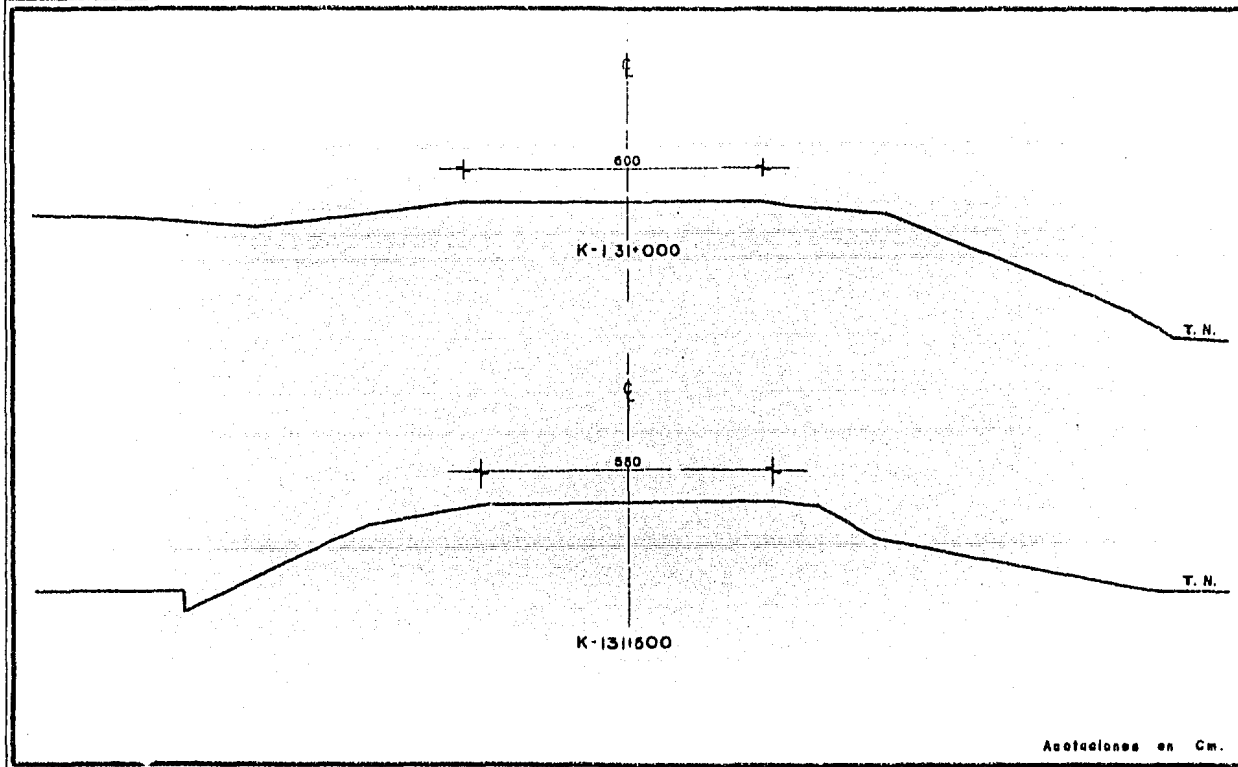


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrado Amigón

SECCIONES TRANSVERSALES

Figura  
No.  
III.1



Acotaciones en Cm.

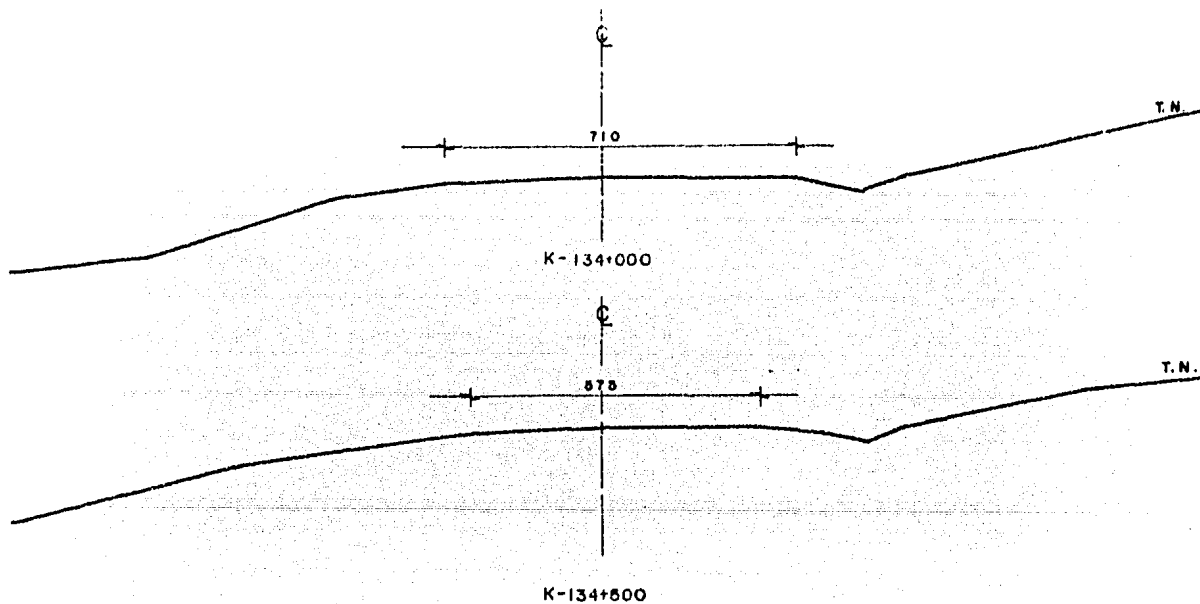


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrado Amigón

SECCIONES TRANSVERSALES

Figura  
No.  
III. 2



Anotaciones en Cm.



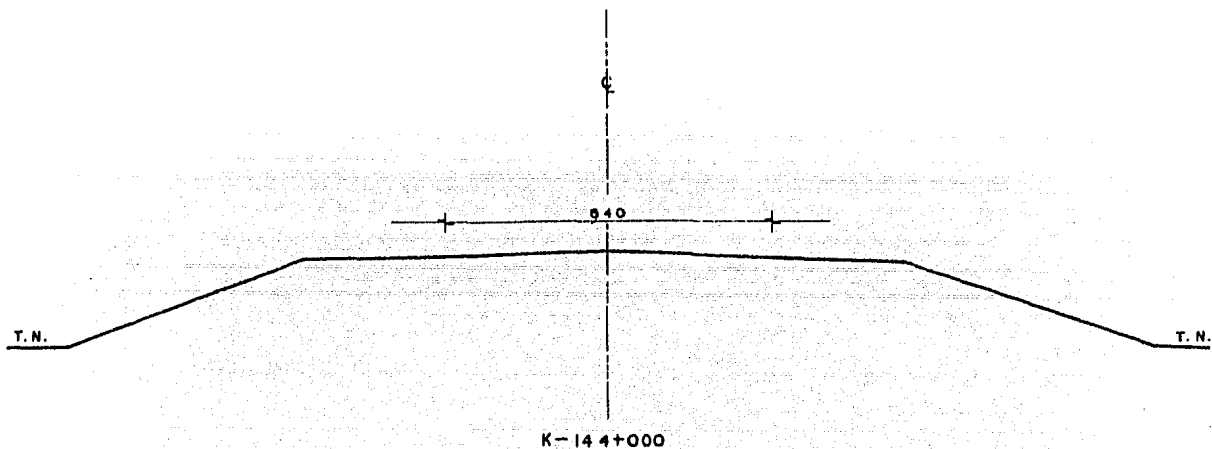


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

SECCION TRANSVERSAL

Figura  
No.  
III.3



Acotaciones en Cm.

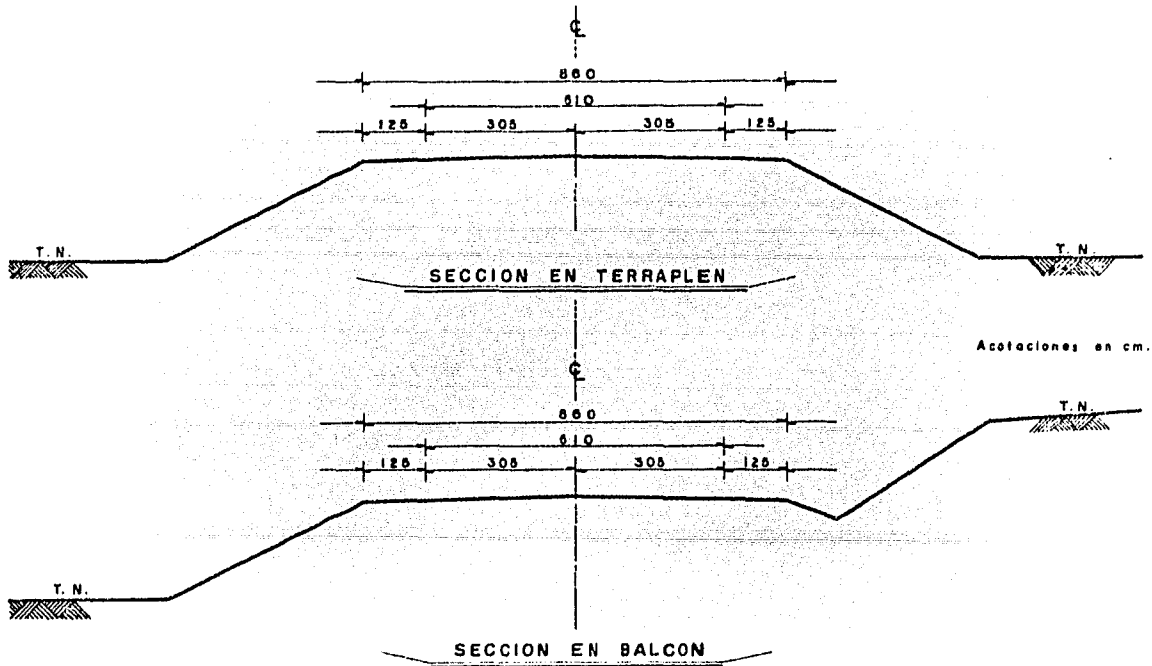


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrado Amigón

SECCIONES TIPO

Figura  
No.  
III.4



Año: 1973

<u>LUGAR</u>	<u>KILOMETRO</u>	<u>AFORO</u>	<u>T. D. P. A.</u>	<u>A%</u>	<u>B%</u>	<u>C%</u>
Nogales	123 + 500	1	2, 750	59	11	30
Zamora	144 + 000	1	4, 260	-	-	-

Año: 1974

Tangancícuaro	131 + 000	1	3, 650	-	-	-
Tangancícuaro	131 + 000	3	4, 500	-	-	-
Zamora	144 + 000	1	5, 300	-	-	-

Año: 1975

Tangancícuaro	131 + 000	1	3, 000	-	-	-
Tangancícuaro	131 + 000	3	4, 700	-	-	-
Zamora	144 + 000	1	5, 550	-	-	-

Año: 1977

Tangancícuaro	131 + 000	1	3, 713	-	-	-
Tangancícuaro	131 + 000	3	4, 445	-	-	-
Zamora	144 + 000	1	5, 248	66	12	12
Zamora	144 + 000	3	10, 588	-	-	-

Año: 1978

Tangancícuaro	131 + 000	1	4, 690	55	7	38
---------------	-----------	---	--------	----	---	----

Tangancícuaro	131 + 000	3	5, 170	59	5	36
Zamora	144 + 000	1	6, 680	54	5	41

Año: 1979

Tangancícuaro	131 + 000	1	5, 920	-	-	-
Zamora	144 + 000	1	6, 978	-	-	-
Zamora	144 + 000	3	10, 552	-	-	-

Año: 1980

Tangancícuaro	131 + 000	1	6, 667	-	-	-
Zamora	144 + 000	1	7, 345	-	-	-
Zamora	144 + 000	3	11, 107	-	-	-

Con los datos anteriores y obteniendo un promedio de los tránsitos aforados se obtiene la siguiente tabla para el tramo Tangancícuaro-Zamora.:

AÑO	T. D. P. A	TASA DE INCREMENTO ( % )
1973	3,500	40 %
1974	4,900	4.6
1975	5,125	5.7
1977	4,846	22.3
1978	5,925	8.8
1979	6,449	8.5

1980	7,000	10.0
1981	7,700	10.0
1982	8,470	10.0
1983	9,317	10.0
1984	10,250	

Para los últimos cuatro años se supuso una tasa de incremento anual de 10 % en base al desarrollo que ha experimentado la zona y considerando - , también el desarrollo acelerado que ha tenido el país en los últimos años.

La composición vehicular que se considerará para el tramo en estudio será la siguiente:

- A - 56 %
- B - 5 %
- C - 39 %

La composición anterior se obtuvo de un aforo realizado en el lugar - objeto de este estudio.

Es necesario mencionar que la composición anterior se desglosa de - una manera más detallada, para fines prácticos, atendiendo a las caracteris- ticas de los vehículos de la siguiente forma:

A<sub>2</sub> - Automóvil

- A'₂ - Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 Ton.
- B₂ - Autobus de dos ejes
- B₃ - Autobus de tres ejes
- B₄ - Autobus de cuatro ejes
- C₂ - Camión de dos ejes
- C₃ - Camión de tres ejes
- C₄ - Camión de cuatro ejes
- T₂ - S₁ - Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje
- T₂ - S₂ - Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes
- T₃ - S₂ - Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes
- T₃ - S₃ - Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes

En la composición anterior los tipos A₂ y A'₂ corresponden a la clasi  
ficiación A, los tipos B₂, B₃ y B₄ corresponden a la clasificación B y los ti-  
pos C₂, C₃, C₄, T₂-S₁, T₂ - S₂, T₃ - S₂ y T₃ - S₃ corresponden a la clasifi  
cación C.

En el momento presente al proyectar pavimentos existe el problema de no contar con una completa información sobre la clasificación vehicular y más aun en algunos casos no se cuenta ni siquiera con la clasificación A - B - C, y en ningún caso se cuenta con el porcentaje de vehículos cargados y va-  
cios, lo cual es importante para cuantificar más acertadamente el daño que -  
producen los vehículos al pavimento.

En el presente trabajo se considerará la siguiente clasificación y su poniendo los vehículos con el peso bruto vehicular:

A2 - 28%

A'2 - 28%

B2 - 5%

C2 - 6.5%

C3 - 6.5%

T2-S1 - 6.5%

T2-S2 - 6.5%

T3-S2 - 6.5%

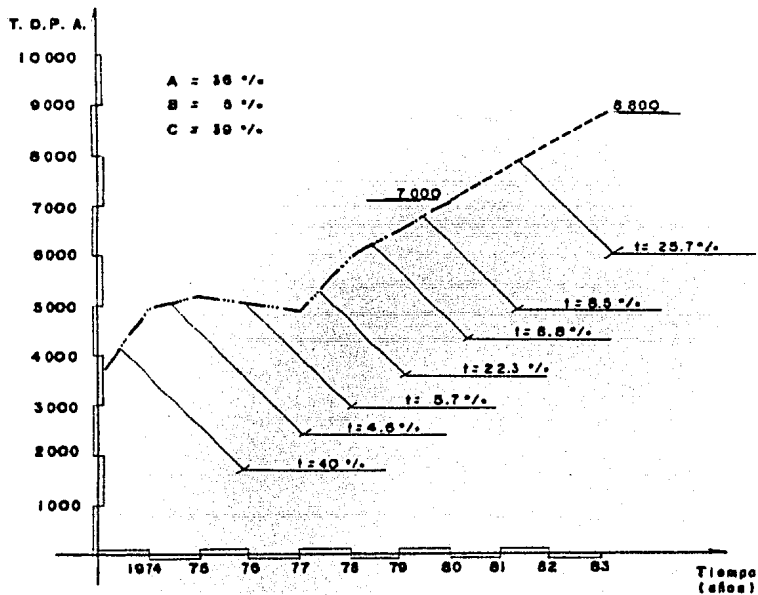
T3-S3 - 6.5%

Lo anterior está basado en una inspección que se hizo al lugar y siendo un poco conservador

En la figura No. III. 5 se muestra la evolución del tránsito diario promedio anual con el tiempo.

### III. 1. 3. - Superficie de Rodamiento .

La superficie de rodamiento del tramo en estudio presenta una serie de deterioros que van desde deformaciones permanentes hasta desprendimiento de la carpeta. Todos los deterioros que presenta la superficie de rodamiento actual son propios de una falla de tipo estructural; definiendo ésta como -



A		→	A2 = Automóvil
		→	A'2 = Camión ligero
B		→	B2 = Autobus de dos ejes
		→	C2 = Camión de dos ejes
C		→	C3 = Camión de tres ejes
		→	T2-S1 = Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje
		→	T2-S2 = Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes
		→	T3-S2 = Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes
		→	T3-S3 = Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes

COMPOSICION



una deficiencia del pavimento que ocasiona, una reducción en la capacidad de carga de éste. En su etapa más avanzada, la falla estructural se manifiesta por la destrucción generalizada del pavimento, como consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas impuestas por el tránsito.

En lo que sigue se hace una descripción más o menos detallada de los diferentes deterioros detectados durante una inspección realizada al tramo.

#### Deformaciones.

Las deformaciones se presentan de una manera aislada en los sub-tramos comprendidos entre los kilómetros 131 + 000 al 133 + 000, 135 + 000 al 137 + 000 y del 139 + 000 al 140 + 000. En forma continua, se presentan en los sub-tramos comprendidos entre los kilómetros 133 + 000 al 134 + 000, 138 + 000 al 139 + 000 y del 143 + 000 al 144 + 000. La magnitud de las deformaciones es del orden de 10 cm. y se presentan en el 61 % de la longitud total del tramo.

Como ya se mencionó, en más de la mitad del tramo en estudio existen deformaciones que coinciden con las rodadas de los vehículos, tanto en la rodada exterior como en la interior, aunque de mayor magnitud en la exterior. Estas deformaciones son típicas de secciones estructurales que han llegado al final de su vida útil, debido a la acumulación de deformación permanente producida por un gran número de aplicaciones de carga. La mala calidad de la carpeta ha originado también la formación de corrugaciones en la

superficie de rodamiento

En las fotografías Nos. 1 a 4 es posible apreciar las deformaciones ya comentadas.

#### Agrietamiento.

Este defecto superficial se encuentra en toda la superficie del tramo en estudio, presentandose grietas de tipo poliédrico, también conocidas como grietas de "piel de cocodrilo". También se presentan grietas longitudinales y transversales con una abertura máxima de 6 cm. Básicamente el patrón de agrietamiento es intenso en forma de piel de cocodrilo, este tipo de agrietamiento es típico de carpetas sobre estructuras deformables, sujetas a variaciones volumétricas debido a cambios de humedad. La causa está precisamente en la deformabilidad de las terracerías, lo que provoca un fuerte agrietamiento en las carpetas y desencadena el mecanismo de formación de baches.

En las fotografías Nos. 5 a 11 es posible apreciar los diferentes tipos de agrietamiento que se presentan en el tramo.

#### . Calaveras .

Las calaveras son oquedades que se presentan en la carpeta y cuya dimensión máxima no excede los 15.0 cm. estas calaveras se presentan ais-



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

DEFORMACIONES

Foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No.1.— Tomada en el km. 132+000. Deformación en la rodada exterior con una flecha de 8.0 cm.



FOTOGRAFIA No.2.— Tomada en el km. 135+000. Nótese el asentamiento debido a la falla del terreno de cimentación.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

DEFORMACIONES

Foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 3.- Al igual que la anterior, este deterioro indica falla estructural.  
Fotografía tomada en el km. 138+000

FOTOGRAFIA No. 4.- Fotografía tomada en el km. 142+000. Apreciese la deformación longitudinal con la existencia de baches y agrietamiento.

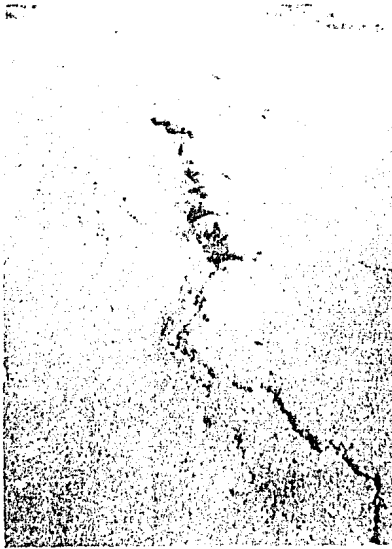




ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

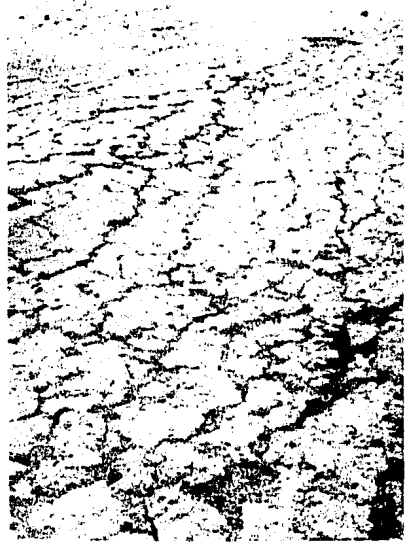
AGRIETAMIENTO

Foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 5.— Tomada en el km. 131 + 000. Agrietamiento longitudinal con asentamiento de gran magnitud y desplazamiento lateral del material.

FOTOGRAFIA No. 6.— Tomada en el km. 131 + 500. Grietas gruesas formando "piel de cocodrilo" con desprendimiento de material pétreo.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

AGRIETAMIENTO

foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 7. Tomada en el km. 132 + 500. Agrietamiento del terreno natural debido a las variaciones volumétricas del material.



FOTOGRAFIA No. 8. Tomada en el km. - 133 + 000. Agrietamiento poliédrico





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

AGRIETAMIENTO

foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 9.— Tomada en el km.-  
143+000. Agrietamiento longitudinal--  
con desprendimiento de material pé-  
treo.

FOTOGRAFIA No. 10.— Tomada en el km.-  
142+000. Agrietamiento generalizado--  
propio de estructuras que ya cumplie-  
ron con su vida útil.



ladamente del kilómetro 131 + 000 al 135 + 000 y del 137 + 000 al 141 + 000, en un porcentaje aproximado de 30 % con respecto a la superficie total, cabe mencionar que la presencia de este deterioro indica falla estructural de la - carpeta debido entre otras causas a la falta de adherencia de ésta con la capa que la sub-yace.

. Baches .

Los baches se presentan en los sub-tramos comprendidos entre los - kilómetros al 135 + 000, 136 + 000 al 137 + 000, 138 + 000 al 139 + 000 y del 140 + 000 al 141 + 000.

Los baches se dividen en profundos y superficiales, siendo estos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta. En el tramo en estudio el - 15 % de la superficie total presenta baches superficiales, mientras que el -- 20 % de la superficie total presenta baches profundos.

La aparición de este deterioro se debe a la saturación de la base por falta de impermeabilidad de la superficie de rodamiento a causa del intenso - agrietamiento que presenta el tramo.

Al igual que el caso anterior este deterioro indica falla estructural - del pavimento .

En las fotografías Nos. 12 a 14 se muestra este deterioro.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

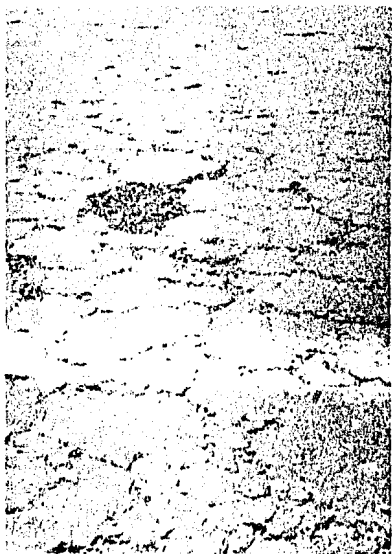
CALAVERAS

foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 11. Tomada en el km. --  
139+000. Efecto consecuente del agrie-  
tamiento, debido al efecto de bombeo

FOTOGRAFIA No. 12. Calavera recién  
e indebidamente reparada, debido a  
la falta de compactación de la mez-  
cla asfáltica.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

BACHES

foto-  
grafías



FOTOGRAFIA No. 13... Tomada en el km. 140+000. Bache superficial, indicador de folio estructural.



FOTOGRAFIA No. 14... Gruesas grietas con aberturas del orden de 2.0cm y que debido a la infiltración de agua y al peso de las cargas rodantes provocó el bache que se muestra.

Es importante mencionar que el clima regional con lluvias en todo el año y la inexistencia de obras complementarias de drenaje, provocan que exista en cualquier momento la posibilidad de flujo de agua dentro de la estructura del pavimento.

Otro comentario que cabe mencionar es que la carpeta que constituye la superficie de rodamiento fue hecha con mezcla asfáltica elaborada en el lugar, lo cual para las condiciones actuales no es recomendable dado el alto tránsito que soporta el tramo en estudio, mucho más de 1,000 vehículos diarios, siendo ésta una de las razones por lo cual la superficie de rodamiento se encuentra en estado de falla estructural.

En la figura No. III.6 se muestra la evaluación cualitativa de las condiciones en que se presenta la superficie de rodamiento.

#### III.1.4. - Obras de Drenaje

Existe un gran número de obras de drenaje en el tramo las que en general, no presentan falla funcional y tienen un correcto funcionamiento hidráulico.

A continuación se presenta una relación de las obras existentes:

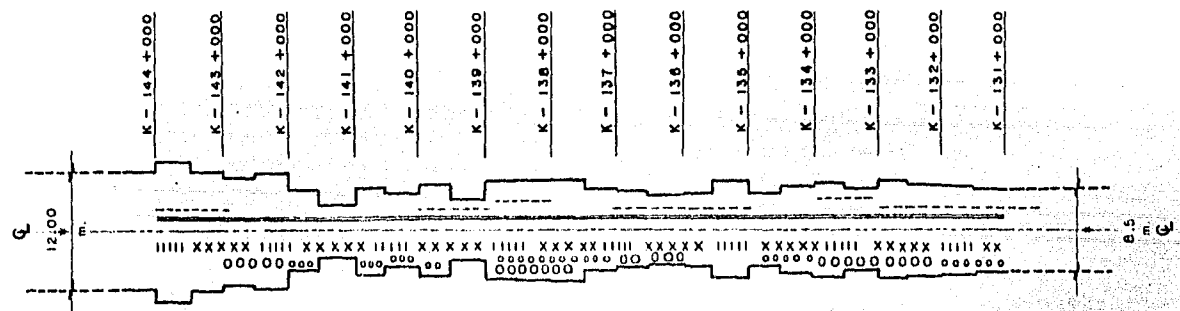


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aregón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Figura  
No.  
III. 6



ZAMORA

TANGANCICUARO



DEFORMACIONES



GRIETAS LONGITUDINALES



GRIETAS TRANSVERSALES

GRIETAS POLIEDRICAS



CALAVERAS



BACHES



\* ancho de corona

KILOMETRO	OBRA	OBSERVACION
1. - 131 + 299.08	Bóveda de 3.0 x 1.5 m.	-
2. - 131 + 517.26	Losa de 1.5 x 0.7 m.	
3. - 131 + 991.64	Losa de 2.0 x 1.5 m.	-
4. - 132 + 839.62	Losa de 1.5 x 0.9 m.	
5. - 133 + 137.64	Losa de 2.5 x 1.0 m.	-
6. - 133 + 433.73	Bóveda de 1.5 x 1.0 m.	
7. - 133 + 637.94	Losa de 1.5 x 0.9 m.	-
8. - 133 + 774.31	Bóveda de 4.0 x 2.0 m.	
9. - 134 + 051.20	Losa de 1.5 x 1.1 m.	-
10. - 134 + 265.37	Bóveda de 2.5 x 1.5 m.	
11. - 134 + 446.57	Bóveda de 1.5 x 1.5 m.	-
12. - 134 + 564.63	Losa de 1.5 x 1.4 m.	
13. - 134 + 827.72	Losa de 3.5 x 1.6 m.	-
14. - 135 + 048.96	Losa de 3.0 x 2.5 m.	
15. - 135 + 295.65	Bóveda de 3.0 x 1.2 m	-
16. - 135 + 567.80	Losa de 1.5 x 1.0 m.	
17. - 135 + 905.12	Losa de 3.0 x 3.0 m.	
18. - 136 + 169.43	Losa de 1.50 x 1.2 m.	b
19. - 136 + 415.30	Bóveda de 3.0 x 4.0 m.	a
20. - 136 + 626.60	Losa de 1.5 x 1.0 m.	
21. - 136 + 728.05	Bóveda de 1.5 x 1.7 m	
22. - 136 + 979.18	Bóveda de 1.5 x 1.8 m.	c
23. - 137 + 170.93	Bóveda de 1.5 x 1.8 m.	a c

24.- 137 + 253.87	Losa de 3.0 x 1.0 m.	
25.- 137 + 498.35	Tubo de Lámina de 0.9 m. $\varnothing$	b
26.- 137 + 567.87	Losa de 1.5 x 1.15 m.	a
27.- 137 + 772.94	Losa de 3.0 x 1.2 m.	c
28.- 137 + 833.86	Bóveda de 2.0 x 0.5 m.	c
29.- 138 + 004.95	Losa de 1.5 x 1.3 m.	
30.- 138 + 357.39	Bóveda de 3.0 x 3.0 m.	
31.- 138 + 527.28	Losa de 1.0 x 1.0 m.	
32.- 138 + 647.18	Tubo de lámina de $\varnothing = 0.9$ m.	
33.- 139 + 207.94	Losa de 2.0 x 1.0 m.	c e
34.- 139 + 588.08	Losa de 1.5 x 1.0 m.	
35.- 139 + 827.90	Losa de 2.0 x 1.1 m.	a
36.- 140 + 079.30	Bóveda de 4.0 x 6.1 m.	
37.- 140 + 327.70	Tubo de lámina de $\varnothing = 0.6$ m.	
38.- 141 + 149.85	Losa de 4.25 x 1.0 m.	
39.- 141 + 528.70	Losa de 1.0 x 1.0 m.	
40.- 141 + 688.83	Losa de 4.5 x 2.9 m.	
41.- 141 + 877.80	Losa de 1.5 x 1.0 m.	d
42.- 142 + 133.65	Losa de 1.0 x 1.0 m.	
43.- 142 + 290.45	Losa de 1.5 x 1.0 m.	c
44.- 142 + 581.50	Losa de 1.5 x 1.0 m.	d
45.- 142 + 912.00	Losa de 1.5 x 1.0 m.	d
46.- 143 + 034.91	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.	

47. - 143 + 210.76	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.
48. - 143 + 256.72	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.
49. - 143 + 565.79	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.
50. - 143 + 646.20	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.
51. - 143 + 865.92	Tubo de concreto de $\varnothing = 0.9$ m.

**Observaciones:**

- a .- Muro cuarteado que se debe reparar
- b .- Muro destruido que se debe sustituir
- c .- Limpiarla de azolves
- d .- Area hidráulica insuficiente.

**III. 1.5.- Obras Complementarias de Drenaje.**

El tramo en estudio cuenta únicamente con cunetas, las cuales se en encuentran azolvadas y sin revestir.

Como ya se mencionó en el capítulo No. 1 las obras complementarias de drenaje son importantes para el buen comportamiento de la obra vial, por lo que en este caso será necesario proyectar las obras complementarias que se requieran.

### III.1.6. - Acotamientos.

En general los acotamientos están cubiertos por vegetación y en muchos casos no se definen completamente, en algunas zonas presentan grietas longitudinales, originadas seguramente por cambios volumétricos de los materiales de terracerías y del suelo de cimentación, atribuibles a variaciones en el contenido de agua.

### III.2. - Conclusiones Preliminares.

De acuerdo con todo lo comentado en los incisos anteriores, es evidente que el tramo en estudio requiere de la pronta solución a sus problemas. La solución a la problemática de este tramo debe hacerse buscando cumplir con el objetivo o finalidad de la obra vial que es proporcionar un transporte de bienes y personas seguro, cómodo, conveniente y económico, por lo tanto el buscar la solución adecuada involucra variedad de procedimientos.

Cuando la característica de deterioro ( agrietamiento, baches, deformaciones, etc.) de un pavimento ha rebasado cierto límite permisible, a dicha característica se asocian otras, tales como:

Capacidad Estructural

Comodidad al Rodamiento

Costos de Conservación y

Costos de Operación.



En el presente caso se presentan todas las características rebasando el límite permisible, razón por la cual debe estudiarse la solución que haga que dichas características esten dentro de lo aceptable.

En la figura No. III. 7 se muestra cualitativamente como las características de deterioro, capacidad estructural, etc. llegan a un límite permisible en el transcurso del tiempo, al cabo del cuál es necesario implementar algún tipo de solución, la cual se representa en la figura por la discontinuidad vertical.

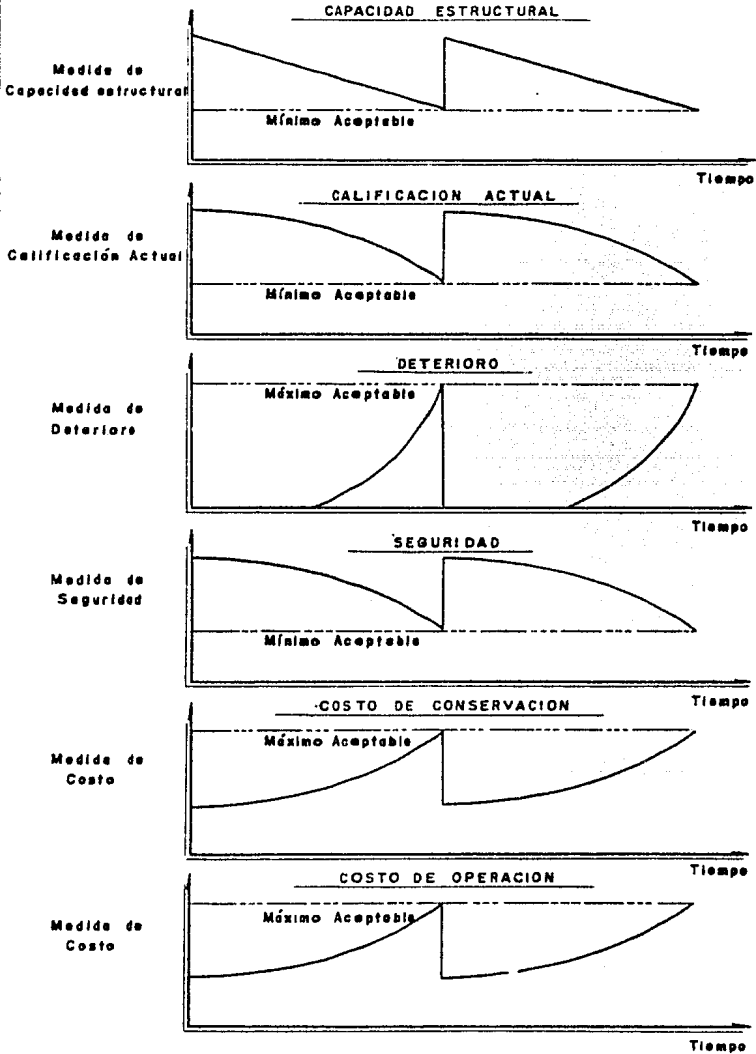
Cuando se requieren reponer las características de un pavimento que le hagan cumplir su función, deben tomarse en cuenta los siguientes conceptos:

#### . Nivel de Servicio

Este nivel varía con el tipo de carretera, por ejemplo una autopista con un tránsito alto requiere de un nivel de servicio mayor, ( Nivel A ), que una carretera secundaria de bajo tránsito ( Nivel C ). Por lo tanto los conceptos que involucren algún tipo de solución varian, según el tipo de carretera.

Para el tramo en estudio, es necesario conocer el nivel de servicio en que se encuentra actualmente, lo cual servirá como elemento de decisión para obtener la mejor solución.

#### . Capacidad Estructural.



Este concepto expresa la capacidad de un pavimento para soportar las cargas del tránsito presente y del futuro. En nuestro caso el pavimento se encuentra fallado estructuralmente, causa por la cual se presentan los deterioros ya descritos.

. Seguridad

Este factor se evalúa en cierto modo por la estadística de accidentes, para el presente trabajo no se cuenta con alguna estadística, pero es fácilmente comprensible dictaminar que en el tramo recorrido por parte de los usuarios es inseguro, debido a las condiciones prevaletentes.

. Condiciones Superficiales

La aparición de deterioros en un pavimento, no necesariamente tiene relación con la capacidad estructural. Algunos deterioros superficiales pueden arreglarse con las actividades de conservación normal, pero los debidos a falta de capacidad estructural como es el caso de los deterioros que se presentan en el tramo sujeto a estudio deben corregirse con otros procedimientos.

. Costo

El costo total requerido para dar al pavimento fallado las características que le hagan cumplir su función, es un factor de decisión primaria, ya que involucra no solo costos de construcción, sino de conservación y operación. Estos últimos son los debidos a accidentes y retardos, que aunque no son costos directos de las operaciones de construcción, sí representan un

costo real del usuario. Si a un alto tránsito como el que circula en el tramo en estudio, se le sujeta a retardos a causa de una conservación frecuente, se derivan altos costos para los usuarios.

Usualmente el estudio de soluciones resulta de dos consideraciones que son:

1. - En la evaluación efectuada se encontró al pavimento en condiciones desfavorables para seguir funcionando adecuadamente, de acuerdo a su capacidad estructural.
2. - El pavimento ha empezado a ser obsoleto por el desarrollo de nuevos vehículos y operaciones más exigentes, que requieren de una mayor velocidad y que plantean la necesidad de corregir el alineamiento horizontal y vertical.

En el tramo sujeto a estudio se presentan ambas consideraciones, no hay que olvidar que el tramo se construyó en la década de los cuarenta con modestas especificaciones y seguramente empleando material producto de préstamos laterales de calidad dudosa para las necesidades actuales y sin ningún control en la ejecución de la etapa constructiva. Actualmente el tramo soporta un elevado tránsito con una carga legal máxima de 10 ton. por eje, lo cual aunado a lo anterior provoca el mal comportamiento ya descrito; elevando los costos de conservación, provocando inseguridad, mayor tiempo de recorrido y en general una deficiente operación.

Lo anterior justifica la adopción de soluciones radicales, las cuales se estudiarán más adelante.

Hay que hacer la observación de que el tramo en estudio puede considerarse como representativo de un gran número de carreteras en la red nacional, y su estudio puede dar lineamientos que sirvan de guía para el tratamiento de otros tramos.

## CAPITULO IV

### ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO

#### IV. 1. - El Estudio Geotécnico

En la tecnología de vías terrestres, bajo el nombre específico de estudio geotécnico quedan comprendidos los estudios de campo y laboratorio que se ejecutan a lo largo de la línea longitudinal de la carretera o en los bancos de materiales a emplear. Dichos estudios tienen como objetivo el proporcionar una serie de datos que permitan establecer la estratigrafía y las propiedades mecánicas (características de calidad y resistencia) de los materiales que se encuentren en el sitio en donde se ubica la carretera en estudio. También como objetivo está el establecer recomendaciones que indiquen el uso y tratamiento de los mencionados materiales, además de los que provienen de bancos.

El estudio geotécnico deberá poner a disposición de las personas encargadas del proyecto de la obra vial, la información relevante sobre el terreno de cimentación y en el caso de pavimentos existentes, como ocurre en el presente trabajo se deberá dar la información correspondiente a las características de calidad y resistencia de las diversas capas que

constituyen dicho pavimento, además las características de los materiales a emplear, su tratamiento y utilización en los procedimientos de construcción a ejecutar.

Las exploraciones, muestreos y pruebas que se deben realizar para fundamentar el estudio geotécnico deben tener un carácter necesariamente estadístico, con el objeto de tener valores representativos para el proyecto.

En la ejecución de cualquier estudio geotécnico es posible distinguir las siguientes etapas:

. La primera etapa comprende el reconocimiento, exploración, muestreo y pruebas de laboratorio

. En la segunda etapa se recopila la información disponible, se analiza y se producen las recomendaciones pertinentes.

Para el presente trabajo se realizó una inspección al lugar, en la cual además de hacer el levantamiento de daños que se comentó en el capítulo anterior, se resolvió el siguiente cuestionario:

#### Reconocimiento Inicial desde el punto de vista

##### Geotécnico

Carretera : Mélico - Nogales

Tramo : Morelia - Jiquilpan

Sub-Tramo : Tangancicuaro - Zamora

Kilometraje: De km. 131 + 000 a km. 144 + 000

El objeto de este reconocimiento inicial será el de zonificar el tramo por estudiar.

### . Zonificación Fisiográfica

#### 1: Características Topográficas Superficiales

Ubicación		Tipo de Terreno			
de km.	a km.	Escarpado	Montañoso	Lomerío	
				Fuerte	Suave Plano
. 131 + 000	132 + 500				X
. 132 + 500	140 + 000			X	
. 140 + 000	144 + 000				X

#### 2: Descripción Litológica General

Ubicación		Tipo de Rocas		
de km.	a km.	Ígneas	Sedimentarias	Metamórficas
. 131 + 000	133 + 000	-	-	-
. 133 + 000	140 + 000	Basalto	-	-
. 140 + 000	144 + 000	-	-	-



### 3: Descripción General de Suelos

Ubicación		Tipos de Suelos	
de km.	a km.	Residuales	Transportados
. 131 + 000	133+ 000	-	aluvión
. 133 + 000	140+ 000	-	aluvión
. 140 + 000	144+ 000	-	aluvión

De acuerdo a lo indicado en el cuestionario anterior, es posible concluir que en el tramo sujeto a estudio se distinguen dos zonas, una que abarca las partes extremas del tramo formada por aluviones y otra que abarca la parte central constituida por basalto fracturado empacado en arcilla.

#### IV. 2. - Estudio Geotécnico de la Estructura Actual.

La etapa de exploración y muestreo del estudio geotécnico correspondiente a la estructura actual consistió en la ejecución de 14 calas distribuidas a lo largo de la línea de tal manera que se realizó una cala a cada kilómetro del lado derecho o izquierdo.

Cabe mencionar que el procedimiento típico que se ha venido realizando en el país para este tipo de trabajos, contempla una distancia fija de cada 500 m. para la ejecución de los sondeos. En el presente trabajo la dis

tancia entre calas es mayor debido a que el tramo en estudio no presenta diferencias importantes en su morfología.

Las calas que se ejecutaron se llevaron a 80 cm. de profundidad aproximadamente, de las cuales se tomaron muestras alteradas representativas de los materiales que constituyen las diferentes capas del pavimento actual, con el objeto de obtener sus espesores, así como también las características de calidad y resistencia mediante los trabajos de laboratorio.

Los espesores de las diferentes capas, que se midieron son los siguientes:

Kilómetro	Carpeta (cm)	Base (cm)	Sub-Base (cm)	Subrasante (cm)
131 + 000	14	17	14	21
132 + 000	27	24	16	10
133 + 000	15	8	7	15
134 + 000	10	12	13	10
135 + 000	9	8	26	16
136 + 000	17	9	10	-
137 + 000	16	11	16	-
138 + 000	17	19	-	-
139 + 000	15	22	-	6
140 + 000	11	19	9	-

141 + 000	21	14	11	14
142 + 000	9	11	13	16
143 + 000	19	20	10	12
144 + 000	15	16	-	-
$\bar{X}$ =	15	15	12	9

En que:

$\bar{X}$  = Promedio de los valores.

En la figura No. IV.1 se muestra una planta del tramo en estudio indicando los sitios en donde se realizaron las calas y un perfil con los espesores de las diferentes capas que constituyen a la estructura actual.

En cuanto a los trabajos de laboratorio, estos se fundamentaron en la realización de las siguientes pruebas de calidad para:

Sub - bases y Bases.

- 1.- Peso volumétrico seco suelto
- 2.- Peso volumétrico seco máximo
- 3.- Peso volumétrico del lugar
- 4.- Humedad óptima
- 5.- Humedad del lugar
- 6.- Granulometría
- 7.- Límite Líquido

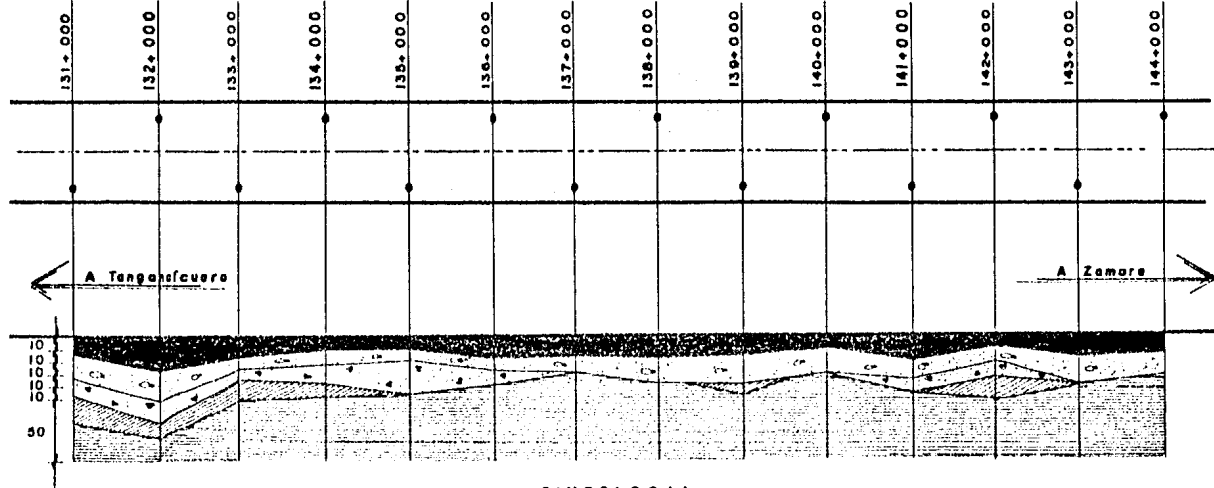


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrada Amigón

LOCALIZACION DE CALAS  
Y  
ESPESES DE CAPA

Figura  
No.  
IV.1



SIMBOLOGIA



Cofa



Sub-besa



Carpeta



Subrasante



Base



Cuerpo de Terraplén ó T. natural

Anotaciones en cm.

8. - Límite plástico
9. - Expansión
10. - Contracción lineal
11. - Absorción
12. - Densidad
13. - Equivalente de arena
14. - Valor cementante y
15. - Valor relativo de soporte estándar.

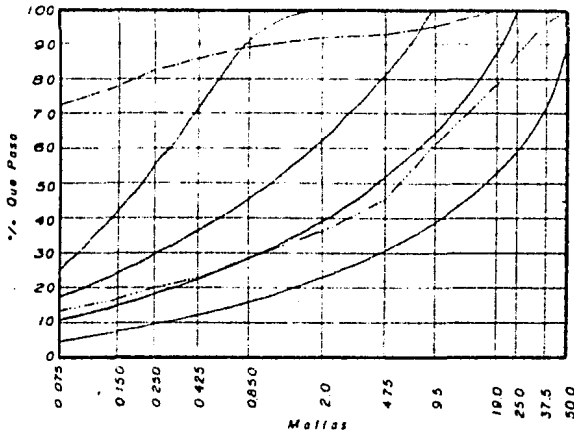
Para capa sub-rasante y cuerpo de terraplén o terreno natural, - según sea el caso de sección en corte o terraplén, además de las pruebas de calidad ya mencionadas para sub-bases y bases con excepción de las - pruebas de absorción, densidad, equivalente de arena y valor cementante, se realizarón las siguientes pruebas de resistencia:

- 1: V.R.S. en el Lugar
- 2: V.R.S. Modificado al 90% de compactación
- 3: V.R.S. Modificado al 95% de compactación
- 4: V.R.S. Modificado al 100% de compactación

En las tablas IV.1 a IV.16 se muestran los resultados numéricos de las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio.



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA $\% \text{ Retenido}$		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Copa	Sub-Base	Base
		$\% \text{ Que Pasa}$	
	50.0	1	100
	37.5	1	95
	25.0	1	85
	19.0	100	76
	9.5	97	61
4.75	25	16	
2.00	31	37	
0.85	89	99	
0.425	85	83	
0.250	65	60	
0.150	28	17	
0.075	7	3	

P.V. Seco Suelto $\text{kg/m}^3$	1011	1431
P.V. Máxima $\text{kg/m}^3$	1340	1986
Humedad Óptima $\%$	9.2	10.4
P.V. Del Lugar $\text{kg/m}^3$	1805	2036
Humedad del Lugar $\%$	12.6	6.1

VRS (Estándar) $\%$	10.7	110.3
Expansión $\%$	3.3	0.0
Valor Cementante $\text{kg/cm}^2$	4.3	16.3
Equivalente de Arena $\%$	3.0	95

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 25		
Absorción $\%$	-	3.4
Densidad	-	2.3
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizada por la Malla Num. 0.425					
Límite Líquido $\%$	50	39	Equiv Hum de Campo $\%$	-	-
Límite Plástico $\%$	25	15	Contracción Lineal $\%$	2.3	2.5
Índice Plástico $\%$	25	16	Clasificación S.U.C.S	CL	SC

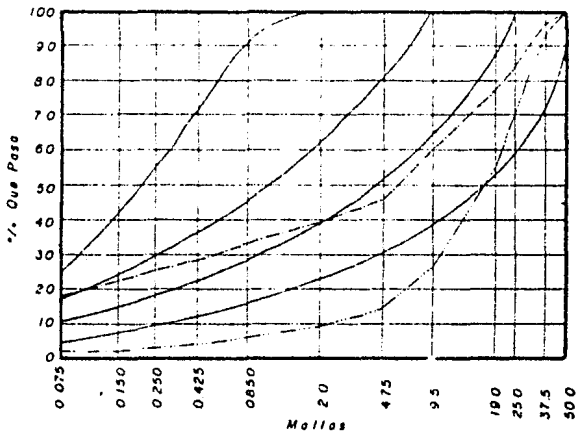
Observaciones:

Sub-Base --- Base ---

NM 131+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	100	100
	37.5	98	93
	25.0	83	70
	19.0	77	54
	9.5	60	26
	4.75	46	14
	2.00	39	9
	0.85	33	6
	0.425	28	4
	0.250	25	4
	0.150	22	2
	0.075	18	2

P.V. Seco Suelta kg/m <sup>3</sup>	1440	1450
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1517	1999
Humedad Óptima %	10.9	7.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1534	2070
Humedad del Lugar %	12.2	7.0

V.R.S (Estandar) %	117.5	154.4
Expansión %	0.5	0.0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	7.2	-
Equivalente de Arena %	100.0	40.0

Pruebas en Mar Mayor que la Malla Num. 0.425		
Absorción %	1.2	1.3
Densidad	1.2	2.3
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425					
Límite Líquido %	40	33	Equiv Hum de Campo %	-	-
Límite Plástico %	17	14	Contracción Lineal %	-	1.1
Índice Plástico %	23	19	Clasificación S.U.C.S.	SC	SC

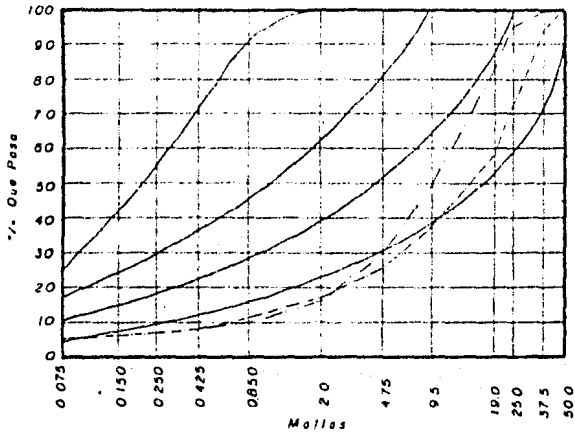
Observaciones:

Sub-Base --- Base ---

KM 132+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Capo	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	30.0	100	-
	37.5	75	100
	25.0	70	95
	19.0	65	91
	9.5	57	82
4.75	45	70	
2.00	17	40	
0.85	11	10	
0.425	8	8	
0.250	7	7	
0.150	6	6	
0.075	5	5	

P.V. Seco Suelta kg/m <sup>3</sup>	1207	1240
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>	1925	1912
Humedad Óptima %	6.5	7.7
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	2007	1810
Humedad del Lugar %	11.4	8.7

V.R.S. (Estándar) %	11.0	10.0
Expansión %	0.4	3.1
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	2.8	INAF.
Equivalente de Arena %	45.8	45.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5		
Absorción %	3.3	3.3
Densidad	2.3	2.3
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425				
Límite Líquido %	24	11	Equiv. Hum. de Campo %	
Límite Plástico %	13	11	Contracción Lineal %	2.3
Índice Plástico %	11	0	Clasificación S.U.C.S.	10

Observaciones:

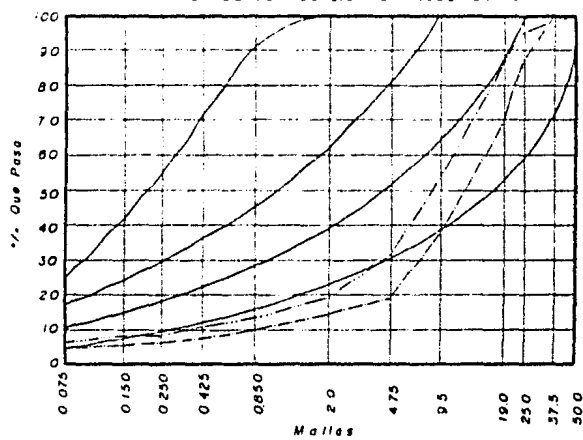
Sub-Base - - - Base - - -

KM 133+000





GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Capo	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	-	100
	37.5	100	99
	25.0	65	95
	19.0	69	87
	9.5	37	54
4.75	19	31	
2.00	14	19	
0.85	10	13	
0.425	7	10	
0.250	6	3	
0.150	5	7	
0.075	4	3	

P.V. Seco Suelta kg/m <sup>3</sup>	1275	1198
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1899	1303
Humedad Óptima %	7.0	8.0
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1755	1740
Humedad del Lugar %	11.6	14.3

V.R.S. (Estándar) %	147.1	155.6
Expansión %	0.1	0.2
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	7.9	5.6
Equivalente de Arena %	43.0	43.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5		
Absorción %	4.0	5.1
Densidad	2.2	2.2
Durebilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425				
Límite Líquido %	30	24	Equiv Hum de Campo %	-
Límite Plástico %	13	14	Contracción Lineal %	2.3
Índice Plástico %	17	10	Clasificación S.U.C.S.	GC

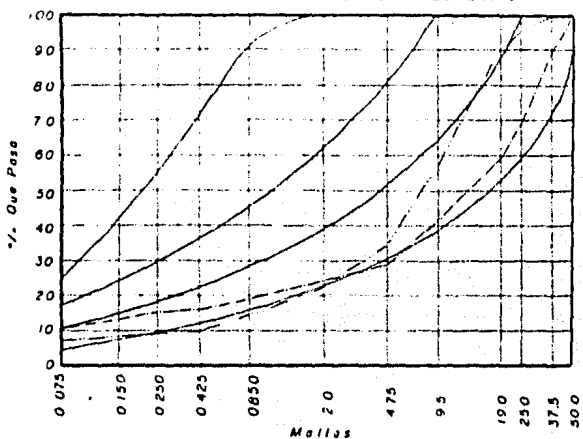
Observaciones:

Sub-Base - - - Base - - -

KM 134+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composicion Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0	10.2	
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	100	1
	37.5	89	10
	25.0	80	25
	19.0	65	50
	9.5	41	75
4.75	29	84	
2.00	21	92	
0.85	17	97	
0.425	15	99	
0.250	14	99	
0.150	13	99	
0.075	11	99	

P.V. Seca Suelta kg/m <sup>3</sup>	1240	1317
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>	1576	1545
Humedad Óptima %	11.0	7.1
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1627	2030
Humedad del Lugar %	13.4	5.3

V.R.5 (Estándar) %	188.1	203.2
Expansión %	0.4	0.1
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	12.8	7.9
Equivalente de Arena %	10.1	4.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 95		
Absorción %	5.5	2.5
Densidad	2.2	3.2
Durabilidad	-	-

Pruebas Shore Material Tamizado por la Malla Num. 0.425					
Límite Líquido %	30	24	Equiv Hum. de Campo %	-	-
Límite Plástico %	15	11	Contracción Lineal %	3.4	4.6
Índice Plástico %	23	13	Clasificación S. U. C. S.	GC	GC

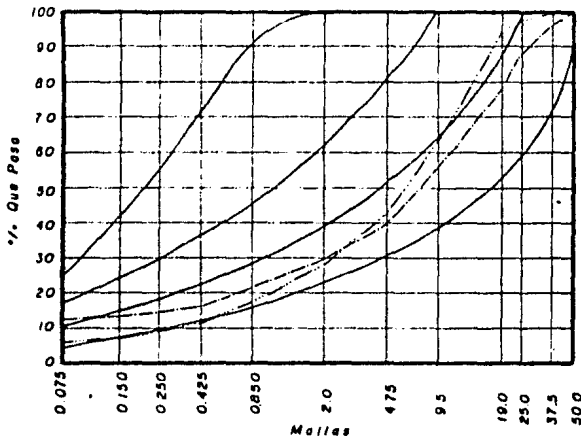
Observaciones:

Sub-Base - - - Base - - - - -

KM 135+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	100	-
	37.5	96	100
	25.0	88	98
	19.0	78	94
	9.5	55	84
4.75	40	42	
2.00	30	28	
0.85	21	17	
0.425	16	11	
0.250	14	9	
0.150	13	7	
0.075	12	6	

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1300	1343
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1807	1952
Humedad Óptima %	9.5	8.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1680	1904
Humedad del Lugar %	13.1	10.6

V.R.S (Estándar) %	217.5	213.2
Expansión %	0.1	0.2
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	9.6	6.9
Equivalente de Arena %	27.0	57.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 20		
Absorción %	0.2	3.8
Densidad	2.1	2.2
Durabilidad	--	--

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425					
Límite Líquido %	30	28	Equiv Hum. de Campo %	-	-
Límite Plástico %	11	15	Contracción Lineal %	7.0	4.5
Índice Plástico %	19	13	Clasificación S.U.C.S.	GC	GC

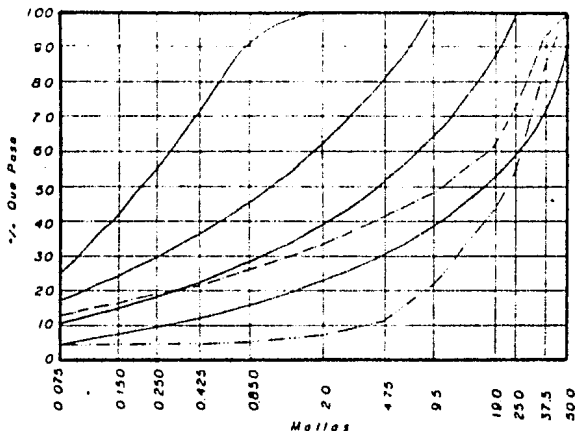
Observaciones:

Sub-Base --- Base ---

KM. 136+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0	23	
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	50.0	100	100
	37.5	88	80
	25.0	72	55
	19.0	61	43
	9.5	42	27
4.75	41	17	
2.00	33	7	
0.85	26	5	
0.425	21	4	
0.250	19	4	
0.150	15	3	
0.075	13	3	

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1275	1372
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>	1332	1334
Humedad Óptima %	12.4	7.6
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1354	1387
Humedad del Lugar %	13.1	10.7

V.R.S (Estandar) %	139.7	86.4
Expansión %	0.0	0.2
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	6.1	13.3
Equivalente de Arena %	10.7	35.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 0.85		
Absorción %	5.0	5.5
Densidad	2.3	2.1
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425					
Límite Líquido %	34	30	Equiv. Hum. de Campo %	-	-
Límite Plástico %	13	3	Contracción Lineal %	0.0	0.2
Índice Plástico %	21	27	Clasificación S. U. C. S.	BC	BB

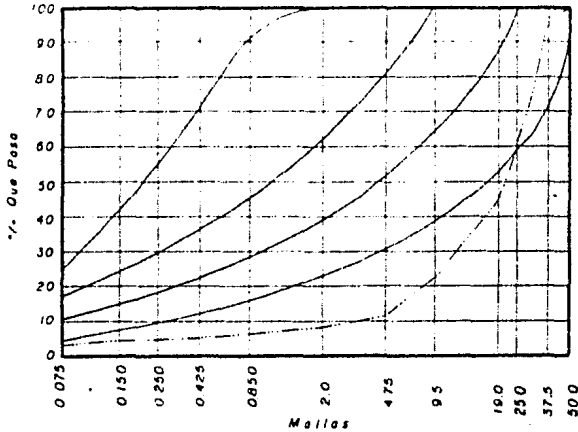
Observaciones:

Sub-Base --- Base ---

KM 137+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	30.0		100
	37.5		97
	25.0		80
	19.0		64
	9.5		38
4.75		11	
2.00		5	
0.85		3	
0.425		2	
0.250		1	
0.150		1	
0.075		1	

P.V. Seco Suelta kg/m <sup>3</sup>	1220
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>	1933
Humedad Óptima %	6.2
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1741
Humedad del Lugar %	5.1

V.R.S (Estandar) %	160.1
Expansión %	0.3
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	14.0
Equivalente de Arena %	27.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5	
Absorción %	4.0
Densidad	2.3
Durabilidad	

Pruebas Sobre Material Tamizada por la Malla Num 0.425			
Límite Líquido %	29	Equiv Hum de Campo %	-
Límite Plástico %	12	Contracción Lineal %	5.1
Índice Plástico %	17	Clasificación S.U.C.S.	20

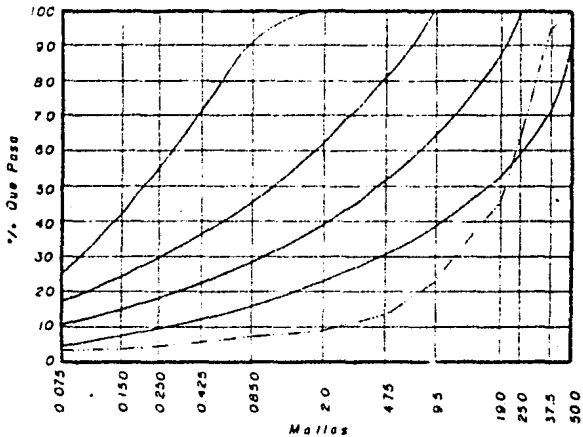
Observaciones:

Sub-Base - - - Base - - -

KM 136+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50 0		
	EN 37 5		
	Capa	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	50 0		100
	37 5		95
	25 0		82
	19 0		74
	9 5		55
4 7 5		35	
2 0 0		25	
0 8 5		17	
0 4 2 5		10	
0 2 5 0		4	
0 1 5 0		3	
0 0 7 5		1	

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1392
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1947
Humedad Óptima %	6.0
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1742
Humedad del Lugar %	0.0

V.R.S. (Estandar) %	176.8
Expansión %	0.0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	5.4
Equivalente de Arena %	88.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 95	
Absorción %	0.0
Densidad	2.4
Durabilidad	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425			
Límite Líquido %	32	Equiv Num de Campo %	-
Límite Plástico %	14	Contracción Lineal %	0.7
Índice Plástico %	18	Clasificación S.U.C.S.	GC

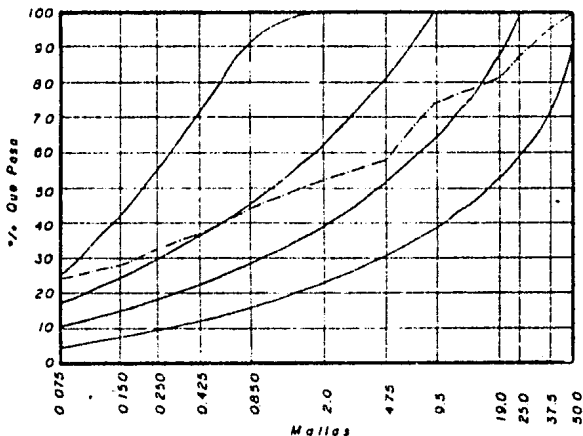
Observaciones:

Sub-Base - - - Base - - -

Km 139+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0	4.0	
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	50.0	100	
	37.5	95	
	25.0	87	
	19.0	81	
	9.5	73	
4.75	65		
2.00	55		
0.85	41		
0.425	36		
0.250	32		
0.150	28		
0.075	24		

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1197
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1819
Humedad Óptima %	13.6
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1130
Humedad del Lugar %	43.2

V.R.S (Estándar) %	34.3
Expansión %	2.3
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	9.9
Equivalente de Arena %	16.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5	
Absorción %	3.8
Densidad	2.2
Durabilidad	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425			
Límite Líquido %	41	Equiv Num. de Campo %	-
Límite Plástico %	17	Contracción Lineal %	1.5
Índice Plástico %	24	Clasificación S "I.C.S.	3C

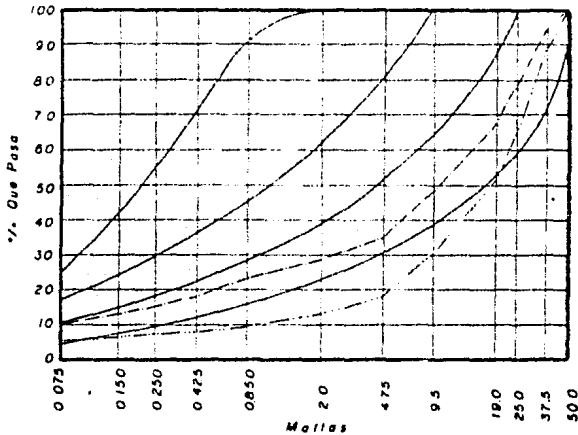
Observaciones:

Sub-Base --- Base -----

KM 140+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0	1.0	2.1
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	50.0	100	100
	37.5	54	20
	25.0	78	65
	19.0	87	52
	9.5	48	10
4.75	35	19	
2.00	25	7	
0.85	23	10	
0.425	13	6	
0.250	11	7	
0.150	11	5	
0.075	10	5	

P.V. Seco Suelta kg/m <sup>3</sup>	1437	1397
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1992	1902
Humedad Óptima %	8.5	7.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1617	1544
Humedad del Lugar %	10.5	10.5

V.R.S. (Estandar) %	10.0	200.3
Expansión %	0.2	0.7
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	13.5	13.0
Equivalente de Arena %	37.0	34.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5		
Absorción %	2.2	2.5
Densidad	2.3	2.7
Durabilidad		

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425				
Límite Líquido %	25	35	Equiv Hum de Campo %	-
Límite Plástico %	12	14	Contracción Lineal %	8.5
Índice Plástico %	11	21	Clasificación S. U.C.S	GC

Observaciones:

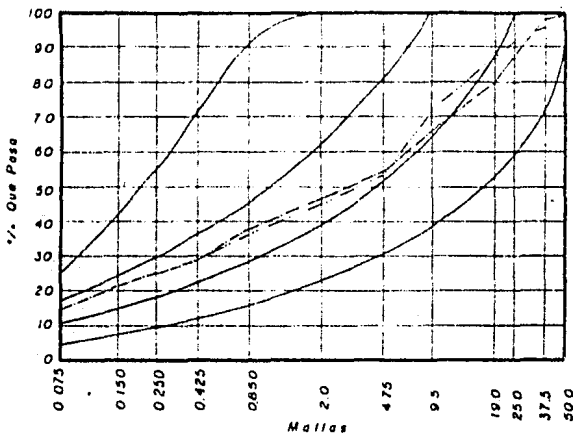
Sub-Base ----- Base -----

KM 141+000





GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Copa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	100	100
	37.5	98	96
	25.0	87	91
	19.0	80	87
	9.5	66	71
4.75	55	63	
2.0	47	45	
0.85	38	36	
0.425	29	29	
0.250	25	26	
0.150	21	2	
0.075	15	16	

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1932	1220
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1942	1874
Humedad Óptima %	10.5	12.3
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1632	1542
Humedad del Lugar %	10.3	11.8

V.R.S (Estándar) %	30.0	26.7
Expansión %	0.3	0.0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	16.3	16.5
Equivalente de Arena %	--	83.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5		
Absorción %	4.1	0.3
Densidad	2.0	1.3
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425				
Límite Líquido %	33	25	Equiv Hum. de Campo %	-
Límite Plástico %	15	12	Contracción Lineal %	0.3
Índice Plástico %	18	13	Clasificación U.C.S.	SC

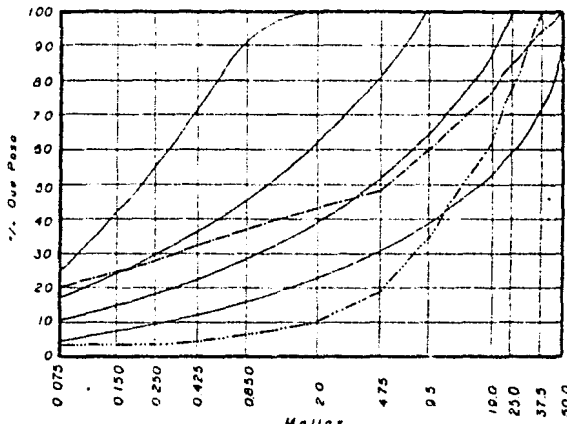
Observaciones:

Sub-Base --- Base ---

KM. 142+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
50.0	100	-	-
37.5	34	100	-
25.0	24	78	-
19.0	25	61	-
9.5	60	34	-
4.75	43	18	-
2.0	43	10	-
0.85	5	0	-
0.425	3.2	1	-
0.250	1.0	0	-
0.150	0.4	0	-
0.075	0.0	0	-

P.V. Seco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1450	1204
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1631	2014
Humedad Óptima %	11.8	4.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1227	1880
Humedad del Lugar %	20.2	3.1

V.R.S. (Estándar) %	30.8	152.0
Expansión %	1.1	3.0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	18.0	15.7
Equivalente de Arena %	15.0	20.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5		
Absorción %	2.0	2.7
Densidad	2.2	2.4
Durabilidad	-	-

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425				
Límite Líquido %	35	35	Equiv. Hum. de Campo %	-
Límite Plástico %	11	15	Contracción Lineal %	5.0
Índice Plástico %	22	24	Clasificación S.U.C.S.	GC

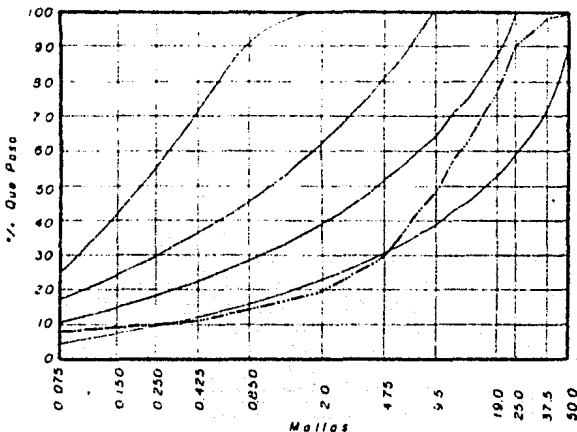
Observaciones:

Sub-Base - - - - - base - - - - -

KM 143+000



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0		
	EN 37.5		
	Copa	Sub-Base	Base
		% Que Pasa	
	50.0		100
	37.5		95
	35.0		90
	30.0		75
	25.0		65
20.0		55	
15.0		45	
10.0		35	
7.5		25	
5.0		15	
2.5		10	
0.75		5	

P.V. Saco Suelto kg/m <sup>3</sup>	1333
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>	1364
Humedad Óptima %	9.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	1476
Humedad del Lugar %	10.3

V.R.S. (Estándar) %	145.3
Expansión %	0.3
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	4.0
Equivalente de Arena %	7.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5	
Absorción %	1.5
Densidad	1.5
Durabilidad	

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425			
Límite Líquido %	25	Equiv Hum de Campo %	-
Límite Plástico %	10	Contracción Lineal %	5.0
Índice Plástico %	15	Clasificación S. U. C. S.	SC

Observaciones:

Sub-Base - - - - - Base - - - - -

KM 144+000



KILOMETRAJE	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Tamaño Máximo (en mm)	6.4	19	75	50	—	—	—	—	75	—	63.5	6.4	50	—
% Retenido en Malla de 75 0mm	—	—	3.4	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
% Que Pasa Malla de 4.75 mm	54	96	50	87	—	—	—	—	54	—	54	87	54	—
% Que Pasa Malla de 0.425 mm	31	86	28	76	—	—	—	—	31	—	31	80	37	—
% Que Pasa Malla de 0.075 mm	18	82	12	65	—	—	—	—	21	—	18	70	27	—
Clasificación S. U. C. S.	SC	GH1	GC	GH1	—	—	—	—	SC	—	SC	GH1	SC	—
Límite Líquido %	34	65	33	53	—	—	—	—	36	—	34	56	34	—
Índice Plástico %	17	13	18	36	—	—	—	—	17	—	9	11	18	—
Contracción Lineal %	—	15.3	6.3	13.8	—	—	—	—	6.6	—	3.4	15.1	6.4	—
P.V.S. Suelto kg/m <sup>3</sup>	1197	1000	1236	1090	—	—	—	—	1138	—	1294	1129	1148	—
P.V.S. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1751	1345	1753	1280	—	—	—	—	1829	—	1850	1420	1863	—
Humedad Óptima %	11.9	31.0	14.2	34.0	—	—	—	—	14.1	—	11.3	26.8	14.7	—
Humedad Natural %	16.0	38.3	14.3	42.8	—	—	—	—	13.7	—	13.5	32.0	13.1	—
Compacción del Lugar %	92	91	100	85	—	—	—	—	72	—	89	93.0	76	—
V.R.S. Estándar Saturado %	154.7	4.8	139.7	4.3	—	—	—	—	10.5	—	85.2	3.8	6.3	—
Expansión %	0.3	6.3	0.1	8.4	—	—	—	—	0.4	—	0.7	0.4	5.5	—
V.R.S. Del Lugar %	51.1	9.6	130.0	0.3	—	—	—	—	8.2	—	55.8	8.6	22.5	—
Humedad de Prueba %	10.1	38.3	14.3	35.9	—	—	—	—	13.7	—	13.5	32.0	13.1	—
V.R.S. Modificado al 90 %	8.4	17.7	95.4	11.0	—	—	—	—	29.2	—	36.8	12.9	32.1	—
Humedad de Prueba %	14.3	34.0	17.3	34.3	—	—	—	—	17.1	—	14.3	29.8	17.7	—
V.R.S. Modificado al 95 %	161.8	25.8	110.3	25.4	—	—	—	—	36.8	—	48.2	20.1	38.8	—
Humedad de Prueba %	13.1	32.5	15.8	32.8	—	—	—	—	15.6	—	13.9	25.3	16.2	—
V.R.S. Modificado al 100 %	203.8	40.7	130.0	37.3	—	—	—	—	71.7	—	25.6	38.2	20.8	—
Humedad de Prueba %	11.3	31.0	14.2	31.3	—	—	—	—	14.1	—	11.3	26.8	14.7	—



KILOMETRAJE	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Tamaño Máximo (en mm)	20	19	200	3	24	100	102	50	0.5	125	150	6.4	57.5	25
% Retenido en Malla de 75.0mm	-	-	3	-	-	1.5	-	-	-	10	-	-	-	-
% Que Pasa Malla de 4.75 mm	95	100	97	95	94	90	95	97	85	94	91	99	90	73
% Que Pasa Malla de 0.425 mm	89	91	37	7	59	88	82	78	76	78	76	91	80	60
% Que Pasa Malla de 0.075 mm	75	82	25	7	13	86	74	69	69	63	69	75	83	51
Clasificación S.U.C.S.	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	OC	CH <sub>1</sub>	OH <sub>1</sub>	MH <sub>5</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>
Límite Líquido %	51	69	66	61	59	104	52	57	62	52	71	56	74	53
Índice Plástico %	25	51	27	50	13	67	31	38	45	29	46	31	54	30
Contracción Lineal %	9.7	18.0	10.3	14.3	11.8	24.3	7.3	15.2	18	10.7	19.2	12.1	19.1	11.5
P.V.S. Suelto kg/m <sup>3</sup>	993	1090	1275	1090	1007	1177	994	1129	1100	954	1138	1018	1178	1036
P.V.S. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1370	1315	1575	1350	1300	1220	1300	1411	1320	1330	1410	1355	1335	1535
Humedad Óptima %	30.1	33.5	24.7	30.8	31.3	38.2	33.9	28.3	32.4	32.5	30.1	31.1	27.0	28.7
Humedad Natural %	36.5	42.1	28.7	36.0	35.9	53.8	42.4	33.3	40.9	38.0	42.5	32.7	35.5	37.6
Compacción del Lugar %	97	85	88	73	72	95	84	86	91	88	87	98	104	82
V.R.S. Estándar Saturado %	2.0	2.9	5.9	3.4	3.4	1.1	14.3	5.7	2.1	7.0	5.4	6.6	3.4	8.6
Expansión %	2.6	14.5	5.3	13.4	14.4	2.1	3.6	7.3	14.8	7.6	10.6	7.7	4.3	4.9
V.R.S. Del Lugar %	8.6	4.8	7.2	2.4	5.7	3.8	7.2	16.3	5.4	7.7	3.4	18.7	16.8	4.8
Humedad de Prueba %	36.7	42.1	28.7	36.0	32.8	53.8	42.8	31.6	45.9	38.0	42.5	32.7	35.5	37.6
V.R.S. Modificado al 90%	14.3	9.1	9.6	10.5	12.9	12.9	11.0	8.2	6.7	10.5	14.3	9.1	15.8	26.3
Humedad de Prueba %	33.1	36.5	27.3	33.8	37.0	41.2	36.8	31.3	35.4	35.5	33.1	34.5	30.0	31.7
V.R.S. Modificado al 95%	22.5	17.2	15.8	16.3	21.0	19.8	35.4	12.9	9.6	18.2	22.0	14.9	20.6	17.8
Humedad de Prueba %	31.6	35.0	25.8	32.3	35.5	39.7	35.3	29.8	33.9	34.0	31.6	33.0	28.5	30.2
V.R.S. Modificado al 100%	41.1	23.5	27.3	25.4	35.5	30.1	55.4	21.5	13.4	27.3	30.1	35.8	42.6	29.3
Humedad de Prueba %	30.1	33.5	24.3	30.8	34.0	38.2	33.8	28.3	32.4	32.5	30.1	31.5	27.0	28.7

#### IV. 3. - Estudio Geotécnico del Terreno Natural

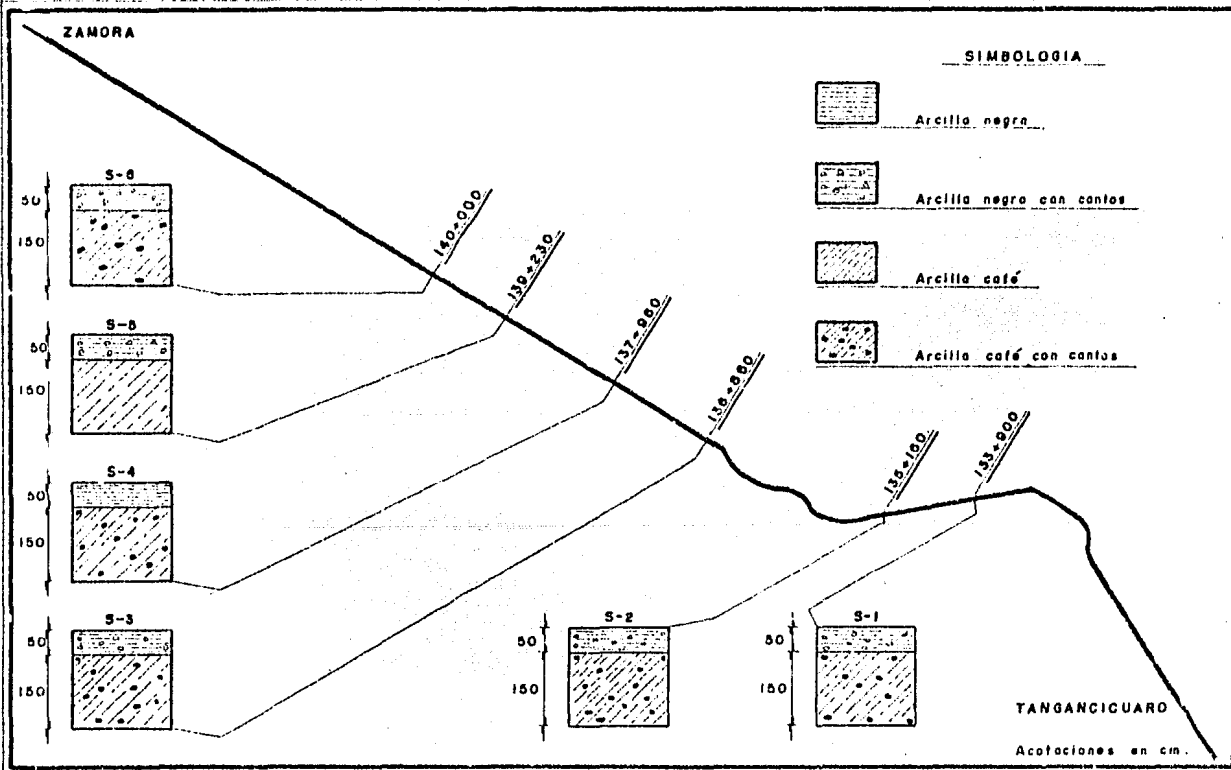
En el caso del terreno natural, se ejecutaron 6 sondeos en la zona de corte del lado derecho, que se encuentra desde el km. 132 + 900 hasta el km. 141 + 300 del tramo en estudio.

Los sondeos están localizados en los siguientes kilómetros:

Sondeo No.	Kilometraje
1	133 + 900
2	135 + 160
3	136 + 860
4	137 + 960
5	139 + 230
6	140 + 000

Los sondeos consistieron en pozos a cielo abierto de 2.0 m. de profundidad, de los cuales se obtuvieron muestras alteradas representativas de los materiales que constituyen el terreno natural, con el objeto de conocer sus características de calidad y resistencia.

En la figura No. IV.2 se muestra una planta del tramo en estudio con la localización de los sondeos así como la estratigrafía que presentan los pozos a cielo abierto.



Los trabajos de laboratorio consistieron en la ejecución de las mismas pruebas efectuadas al material de subrasante y cuerpo de terraplén ó terreno de cimentación de la estructura actual, con excepción de las pruebas de valor relativo de soporte en el lugar y valor relativo de soporte modificado al 100% de compactación.

Los valores numéricos de las diferentes pruebas de laboratorio que se efectuaron al material de terreno natural se muestran en la tabla IV.17.

#### IV. 4. - Estudio Geotécnico de los bancos de Materiales.

##### IV. 4. 1. - Localización

Se localizaron 6 bancos de materiales, ubicados en el siguiente kilometraje:

Banco	Kilómetro
1	123 + 500 con 3000 m. D/I
2	129 + 900 con 5000 m. D/I
3	132 + 900 con 2000 m. D/D
4	139 + 260 con 200 m. D/I
5	144 + 600 con 5500 m. D/I
6	144 + 600 con 6500 m. D/D





D/I - Desviación Izquierda

D/D - Desviación Derecha

En la figura No. IV. 3 se muestra el croquis de localización de los bancos localizados.

#### IV. 4. 2. - Exploración y Muestreo

La exploración y muestreo consistió en la ejecución de pozos a cielo abierto llevados a 2.0 m. de profundidad, de los cuales se extrajeron muestras alteradas representativas para ser ensayadas en el laboratorio.

#### IV. 4. 3. - Pruebas de Laboratorio

Las pruebas de laboratorio que se realizaron a las muestras obtenidas fueron las indicadas en el inciso IV. 2, a excepción del valor relativo de soporte en el lugar.

Los valores numéricos de los ensayés se muestran en las tablas -- IV.18 a IV. 21.

Hasta aquí únicamente se ha comentado la primera etapa del estudio geotécnico, que es la exploración, muestreo y ensayes de laboratorio, falta hacer el análisis de toda la información recabada, con el objeto de elaborar

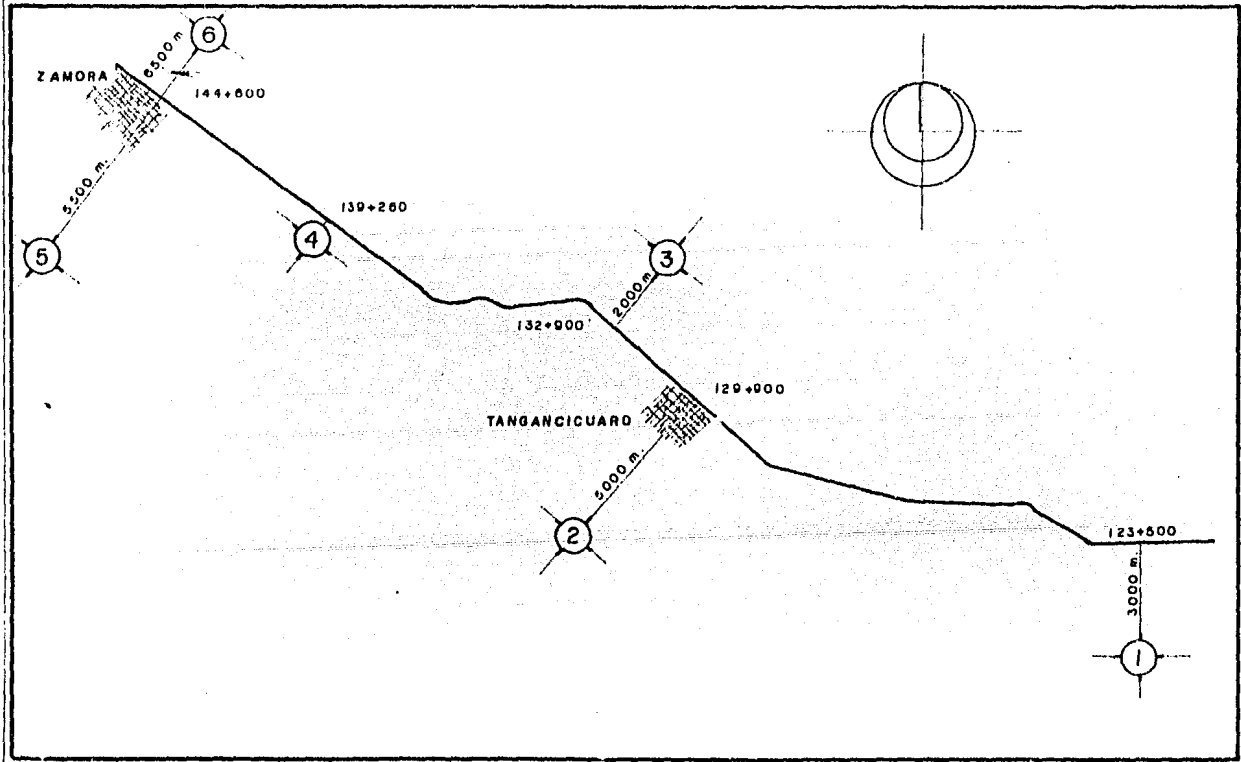


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

LOCALIZACION DE BANCOS

Figura  
No.  
IV. 3

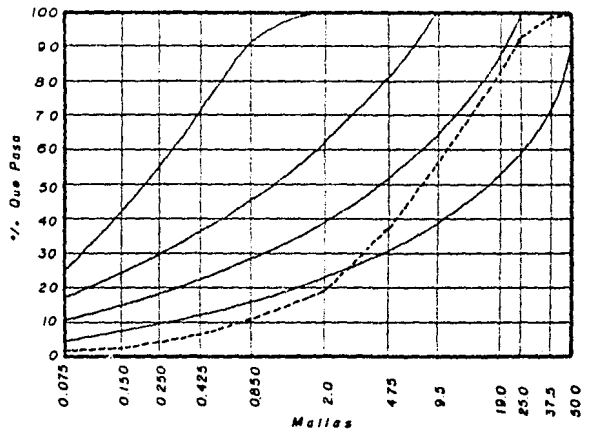




BANCO	(1)	(2)	(4)	(6)	(8)
KILOMETRAJE	123.5	129.9	139.20	144.6	144.6
Torona Máxima (en mm)	80.0	6.3	4.75	100.0	50.0
% Retenido en Malla de 75 0mm	3.4	17.0	--	3.0	--
% Que Pasa Malla de 475 mm	94.1	48.0	100.0	49.0	46.0
% Que Pasa Malla de 0.425 mm	2.0	20.0	24.0	18.0	14.0
% Que Pasa Malla de 0.075 mm.	1.0	5.0	24.0	3.0	2.0
Clasificación S. U. C. S	GW	W-GM	SM	GW	GW
Límite Líquido %.	33.0	37.0	33	33	29
Índice Plástico %.	H.P.	H.P.	H.P.	H.P.	H.P.
Contracción Lineal %.	0	0.8	0.0	0.0	0.0
P.V.S. Suella kg/m <sup>3</sup>	135.0	502	1280	1081	809
P.V.S. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1479.0	1308	1540	1420	1414
Humedad Óptima %.	16.5	18.4	10.5	17.2	21.5
Humedad Natural %.					
Compactación del Lugar %.					
V.R.S. Estándar Saturado %.	163.9	147.1	30.0	192.1	53.0
Expansión %.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
V.R.S. Del Lugar %.	--	--	--	--	--
Humedad de Prueba %.	--	--	--	--	--
V.R.S. Modificado al 90%.	88.2	55.0	21.0	92.2	88.5
Humedad de Prueba %.	19.5	21.4	13.5	20.2	21.5
V.R.S. Modificado al 95 %.	129.0	62.1	61.0	137.2	49.1
Humedad de Prueba %.	18.0	19.9	12.0	18.7	23.0
V.R.S. Modificado al 100 %.	195.9	105.1	78.4	158.7	113.2
Humedad de Prueba %.	16.5	18.4	10.5	17.2	21.5



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Paso		
	50.0	100	
	37.5	95	
	25.0	82	
	19.0	71	
	9.5	55	
4.75	35		
2.00	25		
0.85	10		
0.425	5		
0.250	4		
0.150	3		
0.075	1		

P.V. Seco Suolto kg/m <sup>3</sup>	1250
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1250
Humedad Optima %	10.5
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	
Humedad del Lugar %	

V.R.S (Estándar) %	10.5
Expansión %	0.5
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	
Equivalente de Arena %	100

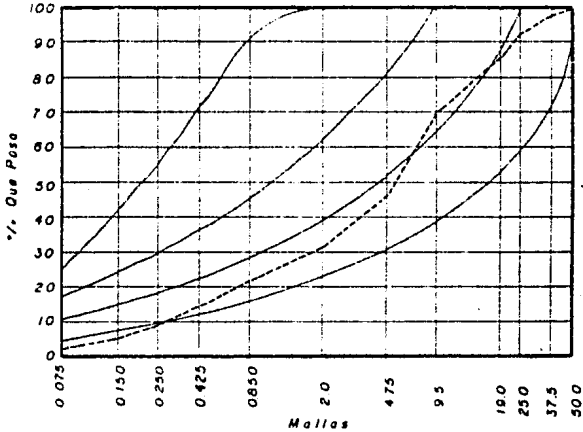
Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5	
Absorción %	10.5
Densidad	1.25
Durabilidad	

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num 0.425			
Límite Líquido %	25	Eqiv Num de Campo %	
Límite Plástico %	10	Contracción Lineal %	
Índice Plástico %	15	Clasificación S.U.C.S.	

Observaciones:



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 30.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	30.0	100	
	37.5	97	
	25.0	91	
	19.0	86	
	9.5	70	
4.75	48		
2.00	31		
0.85	21		
0.425	14		
0.250	8		
0.150	5		
0.075	3		

P.V. Seca Suelta kg/m <sup>3</sup>	309	
P.V. Máxima kg/m <sup>3</sup>		
Humedad Óptima %		
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>		
Humedad del Lugar %		

V.R.S (Estandar) %	1.5	
Expansión %	0.1	
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	INAP.	
Equivalente de Arena %	50	

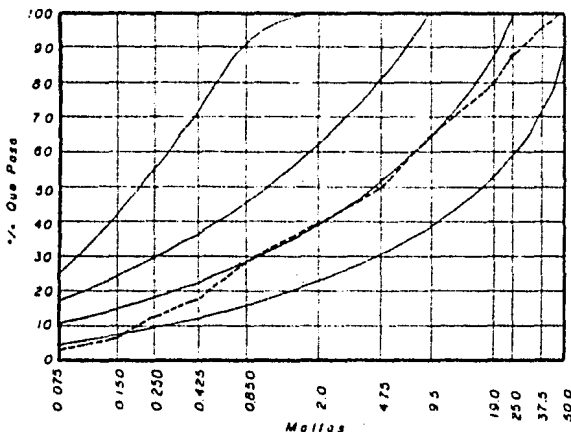
Pruebas en Mar Mayor que la Malla Num. 20		
Absorción %	17.3	
Densidad	1.6	
Durabilidad		

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num 0.425			
Límite Líquido %	29	Equiv Hum de Campa %	
Límite Plástico %	INAP.	Contracción Lineal %	0.0
Índice Plástico %	N.P.	Clasificación S.U.C.S.	

Observaciones:



GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Composición Granulométrica	MALLA % Retenido		
	EN 50.0		
	EN 37.5		
	Capa	Sub-Base	Base
	% Que Pasa		
	50.0	100	
	37.5	96	
	25.0	88	
	19.0	80	
	9.5	64	
4.75	50		
2.00	39		
0.85	23		
0.425	16		
0.250	12		
0.150	7		
0.075	5		

P.V. Seco Sueldo kg/m <sup>3</sup>	1031
P.V. Máximo kg/m <sup>3</sup>	1420
Humedad Óptima %	17.2
P.V. Del Lugar kg/m <sup>3</sup>	
Humedad del Lugar %	

V.R.5 (Estrándar) %	192.1
Expansión %	0.0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	
Equivalente de Arena %	10.0

Pruebas en Mat. Mayor que la Malla Num. 9.5	
Absorción %	2.1
Densidad	1.7
Durabilidad	

Pruebas Sobre Material Tamizado por la Malla Num. 0.425			
Límite Líquido %	33	Equiv Num de Campo %	
Límite Plástico %	1.1	Contracción Lineal %	0.0
Índice Plástico %	1.1	Clasificación S.U.C.S.	CL

Observaciones:

las recomendaciones pertinentes, lo cual se presentará en el siguiente capítulo.



## CAPITULO V

### ANALISIS Y RESULTADOS

Hasta este momento se cuenta con la información que se ha obtenido por medio de los trabajos de campo y laboratorio ¿ y ahora qué ?, es decir que hacer con tanta información. El presente capítulo da la respuesta a la interrogante planteada, ya que a través de un análisis sencillo y claro de las características más importantes del tramo se analizan alternativas de solución para resolver el problema objeto de este estudio.

#### V.1. - La Estructura Actual

##### V.1.1.- Carpeta

La carpeta, está constituida por mezcla asfáltica elaborada en frío, con un espesor promedio de 15.0 cm., este espesor tan alto se debe a que se han venido construyendo sobrecarpetas, tratando de mantener el índice de servicio de la carretera.

De acuerdo al levantamiento de daños realizado al tramo en estudio y comentado en el capítulo III, se observa lo siguiente:

- La superficie de rodamiento presenta deformaciones y agrietamiento en la totalidad de su superficie de rodamiento.

- La existencia de calaveras se manifiesta en el 30% de la superficie total.

- En el 35% de la superficie total se manifiesta la existencia de baches.

Lo anterior indica que la carpeta se encuentra en estado de falla estructural incapaz de cumplir con las funciones que se mencionaron en el capítulo I y ofreciendo un pésimo servicio a los usuarios, incrementando sus costos de operación, disminuyendo su seguridad e incrementando sus tiempos de recorrido.

La solución que se ha venido aplicando de construir sobrecarpetas con el fin de ofrecer un servicio adecuado, no ha sido satisfactoria dados los resultados negativos que se han obtenido.

#### V.1.2. - Base

El material que forma la base es una grava arcillosa cuya granulometría no cumple en la mayoría de los casos con las actuales normas mexicanas, ya que en casi todos los ensayos el material quedo fuera de las zonas recomendadas.

El espesor promedio de la capa es de 15.0 cm. siendo su valor mínimo 8.0 cm. y máximo 24.0 cm.

El material en su mayor parte tiene una humedad por arriba de la óptima, lo cual se explica por la falta de un drenaje superficial eficiente y por el intenso agrietamiento que presenta la carpeta, provocando esto último que haya infiltración del agua pluvial hacia la base.

#### V.1.3. - Sub - Base

De acuerdo a los ensayos de laboratorio se observa que el material que constituye a la sub-base al igual que en el caso de la base es una grava arcillosa que si cumple en su mayor parte con la granulometría que recomiendan las actuales normas mexicanas

El espesor promedio de la capa es de 15.0 cm. teniendo un valor máximo de 26.0 cm. y un valor mínimo de 11.0 cm. cabe mencionar que del kilómetro 137 + 500 al 139 + 500 no se construyó capa de sub-base.

#### V.1.4. - Capa Subrasante

La construcción de la capa subrasante se realizó en los siguientes sub - tramos del km. 131 + 000 al 133 + 000, del 134 + 500 al 135 + 500 y del 141 + 000 al 143 + 000, es decir en el 39% de la longitud total; en la --

longitud restante las capas superiores del pavimento (sub-base y/o base) - se apoyaron directamente en el material del cuerpo de terraplén ó del terreno de cimentación.

De acuerdo a los ensayos de laboratorio se determino que el material que constituye a la capa subrasante varía desde arcillas de alta plasticidad (CH) hasta gravas arcillosas (GC), pasando por limos de alta plasticidad (MH) y arenas arcillosas (SC).

El espesor promedio de la capa es de 12.0 cm. teniendo un valor mínimo de 6.0 cm. y un valor máximo de 21.0 cm.

#### V.1.5. - Terreno de Cimentación

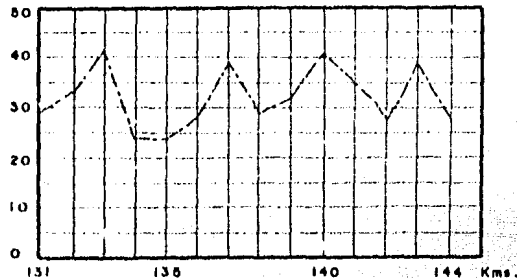
De acuerdo a los ensayos de laboratorio se encontro que el terreno de cimentación está constituido en su mayor parte por arcillas de alta plasticidad ( CH ).

Cabe mencionar que en el terreno de cimentación se encontraron fragmentos de roca basáltica cuyo tamaño varía de 6.4 mm. a 200 mm. la razón de esto se explica en el capítulo II, en el inciso correspondiente a geología.

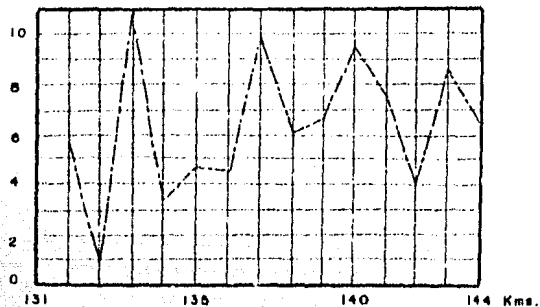
En las figuras Nos. V.1 a V.4 se presenta la variación con respecto al kilometraje de algunas de las propiedades más importantes de calidad



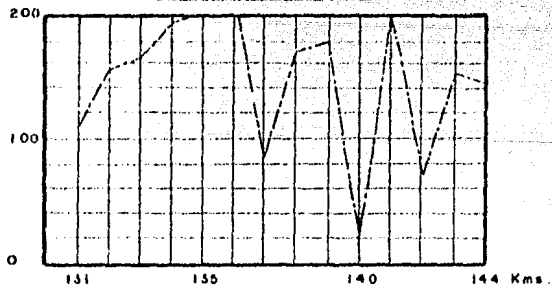
LIMITE LIQUIDO



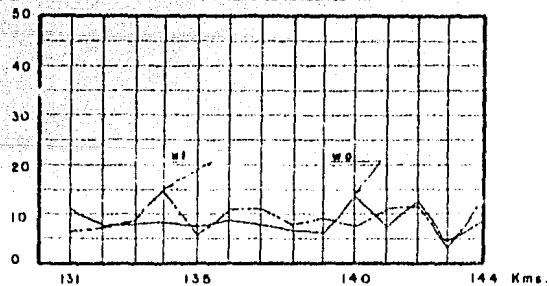
CONTRACCION LINEAL



V.R.S. ESTANDAR

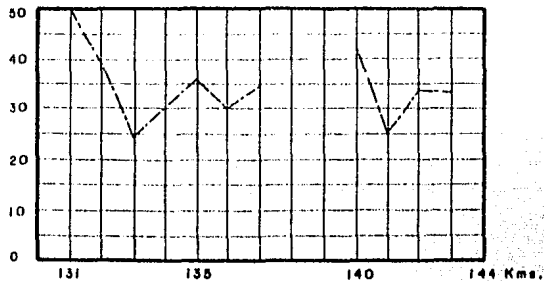


NUMEDADES

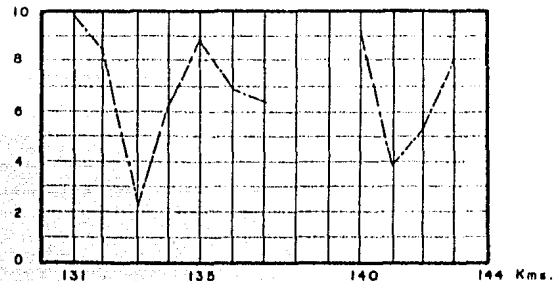




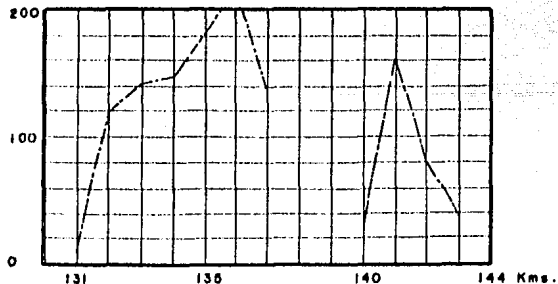
LIMITE LIQUIDO



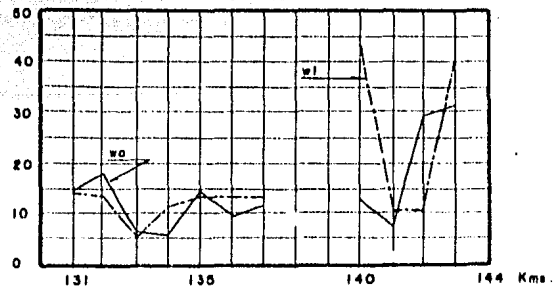
CONTRACCION LINEAL



V. R. S. ESTANDAR

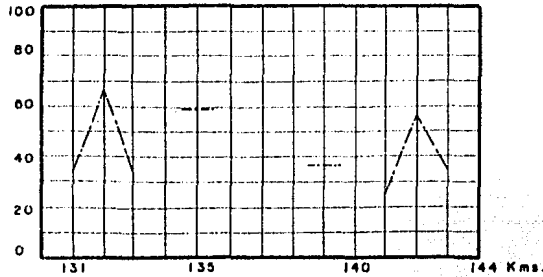


HUMEDADES

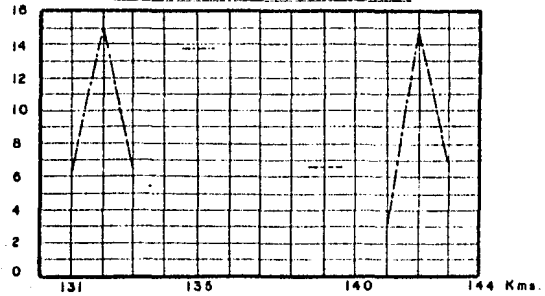




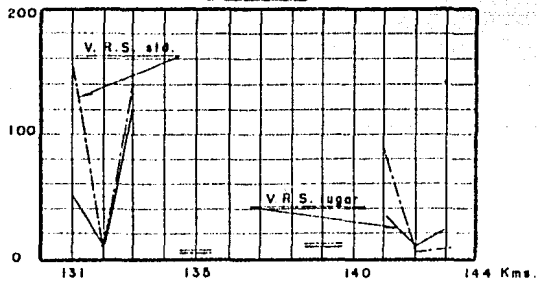
LIMITE LIQUIDO



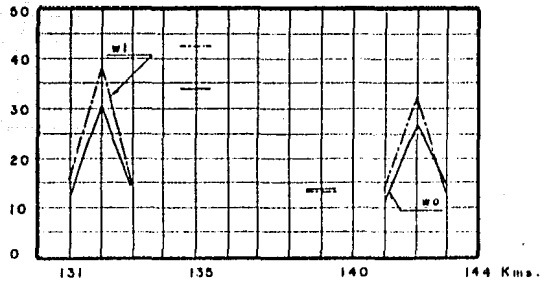
CONTRACCION LINEAL

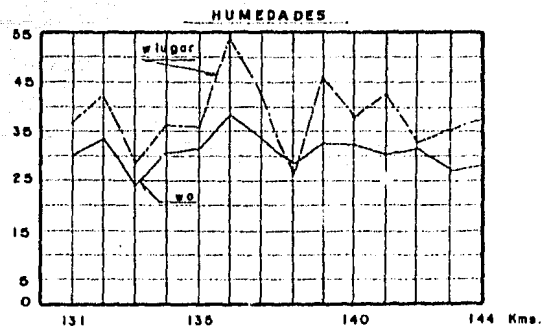
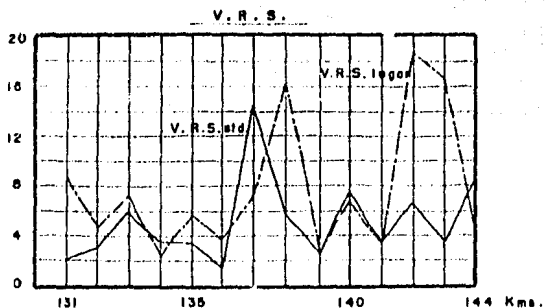
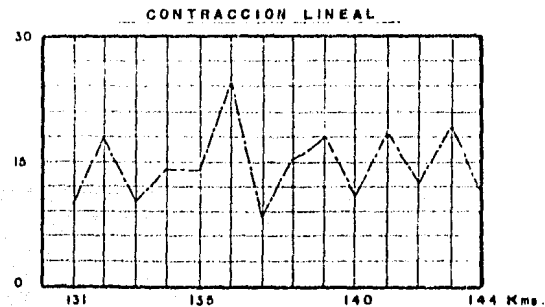
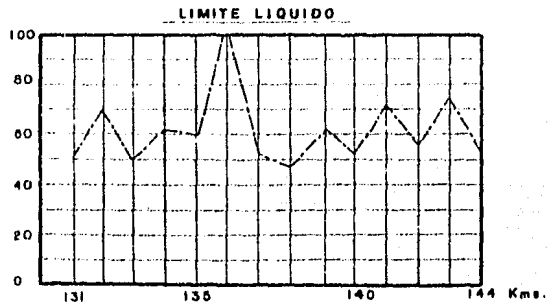


V. R. S.



HUMEDADES







y resistencia de los materiales que constituyen las diferentes capas de la estructura actual.

En la tabla V.1 se presentan los rangos de variación y los valores estadísticos ( 90 percentil, media y desviación estándar ) de las características más importantes de calidad y resistencia de los materiales que constituyen las siguientes capas:

Base

Sub - Base

Subrasante

Terreno de Cimentación.

Determinadas las características relevantes de la estructura actual es posible emitir el siguiente juicio crítico:

Existe una gran heterogeneidad en la estructura actual, desde los materiales empleados hasta los espesores construidos. Esto se explica partiendo del hecho de que no se contaba en la tecnología de los años cuarenta (época en que se construyó el tramo) con control de calidad, cuya aplicación es fundamental en cualquier obra de Ingeniería Civil.

La plasticidad de los materiales representada por el límite líquido y contracción lineal, es un concepto que involucra a la deformabilidad y resistencia, como ya se vió en las figuras V.1 a V.4. Los valores que repre-



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Borrado Amigón

VALORES ESTADISTICOS DE LA  
ESTRUCTURA ACTUAL

Tabla  
No.  
V. I

CARACTERISTICA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	T. NATURAL
<b>NORMA</b>				
PROMEDIO DEL V.R.S. ESTANDBAR	157,0	114,50	51,50	5,5
DESVIACION ESTANDBAR DEL V.R.S. ESTANDBAR	40,55	64,50	69,40	3,0
90 PERCENTIL DEL V.R.S. ESTANDBAR	23,0	25,0	4,0	2,00
<b>NORMA</b>	100,0 mín.	80,0 mín.	50,0 mín.	-
PROMEDIO DEL V.R.S. DEL LUGAR	-	-	31,5	-
DESVIACION ESTANDBAR DEL V.R.S. DEL LUGAR	-	-	5,05	5,05
90 PERCENTIL DEL V.R.S. DEL LUGAR	-	-	7,0	3,0
<b>NORMA</b>	-	-	-	-
PROMEDIO DEL VALOR CEMENTANTE	10,20	10,54	-	-
DESVIACION ESTANDBAR DEL VALOR CEMENTANTE	5,21	4,22	-	-
90 PERCENTIL DEL VALOR CEMENTANTE	5,35	5,10	-	-
<b>NORMA</b>	2,0-3,0 mín.	2,0-3,0 mín.	-	-
PROMEDIO EQUIVALENTE DE AREIA	20,76	20,0	-	-
DESVIACION ESTANDBAR DEL EQUIVALENTE DE AREIA	13,34	35,0	-	-
90 PERCENTIL DEL EQUIVALENTE DE AREIA	24,00	14,0	-	-
<b>NORMA</b>	20,0 mín.	20,0 mín.	-	-
PROMEDIO DE LA CONTRACCION LIBRAL	3,10	3,75	9,15	14,53
DESVIACION ESTANDBAR DE LA CONTRACCION LIBRAL	2,98	2,92	4,05	4,35
90 PERCENTIL DE LA CONTRACCION LIBRAL	3,3	3,90	5,00	9,40
<b>NORMA</b>	2,0-4,5 mín.	3,0-5,0 mín.	-	-
PROMEDIO DE LA EXPANSION LIBRAL	0,35	0,84	2,70	7,81
DESVIACION ESTANDBAR DE LA EXPANSION LIBRAL	0,77	1,12	2,90	5,43
90 PERCENTIL DE LA EXPANSION LIBRAL	0,15	0,20	0,90	3,80
<b>NORMA</b>	-	-	5,0 mín.	-
PROMEDIO DEL GRADO DE CONTACTACION	-	-	87,25	82,11
DESVIACION ESTANDBAR DEL GRADO DE CONTACTACION	-	-	3,65	7,74
90 PERCENTIL DEL GRADO DE CONTACTACION	-	-	74,0	83,80
<b>NORMA</b>	20,0 mín.	20,0 mín.	20,0 mín.	20,0 mín.

sentan a la plasticidad son altos, quedando fuera de especificaciones, lo cual implica una deformabilidad alta y una baja resistencia, lo que ha condicionado el mal comportamiento de la estructura.

La falta de un control de calidad provocó la siguiente situación:

-Las capas de sub-base y base se construyeron con material inadecuado.

-Falta de homogeneidad en el material de subrasante y lo que es más importante; no existe capa subrasante en buena parte de la longitud del tramo, a este respecto cabe mencionar que de las experiencias obtenidas en la pista circular de pruebas en el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. se sabe que la capacidad estructural de un pavimento depende en gran parte de la calidad de las terracerías, especialmente de la capa subrasante.

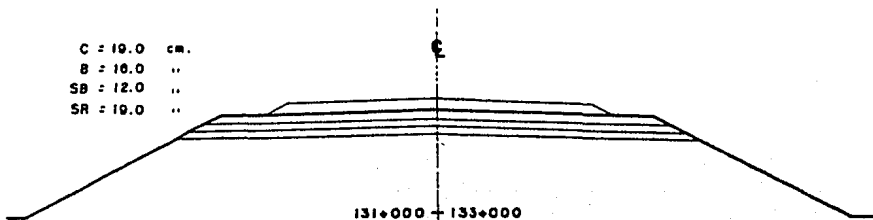
-La estructuración del tramo es muy variable como se puede apreciar en las figuras Nos. V.5 y V.6.

Por otro lado la deformabilidad de los materiales ha provocado lo siguiente:

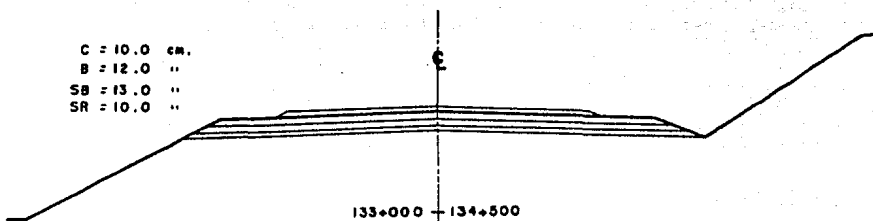
- Superficie de rodamiento inservible debido a las fallas que presenta, tales como: intenso agrietamiento, deformaciones permanentes, baches y calaveras.



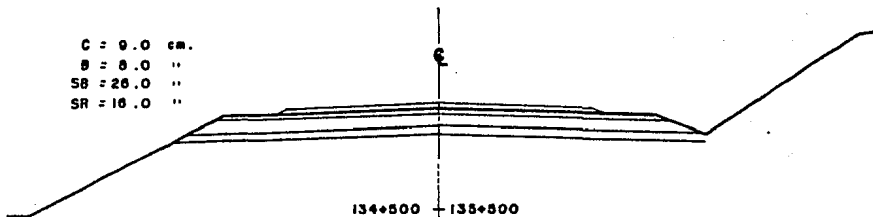
C = 19.0 cm.  
B = 18.0 "  
SB = 12.0 "  
SR = 19.0 "



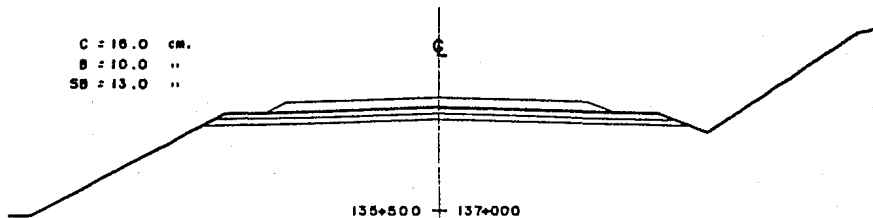
C = 10.0 cm.  
B = 12.0 "  
SB = 13.0 "  
SR = 10.0 "



C = 9.0 cm.  
B = 8.0 "  
SB = 26.0 "  
SR = 18.0 "



C = 16.0 cm.  
B = 10.0 "  
SB = 13.0 "





C = 18.0 cm.  
SB = 20.0 "

137+000-140+000

C = 11.0 cm.  
B = 19.0 "  
SB = 9.0 "

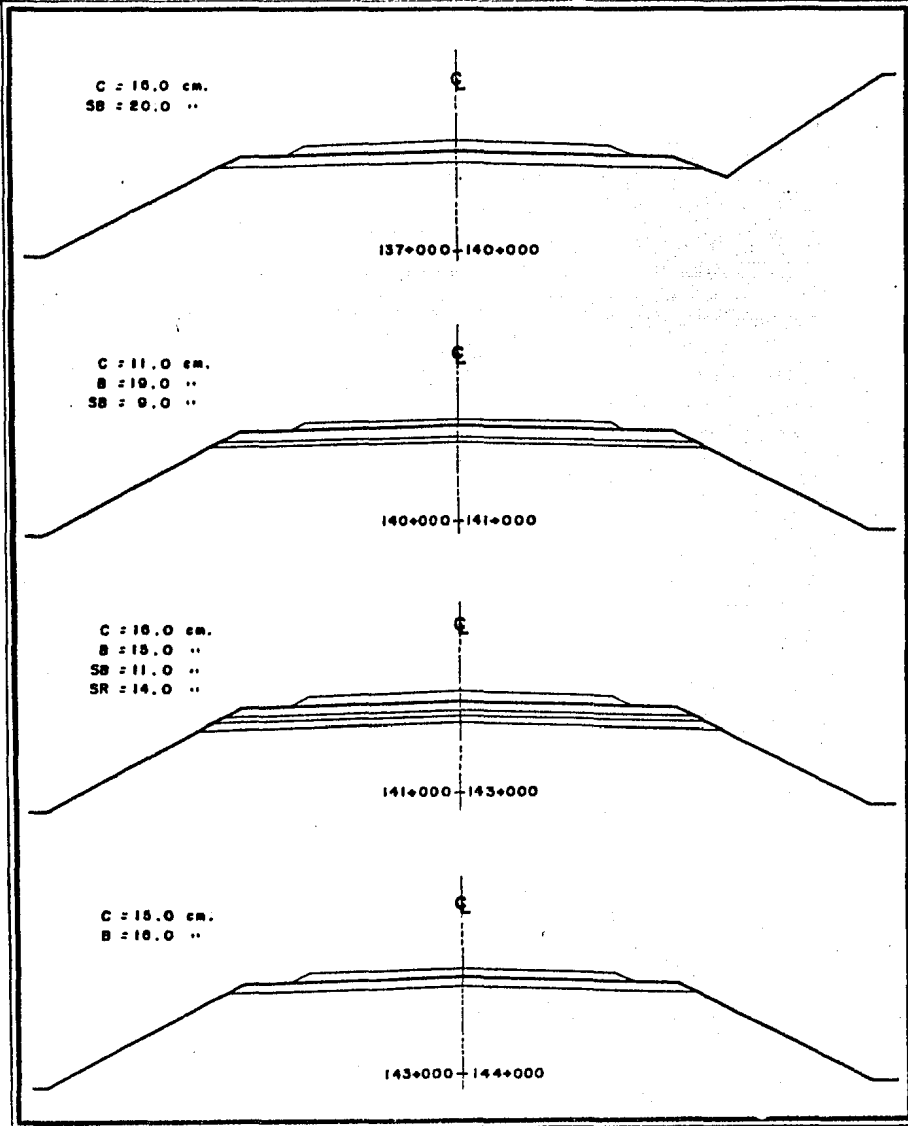
140+000-141+000

C = 18.0 cm.  
B = 18.0 "  
SB = 11.0 "  
SR = 14.0 "

141+000-143+000

C = 18.0 cm.  
B = 18.0 "

143+000-144+000



## V.2. - El Terreno Natural.

De acuerdo a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados al material que constituye el terreno natural, se observa que dicho material es una arcilla de alta plasticidad ( CH ) con las siguientes características de calidad y resistencia:

- Rango de variación del V.R.S. Estándar - 1.9% - 23.5%
- 90 percentil del V.R.S. Estándar - 2.7%
- Rango de variación de la contracción lineal - 7.8% - 22.2%
- Rango de variación de la expansión lineal - 1.7% - 20.0%

En este caso no se realizó la prueba de valor relativo de soporte en el lugar ya que se consideró que el V.R.S. del lugar encontrado en el terreno de cimentación de la estructura actual, es representativo del terreno natural.

Basado en los ensayos de laboratorio y en observaciones hechas en campo se elaboró el informe del estudio geotécnico que se presenta en la tabla No. V.2, con relación a esta tabla cabe hacer los siguientes comentarios:

. Los coeficientes de variación volumétrica, están definidos por la siguiente expresión:



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES

E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS

Benjamín Barrada Amigón

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

Tabla  
No.  
V. 2

KILOMETRO Desde - Hasta	ESTRATO		CLASIFICACION	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			Observaciones
	No	Espesor m.			90 %	95 %	100 %	Band.	A	B	C	
131+000 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>1</sub> )	Desplome	-	-	-					a
132+200	2	Indef	Limo arenoso de alta plast. (MH <sub>1</sub> )	Compactado	0,94	0,88	0,84					a
132+900 a	1	0,50	Tierra vegetal	Desplome	-	-	-					a
133+050	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10				a
133+060 a	1	0,50	Arcilla de alta plast. (CH <sub>1</sub> )	Desplome	-	-	-					a
134+080	2	Indef	Limo arenoso alta plast.(MH <sub>1</sub> )	Compactado	0,94	0,88	0,84					a
134+080 a	1	0,50	Tierra vegetal	Desplome	-	-	-					a
134+200	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10				a
134+300 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>1</sub> )	Desplome	-	-	-					a
134+280	2	Indef	Limo arenoso,alta plast(MH <sub>1</sub> )	Compactado	0,94	0,88	0,84					a
134+280 a	1	0,50	Tierra vegetal	Desplome	-	-	-					a
134+410	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10				a
134+410 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>1</sub> )	Desplome	-	-	-					a
134+480	2	Indef	Limo arenoso alta plast(MH <sub>1</sub> )	Compactado	0,94	0,88	0,84					a
134+480 a	1	0,50	Tierra vegetal	Desplome	-	-	-					a
134+540	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10				a
134+540 a	1	0,50	Arcilla de alta plast. (CH <sub>1</sub> )	Desplome	-	-	-					a
135+720	2	Indef	Arena limosa	Compactado	1,00	0,96	0,92					a



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Borrado Amigón

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

Tabla  
No. V.2  
Cont.

135+720 a	1	0,50	Tierra vegetal	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
135+834	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10	00-30-70	a
135+834 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
135+940	2	Indef	lino arenoso	Compactado	0,90	0,80	0,80		90-10-00	a
135+940 a	1	0,50	Tierra vegetal	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
136+120	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10	00-30-70	a
136+120 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
136+240	2	Indef	lino arenoso	Compactado	0,90	0,80	0,80		90-10-00	a
136+240 a	1	0,50	Tierra vegetal	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
136+340	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10	00-30-70	a
136+340 a	1	0,50	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
138+385	2	Indef	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Compactado	1,00	0,90	0,90		100-00-00	a
138+385 a	1	0,50	Tierra vegetal	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
138+535	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10	00-30-70	a
138+535 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
138+600	2	Indef	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Compactado	1,00	0,90	0,90		100-00-00	a
138+600	1	0,50	Tierra vegetal	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
138+620	2	Indef	Roca empacada en arcilla	Bandeado	-	-	-	1,10	00-30-70	a
138+620 a	1	0,60	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Despalme	-	-	-		100-00-00	a
138+740	2	Indef	Arcilla de alta plast. (CH <sub>2</sub> )	Compactado	1,00	0,90	0,90		100-00-00	a





$$C. V. V. = \frac{\gamma_{dn}}{\gamma_{dmax} G_c}$$

En donde:

$\gamma_{dn}$  = Peso volumétrico seco del suelo en estado natural, en el lugar de que ha de ser extraído, en Ton/m<sup>3</sup>

$\gamma_{dmax}$  = Peso volumétrico seco máximo que puede obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se esté empleando en Ton/m<sup>3</sup>

G<sub>c</sub> - Grado de compactación que se especifique para cada caso

- La clasificación para presupuesto que se anota en la columna de la tabla en estudio trata de establecer una clasificación de los materiales que van a intervenir en el movimiento de tierras, hecha con fines de pago, de acuerdo a la dificultad de las operaciones, los equipos y métodos que es preciso usar a fin de definir un precio concreto para cada tipo de material. En la práctica mexicana se distinguen tres tipos de materiales. El A, fácil de atacar con pico y pala; el B, excavable con equipo mecanizado pero no requiere explosivos y el C que si requiere explosivos. El total que ha de moverse queda representado por el porcentaje de material A, B y C cuya suma debe ser siempre 100 %.

La letra apuntada en la última columna correspondiente a obra: va-

ciones indica lo siguiente:

a.- Material que por sus características de calidad y resistencia se debe desechar o cuyo uso se restringe al arroje de taludes.

A manera de conclusión se puede decir que el terreno natural, - presenta características desfavorables razón por la cual su utilización - se encuentra restringida al arroje de taludes.

Desde el punto de vista estructural el camino actual presenta graves deficiencias las cuales ya se comentaron, sin embargo tal como se - mencionó en el capítulo III es necesario conocer el nivel de servicio al - cual está operando el tramo, lo que servirá para normar el criterio de de- cisión.

### V.3. - Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio

A fin de proceder a realizar el análisis de capacidad y nivel de ser- vicio del tramo en estudio, se utilizarán los datos geométricos y el volu- - men vehicular mencionados en el capítulo III de este trabajo.

Para la determinación del volumen de demanda, se tomo en cuenta- el tránsito diario promedio anual, la tasa de incremento anual del tránsito y el factor de conversión de tránsito diario a horario, usando los datos más recientes con que se contaban.

El cálculo de la capacidad y nivel de servicio se efectuó de acuerdo a lo que se establece en el manual de proyecto geométrico de carreteras de la S. C. T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes).

Datos:

- . Carretera de dos carriles, uno para cada sentido de circulación.
- . Tipo de terreno: Lomerío suave a plano
- . Ancho de carriles = 3.05 m.
- . Ancho de acotamientos = 1.25 m.
- . Distancia de visibilidad de rebase mayor de 500 m. = 48 %
- . Velocidad ponderada = 70 km/hr.
- . Tránsito diario promedio anual para 1984 = 10,250 vehículos.
- . Tasa de incremento anual del tránsito:  $i = 10\%$
- . Factor de conversión de tránsito diario a horario:  $k = 10\% = 0.10$   
(pues el tramo en estudio comunica a una zona de alta productividad).
- . Tránsito horario (el cual se supondrá igual al volumen de demanda):

$$TH = 10,250 \cdot 0.10 = 1025$$

. Fórmula:

$$VS = 2000 (N) \left( \frac{V}{C} \right) (W_L) (T_L) (B_L)$$

En donde:

VS = Volumen de servicio

N = Número de carriles (en un sentido)

V/C = Relación volumen - capacidad

$W_L$  = Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.

$T_L$  = Factor de ajuste por vehículos pesados

$B_L$  = Factor de ajuste por autobuses.

Solución para diferentes niveles de servicio:

N.S.	N	V/C	$W_L$	$E_T$	$E_B$	$T_L$	$B_L$	V. S.
C	1	0.32	0.74	2.5	2.0	0.64	0.95	288
D	1	0.52	0.77	2.0	2.0	0.71	0.95	540
E	1	1.00	0.79	2.0	2.0	0.71	0.95	1066

Resumen:

		Niveles de Servicio					
		A	B	C	D	E	F
V.S.					288	540	1066
		V.D. = 1,025					

Como se aprecia, el tramo actualmente trabaja a un nivel de servicio " E ", o sea con un flujo inestable y muy cercano al nivel F o sea - sobrecarga del tramo.

. Determinación del tiempo durante el cual operará a un nivel de servicio "E"

$$n = \frac{\log. 1066/1025}{\log. 1.10} = \frac{0.01705}{0.04139} = 0.4 \text{ años}$$

El tramo operará durante 5 meses a un nivel de servicio "E" para pasar después de este lapso al nivel " F " que es la condición de rechazo.

Confirmado lo que se menciona en el capítulo III acerca de que el tramo sujeto a estudio es obsoleto para la demanda del tránsito que circula sobre él y la falta de capacidad estructural. A continuación se hace el estudio de soluciones.

#### V.4. - Generación de Alternativas y Selección.

##### V.4.1. - Alternativas

A- 1. - El camino actual se puede ampliar a 12.0 m. de ancho de corona, reconstruyendo el pavimento.

A - 2. - Desechar el camino actual, construyendo a ambos lados y por etapas secciones de 12.0 m de ancho de corona para tener a futuro 4 carriles de circulación.

A - 3. - Construir a un lado del camino actual una sección de 15.0 m de ancho y reconstruir el camino actual para aprovecharlo y tener 4 carriles de circulación a futuro.

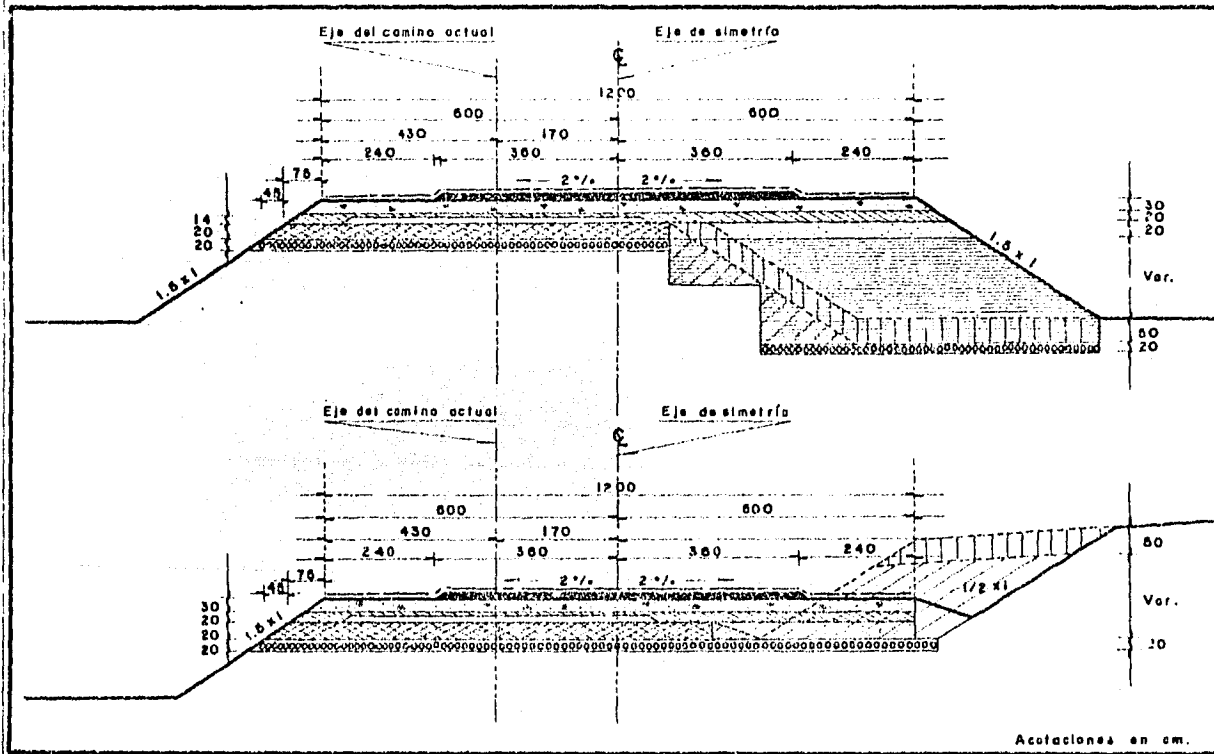
Las secciones y los procedimientos constructivos para cada una de las alternativas se presentan en las figuras Nos. V. 7, V. 8 y V. 9.

#### V. 4. 2. - Selección.

La selección consistirá en ver pros y contras de las alternativas con el objeto de decidir la que ofrezca mayores ventajas.

A - 1. - Ultimamente se ha venido hablando en el medio caminero, refiriéndose a los programas de modernización de la Red Federal de Carreteras, de dar a la estructura de los tramos en proyecto, un valor de rescate, esto significa la cantidad de ahorro que se lograría al utilizar los elementos de una estructura actual al proyectar una modernización.

Bajo la perspectiva anterior la alternativa 1 es adecuada ya que plantea la utilización de lo que tenemos, esto obviamente constituye una





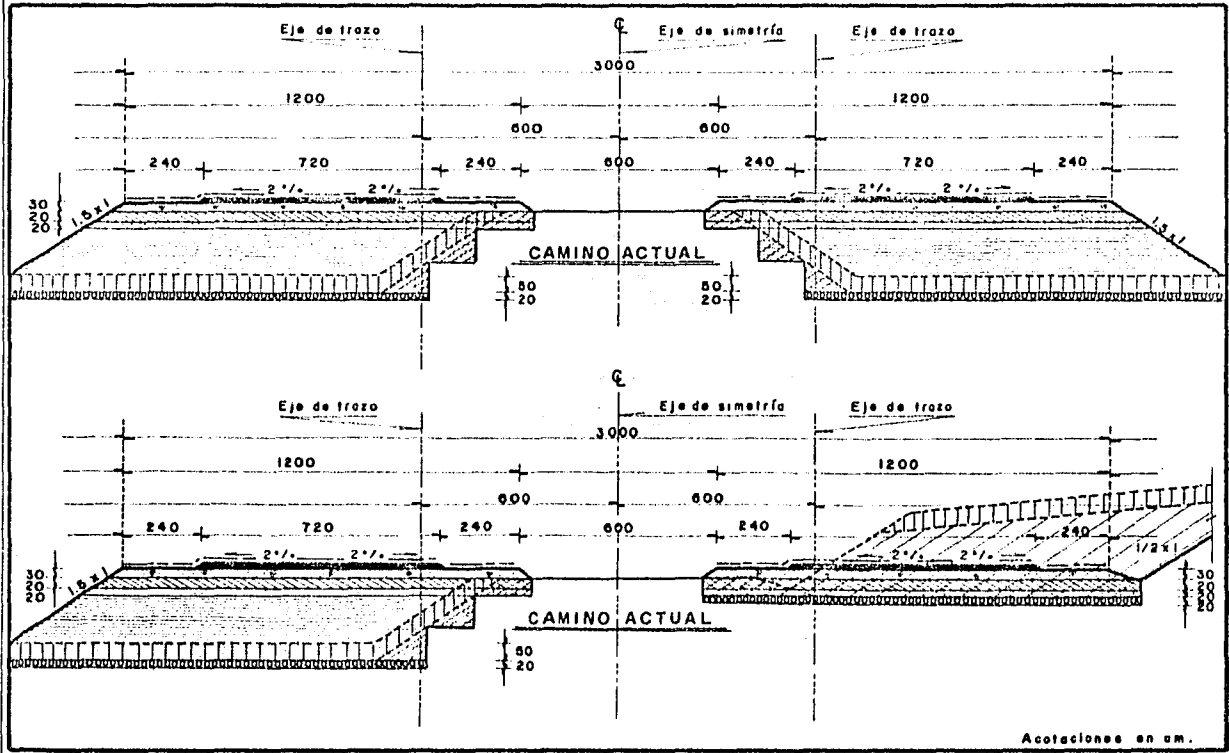


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barreda Amigón

ALTERNATIVA A-2

Figura  
No.  
V.8



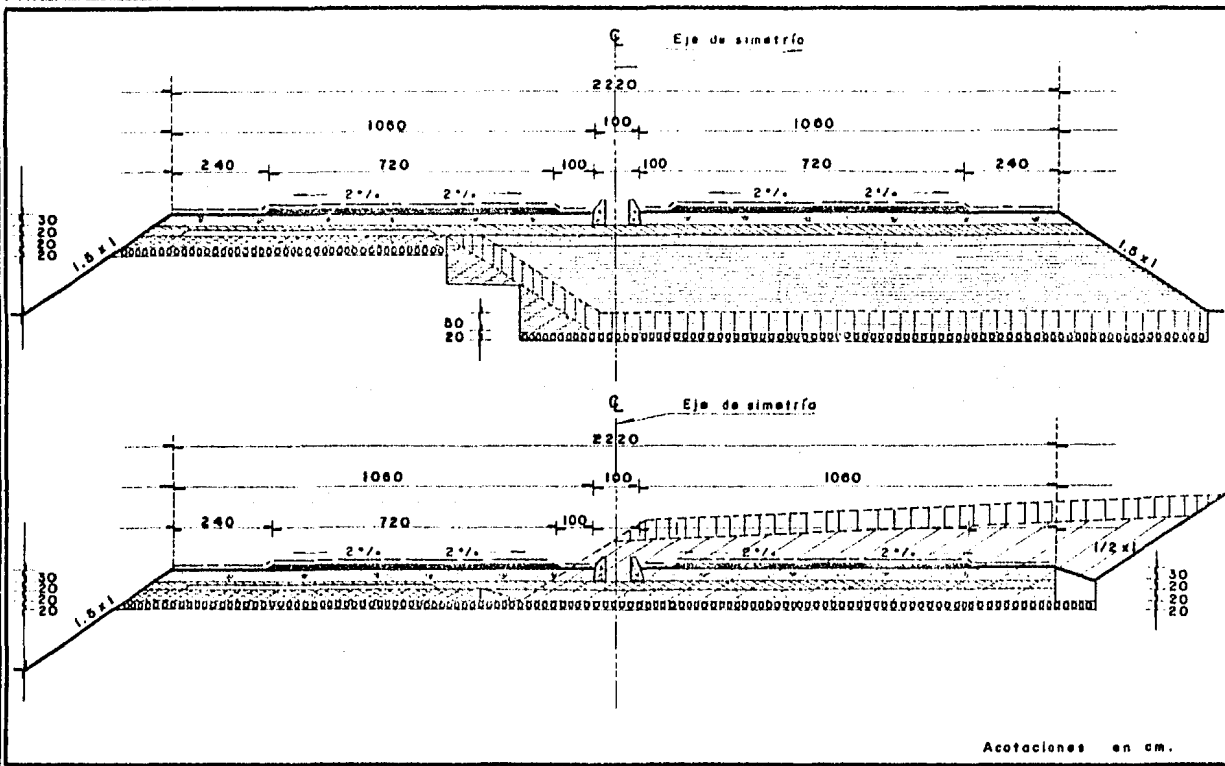


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Borrero Amigón


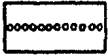
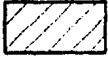


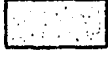
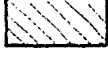

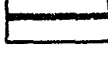
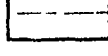
ALTERNATIVA A-3

Figura  
No.  
V.9



Acotaciones en cm.



- |    |   |   |
|----|---|---|
| 1  |    | DESPALME  |
| 2  |    | COMPACTACION AL 90% DEL P.V.S.M.                            |
| 3  |    | CORTE   |
| 4  |    | CUERPO DE TERRAPLEN COMPACTADO AL 90% DE SU P.V.S.M.        |
| 5  |    | ESCARIFICACION, DISGREGACION Y ACAMELLONAMIENTO             |
| 6  |    | CAPA SUBYACENTE COMPACTADA AL 95% DE SU P.V.S.M.            |
| 7  |    | CAPA SUBRASANTE COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M.           |
| 8  |  | CAPAS DE SUB-BASE Y BASE COMPACTADAS AL 100% DE SU P.V.S.M. |
| 9  |  | CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO COMPACTADA AL 95%             |
| 10 |  | RIEGO DE SELLO  |

P.V.S.M. = PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO.

ventaja desde el punto de vista económico ( economía mal entendida ), veamos ahora las desventajas:

Para ejecutar los procedimientos indicados en la Fig. No. V.7 - será necesario construir desviaciones para manejar el tránsito que se tiene en el tramo.

Un aspecto importante de esta alternativa es que no se garantiza el buen comportamiento de la estructura debido a la deformabilidad de los materiales que se emplearon en la construcción de algunas capas del tramo, aunque ciertamente esta desafortunada situación reviste vital importancia, se puede decir que la desventaja más importante es el hecho de que la sección geométrica propuesta, en poco lapso sería obsoleta en base al siguiente cálculo de nivel de servicio.

Datos:

- . Carretera de dos carriles, uno para cada sentido de circulación.
- . Tipo de terreno: Lomerío suave a plano
- . Ancho de carriles = 3.60
- . Ancho de acotamientos = 2.40
- . Distancia de visibilidad de rebase mayor de 500 m. = 48%

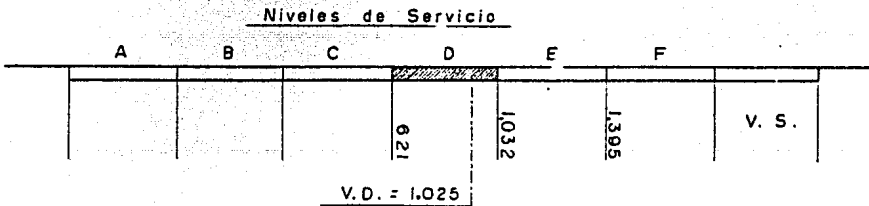
. Velocidad ponderada = 90 km/hr.

Los datos faltantes son los mismos que se utilizaron para conocer el nivel de servicio del camino actual.

Solución para diferentes niveles de servicio:

N.S.	N	V/C	W <sub>L</sub>	E <sub>T</sub>	E <sub>B</sub>	T <sub>L</sub>	B <sub>L</sub>	V.S.
C	1	0.496	1	2.5	2.0	0.659	0.95	621
D	1	0.740	1	2.0	2.0	0.734	0.95	1032
E	1	1.0	1	2.0	2.0	0.734	0.95	1395

Resumen:



Como se puede apreciar el tramo ya ampliado operaría en el momento de abrirse al tránsito a un nivel D y muy próximo al nivel E de flujo inestable, el tiempo que tardaría en pasar a este nivel, sería:

$$n = \frac{\log. \frac{1032}{1025}}{\log. 1.1} = \frac{0.0029}{0.04} = 0.07 = 1 \text{ mes}$$

El tiempo que tardaría el tramo a la condición de sobrecarga sería:

$$n = \frac{\log \frac{1395}{1025}}{\log 1.1} = \frac{0.134}{0.04} = 3.23 \text{ años}$$

Concluyendo, la alternativa No. 1 no es conveniente ya que el ampliar el tramo actual no se obtiene ningún beneficio desde el punto de vista operacional.

A - 2. - Con relación a la segunda alternativa se puede decir lo siguiente: al plantear esta alternativa como solución se pensó en una sección de cuatro carriles en donde el camino actual serviría para alojar las vueltas izquierdas y como carrillón. Esta sección se propuso que fuera de tipo evolutivo, sin embargo al ver en el caso de la alternativa 1 que una vez ampliado el camino actual a 12.0 m. de ancho de corona, a un mes de ser abierto al tránsito sería obsoleta, se hace necesario de una manera urgente construir la sección de cuatro carriles. La ventaja de esta alternativa es que además de resolver el problema de capacidad y nivel de servicio, el comportamiento sería mejor, debido a el empleo de materiales de buena calidad y a la homogeneidad que se lograría, sin necesidad de construir desviaciones, ya que el tránsito se manejaría por el camino actual.

A - 3. La presente alternativa resolvería el problema de capacidad y

nivel de servicio al igual que la A - 2, sin embargo se tendrían los inconvenientes de la A - 1, es decir el comportamiento inseguro de la estructura - debido a la falta de homogeneidad.

La alternativa A - 1 no compete con la A - 2 ni con la A - 3 ya que no resuelve el problema de capacidad y nivel de servicio, practicamente - queda escoger entre la A - 2 y A - 3, pero ¿ que hay con el aspecto económico ? , si observamos el cuadro V.1 podemos ver que el costo por kilómetro de la A - 3 es 8 millones de pesos menos que la A - 2, esto resulta atractivo para escoger la A - 3, pero no hay que perder de vista el comportamiento futuro de la estructura.

Como ya se menciona se espera de la A - 3, un mal comportamiento de la estructura lo cual se reflejará en los costos de conservación y operación lo que a largo plazo redundaría en un costo mayor. Cualitativamente - se muestra en la fig. No. V.10 el comportamiento esperado tanto de la alternativa A - 2 como de la A - 3.

En base a los análisis anteriores y teniendo en cuenta las perspectivas de desarrollo de nuestro país se considera a la segunda alternativa como la más adecuada para resolver los problemas del tramo en estudio.

#### V.5.- Dimensionamiento Estructural

Para estructurar los cuerpos nuevos se calcularán los espesores -



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

COMPARACION DE COSTOS

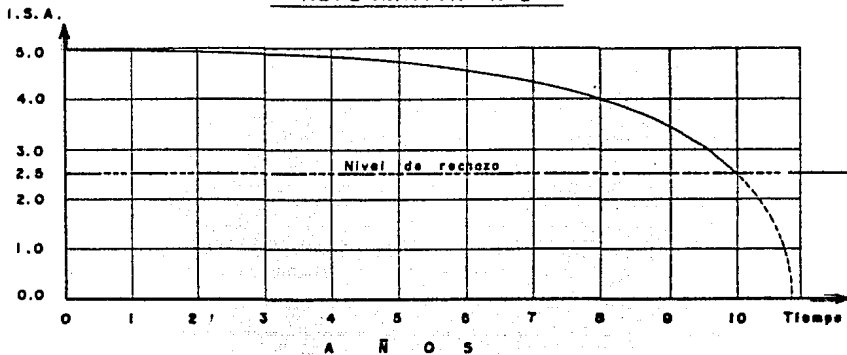
Cuadro  
No.  
V. I

ALTERNATIVAS CONCEPTOS			
	A-1	A-2	A-3
	COSTO*	COSTO*	COSTO*
Desviaciones	‡ 6'774,508.0	—	—
Terracerias	4'372,442.0	‡ 19'358,793.0	‡ 11'485,097.0
Pavimento	7'146,943.0	14'237,583.0	14'013,591.0
Sub-drenaje	2'588,281.0	2'588,281.0	2'588,281.0
<b>Total</b>	‡ 20'882,174.0	‡ 36'184,657.0	‡ 28'086,969.0
Diferencia		‡ 15'302,483.0	‡ 8'097,688.0 + Por km.

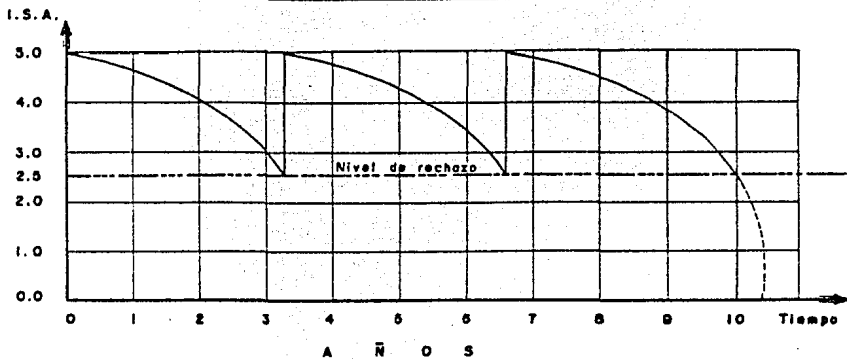




ALTERNATIVA A-2



ALTERNATIVA A-3



requeridos de las diferentes capas con tres métodos basados en la prueba del valor relativo de soporte ( V.R.S. ), dichos métodos son:

- . Método del Instituto de Asfaltos ( E.U.A. )
- . Método del Instituto de Ingeniería de la U. N. A. M.
- . Método Porter Modificada

V.5.1. - Método del Instituto de Asfaltos ( E.U.A. )

Para este método se utilizará nomograma de la figura No. V.11

Datos:

- . Tránsito diario inicial = 10,250
- . % de camiones pesados en ambas direcciones = 39 %
- . % de camiones pesados en el carril de diseño = 50 %
- . Número de camiones pesados en el carril de diseño = 2000
- . Promedio del peso bruto de los vehículos pesados = 44.0 miles de libras.
- . I. T. N. = 4500
- . Período de diseño = 10 años
- . Tasa de crecimiento = 10 %
- . Factor de corrección = 0.8
- . D. T. N. = I. T. N. x 0.8 = 3600
- . V. R. S. del terreno natural = 3 %
- . V. R. S. de la capa subrasante = 20 %

Utilizando el nomograma de la fig. V.12 se obtienen los espesores en pulgadas de concreto asfáltico.

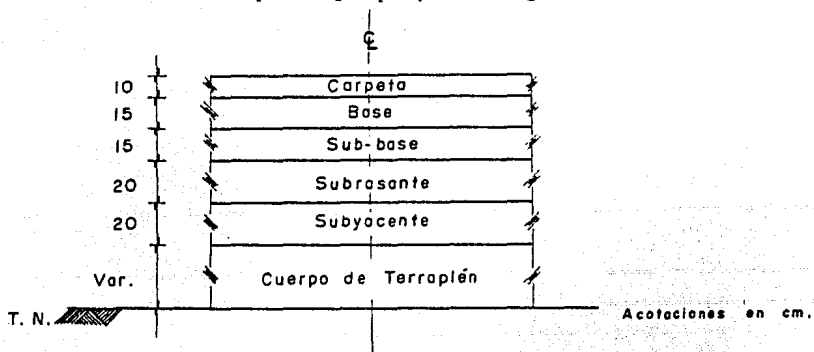
Espesor requerido sobre:

- . El terreno natural =  $15.15'' = 35.0$  cm.
- . El cuerpo de terraplén =  $6.8'' = 17.3$  cm.
- . La capa subrasante =  $6.6'' = 16.8$  cm.

Para dimensionar la sección estructural se utilizaran las siguientes equivalencias:

- 1 cm. de concreto asfáltico = 2.0 cm. de base hidráulica
- 1 cm. de concreto asfáltico = 2.7 cm. de sub-base hidráulica
- 1 cm. de concreto asfáltico = 3.5 cm. de subrasante

Como podrá observarse el espesor que rige es el que se requiere sobre el terreno natural por lo que propone la siguiente estructuración.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Arzobispo

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Borrero Antúñez

NOMOGRAMAS DE DISEÑO  
METODO DEL I.A. (E.U.A.I)

Figura  
No. VII y VII 2

Fig. V.11

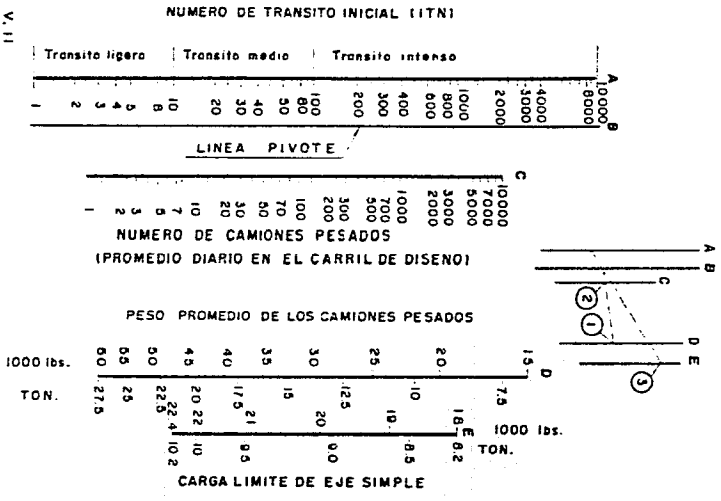
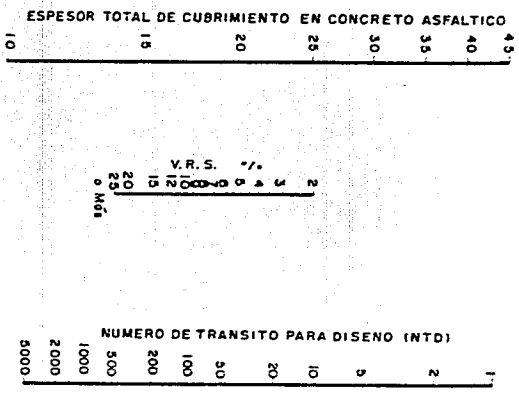


Fig. V.12



V. 5. 2. - Método del Instituto de Ingeniería de la U. N. A. M.

Para dimensionar la estructura por este método se empleará la información obtenida de la tabla V. 3 y de la gráfica que se muestra en la figura No. V. 13

Los datos se presentan en la tabla V. 3, de ésta se obtiene que la suma de ejes equivalentes de 8.2 toneladas es igual a  $6.1 \times 10^7$ , con este dato y los valores relativos de soporte del terreno natural, cuerpo de terraplén y capa subrasante se entra a la gráfica de la figura V. 13 y se obtienen los siguientes espesores:

Sobre el terreno natural = 107.0 cm.

Sobre el cuerpo de terraplén = 38.0 cm.

Sobre la capa subrasante = 37.0 cm.

Los espesores obtenidos son de grava equivalente y los factores de equivalencia para las diferentes capas aparecen en la figura No. V. 13.

La estructuración propuesta en base a los resultados obtenidos por el método del Instituto de Asfaltos de E. U. A. resulta de 90.0 cm. en grava equivalente, menor a los 107.0 cm. que se obtienen por el método del Instituto de Ingeniería de la U. N. A. M. por lo que se propone la siguiente estructuración:



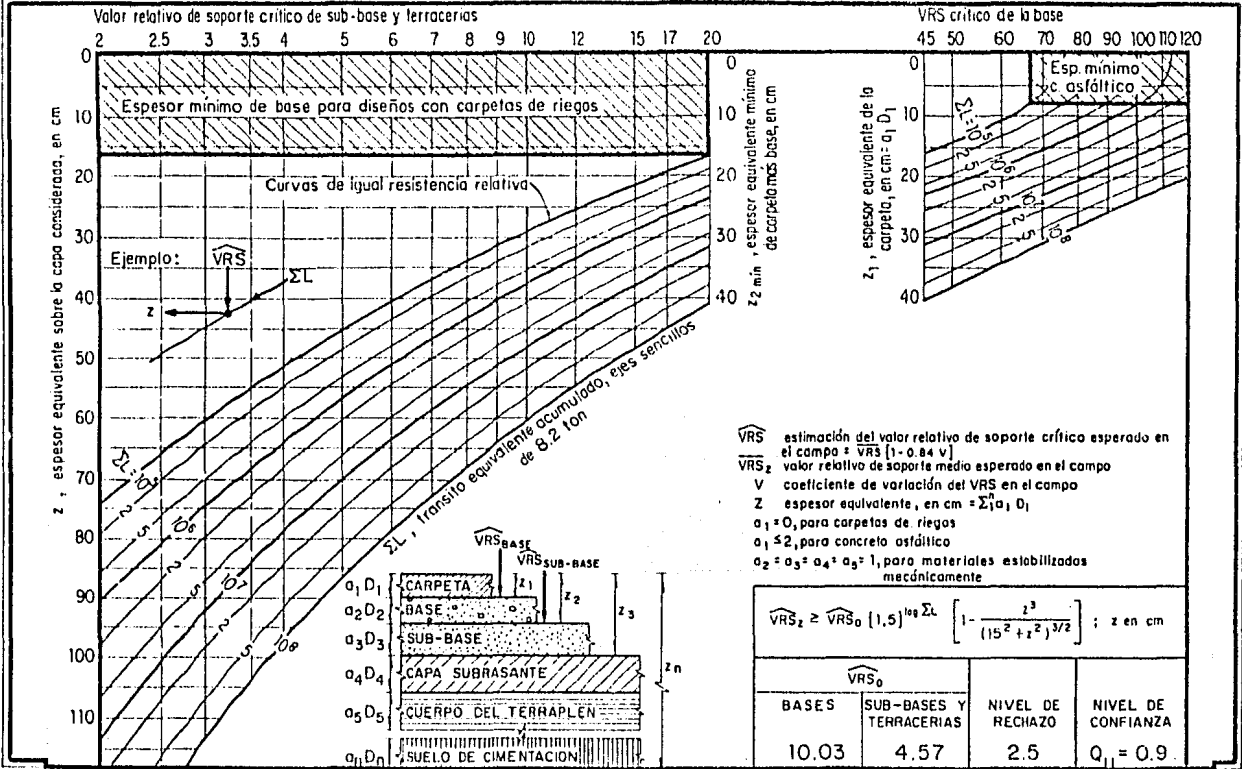
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

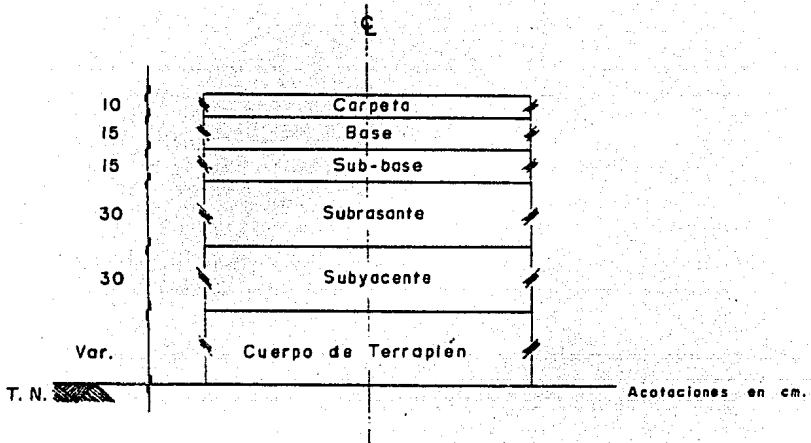
INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES  
METODO DE I. I. DE LA UNAM

Tabla  
No. 3  
V.3

TIPO DE VEHICULO	No. de vehi- culos en om- bus todos	No. de vehi- culos en el carril de p.	COEFICIENTES DE DAÑO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS			
			Z= 0 cms.	Z= 15 cms.	Z= 30 cms.	Z= 60 cms.	Z= 0 cms.	Z= 15 cms.	Z= 30 cms.	Z= 60 cms.
A2	1,400	1,400	0.004	0.000	0.000	0.000	1.7	0.0	0.0	0.0
A2	1,400	1,400	0.538	0.064	0.023	0.015	161.2	21.5	10.0	21.1
B2	112	112	2.000	1.890	2.457	2.939	512.0	483.8	625.2	722.3
C2	606	333	2.000	1.890	2.457	2.939	666.0	629.1	818.0	978.7
C3	606	333	3.000	2.817	2.457	2.940	990.0	938.1	318.1	979.0
T2-S1	606	333	3.000	3.431	4.747	6.769	990.0	1142.5	1580.7	1917.7
T2-S2	606	333	4.000	4.358	4.747	6.760	1320.0	1451.2	1580.7	1918.1
T3-S2	606	333	5.000	5.285	4.747	6.761	1665.0	1799.9	1580.7	1918.1
T3-S3	606	333	6.000	6.239	4.746	6.768	2004	1749.8	1585.06	1923.2
No. de carriles en ambas direc- ciones.	TOTAL		T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> = Transito equivalente inicial				2511.9	3246.5	2443.8	3008.9
Coeficiente de distribución para el carril de p.							Años de servicio = 10 Tasa de incremento anual = 10%			
2							Coeficiente de acumulación del transito, C = 5817.16			
4							Transito acumulado			
6							$\Sigma L_n = CT_1 = 1.7 \times 10^7$ $\Sigma L_n = CT_2 = 1.7 \times 10^7$ $\Sigma L_n = CT_3 = 1.7 \times 10^7$ $\Sigma L_n = CT_4 = 1.7 \times 10^7$			
Coeficiente de distribución por carril 50%										





### V.5.3.- Método Porter Modificada

Este método constituye la adaptación a las condiciones actuales de las curvas que durante mucho tiempo utilizó la extinta Secretaría de Obras Públicas.

Al igual que en el caso anterior se empleará la información contenida en la tabla No. V.4 y en la gráfica de la figura V.14.

De la tabla V.3 se obtiene la suma de ejes equivalentes que es igual a  $4.7 \times 10^7$ . Con este dato y con los valores relativos de soporte del terreno natural, cuerpo de terraplén y capa subrasante se entra en la gráfica de la figura No. V.14 de donde se obtienen los siguientes espesores en grava equivalente:





DATOS DE PROYECTO

1.- T.D.F.A. EN AÑOS SERVIDOS	= 10,250
2.- TRANSITO DIARIO EN EL CARRIL DE DISEÑO(50%)	= 5,125
3.- PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) (x)	= 10
4.- TASA DE INCREMENTO ANUAL (r)	= 10%
5.- FACTOR DE CONVERSION (c)	= 5817.16

TIPO DE VEHICULO	DIST.DEL TRAN.(K)	DIST.DEL TRAN.(VEHIC)	COEF. DE EQUIVALENCI	EJES SENCILLOS E-CHIV. DE 5.0 TON.
A1	23	1435	0.0004	0.574
A1 (5.5 Ton)	23	1435	0.048	55.88
B2 (10.5 Ton)	5	256	2.414	617.98
C3 (15.5 Ton)	6.5	333	2.414	803.86
D2 (23.5 Ton)	6.5	333	2.276	757.31
E2 SP(25.5 Ton)	6.5	333	4.526	1540.46
F2 SP(33.0 Ton)	6.5	333	4.468	1494.50
G2 SP(41.0 Ton)	6.5	333	4.350	1446.55
H2 SP(49.0 Ton)	6.5	334	4.375	1461.25

TRANSITO ACUMULADO AL FINAL DE LA VIDA UTIL =  $4.7 \times 10^7$

1.- V.R.S. DE DISEÑO DE LAS TERRACERIAS		3 %	
2.- INDICE DE ESPESOR (CM)		89	
3.- V.R.S. DE DISEÑO DE LA CAPA SUBRASANTE		20 %	
4.- INDICE DE ESPESOR (CM)		41	
5.- ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO EN ESPESORES EQUIVALENTES :	CARPETA	20	
	BASE + SUB-BASE	20	
	SUBRASANTE	20	
	SUBYACENTE	20	
6.- ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO EN ESPESORES REALES	CARPETA	20	
	BASE + SUB-BASE	20	
	SUBRASANTE	20	
	SUBYACENTE	20	
C V M A =		80	



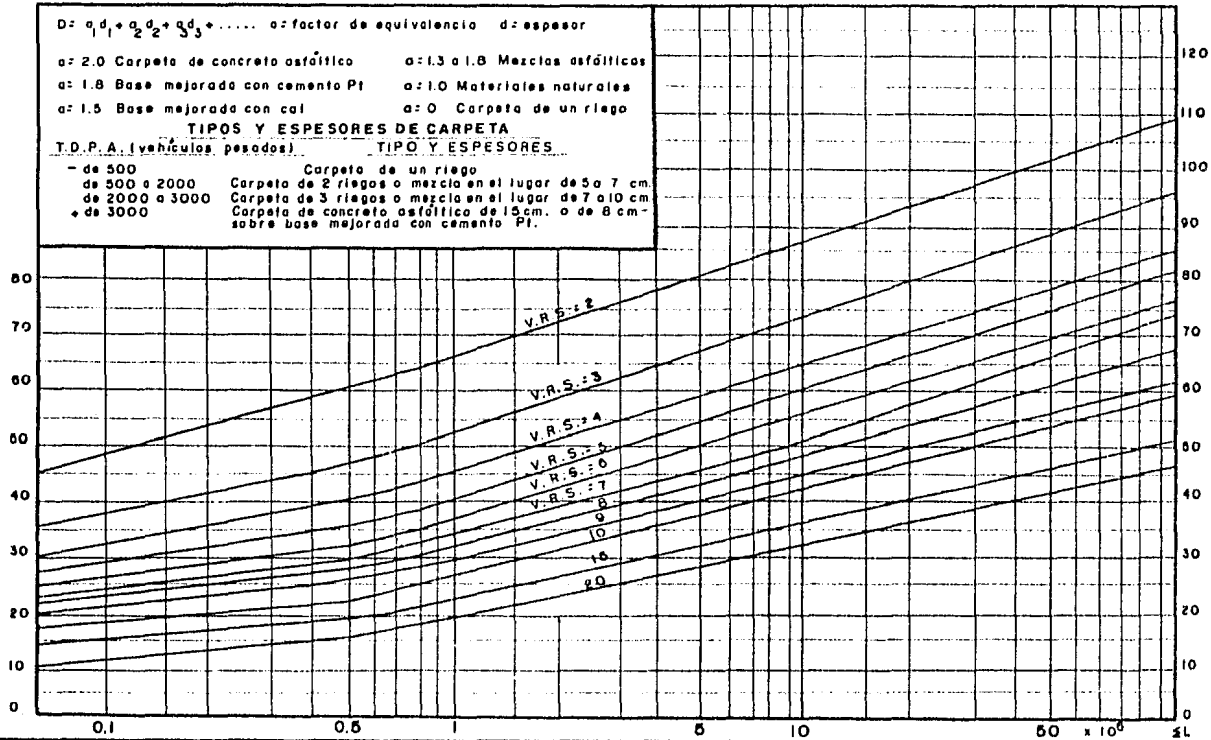
$D = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3 + \dots$  a: factor de equivalencia d: espesor

a: 2.0 Carpeta de concreto asfáltico a: 1.3 a 1.8 Mezclas asfálticas  
a: 1.8 Base mejorada con cemento PI a: 1.0 Materiales naturales  
a: 1.5 Base mejorada con cal a: 0 Carpeta de un riego

TIPOS Y ESPESORES DE CARPETA

T.D.P.A. (vehículos pesados) TIPO Y ESPESORES

- de 500	Carpeta de un riego
de 500 a 2000	Carpeta de 2 riegos o mezcla en el lugar de 5 a 7 cm.
de 2000 a 3000	Carpeta de 3 riegos o mezcla en el lugar de 7 a 10 cm.
de 3000	Carpeta de concreto asfáltico de 15 cm. o de 8 cm. sobre base mejorada con cemento PI.

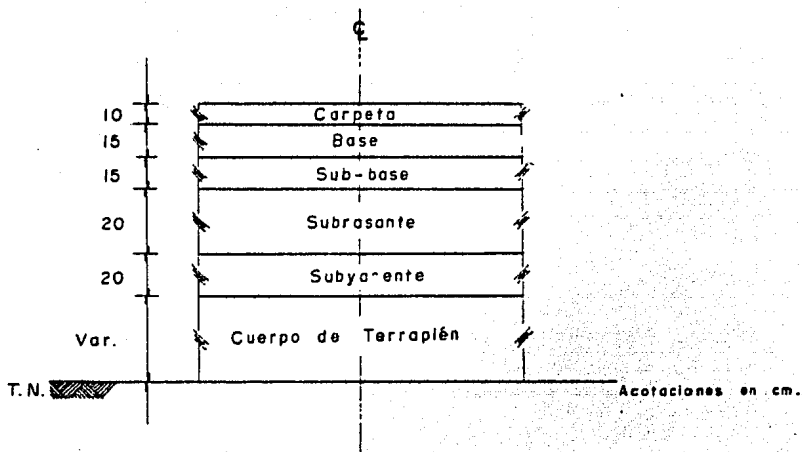


Sobre el terreno natural : 89.0 cm.

Sobre el cuerpo de terraplén : 41.0 cm.

Sobre la capa subrasante : 41.0 cm.

En base a estos espesores y con los factores de equivalencia se propone la siguiente estructuración:



En resumen se tiene lo siguiente:

METODO :	I. A. (E. U. A)	I. I. (UNAM)	PORTER
Capa	( cm. )	(cm. )	(cm. )
Subyacente	20.0	30.0	20.0
Subrasante	20.0	30.0	20.0
Sub- base	15.0	15.0	15.0

Base	15.0	15.0	15.0
Carpeta	10.0	10.0	10.0
Suma en G.E.	90.0	110.0	90.0

Como podrá observarse el método Porter Modificada coincide con el método del Instituto de Asfaltos (E.U.A.), diferenciando con los resultados obtenidos mediante el método del I. de Ingeniería (U.N.A.M.) con 20.0 cm. de grava equivalente; la razón de esto es que para emplear correctamente el método del I. de Ingeniería (U.N.A.M.) se requieren pruebas de V.R.S. del tipo Cuerpo de Ingenieros (E.U.A.) ya que al emplear pruebas de V.R.S. modificadas o en el lugar tal como se emplearon en el cálculo, se obtienen espesores mayores que los requeridos.

Desafortunadamente para el presente estudio no se cuenta con las referidas pruebas del Cuerpo de Ingenieros (E.U.A.), para estar en posibilidad de checar confiadamente los resultados con los otros métodos.

Partiendo de lo anterior los espesores de las diferentes capas de la nueva estructura serán los indicados por el método Porter Modificada e Instituto de Asfalto (E.U.A.).

Las recomendaciones sobre los procedimientos de construcción a ejecutar, normas de calidad de los materiales, etc. se presentan en el capítulo VI.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al iniciar el presente estudio se fijo el objetivo de modernizar el tramo que une a las poblaciones de Tangancícuaro y Zamora en el Estado de Michoacán, con el fin de brindar al usuario un tránsito cómodo, seguro y económico.

Después de haber recabado toda la información existente y analizado todos los trabajos de campo y laboratorio se llego a las siguientes conclusiones:

1. - La sección estructural del tramo en estudio presenta graves deficiencias pues no es la adecuada para soportar el tipo y número de cargas actuales.
2. - En la construcción de las terracerías y las diferentes capas del pavimento se emplearon materiales de mala calidad y baja resistencia para las sollicitaciones que tiene actualmente la carretera.
3. - El terreno de cimentación está formado por arcillas de alta plasticidad, situación que es desfavorable, ya que son arcillas de baja resistencia al

corte, deformables y susceptibles de sufrir variaciones volumétricas - con los cambios de humedad.

- 4.- En la época en que se construyó el tramo no se contaba con un control de calidad y normas de construcción que propiciaran prolongar la vida útil de las obras.
- 5.- La sección geométrica es insuficiente para las necesidades del tránsito actual pues el tramo opera en condiciones de saturación.
- 6.- El pretender reconstruir el camino actual involucraría un costo de inversión muy alto y no se garantizaría el buen comportamiento de la estructura.
- 7.- El nivel de servicio del tramo deja mucho que desear pues para las necesidades actuales y futuras del tránsito, es necesaria la construcción de 4 carriles de circulación.
- 8.- Se analizaron varias alternativas de solución que fueron:
  - a) Aprovechar el camino actual ampliándolo a 12.0 m. de ancho de corona.
  - b) Dejar el camino actual como camellón central construyendo 2 cuerpos adosados a éste.
  - c) Ampliar el camino actual para tener cuatro carriles de circulación, -

reconstruyendo el pavimento actual.

9. - Tomando en cuenta las conclusiones anteriores y todo lo visto en los capítulos de antecedentes de decidio usar el camino actual para vueltas izquierdas y construir los cuerpos adosados a la estructura actual, es decir una sección de tipo evolutivo que se construirá de acuerdo a las necesidades de servicio de la Red Federal y a los recursos disponibles, esta sección se propone con el fin de resolver los problemas de comportamiento estructural, capacidad y nivel de servicio.

10. - El dimensionamiento de las diferentes capas de la nueva estructura se realizo tomando en cuenta tres métodos de cálculo que fueron:

- Método del Instituto de Asfaltos ( E. U. A. )
- Método del Instituto de Ingeniería U. N. A. M.
- Método Porter Modificada

Los tres métodos se basan en la prueba del valor relativo de soporte ( V. R. S. ).

El dimensionamiento de la sección estructural resulto ser la siguiente:

Carpeta de concreto asfáltico	=	10.0 cm.
Base hidráulica	=	15.0 cm.
Sub - base hidráulica	=	15.0 cm.

Subrasante = 20.0 cm.

Subyacente = 20.0 cm.

11. - Los valores relativos de soporte de diseño se obtuvieron calculando el 90 percentil del terreno natural, de los materiales que formarán el el cuerpo de terraplén, capa subyacente y capa subrasante, encontrando que la capa que rigió el espesor fue el terreno natural o de cimentación, debido a su V.R.S. tan bajo ( 3 % ).
12. - Además de considerar en el estudio los factores de clima y geología - se considero en el tránsito la existencia de ejes triples con una capacidad de carga de 22.5 ton. tal como lo marca la actual legislación mexicana.
13. - De acuerdo al estudio geotécnico realizado a los bancos de materiales y tomando en cuenta las distancias de acarreo se propone que se utilicen los siguientes bancos:

Bancos Nos. 2, 4 y 5 - para cuerpo de terraplén

Bancos Nos. 2, 4 y 5 - para las capas subyacentes y subrasante.

Bancos Nos. 3 y 4 - para las capas de sub-base, base y carpeta

Banco No. 3 - para riego de sello.

En el cuadro VI.1 aparecen las indicaciones necesarias para la utilización de los bancos.





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamín Barrera Amigón

CUADRO DE BANCOS

Cuadro  
No.  
VI.1

BANCO	UBICACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	USO	MEZCLA
BANCO NO. 2	Km. 129+900 con 5,000 m de desviación izquierda del tramo Morelia-Zamora con origen en Morelia, Mich.	Tezontle	Widenedado	Grupo de terraplen	Se usará solo
			Asfregado y eliminación de tamaños mayores de 76.2 mm. (3")	Subyacente y Subrasante	50% Bco. # 2 40% Bco. # 4
BANCO NO. 3	Km. 132+900 con 2,000 m desviación derecha del tramo Morelia-Zamora, con origen en Morelia, Mich.	Basalto	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 51.0 mm. (2")	Sub-base hidráulica	55% Bco. # 3 15% Bco. # 4
			Trituración total y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm. (1½")	Base Hidráulica	
			Trituración total y cribado a tamaño máximo de 19.0 mm (¾")	Concreto asfáltico	Se usará solo
			Trituración total y cribado para obtener material 3-E	Riego de sello	Se usará solo



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
E. N. E. P. Aragón

INGENIERIA CIVIL  
TESIS  
Benjamin Barrera Amigón

CUADRO DE BANCOS

Cuadro  
No. VII  
Cont.

BANCO NO. 4	Km. 139+260 con 200 m. de desviación izquierda del tramo Morelia - Zamora con origen en Morelia, Mich.	arena	Disgregado	Cuerpo de tierra plén	Se usará solo
				Mejoramiento de subyacente y subrasante	40% Bco. # 4 60% Bco. # 2
				Mejoramiento de sub-base y base	15% Bco. # 4 85% Bco. # 3.
BANCO NO. 5	Km. 144+600 con 5,500 m de desviación izquierda del tramo Morelia-Zamora con origen en Morelia, Mich.	Tezontle	Disgregado	Cuerpo de tierra plén	Se usará solo
			Disgregado y eliminación de tamaños mayores de 76.2 mm (3")	Subyacente y subrasante	60% Bco. # 5 40% Bco. # 4
NOTA : El laboratorio encargado del control de la obra, verificará los proporcionamientos de las mezclas indicadas y en caso necesario determinará el tipo y la dosificación de los aditivos para el concreto asfáltico y riego de sello.					

14. - Dentro de un marco de realismo económico la situación de nuestro país es desfavorable para llevar a cabo de una manera inmediata, como se requiere, la construcción de los cuatro carriles; por lo que debe pensarse en un programa de inversión por etapas, ya que muchos tramos de nuestra red se encuentran en un estado similar, debido a esto es deseable que los recursos que se destinen para el otro cuerpo del tramo en estudio, se emplearán en el mejoramiento de otro tramo de la red federal.

A continuación se tratarán las recomendaciones relativas a procedimientos de construcción, obras de drenaje, obras complementarias de drenaje y normas de calidad y ejecución.

#### VI.1.- Procedimientos Constructivos.

En seguida se describirá el proceso constructivo para el cuerpo derecho, para el izquierdo el proceso será similar.

##### VI.1.1.- Terracerías.

###### A.- Sección en Terraplén

1.- Despalmar el talud y la zona del terreno natural en donde se plantará el cuerpo nuevo, en un espesor de 50.0 cm.

2. - En la zona del terreno natural y desde la superficie descubierta por la operación anterior, se compactará el material al 90% de su peso vo lumétrico seco máximo, en 20.0 cm. de espesor.

3. - A continuación se construirá el cuerpo de terraplén en capas no mayores de 25.0 cm. compactando el material al 90% de su peso volumétri co seco máximo, el nivel superior de la última capa deberá llegar 40.0 cm. abajo de la rasante actual con el objeto de dar alojamiento a la capas subya cente y subrasante.

A medida en que se vayan elevando las terracerías correspondientes al cuerpo del terraplén, se practicarán escalones de liga en las terracerías existentes, con el fin de lograr una liga adecuada.

4. - Se construirá una capa de 20.0 cm. de espesor, subyacente a la capa subrasante, empleando material procedente de los bancos indicados en el cuadro VI.1, el cual deberá compactarse al 95% de su peso volumé- trico seco máximo. Esta capa se iniciará a 3.00 m. del eje del camino ac- tual, para lo cual se practicará un corte en el terraplén existente.

5. - A continuación se construirá la capa subrasante de 20.0 cm. de espesor empleando material de los bancos que se indican en el cuadro VI.1, compactándolo al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

## B. - Sección en Corte

1. - Se despalmará en un espesor de 50.0 cm. la zona que se requiera para construir el cuerpo nuevo.
2. - Se efectuará el corte de las dimensiones que indique el proyecto geométrico; cuando la nueva rasante prácticamente esté a la altura de la actual y se encuentre material arcilloso, se practicará el corte hasta la profundidad de 40.0 cm. con el objeto de construir las capas subyacente y subrasante. En caso de que el corte se efectuó en roca solamente se excava ra lo necesario para construir la capa subrasante.
3. - En la zona de desplante del cuerpo nuevo y a partir de la superficie descubierta, se compactará el material del terreno natural al 90% de su peso volumétrico seco máximo en 20.0 cm. de espesor.
4. - Se construirá la capa subyacente de 20.0 cm. de espesor empleando material de los bancos indicados en el cuadro VI.1, el cual se compactará al 95% de su peso volumétrico seco máximo.
5. - Igual al No.5 de sección en terraplén

### VI.1.2. - Pa. imento

1. - Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá la sub-base, con material adecuado producto de banco de 15.0 cm. de espesor y compactándola al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

2. - Una vez terminada la sub-base se construirá la base hidráulica, con material adecuado producto de banco, de 15.0 cm. de espesor y compactán dola al 100% de su peso volumétrico seco máximo.

3. - Una vez terminada la base, seca y barrida su superficie se aplicará en todo el ancho un riego de impregnación con producto asfáltico del tipo -- FM - 1 a razón de  $1.5 \text{ lts/m}^2$  aproximadamente.

4. - Previamente a la construcción de la carpeta de concreto asfáltico, se dará un riego de liga en 7.20 m. de ancho, utilizando producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de  $0.5 \text{ lts/m}^2$  aproximadamente, lo cual es necesario para recibir a la carpeta.

5. - Constrúyase la carpeta de concreto asfáltico de 10.0 cm. de espesor en dos capas de 5.0 cm. cada una, empleando material adecuado producto de banco. La compactación será al 95 % del peso volumétrico determinado por el laboratorio en prueba Marshall.

6. - En todo el ancho de la corona se dará un riego de sello utilizando producto asfáltico del tipo FR-3 y material pétreo del tipo 3 - E en una proporción aproximada de  $1.2 \text{ lts/m}^2$  y  $10.0 \text{ lts/m}^2$ , respectivamente, dichas cantidades son aproximadas.

Los materiales pétreos que se necesiten en los procedimientos anteriores deberán proceder de los bancos que se indican en el cuadro VI.1

## VI.2.- Drenaje y Obras Complementarias

### VI.2.1.- Drenaje

Las obras de drenaje que se mencionaron en el capítulo III deberán ampliarse de acuerdo a las nuevas secciones de proyecto, dichas ampliaciones se ejecutarán de acuerdo a las características propias de cada obra, ya se trate de losa, bóveda o tubo.

### VI.2.2.- Obras Complementarias

#### • Sub - Drenes

Los sub-drenes se deberán construir entre los kilómetros 132 + 500 al 140 + 000, esta zona corresponde obviamente al corte en el cuerpo derecho.

El procedimiento constructivo al que deberán sujetarse los sub-drenes es el siguiente:

- 1.- Efectuar la excavación de la cepa de aguas abajo hacia aguas arriba, de tal manera que siempre se permita la salida libre del agua y a medida que se llegue a la profundidad requerida, se inicie la construcción de la plantilla de concreto hidráulico, dándole forma de media caña.

2.- La instalación del tubo se hará también de aguas abajo hacia aguas arriba, colocando la zona de las campanas de los tubos hacia aguas arriba, degollando estas parcialmente con el fin de que la generatriz del tubo, apoye en toda la longitud, en la plantilla de concreto.

3.- Se procurará para terminar la labor del día, que el extremo del tubo ( aguas arriba ), quede libre de materiales que puedan azolvarlo en caso de lluvia.

4.- Se hará el relleno de la cepa hasta el nivel requerido, con material filtrante humedecido y por capas no mayores de 20.0 cm.

5.- Finalmente, se construirá la cuneta empleando concreto hidráulico de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$

6.- Los pozos de visita se construirán a cada 300.0 m. en los siguientes kilometros:

132 + 500	135 + 200	137 + 900
132 + 800	135 + 500	138 + 200
133 + 100	135 + 800	138 + 500
133 + 400	136 + 100	138 + 800
133 + 700	136 + 400	139 + 100
134 + 000	136 + 700	139 + 400
134 + 300	137 + 000	139 + 700



134 + 600

137 + 300

140 + 000

134 + 900

137 + 600

7. - La tubería de desfogue se protegerá en su descarga con una malla de alambre para evitar que los animales aniden dentro del tubo.

En las figuras Nos. VI.1 y VI.2 se muestran los proyectos para sub-dren y pozo de visita respectivamente.

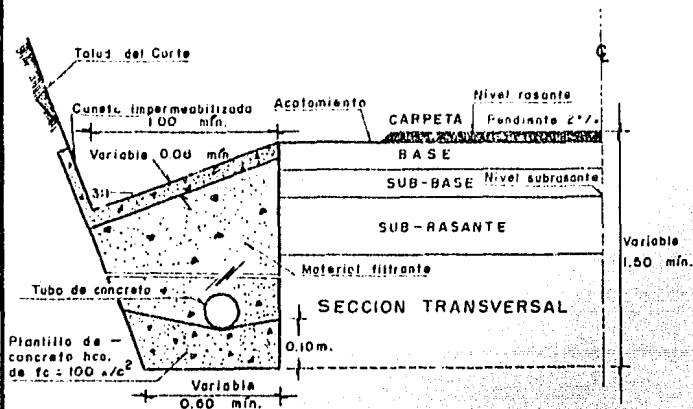
#### . Bordillos y Lavaderos

Los bordillos estarán ubicados en los hombros de los sub-tramos en terraplén, con el objeto de encauzar los escurrimientos superficiales en la corona de la carretera y evitar la erosión en los taludes.

A cada 50.0 m. de longitud de bordillo como máximo, se deberá dejar un espacio libre para la descarga de los escurrimientos a los lavaderos que se coloquen en los taludes.

Los bordillos se deberán de construir con concreto asfáltico, guardando las siguientes características geométricas: base de 16.0 cm. corona de 8.0 cm. y 12.0 cm. de altura, ubicándolos a 20.0 cm. de los hombros de la sección medidos desde estos hasta el eje de simetría de los bordillos.

Previamente a la construcción de los bordillos deberá aplicarse un



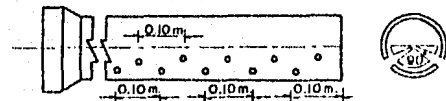
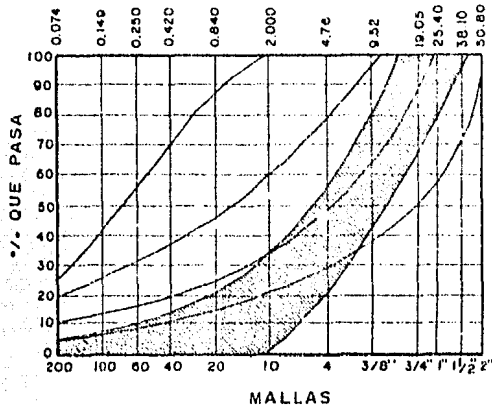
NOTAS :

1- La curva granulométrica del material filtrante deberá de estar en la zona sombreada de la grafica.

Este material deberá cumplir además con:  
L.L. = 25% I.P. = 6%

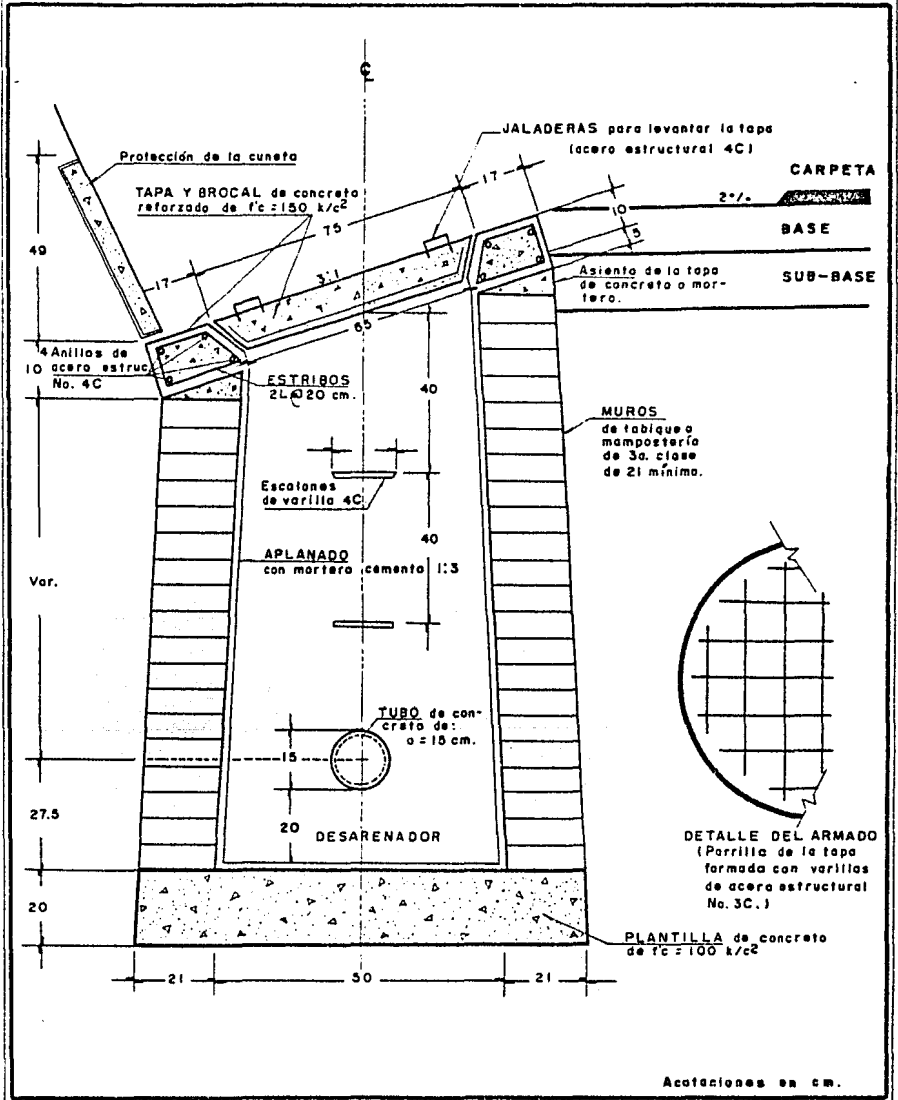
2- La pendiente mínimo del tubo será de 0.7%.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA  
Tamaño de las Partículas en Milímetros



DETALLE DEL TUBO DE CONCRETO

Acolaciones en m.



riego de liga, para mejorar su adherencia a la superficie de desplante; con producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de 0.5 lts/m<sup>2</sup>.

Para dar salida al agua canalizada por los bordillos, tendrán que - construirse lavaderos de concreto hidráulico o asfáltico, mediante una sec ción rectangular de 60.0 cm. de base y 20.0 cm. de altura en las paredes, y con espesor de 10.0 cm. , también podrá usarse una media caña de tube- ría de lámina de 60.0 cm. de diámetro.

En las figuras Nos. VI.3 y VI.4 se muestran los bordillos y lavade- ros respectivamente.

### VI.3. - Normas de Calidad y Ejecución

En nuestro país el organismo público encargado de la planeación, - construcción, conservación y operación de caminos ( S.C.T. ) cuenta con Normas de Calidad y Ejecución a nivel institucional, las que se utilizarán - en el presente estudio.

Con el fin de no efectuar una copia del texto de las normas, se men ciona para cada concepto el libro, capítulo e inciso de las mencionadas nor mas, en el cuadro VI.2.

Para la utilización de los dígitos que identifican a las normas se tiene la siguiente clave:

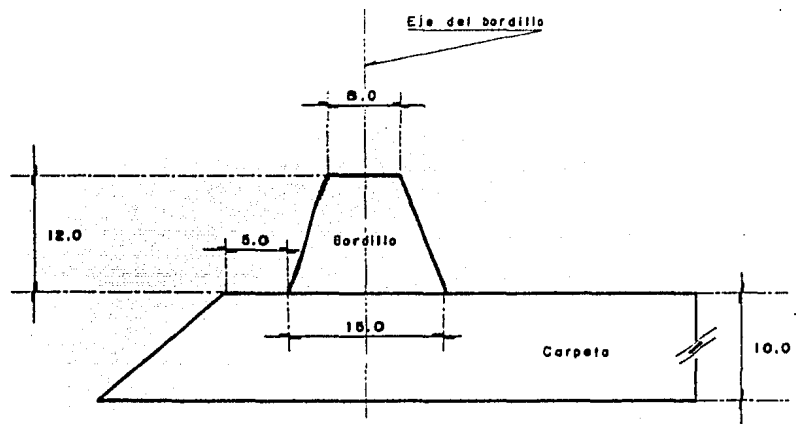


Fig. VI.3.- SECCION TRANSVERSAL DE UN BORDILLO

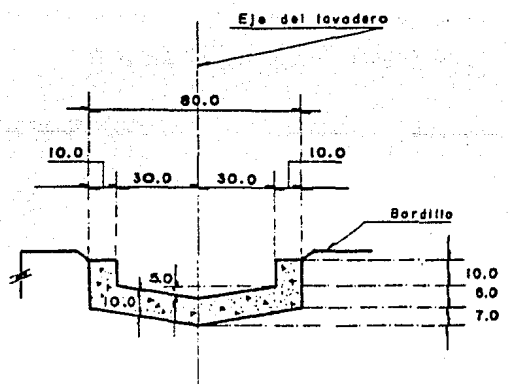


Fig. VI.4.- SECCION TRANSVERSAL DE UN LAVADERO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES

E . N . E . P . Aragón

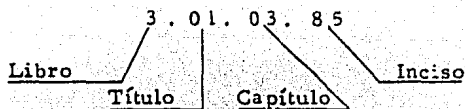
INGENIERIA CIVIL  
TESIS

Barrado Amigón Benjamín

NORMAS DE CALIDAD Y EJECUCION

Cuadro  
No.  
VI.2

No.	CONCEPTO	NORMA	CALIDAD	EJECUCION
1	DESICORTE			3.01.01.002
2	CORTES			3.01.01.003
3	TERRANOS			3.01.01.004
4	MATERIALES PARA TERRACERIAS		4.01.01.002	
5	TERRAPLENES			3.01.01.005
6	CAÑALES			3.01.01.007
7	ACARREOS PARA TERRACERIAS			3.01.01.008
8	MATERIAL PARA SUB-BASE Y BASE		4.01.03.002	3.01.03.074
9	MATERIAL PARA CARPETA Y SELLO		4.01.03.010	3.01.03.075
10	MATERIALES ASFALTICOS		4.01.03.011-B,01	3.01.03.076
11	CONCRETO ASFALTICO		4.01.03.011-D	3.01.03.081
12	MATERIALES PARA SEÑALES		4.01.04.012	
13	MATERIALES PARA CONCRETO HIDRAULICO		4.01.02.004	
14	ACERO PARA CONCRETO HIDRAULICO			3.01.02.017
15	CONCRETO HIDRAULICO			3.01.02.016
16	ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO			3.01.02.017
17	SUBDRENES			3.01.02.22
18	ACAREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO			3.01.03.085
19	CARREOS PARA OBRAS DE DRENAJE			3.01.02.036
20	RIEGO DE IMPERMEACION			3.01.03.078
21	RIEGO DE SELLO			3.01.03.083



En cuanto a la señalación se refiere se deberán seguir los lineamientos dados en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras editado por la extinta S. A. H. O. P.

Cabe mencionar que los materiales que proceden de los bancos propuestos y que formarán las diferentes capas de la sección estructural, si cumplen con las mencionadas normas, en donde hay que poner especial atención es en la etapa de ejecución, de tal manera que se logre una retroalimentación del proyecto.

Para lograr lo anterior es necesario llevar a cabo el control de calidad en sus dos fases:

- 1.- Adquisición de la información relevante respecto al proceso constructivo.
- 2.- Toma de decisiones

De las experiencias tenidas en algunos tramos de la Red Federal, se desprende el hecho de que acumular únicamente datos de laboratorio como justificación, sin la interpretación correspondiente, sirve exclusivamente como datos sobre la historia del proceso y nada más, ya que no es suficiente.

te para lograr el control de calidad que garantice una obra bien hecha.

La toma de decisiones deberá regirse con una metodología de tipo estadístico que permita aplicar correctivos oportunamente y que como consecuencia se logre una positiva aplicación del gasto público de y para los usuarios.



## BIBLIOGRAFIA

1. - **Tecnología para el Proyecto de Pavimentos Flexibles.**  
**Porter Modificada.**  
**M.I. Fernando Olivera Bustamante**  
**Escuela Nacional de Estudios Profesionales U.N.A.M.**  
**Aragon**  
**Marzo, 1981.**
  
2. - **Diseño de Pavimentos Flexibles. Comportamiento de los**  
**Tramos Experimentales**  
**Ing. Santiago Corro C.**  
**Publicación 240, I. de Ingeniería U.N.A.M.**  
**Enero, 1970.**
  
3. - **Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos**  
**Flexibles para Carreteras**  
**Ings. Santiago Corro**  
**Roberto Magallanes**  
**Guillermo Prado**  
**Publicación 444, I. de Ingeniería U.N.A.M.**  
**Noviembre, 1981.**
  
4. - **Mecánica de Suelos, Tomo II.**

Ings. E. Juárez Badillo

A. Rico Rodriguez.

Edición, 1979.

- 5 . - La Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres. Vol. 2

Ings. A. Rico Rodriguez

H. del Castillo Mejia

Edición, 1978.

- 6 . - Normas de Procedimientos de Conservación y Recons-  
trucción de Carreteras.

Secretaría de Asentamientos Humanos y O. Públicas

México, 1979.

- 7 . - Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras

Secretaría de Obras Públicas.

México, 1971.

- 8 . - Seminario de Terracerías, tema No. 2.

Estudios Geotécnicos para terracerías

Coordinador: Ing. Juan M. Orozco y O.

Secretaría de Obras Públicas

Junio, 1975.

9. - Seminario de Pavimentos, Tema XI  
Criterios y Procedimientos empleados en la Construcción  
y Conservación de Pavimentos  
Ing. Rafael González Cisneros  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
1980.
  
10. - Seminario de Pavimentos, Tema X  
Evaluación de las Condiciones de Servicio de los Pavimentos  
y Procedimientos para el Proyecto de Reconstrucción.  
Ing. E. Padilla Corona  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
Mayo, 1982.
  
11. - Datos Viales  
1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1979, 1980 y 1981  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
México.
  
12. - Normas de calidad de los Materiales  
Libro - 4 , Parte - 01  
Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
México, 1982.

13. - Normas para Construcción e Instalaciones

Libro - 3 Parte - 01

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

México, 1982.

14. - Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en

Calles y Carreteras.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas

México, 1977.

15.- Manual de Diseño de obras civiles

Sección Geotecnia

Comisión Federal de Electricidad

Instituto de Investigaciones Eléctricas

México 1979.