

24
20.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales ACATLAN

AMPLIACION A CUATRO CARRILES DE LA
CARRETERA: IRAPUATO - LEON

TRAMO: SILAO - LEON

U.N.A.M. 1977 - 1981



Que para obtener el título de:

Ingeniero Civil

Presenta:

Manuel Ortiz Valencia

México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION	1
I) ANTECEDENTES GENERALES DE LOS CAMINOS EN MEXICO	
A) Resumen Histórico.	2
B) Caminos y Desarrollo.	9
C) Datos y Comentarios sobre el Sistema Carretero.	13
II) ESTUDIOS GENERALES DE LA ZONA.	
A) Localización y datos generales de la obra.	18
B) Estudio socioeconómico de la zona	22
C) Estudios Geológicos, topográficos e hidrológicos.	35
III) CONSTRUCCION DE TERRACERIAS.	
A) Aspectos generales.	41
B) Despalmes	45
C) Formación del cuerpo de Terraplén	47
D) Movimiento de Tierras	53
E) Capa de transición	66
F) Capa sub-rasante	70
IV) OBRAS DE DRENAJE	
A) Generalidades	77
B) Alcantarillado y estructuras menores	77
C) Obras complementarias	86
V) PAVIMENTACION	
A) Generalidades	91
B) Sub-base	92
C) Base	95
D) Carpeta asfáltica	97
E) Consideraciones sobre diseño de pavimentos flexibles.	99
VI) SEÑALAMIENTO.	
A) Generalidades.	132
B) Señalamiento horizontal	134
C) Señalamiento vertical	135
CONCLUSIONES	140
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION.

En este trabajo, la inquietud principal es destacar la importancia que tiene para el país, la modernización de su red básica, para tal fin se considera conveniente, hacer una breve descripción de la historia de los caminos en México, haciendo destacar la influencia, que éstos han tenido en el desarrollo nacional. Se incluyen también algunos datos y comentarios acerca del sistema carretero, producto del esfuerzo del país por lograr la integración de su territorio.

El tramo Silao-León, sirve como marco de referencia para el programa de modernización, que fue implantado por el gobierno federal a partir de 1980, con el propósito de acabar con el rezago que en las últimas décadas experimentó la red troncal. Se describe su localización y se aportan datos generales de la obra, así mismo se hace un bosquejo socio-económico de la zona y se analizan estudios geológicos, topográficos e hidrológicos.

En seguida, se analiza por conceptos, las principales actividades, que se tienen en la construcción de terracerías; en obras de drenaje, se analizan brevemente lo que son estructuras menores y obras complementarias; el pavimento también se analiza por capas y se hacen algunas consideraciones sobre el diseño de pavimentos flexibles. Por último, se hacen algunos comentarios descriptivos sobre el señalamiento horizontal y vertical.

C A P I T U L O I

ANTECEDENTES GENERALES DE LOS CAMINOS EN MEXICO.

A) RESUMEN HISTORICO.

En el apogeo de las civilizaciones maya y azteca, México era un país de caminantes. Antes del año 1,500 no se conocían ni -- bestias de carga, ni vehículos, sin embargo, el comercio se extendía toda mesoamérica a través de miles de kilómetros de senderos, sin más especificación que la posibilidad de que un hombre pudiera transcurrir libremente por ellos, buscando siempre la distancia más corta.

La carga era transportada en las espaldas de los hombres llamados "Tamemes", sector de la población dedicado a la transportación de mercancía.

Existían también caminos amplios y bien hechos, ahí donde -- las concentraciones humanas se daban por motivos religiosos o -- guerreros, como las calzadas que cruzaban el gran lago de Texcoco para unir con tierra firme a la Ciudad de Tenochtitlán o los blancos caminos de hasta 100 kilómetros de longitud y nueve metros de ancho, rectos, empedrados y con obras de drenaje que facilitaban el paso por los bosques y pantanos del área maya.

Con la llegada de los españoles, se introdujo el uso de carretas y diligencias tiradas por mulas y caballos. Esto originó un cambio en las características físicas de los caminos, se alteraron las rutas, la pendiente se hizo más suave y las huellas más amplias. También se construyeron otros nuevos, se abrieron las rutas que unían a la capital con las principales ciudades y centros mineros del país.

Al ser sustituido el "Tameme" por las bestias de carga, sur-

gió la arriería, misma que a finales del siglo XVIII, alcanzaba el 10% del valor total de la industria Nacional. Se cuenta que entre las ciudades de México y Veracruz, se empleaban unas 70,000 mulas y en 1807, llegaron a la Ciudad de México 200,000.

La calidad de los caminos, no se media por la comodidad para transitarlos, sino por el tamaño de las reuas que podían recorrerlo. Un buen camino era el que soportaba reuas hasta de cien mulas. Al finalizar el virreinato había en el país, más de 7,000 kilómetros de caminos reales y 19,000 kilómetros de caminos de herradura.

En los años posteriores a 1810, poco se hizo en materia de caminos, debido a la azarosa situación que provocó el movimiento de independencia.

A partir de 1821, en que México se hace independiente, hasta 1867, año en que el Presidente Juárez, destina por primera vez, una parte del presupuesto a la apertura y conservación de caminos, tampoco se hacen obras importantes.

En 1850, se inaugura el primer tramo de ferrocarril, comprendido entre Veracruz y el Molino, con una longitud de 13 kilómetros. Pero de hecho no es sino hasta 1873, cuando realmente se inicia la vida ferrocarrilera del país, al inaugurarse el ferrocarril México-Veracruz, con 470 kilómetros de longitud.

En las últimas décadas del siglo pasado y los primeros años del presente, los esfuerzos de la nación estuvieron encaminados principalmente a la construcción de la red ferrocarrilera, a tal grado que para 1911, se disponían ya de 19,000 kilómetros de vía férrea en operación, casi el 70% de la que existe actualmente, la cual se considera que es de unos 28,000 kilómetros. Poco se avanzó en ésta época en la red carretera, si acaso unos 1,000 kilómetros, principalmente para alimentar las estaciones ferrovia-

rias.

En 1910, se inició la Revolución Mexicana y las batallas se libraron principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia, lo que provocó que al finalizar ésta, la mayor parte del sistema ferrocarrilero estuviera casi destruido.

Por otro lado aunque el automóvil hizo su aparición en el país en 1906, la evolución que produjo en los caminos de otras naciones, no fué la misma en los caminos de México.

Hasta el momento de su aparición, las características físicas de los caminos existentes, eran suficientes para satisfacer las limitadas exigencias de los vehículos de tracción animal, pero el rápido desarrollo de la industria automotriz, produjo vehículos con capacidad de carga y velocidad, hasta entonces desconocidas, mismas que exigieron caminos más modernos, con mejores técnicas de diseño y construcción.

En consecuencia, los caminos antiguos se modernizaron y los nuevos se fueron construyendo, de acuerdo a las nuevas exigencias automovilísticas. Estos avances sucedían en otros países, no así en México, por haber coincido la aparición del automóvil, con el estallido del movimiento Armado Revolucionario. Al finalizar la revolución, el nuevo gobierno se encontró con una angustiosa realidad, el automóvil había adelantado demasiado a los viejos caminos de México, que resultaban completamente inadecuados y en pleno año de 1925, los automovilistas mexicanos estaban limitados a transitar únicamente en calles y calzadas urbanas. El transporte de personas y mercancía entre ciudades, tenía que hacerse por ferrocarril, cuyo deterioro causado por la violencia de la revolución, lo tenía al borde del colapso.

Ese mismo año de 1925, se inicia en México institucionalmente la construcción de caminos, cuando el Presidente Calles, crea la

Comisión Nacional de Caminos y establece un impuesto especial, - sobre la venta de gasolina, para obtener los fondos necesarios - que permitirán la construcción y conservación de los caminos mexicanos.

Sin embargo, se presentaba un problema, las técnicas de construcción de carreteras modernas, no eran familiares para los ingenieros mexicanos, por esa razón los primeros contratos que - otorgó la recién creada Comisión Nacional de Caminos, fueron para una Compañía de Chicago, misma que realizaría la construcción de los primeros caminos, pero a finales de 1926 se le cancelaron por incumplimiento. A partir de entonces, la responsabilidad de la construcción de carreteras, paso a ser integramente de los ingenieros mexicanos, los cuáles, no solamente produjeron los caminos que se habían propuesto, sino también lograron la capacitación de los primeros técnicos Nacionales e introdujeron el uso de máquinas y equipo de alto rendimiento. Desarrollaron también, nuevas técnicas para la localización, proyecto y construcción de carreteras y el hábito de implantar programas de trabajo a corto plazo, acordes a las necesidades del país.

El primer esfuerzo caminero, realizado entre 1925 y 1930, produjo 1,426 kilómetros de carretera, logrando con esto que el 1% de nuestro territorio, quedará vinculado a través del automóvil y el camión.

Fueron tres las áreas que se comunicaron: en el centro, la -- Ciudad de México con las Ciudades de Pachuca, Puebla y Acapulco; en el sur, la Ciudad de Mérida con Puerto Progreso y Valladolid y en el norte, la Ciudad de Monterrey con Nuevo Laredo.

En la década de 1930 a 1940, se agregaron a la red 8,500 kilómetros para acumularse un total de 9,926, con lo cuál quedaba comunicado el 9% del territorio Nacional. La Ciudad de México, es el principal punto de partida de los caminos construidos en esa

década. Así parte el camino de México a Nuevo Laredo, pasando -- por las ciudades de Valles y de Victoria; el de México a Vera--- cruz, pasando por Perote y Jalapa, en tanto se unía a Cordoba -- con Veracruz; el de México a Guadalajara de una enorme importan- cia y que pasaba por Toluca y Morelia, con un ramal importante a Irapuato, León, Aguascalientes y Zacatecas; y por último, el que partía de México al Puerto de Tuxpan, pasando por Pachuca.

Hubo también en esta década, otras obras importantes que no - se vinculaban necesariamente con la capital de la república. Cua tro daban servicio a poblaciones fronterizas con Estados Unidos: el de Chihuahua con Ciudad Juárez, el de Saltillo con Piedras Neg ras, el de Monterrey con Reynosa y finalmente el de Ciudad Vict oria con Matamoros. Los otros tramos importantes fueron: el de Torreón a Monterrey y el de Aguascalientes a Acapulco, pasando - por San Luis Potosí. Además, se había unido a la Ciudad de Oaxac a con Puebla y consecuentemente con la Ciudad de México.

En la década 1940 a 1950, se agregaron 11,471 kilómetros con- lo que se llegó a sumar un total de 21,400 kilómetros, integrán- dose así un 17% del territorio Nacional a la red carretera. Dos- obras sobresalen en esa década: la terminación de la carretera - panamericana, que unía a Ciudad Juárez, en la frontera norte con Ciudad Cuahutémoc, en la frontera sur, pasando por la Ciudad de- México y la terminación de las carreteras: Durango-Torreón, Mérid a-Campeche, Jíquilpan Colima, Piedras Negras-Villa Acuña y Verac ruz-Coatzacoalcos.

Entre 1950 a 1960, se construyen 20,500 kilómetros más de ca- rretera, para casi duplicar la red existente en la década ante- rior.

Con esto se logra acumular una red total de 41,900 kilómetros, que representan el 27% del área Nacional. Entre las obras más re- levantes de este período, esta la unión de San Luis Potosí con -

Piedras Negras, pasando por Saltillo, la de Coatzacoalcos con Villahermosa y la de Ciudad del Carmen con Champotón, así como el inicio de una extensa red de caminos menores en toda la república.

En la siguiente década comprendida entre 1960 y 1970, se sumaron a la red Nacional 29,620 kilómetros para alcanzar un total de 71,520, equivalente al 31% del área Nacional. En este lapso se logró terminar la mayor parte de los caminos troncales.

En la década de 1970 a 1980, se agregaron nada menos que 141,480 kilómetros, formando una red de 213,000 kilómetros de longitud total, integrando así a más de 60% del Territorio Nacional. Dentro de las obras realizadas en esta década, destaca la carretera transpeninsular de Baja California, que une a Cabo San Lucas en la punta sur de la Península, con la Ciudad de Tijuana. Cabe señalar que de los 141,480 kilómetros logrados en estos años, 60,000 fueron caminos de mano de obra, rehabilitando de esta manera, muchas de las viejas e intransitables brechas y senderos que existían en el país, transformándose en caminos de modernas especificaciones, pero transitables en toda época del año.

En la última década de 1980 a 1990, el esfuerzo caminero estuvo encaminado en superar la limitada extensión de la red y su todavía baja cobertura territorial, se siguió trabajando en los tramos faltantes para constituir la red básica, así como en las carreteras alimentadoras de las troncales y demás ramales. Entre los principales caminos construidos en esta década, podemos citar la vía corta entre México y Zihuatanejo, pasando por Temascaltepec y ciudad Altamirano, la carretera transmetropolitana Los Reyes- Texcoco-Lechería, la carretera Janos-Agua Prieta y la carretera más larga del país, la costera del pacífico con 6,000 kilómetros de longitud, que inicia en Cabo San Lucas, extremo sur de Baja California y concluye en Ciudad Hidalgo Chiapas, al terminarse los tramos pendientes en los estados de Oaxaca, Michoacán.

Así mismo se pone en marcha el programa de modernización de las principales carreteras troncales del país y de libramientos en los centros urbanos de mayor actividad.

B) CAMINOS Y DESARROLLO.

El nivel de desarrollo de un país, es una serie de fenómenos- que de manera explícita, se refieren al grado de bienestar de la población. Este grado esta en relación directa con las oportunidades materiales y espirituales. ¿Que proporción de este desarrollo obedece a los caminos?, es difícil saberlo, pero indirectamente es indudable que son los caminos una de las principales razones que lo provocan. La relación causa - efecto de la red caminera en el desarrollo Nacional, es clara e inmediata, sobre todo si se analiza por regiones, por donde cruza un camino, se advierte claramente como éstas emergen a un desarrollo incipiente y rápidamente aceleran su crecimiento.

Uno de los factores más representativos para determinar el desarrollo de una sociedad, es el ingreso per cápita, debido a la gran cantidad de relaciones que se establecen entre éste fenómeno y la posibilidad de satisfacer las necesidades de los individuos.

En México no se dispone de estos datos de ingreso per cápita, sin embargo, estudios realizados con 99 variables y datos de 30-Estados, se puso de manifiesto que uno de los indicadores más vitales del desarrollo, es la población activa no dedicada a la agricultura. La población no agrícola, no es representativa del desarrollo en si, ni testimonio invariable del mismo o de los múltiples componentes que lo integran, pero en nuestro país, si es la evidencia que lo representa más cabalmente. Además, es uno de los pocos datos con que se cuenta a partir de 1930.

Se supone, que a mayor proporción de población activa dedicada a actividades diferentes de la agricultura, corresponde un mayor desarrollo y viceversa, pero para destacar el umbral del desarrollo en una región, tomaremos una proporción mínima de un 25% de población activa no agrícola.

De acuerdo a lo anterior encontramos que en 1930, había en el país solamente cinco regiones con un desarrollo superior al 25% - mínimo establecido. Estas cinco regiones eran: México, Puebla, - Guadalajara, Monterrey y Mérida. Con un desarrollo mediano se en contraban las regiones de Tampico, Chihuahua, el Valle de Deli--- cias, Saltillo, Nueva Rosita, Palú, Múzquiz y las zonas petrole- ras de Minatitlán y Coatzacoalcos; en el centro del país destaca ban: San Luis Potosí, Aguascalientes, Fresnillo y Morelia: en -- tanto que en el norte sobresalían Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo y Matamoros y en la costa del Pacífico las regiones de los Mochis, Culiacán y Mazatlán. En el resto del país no se - había traspasado aún el umbral del desarrollo mínimo.

Para esa época, solo existían 1,426 kilómetros de carretera, - pero a medida que la red caminera fué creciendo, el país organi- zó su territorio en regiones, no homogéneas, pero si funcionales. Poco a poco la red de caminos empezó a vincular poblaciones, a - fortalecer relaciones y establecer interdependencias. Las regio- nes que se iban formando como consecuencia del vínculo producido por el automóvil y el camión se fueron configurando alrededor de un polo de atracción central. Así, en ese año de 1930, los cami- nos construidos hasta entonces, provocaron el surgimiento de - - tres pequeñas regiones en torno a las ciudades de México, Mérida y Monterrey.

Pero entre 1930 y 1940, se construyeron 8,503 kilómetros más, -- que unieron los principales puntos de desarrollo existentes en - 1930, atravesando regiones en su mayor parte con escaso o nulo - desenvolvimiento. Los efectos que originaron fueron inmediatos y así se pudo advertir que en 1940, traspasaban ya el umbral del - desarrollo incipiente, las regiones de Jalapa, Tlaxcala, este y - y noroeste del Estado de México, Zitácuaro, Querétaro, Celaya, - León, Chapala, Colima, Manzanillo, Uruapan y Acapulco. Así mismo se advierte que se desarrollan intensamente, las regiones de Po- za Rica, Tuxpan, Aguascalientes y Tampico. En el norte destaca- el desarrollo de la Comarca Lagunera y de las regiones de Parras,

Monclova y Nogales.

De los caminos construídos entre 1940 y 1950, destacan los -- efectos sobre dos regiones principales: La Llanura Costera de Ve^racruz y la región central del Pacífico, desde Manzanillo hasta Nogales. La carretera Tepic Nogales, se construyó sobre una zona que ya había traspasado el umbral del desarrollo incipiente, sin embargo, en la misma década, aún cuando sólo había terrace-- rías se intensifica su desenvolvimiento, sobre todo en la región de Hermosillo.

La obra caminera lograda hasta 1960, resalta por sus efectos-- en la región del Pacífico norte, al terminarse la pavimentación-- de la carretera Tepic - Nogales, intensificandose notablemente - el desarrollo de Mazatlán y del norte de Sinaloa. En la frontera con Estados Unidos, el desarrollo se hace más intenso en la re-- gión de Piedras Negras, con los ramales a Ciudad Acuña. Así mis-- mo la comunicación entre Nuevo Laredo-Reynosa y Matamoros, evi-- dencia el desarrollo de esta región. En el Golfo destaca el de-- desenvolvimiento de la región de Coatzacoalcos y Villahermosa, co-- mo consecuencia de la carretera Veracruz-Villahermosa. En el cen-- tro del país, cerca del Golfo, son notables los desarrollos de - la región de Jalapa en Veracruz y las de Teziutlán, Atlíxco, Izuc-- ar de Matamoros y Acatlán en Puebla. En el centro del país re-- salta la intensificación del desarrollo en las regiones de Celaya y León. En Michoacán se desarrolla Uruapan y en Jalisco Oco-- tlán.

Para 1970, prácticamente todo el país traspasa ya el umbral - del desarrollo incipiente y multitud de regiones se encuentran - en etapas de un desarrollo más elevado.

En las últimas décadas el desarrollo del país se acelera nota-- blemente, impulsado por el auge petrolero. Sin embargo, aunque - se advierte en casi todos los puntos del país, éste no es unifor

me, ya que se acentúa en determinadas zonas, como la del Valle - de México, donde la concentración humana es ya desproporcionada - y presenta problemas no solamente de infraestructura, sino tam- bién sociales y económicos de difícil solución, llevan el mismo - rumbo otras regiones como Guadalajara y Monterrey entre otras.

C) DATOS Y COMENTARIOS SOBRE EL SISTEMA CARRETERO.

Resumiendo los esfuerzos realizados por el país para lograr su sistema carretero, a través de varias décadas y partiendo de 1925, año en que prácticamente no existía red, a la fecha se tiene lo siguiente : México cuenta actualmente con un poco más de 230,000 kilómetros de red carretera, de los cuáles 60,000 -- kilómetros son federales, 50,000 kilómetros son estatales, -- 4,000 kilómetros son vecinales, 86,000 kilómetros son caminos -- rurales y 30,000 kilómetros son brechas mejoradas. De esta longitud, unos 120,000 kilómetros se encuentran pavimentados, -- 70,000 revestidos y el resto son terracerías.

En términos generales, se puede afirmar que hasta la década 1970 - 1980, el sistema carretero en su conjunto había venido -- respondiendo a las necesidades del país en sus diversas etapas -- de desarrollo, tomando en cuenta la disponibilidad de recursos -- asignados al mismo, los cuáles se limitan por la necesidad si -- múltánea que tiene la nación de atender otras importantes y ur -- gentes áreas. Sin embargo en la década pasada empieza a surgir -- un gran problema, originado principalmente por el explosivo cre -- cimiento demográfico y el aún más explosivo crecimiento de -- vehículos. La rápida evolución de éstos factores, ha puesto en -- evidencia, ciertas limitaciones del sistema carretero, que mues -- tra una creciente incapacidad para satisfacer la demanda del -- transporte y que afecta principalmente a la red troncal, que -- conecta a los centros urbanos donde se concentra la actividad -- productora.

Considerando lo anterior y además tomando en cuenta que el Sistema Carretero juega un importante papel dentro del desarrollo Nacional, se decidió poner en marcha un urgente programa de modernización de la red troncal, con el objeto de convertirla -- en un futuro inmediato, en las rutas que darán soporte al desa -- rrollo que el país tiene que acometer en los próximos años.

Este programa se puso en marcha a partir de 1980 y contempla transformar las carreteras congestionadas, sobrecargadas y rebasadas por los avances, que en todos sentidos se han presentado - en México, en las rutas cómodas y seguras que el país requiere.

En relación al creciente uso del Sistema Carretero, se pueden apuntar los siguientes datos : en 1925, la población total - de México era de 17 millones y había 40,000 vehículos automoto-- res; en 1950 se tenía una población de 26 millones de habitantes y se alcanzó la cifra de 300,000 vehículos, lo que significa que en 25 años se multiplicó 7.5 veces el número de vehículos auto-- motores y solamente 1.5 veces el número de habitantes. En 1980 - la población asciende a 70 millones de mexicanos y los vehículos automotores llegan a 5.8 millones, apreciándose que entre 1950 - y 1980, la población se multiplicó 2.7 veces y el número de - -- vehículos 19.3 .

En la década que iniciamos, la tendencia en el crecimiento - del número de vehículos es clara y para el futuro, las previsio-- nes estiman que para el año 2,000 tendremos una población del -- orden de los 110 millones de habitantes y un número de vehículos cercano a los 15 millones.

Por la red carretera, se movilizaron en 1960 un total de 70-- millones de toneladas, en tanto que para 1980, se movilizó una - carga cercana a los 300 millones de toneladas. El notable incre-- mento en el uso de las carreteras, lo prueba el hecho de que en - 1960, las principales carreteras del país, mostraban tránsitos - que en los sectores de mayor intensidad de uso, oscilaban entre - 6,000 y 9,000 vehículos diarios. Las carreteras troncales de - -- mayor circulación, tenían tránsitos comprendidos entre 1,000 y - 2,000 vehículos por día. En el resto de la red, con excepciones-- explicables, los promedios diarios variaban entre 300 y 800 - -- vehículos. En el año de 1979, y para tramos de máxima intensidad de uso, se registran tránsitos superiores a los 40,000 vehículos

diarios, y en las rutas principales, tránsitos del orden de - - 10,000 vehículos; en general en las rutas troncales principales, los tránsitos variaban hasta 1979, de 5,000 a 8,000 vehículos - diarios, duplicándose éstos volúmenes de tránsito en la siguien te década de los años ochenta.

El importante papel que juega la red carretera en el Sistema de Transporte del país, se mide por el total de bienes y per sonas que se desplazan por ella. Al analizar las estadísticas - de 1979, se encuentra que, por lo que hace al total de tonelada-- das transportadas, la carretera se responsabilizó del 78%, - -- mientras que la vía férrea absorbió el 22% restante. En cuanto a pasajeros, la carretera transportó el 97% del total, quedando para la vía férrea solo el 3% restante.

Cabe señalar, que este intensivo uso de la red carretera, - estimulante indicador de importantes y positivas transformaciones de la economía y de la sociedad mexicana, es al mismo tiempo un preocupante síntoma del problema fundamental, que confron ta la red carretera en buena parte de su longitud y que es el - de su acusada falta de capacidad para aceptar las crecientes -- demandas a que se ve sometida. En este sentido, se ha estudiado la parte de la red por la que se movilizan los mayores volúme-- nes de carga y pasajeros, misma que se ha estimado en aproxima damente 25,000 kilómetros. Esta porción de la red carretera, -- que convencionalmente se le puede denominar Red Básica, es la - que liga a las principales poblaciones del Sistema Urbano Nacio^o nal, y presenta características de diseño, geometría y de utili zación que no responden ya, a las necesidades del momento y mucho menos a las que habrán de presentarse en el futuro.

Una gran parte de las carreteras que constituyen la Red Básica, tiene más de 25 años de haberse construido. Las especificaciones geométricas, así como la capacidad de carga, el volu men de tránsito y la velocidad de proyecto con que fueron constru idas, son menores a las necesidades de servicio actuales, --

a las que están sometidas y sobre todo, a la demanda futura.

Por otra parte y en lo referente a cargas de diseño, se tiene que hasta el año de 1950, las carreteras se proyectaban para un vehículo tipo con peso de 13.6 toneladas y carga máxima para un eje de 10.9 toneladas.

En 1970, congruente con el desarrollo del país, se adoptó un incremento en el peso del vehículo tipo, para llegar a una carga total de 32.7 toneladas y por eje tandem de 14.5 toneladas, - que corresponden a una carga máxima por eje de 7.2 toneladas -- aproximadamente.

A finales de 1980, se modifica el artículo XI del capítulo - de explotación de Caminos, de la Ley de Vías Generales de Comunicación, donde se autoriza un nuevo vehículo tipo, con peso total de 77.5 toneladas y carga por eje tandem de 18 toneladas y 9 toneladas por eje sencillo. A mediados de la década pasada aparecieron en las carreteras del país, vehículos con doble remolque, incrementándose con esto al doble la repetición de cargas, adicionalmente, la velocidad desarrollada por los nuevos vehículos, también se ha venido incrementando notablemente, la cuál - se refleja en un propósito del conductor para aprovecharla. Esto significa, que las condiciones bajo las cuáles debe operar la - red básica, serán cada vez más severas.

Todo lo anterior implica la necesidad de elevar la calidad - del servicio ofrecido por la red, emprendiendo acciones que incluyan no solamente la reconstrucción y rectificación de tramos, sino también la ampliación de secciones a cuatro o más carriles cuando la demanda así lo justifique, así como el adecuado tratamiento en los puntos críticos y cruzamientos con otras vías, mediante intersecciones y pasos a desnivel, encausamiento de circulación, señalamiento especial y en general una nueva concepción en cuanto a trazo, seguridad vial, empleo de materiales y -

tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos canalizados a este fin.

En la década pasada, se inicio el programa de modernización de la red troncal, sin embargo, por problemas económicos que el país tuvo que enfrentar, no fué posible alcanzar las metas trazadas en esa década. Esto trajo como consecuencia un rezago en los planes de modernización de la red básica.

En la década que inicia, se ha autorizado, a la iniciativa privada para que también participe en la construcción de carreteras y puentes, mediante el sistema de Concesión Administrativa, que les permite construir, explotar y conservar las carreteras, por un tiempo determinado, mientras se logra la recuperación de los recursos que se invirtieron. En lo que va de la presente década (Febrero de 1991), se han concursado y concesionado 33 proyectos, con una longitud de 2,930 kilómetros de autopista y 3 puentes internacionales.

Cabe señalar que las necesidades del país, requieren para la presente década, la modernización total de los 25,000 kilómetros de la denominada red básica, para 2 carriles y la construcción ó ampliación a 4 carriles, o más de unos 12,000 kilómetros, independientemente de las tareas normales de atención a nuevas carreteras hacia regiones aún incomunicadas y de la conservación de la red existente.

C A P I T U L O I I

ESTUDIOS GENERALES DE LA ZONA.

A) LOCALIZACION Y DATOS GENERALES DE LA OBRA.

La obra se localiza en la parte noroeste del Estado de Guanajuato y al concluirse, unirá las ciudades de Irapuato, Silao y León. Se trata de la modernización del camino que actualmente -- existe para convertirlo en un camino de tipo especial, con cuatro carriles de circulación, dos en cada sentido.

Para su construcción la obra se ha dividido en dos tramos : - el primero que va de Irapuato hasta Silao, tiene 40.0 kilómetros de longitud y el segundo, continua en Silao, hasta llegar a León, con una longitud de 24.6 kilómetros. El presente trabajo, trata únicamente lo referente a la modernización del segundo tramo, que inició su construcción en 1981 y se terminó en 1986.

Las especificaciones generales de proyecto en ese tramo son - las siguientes:

<u>C O N C E P T O</u>	<u>C A R A C T E R I S T I C A S</u>	<u>U N I D A D</u>
Carretera tipo	Especial	-
Velocidad de proyecto	90 - 110	KMS.POR HR.
Ancho de corona	22.20	Mts.
Ancho de carpeta	Dos de 7.00	Mts.
Espesor de sub-base	12	Cms.
Espesor de base	20	Cms.
Espesor de carpeta	7.5	Cms.
Curvatura máxima	4.8	Grados.
Pendiente máxima	5.6	%

Tendrá además, acotamientos laterales de 3.00 metros de ancho y en medio un camellon central de 1.20 metros.

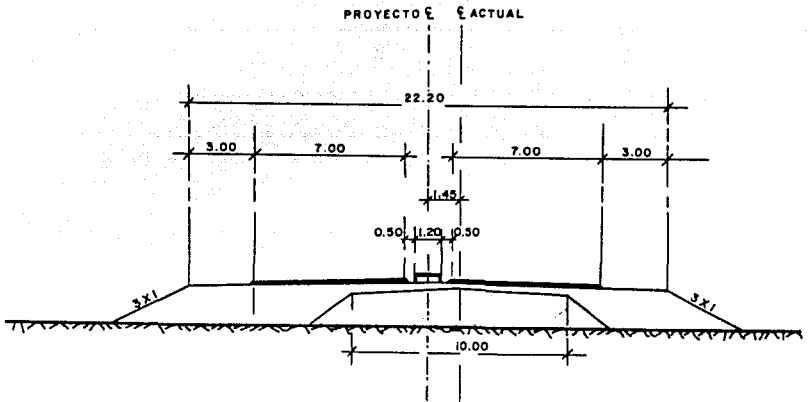
Cabe hacer mención que en este tramo, del kilómetro 58+300 al kilómetro 64+600, el ancho de la sección transversal de la corona, cambia de 22.20 metros a 31.50 y el ancho de carpeta, de dos de 7.00 metros a dos de 11.50 metros respectivamente, quedando en medio, un camellón central jardinado de 3.50 metros, convirtiéndose este sub-tramo en un camino con sección tipo boulevard, igual al que ya existe del kilómetro 64+600 en adelante y que atraviesa la ciudad de León. en dirección Este-Noroeste.

De este modo se logrará que en este sub-tramo de 6.3 kilómetros de longitud se disponga también de seis carriles de circulación, mismos con que cuenta el boulevard existente, en lugar de los cuatro que se tenían proyectados originalmente. Esta modificación, se hizo atendiendo la petición formulada por las autoridades municipales de la ciudad de León, con el objeto de disponer de una misma sección en todo el tramo que conecta a la ciudad con el entronque al aeropuerto local, el cuál se localiza en el kilómetro 58+300.

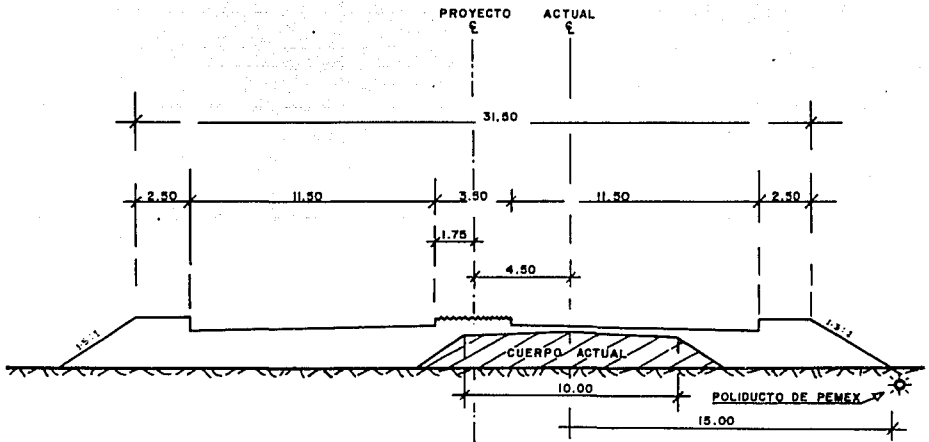
A lo largo de este tramo, se localizan dos cruces ferrocarrileros, en los kilómetros 40+400 y 50+700 respectivamente, en estos puntos se tiene proyectado construir pasos a desnivel. Así mismo, en el punto donde se localiza el entronque al aeropuerto de la ciudad (kilómetro 58+300), se contempla la construcción de un paso superior, además se tiene proyectado también varios retornos y accesos a lo largo de todo el tramo.

En lo referente al alineamiento horizontal de la obra, podemos decir que éste es prácticamente recto, ya que se localiza solamente una curva circular muy suave, cuyos datos de proyecto son :

P I	=	48+280.94
A	=	5° 34' derecha
G	=	1° 00'
S T	=	55.71 Mts.



SECCION TIPO ESPECIAL
SUB-TRAMO KM 40+000 A KM 58+300



SECCION TIPO BOULEVARD
SUB-TRAMO KM 58+300 A KM 64+500

CARRERA : IRAPUATO - LEON
TRAMO : SILAO - LEON

LC = 111.33 Mts.
R = 1,145.92 Mts.
V = 100 kilómetros por hora

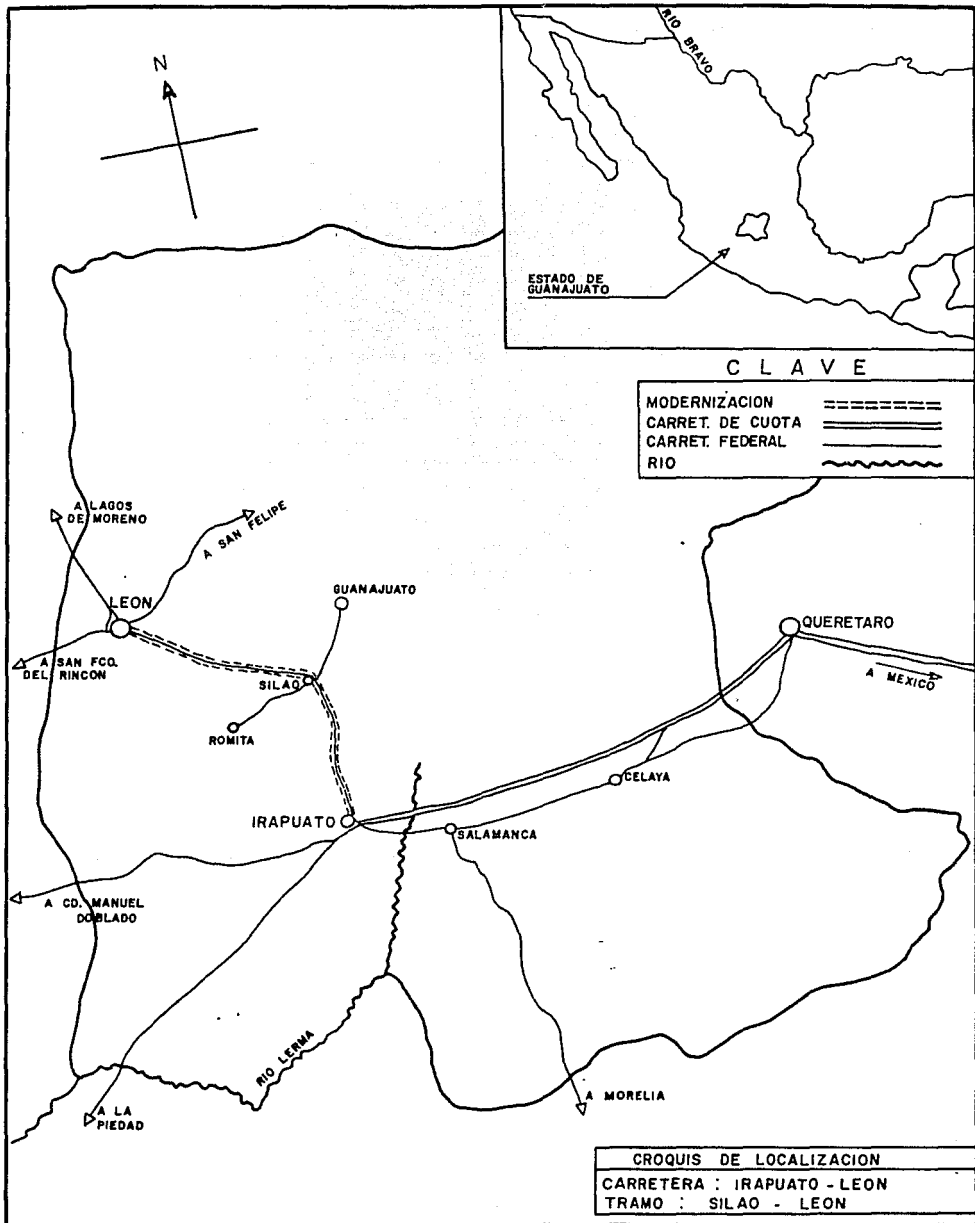
Respecto al alineamiento vertical, se puede decir que también éste es muy suave, ya que el tramo se localiza sobre terrenos, - que componen el último rincón de la región conocida como "Bajío", cuya principal característica son las llanuras que la forman. Sin embargo, en esta zona ya se advierten pequeños grupos de colinas y lomeríos. Uno de éstos grupos de colinas, es el que origina -- las únicas pendientes más o menos considerables, que se detectan en la obra, entre los kilómetros 54+000 a 56+000.

B) ESTUDIO SOCIECONOMICO DE LA ZONA

El objetivo principal que se pretende con la realización de esta obra, es la de drenar las cuencas agropecuarias e industriales del Bajío, como consecuencia del incremento económico, que se ha venido desarrollando en esta región, así como también, proporcionar la afluencia del turismo hacia las zonas de interés, sobre todo las ciudades de Guanajuato, San Miguel de Allende y León. Actualmente, la comunicación se realiza a través de la carretera Federal número 45, sin embargo, el notable aumento del tránsito en los últimos años, impulsado por el propio desarrollo regional, plantean la necesidad de la construcción de esta obra. Aparte destaca la importancia que este camino tiene como vía de paso, hacia las ciudades de Aguascalientes, Guadalajara y San Luis Potosí entre otras. Su influencia llega también a más ciudades importantes, como Morelia y La Piedad Cabadas, así como las ciudades de Salamanca, Celaya y Queretaro al entroncarse con la carretera de cuota, Queretaro-Irapuato. Cabe mencionar que con esta obra se reducirá significativamente el tiempo de recorrido entre las ciudades de Irapuato a León. Actualmente se requiere de unos 70 minutos, sin considerar los congestionamientos que con mucha frecuencia se presentan en la entrada de ambas ciudades. Al concluirse la obra, se contará con un magnífico libramiento al oriente de la ciudad de Irapuato, que junto con los 8-kilómetros de sección a 6 carriles a la entrada de la ciudad de León permitirán que en unos 40 minutos pueda lograrse el recorrido. Esto traera como consecuencia un ahorro considerable en el costo del transporte de las personas y bienes de consumo.

B-1) BREVE ANALISIS DE LA REGION DEL BAJIO.

Generalmente se entiende por Bajío, el conjunto de los Valles de Celaya, Acámbaro, Salvatierra, Pénjamo, Salamanca, Irapuato y la Piedad de Cabadas en Michoacán. Por ser una tierra fértil y bien regada, ha tenido casi siempre una sobreproducción de cereales, por lo que se le ha llamado "granero de la República".



Se localiza casi en la parte central del Estado de Guanajuato, y es la región agrícola más importante de este estado. Limita al Oeste, con la sierra de Pénjamo; al sur con la sierra de los Agustinos y varios cerros del valle de Santiago, continuando hasta Michoacán en el municipio de la Piedad Cabadas, abarcando también las llanuras de Yuriria, Salvatierra y Acámbaro; al Norte esta limitada por la Sierra de Guanajuato; al Este por las alturas de Querétaro y al Sureste por la Sierra de Amealco.

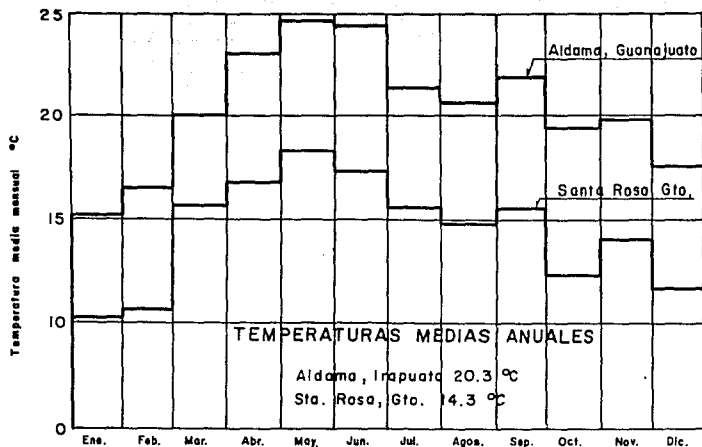
Posee un buen régimen pluviométrico, que se calcula en unos 700 milímetros en promedio anual. La temperatura es sumamente agradable todo el año. Los terrenos son generalmente planos y bien irrigados, lo que permite el cultivo de una gran variedad de productos agrícolas.

La flora silvestre es algo escasa, debido principalmente a que la mayoría de sus tierras, se encuentran destinadas al cultivo. Pertenecen a esta región del bajío, los municipios de - - Irapuato, Silao y una parte del de León, que es donde se ubica la construcción de la obra, por lo que se analizará brevemente cada uno de estos municipios.

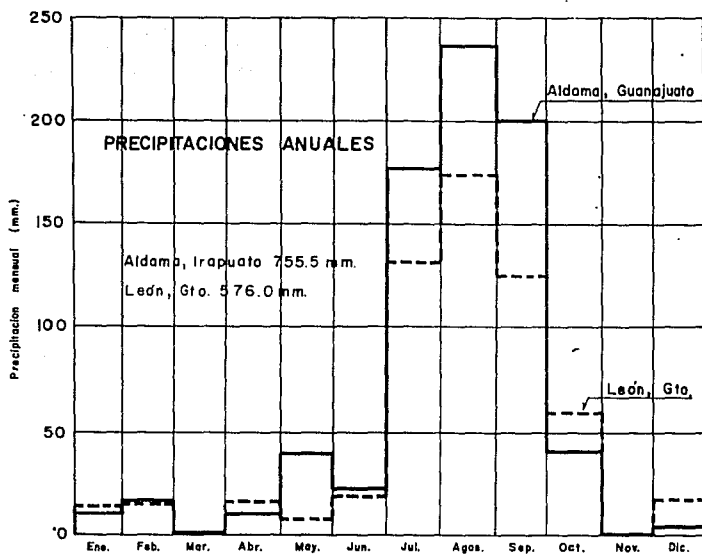
1.- MUNICIPIO DE IRAPUATO.

LIMITES.- El municipio de Irapuato, limita al Norte con los municipios de Silao y Guanajuato; al Oeste con el municipio de Salamanca; al Sur con los de Pueblo Nuevo y Abasolo y al Este con los de Abasolo y Romita.

POSICION GEOGRAFICA. La ciudad de Irapuato, cabecera municipal, esta situada a los $101^{\circ} 20' 51''$ de longitud oeste del - - Meridiano de Greenwich y a los $20^{\circ} 40' 28''$ de latitud norte, - tomando como base la torre de la parroquia de ese lugar. La altura sobre el nivel del mar es de 1975 metros en el atrio de la misma parroquia.



VARIACIONES TERMOMETRICAS (Año 1965)



OBSERVACIONES PLUVIOMETRICAS

PRINCIPALES FACTORES CLIMATOLÓGICOS

CARRETERA: IRAPUATO - LEON

TRAMO: SILAO - LEON

EXTENSION.- La superficie del territorio municipal es de --- 786.40 kilómetros cuadrados, equivalentes al 2.57% de la superficie total del estado.

OROGRAFIA.- El territorio municipal carece de grandes elevaciones y solo destacan algunos lomerios como: El Copal, la Calera, Los de Juárez, Aldama, La Garrida y San Juan Temascatío al noroeste; Cerro de Arandas, Bernalejo y el Huihote al Oeste y - Munguia, Venado y otros más al sur.

HIDROGRAFIA.- El río Temascatío se encuentra por el Oriente del municipio, sus principales afluentes son los arroyos de - - Temascatío y Copal. El río Guanajuato tiene su cauce al Noroeste del municipio y son sus afluentes el arroyo de Tepalcatepec y el río Silao. El Municipio tiene varios canales de derivación de las aguas del río Lerma. La presa del Conejo, construida para regular las aguas de lluvia, no ha sido suficiente y por tal razón se encuentran en construcción las presas de la Gavia, en el municipio de Romita y la Purísima en el municipio de Guanajuato.

ORIGEN.- La palabra Irapuato, es de origen purépecha y - -- significa casas o habitaciones bajas. Los primeros moradores de la región fueron, casadores, pescadores, e incipientes agricultores Otomíes. Segun se tiene noticia, estos moradores se vieron muy pronto, sujetos al reino de Michoacán, gobernado por -- Tencahuan II. La llegada de los Españoles ocurrió en el año de 1556. Vasco de Quiroga llega con ellos e inicia su labor de - - evangelización. En el año de 1589, la comunidad recibe el nombre de congregación de San Marcos Iriguato y el 8 de marzo de - de 1826, por decreto especial se le otorga el título de Villa.- Mas tarde, el 7 de noviembre de 1883, la legislatura del estado expide el decreto número 29, declarandola ciudad, con el nombre de Irapuato.

DEMOGRAFIA.-El censo de 1980, reveló que la población del --

municipio era de 246,308 habitantes. En el año de 1988, ésta -- población ascendió a 305,000. De lo anterior se deduce que la - densidad demográfica es de 388 personas por kilómetro cuadrado. La población esta distribuida en 134 comunidades y su cabecera cuenta con 287,000 habitantes.

EDUCACION.-Existe en el municipio una infraestructura educativa que, en terminos generales, atiende con suficiencia la demanda en todos sus niveles. La tasa de población que no asiste a la escuela en los niveles preescolar y primario es de 1.5%, - mientras que el índice de analfabetismo es del 15.89%. Se estima que la infraestructura para la educación media y superior es suficiente para atender la demanda, a través de instituciones - del sector público y privado; por lo que se refiere al nivel -- superior, existen diversas escuelas terminales de la Universi-- dad de Guanajuato, tanto en los ramos tecnológicos como de - - ciencia y humanidades. También se cuenta con escuelas superio-- res particulares, entre las que se encuentran una Unidad del -- Tecnológico de Monterrey y la Universidad Quetzalcóatl de Ira-- puato.

VIAS DE COMUNICACION.-La ciudad de Irapuato, es un centro -- radial de múltiples carreteras, hacia los diferentes puntos car-- dinales del país, así tenemos: carreteras hacia la Piedad Caba-- das Michoacán, carretera a la ciudad de Manuel Doblado y carre-- tera hacia las ciudades de León, Guadalajara, Ciudad Juárez, -- Salamanca y Morelia. Cuenta además con un importante centro fe-- rrocarrilero, célebre por las históricas batallas que en la - - época de la Revolución Mexicana ahí se escenificaron, desde - - donde se puede viajar a las ciudades de México, Guadalajara y - Ciudad Juárez. En materia de telecomunicaciones, cuenta con ser-- vicio de telex, teléfono, radiocomunicación, diversas agencias-- de correos y telégrafo, estaciones de radio AM y FM y se editan tres diarios de circulación regional, así como cinco periódicos semanales.

ASPECTOS ECONOMICOS.- La población económicamente activa alcanza el 32% del total, de la cuál el 12.59% se dedica al sector primario, el 21.75% del sector secundario, el 12.21% al sector terciario y el resto a otras actividades. En agricultura, el municipio ocupa a nivel nacional un lugar predominante como productor de fresa, aunque también son importantes otros cultivos como, la alfalfa, trigo, cebada, sorgo y maíz. Así mismo, se le considera como uno de los mejores productores a nivel estatal de ganado porcino y equino, existiendo además otras especies mayores. La actividad industrial es poco diversificada significándose la relacionada con la fabricación de textiles, procesamiento de alimentos, tratamiento de sustancias químicas y fabricación de muebles. En la ciudad de Irapuato, se localizan importantes centros comerciales con artículos textiles, bienes de consumo básico y maquinaria e implementos agrícolas.

2.- MUNICIPIO DE SILAO.

LIMITES.- Al Norte y al Este, limita con el municipio de Guanajuato, al Sur con los municipios de Romita e Irapuato y al Oeste con el de León.

POSICION GEOGRAFICA.- La cabecera municipal, la ciudad de Silao esta situada a los 100° 25' 59" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a los 20° 56' 24" latitud norte, tomando como base la puerta principal de la parroquia de ese lugar. La altura sobre el nivel del mar es de 1780 metros en ese mismo sitio.

EXTENSION.- La susuperficie del territorio municipal es de 537.40 kilómetros cuadrados, equivalentes al 1.76% de la superficie total del estado.

OROGRAFIA.- La topografía de este municipio es casi plana en su totalidad, ya que integra parte de la región llamada Bajío de Silao. Pueden citarse como elevaciones principales: el cerro-

del Cubilete, cuya altura es de 2570 metros sobre el nivel del mar. Este cerro sirve de límite con el municipio de Guanajuato; así mismo los cerros de Agua Buena, las Peñas y el cerro del -- Diab^{lo}. En este último se localizan grandes yacimientos de material pétreo de buena calidad, el cuál se está utilizando en la pavimentación de la obra.

HIDROGRAFIA.-El río Silao, cruza la mayor parte del territorio municipal y en su curso va alimentandose por los siguientes arroyos: Magueyes, Pascuales, Hondo y el Tigre, así como el río Gigante, su principal afluente. Cabe mencionar que la topografía plana del territorio, propicia que en época de lluvias, cuando el río Silao se vuelve muy caudaloso, sucedan graves inundaciones. También se localizan dentro del municipio, algunos otros arroyos de importancia como: Agua Zarca, La Barranca, San Francisco, El Paraíso, Pabileros y Aguas Buenas.

ORIGEN.-Según refiere el historiador Pablo Cabrera: "primitivamente fué un poblado Otomí, conquistado por los Tarascos al que pusieron por nombre Tzinacua, que significa lugar de humaredas, debido a los vapores que se desprenden del manantial de -- Comanjilla, que brota a elevadas temperaturas". Más tarde, el nombre fué transformandose en Sinacua, Sinagua, Silagua y finalmente en Silao. Su fundación legal data, del 23 de julio de -- 1537, en que se le dió el nombre de Santiago Apostol. El 3 de febrero de 1833, el congreso del estado le concedió el título de Villa y el 12 de julio de 1861 el de ciudad, con el nombre de Silao de la Victoria. Los principales fundadores fueron en realidad, los Otomíes, los Mexicas y los Tarascos.

DEMOGRAFIA.-El censo de 1980, reveló que el municipio tenía 77,036 habitantes. En 1986, la población ascendió a 88,583. De esto se deduce que la densidad demográfica es de 164.8 habitantes por kilómetro cuadrado. La población se encuentra distribuida en 207 comunidades y la ciudad cabecera tiene 55,000 habi--

tantes.

EDUCACION.-En el municipio se tiene la infraestructura para atender a la población estudiantil de los niveles preescolar, -- primario, secundario y medio superior. Además se cuenta con una escuela normal primaria.

COMUNICACION.-La carretera México-Ciudad Juárez, que en Lagos de Moreno Jalisco entronca con la carretera Guadalajara - San -- Luis Potosí, cruza el municipio de Silao, pasando por la cabecera. Así mismo, existe carreteras que unen a la ciudad de Silao, con las ciudades Guanajuato y Romita. En la cabecera municipal se encuentra una estación ferrocarrilera que une a la ciudad de México con Ciudad Juárez, además de un ramal a la ciudad de Guanajuato. Se cuenta además con servicios de correo, telégrafo y - teléfono.

ASPECTOS ECONOMICOS.-La población económicamente activa - - asciende a 25,022 personas, de las cuales se dedican a actividades primarias un 13%, al sector secundario 17%, al terciario 18% y el resto a otras actividades. Los principales cultivos que se tienen en el municipio son espárrago, sorgo, maíz blanco y al-- falfa. En ganadería, se crían especies de bovino, porcino, equino y caprino. En la industria, se empacan frutas, legumbres y diversos lácteos, se fabrican tabiques, artesanías e implementos --- agrícolas.

3.- MUNICIPIO DE LEON.

LIMITES.-Al norte limita con el municipio de San Felipe al - Oeste, con los municipios de Guanajuato y Silao; al sur con los municipios de Silao, Romita y San Francisco del Rincón; al Noroeste con el municipio de San Francisco del Rincón y el Estado de Jalisco.

POSICION GEOGRAFICA.-La ciudad de León, cabecera municipal - esta situada a los 101° 41' 00" de longitud oeste del meridiano

de Greenwich y a los 21° 07' 22" de latitud norte, tomando como base la torre de la parroquia. Su altura sobre el nivel del mar es de 1885 metros en el atrio de la catedral.

EXTENSION.-Su territorio posee 1,183 kilómetros cuadrados, -- equivalentes al 3.87% de la superficie total del estado.

OROGRAFIA.-Rumbo al norte de la ciudad, el territorio se va -- haciendo paulatinamente accidentado, hasta encontrarse con la -- sierra de Ibarra, ya en los límites con los municipios de Ocampo y San Felipe, al Noroeste esta el cerro del Gigante con 2,884 -- metros sobre el nivel del mar. El Noroeste es también bastante -- montañoso y destacan ahí los cerros: Gordo, Corral de Piedra, -- Buena Vista, Lomas de Soledad y otros. En el resto del municipio las zonas sur, suroeste y sureste, son planas y forman parte de -- lo que es el rico Valle del Bajío.

HIDROGRAFIA.-Las corrientes que bajan de la sierra de Comanja, se depositan en la presa el Palote, para contener las aguas que -- en otra época inundaban la ciudad. El río de los Gómez, afluente -- del río Turbio, atraviesa la ciudad de Noroeste a Suroeste; se -- le unen los arroyos de Marichés y el Muerto. Otros arroyos son: -- Los Castillos, Ojo de Agua, el Puerto Colorado, las Canoas, el -- rancho y la Virgen que son corrientes que forman el arroyo de Al -- faro.

ORIGEN.-Del historiador Pablo Cabrerías se lee lo siguiente: "Cuando Nuño de Guzmán llevo a cabo la tristemente celebre expedición a las tierras de Guanajuato y Jalisco, algunos de sus soldados que iban a las ordenes inmediatas de Pedro Almíndes Chirinos, creyeron haber descubierto un lugar al que le pusieron por nombre Valle de León." Por mandato del Virrey Don Martín Enriquez de Almanza, fechado el 12 de diciembre de 1575, Don Juan de Oroasco procedió a la fundación legal de esta población, el 20 de enero de 1576, haciendo el trazo de plazas y manzanas. Mas tarde-

en 1772, se le concedió el título de Villa y el 2 de junio de 1830, el gobierno del estado le otorgó el título de ciudad, con el nombre de León de los Aldamas, en honor de los héroes de la insurgencia, los hermanos Aldama.

DEMOGRAFIA.-Según el censo de 1980, la población municipal era de 650,809 habitantes. En el año de 1986, se estimó que esta ascendió a 1'055,000. Por lo que su densidad en ese año fué 855 habitantes por kilómetro cuadrado. La población municipal está distribuida en 242 localidades y la cabecera municipal contaba en ese año, con 950,000 habitantes.

EDUCACION.-En materia educativa, el municipio cuenta con una infraestructura que atiende en buenos términos todos los niveles. En la cabecera municipal se localiza un considerable número de instituciones de educación media y superior, en las ramas tecnológicas, de ciencias y humanidades, tanto del sector privado como del público. En 1986 existían mas de 15 escuelas preparatorias particulares y una dependiente de la Universidad de Guanajuato; 7 escuelas normales primarias particulares y 4 del sistema estatal; así como diversas escuelas del nivel licenciatura como las de psicología y medicina, dependientes de la Universidad de Guanajuato: Así mismo se cuenta con las Universidades del Bajío, Iberoamericana y los institutos Hispano Americano, Tecnológico de estudios superiores de Monterrey, en los que se ofrecen diversas carreras.

VIAS DE COMUNICACION.-La ciudad queda sobre la carretera México-Ciudad Juárez y tiene además carreteras a Guadalajara, Cd. Manuel Doblado, San Felipe y San Luis Potosí. El proyecto más importante es la modernización a cuatro carriles de la carretera a Irapuato. Cuenta además con la estación de ferrocarril México-Cd. Juárez y el aeropuerto de San Carlos, en el año de 1990 se puso en servicio el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de León. En materia de telecomunicaciones cuenta con ser

vicios de telex, teléfono, telégrafo, correo, radiocomunicación y mas de diez estaciones de radio, así como dos estaciones de -televisión, existen ademas cuatro diarios de circulación regional.

ASPECTOS ECONOMICOS.-La población ecónomicamente activa es -cercana a los 270,000 habitantes, de los cuáles el 40% se dedica al sector secundario, el 18% al sector terciario y solo un -4% al sector primario, el resto se dedica a otras actividades.- En la agricultura el municipio tiene un lugar importante en la-producción de alfálfa y papa y en menor escala se produce tam--bién sorgo, trigo, melón, camote y girasol. En la ganadería, es preponderante la cria de especies menores, como la porcina, ca-prina y la avicola, aunque también destaca la producción leche-ra, la cuál se comercializa en la región y con el Distrito Federal. En la industria, tiene gran importancia la curtidería de -pieles y la fabricación de calzado, actividades en las que el -municipio se distingue a nivel nacional e internacional, existen ademas industrias extractivas de arena, arcilla y otros materiales para la construcción, productos alimenticios y prendas de -vestir. La actividad comercial del municipio, ademas de la - -requerida por el autoconsumo en materia de bienes básicos, se -establece en la industria del calzado, con las principales ciu-dades del país y en el extranjero con los Estados Unidos de Nor teamérica y algunos países de Latinoamerica. La producción tex-til y alimenticia tiene una comercialización regional.

B-2) ASPECTOS SOCIALES DE LA REGION.

POBLACION.-La población del estado de Guanajuato, ha veni-do creciendo en las últimas décadas a un ritmo inferior al re--gistrado en el resto del país, ya que mientras este ha tenido -tasas de crecimiento del 3.13 al 3.4% anual promedio, el estado ha crecido a un ritmo de 2.7% promedio anual en la década 1940-1950, 3.1% promedio anual en las de 1950-1960 y 1960-1970, para subir a 3.4% en la de 1970 a 1980.

El estado contaba con 1'046,490 habitantes en 1940; pasando a 2'270,370 en 1970 y a una población en 1980 de 3'044,402 habitantes, de los que 1'508,547 eran hombres y el resto 1'535,855 son mujeres.

CRECIMIENTO DE LA POBLACION URBANA RURAL.

AÑO	POBLACION TOTAL	POBLACION URBANA				POBLACION RURAL			
		TOTAL	%	% H.	% M	TOTAL	%	% H.	% M.
1940	1'046712	366349	35	33.2	36.8	680363	75	66.8	63.2
1950	1'328712	552516	41.5	39.9	43.2	776196	58.5	60.1	56.8
1960	1'735490	805483	46.4	45.3	47.5	930007	53.6	54.7	52.5
1970	2'270370	1185978	52.3	51.4	51.4	1'084397	47.7	48.6	48.6
1980	3'044402	1735309	57.0	51.4	52.9	1'309093	43.0	48.6	47.1

Un hecho de suma importancia, es el rápido desplazamiento de la población hacia las ciudades, ya que mientras en 1950 el 58.5% habitaba en zonas rurales, solo el 41.5% era población urbana, - para 1980 esta última llegó a ser el 57% de la total del estado, por otro lado, se aprecia una variación significativa de la población económicamente activa, que pasa del 29% de la población total en 1960 a solamente el 25% en 1970. Y en 1980 se promedia en 31%. Al mismo tiempo se incrementa la participación de la mujer, que pasa de construir el 14.7% de la población económicamente activa en 1960, al 17.8% en 1970 y 23% en 1980.

La composición por sexo es muy pareja a nivel estatal (menos del 1% de diferencia entre hombre y mujeres), pero se da el caso de que en el Sector urbano hay 1.5% más mujeres que hombres, sucediendo lo contrario en el medio rural.

En cuanto a la estructura de la población por edad, es similar a la del país en su tendencia general, pero el 1% de los grupos menores de 14 años es levemente inferior que el nacional, cambia la situación de los 15 años, para ser nuevamente inferior en el último grupo (60 años y más).

C) ESTUDIOS GEOLOGICOS, TOPOGRAFICOS E HIDROLOGICOS.

C - 1) ESTUDIOS GEOLOGICOS.

BOSQUEJO GEOLOGICO. Pertenece el estado de Guanajuato, al sistema fisiográfico de la Mesa Central del Anahuac, lo cruzan varios sistemas de montañas, entre los cuáles destacan dos por su elevación; a uno se le conoce con el nombre de Sierra Gorda, y esta situado al Noroeste del estado, se prolonga por el Noroeste, formando la porción más escabrosa del territorio; el otro es la Sierra de Guanajuato, que ocupa casi el centro del estado en dirección Noroeste-sureste.

En la porción del estado que se extiende al sur y Oeste de la sierra de Guanajuato, se encuentra la famosa región del "Bajío" formada por bastas llanuras, notables por la fertilidad de sus tierras, que permiten obtener abundantes cosechas, especialmente cereales. Las llanuras que forman esta región se encuentran limitadas al Oeste y al sur por las montañas de las sierras de Pénjamo, la Batea y la Gavia.

GEOLOGIA. En el estado predominan las rocas volcánicas e intrusivas, que ocupan más de la mitad de su superficie total, y en menor proporción existen también rocas sedimentarias. Las rocas volcánicas son generalmente andesitas, riolitas y basáltos y en algunas zonas están acompañadas de tobas y brechas. Las rocas intrusivas abarcan una superficie menor que las volcánicas y son en su mayoría granitos, dioritas, sienitas, y gabros y se localizan en el centro y Oeste del estado, en la sierra de Guanajuato, y en algunas minas del municipio de Guanajuato. Las rocas sedimentarias son generalmente pizarras arcillosas, calizas y margas.

En la sierra de Guanajuato existe una formación sedimentaria constituida por pizarras arcillosas desprovistas de restos de fósiles, que además sirven de caja a la mayor parte de los

depósitos minerales, que se encuentran en esa zona.

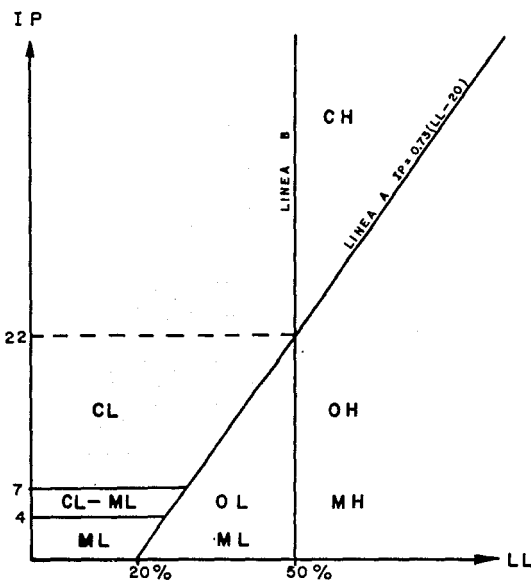
Los basáltos existen en muchos puntos del estado, en la Sierra de Guanajuato, el Cerro del Cubilete está formado por ellos y en el Bajío existen numerosas colinas basálticas, principalmente en el municipio de Salamanca.

La mayoría de las llanuras del estado, especialmente las del Bajío, están constituidas por cuencas amplias, ocupadas o rellenas por materiales de origen volcánico, basáltos en su mayoría. Estos materiales volcánicos, forman suelos agrícolas de primera calidad, los que son beneficiados por lluvias frecuentes y por las aguas de los ríos, lo que da como resultado, excelentes condiciones climáticas y una gran fertilidad de la tierra.

El tramo Silao-León en particular, atraviesa formaciones geológicas de diversos orígenes. Casi en su totalidad se desarrollan formaciones del Cenozoico Medio Volcánico, en las que abundan depósitos aluviales principalmente, con algunas derivaciones de lava, brechas y tobas de composición variable, de basálticas a riolíticas, con predominancia de andesitas.

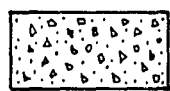
ASPECTOS GEOTECNICOS DEL TRAMO. Algunos subtramos de la obra, sobre todo los primeros 10 kilómetros, se alojan generalmente sobre suelos superficiales, constituidos por arcillas de mediana y alta plasticidad, de características expansivas, con contenidos variables de arena, bajo las cuales se llega a encontrar arena ó gravas arcillosas y eventualmente con fragmentos chicos.

Entre el kilómetro 51+000 al kilómetro 56+000 aproximadamente, se encuentra una secuencia estratigráfica formada por gravas y arenas limosas, con grumos y algunos fragmentos chicos. A partir del kilómetro 56+000 en adelante, la topografía del terreno se vuelve completamente plana, predominando en esta zona los

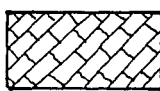


- CH : ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD LL > 50% ARRIBA DE LA LINEA A
 - OH : SUELOS ORGANICOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD LL > 50% ABAJO DE LA LINEA A, SON DE COLOR OSCURO Y OLOR PECILIAR
 - MH : LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD
 - CL : ARCILLA DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD LL < 50% ARRIBA DE LA LINEA A, IP > 7, LL < 30% BAJA PLASTICIDAD, 30% < LL 50% MEDIANA PLASTICIDAD
 - ML : LIMO DE BAJA A MEDIANA COMPRESIBILIDAD
 - OL : SUELOS ORGANICOS DE BAJA COMPRESIBILIDAD LL < 50% ABAJO DE LA LINEA A
- IP = INDICE PLASTICO
LL = LIMITE LIQUIDO

CARTA DE CASAGRANDE



ARENA CON GRAVA



CALIZA



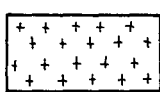
LIMO ARENOSO



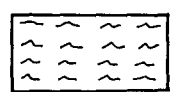
CONGLOMERADO



ARCILLA ARENOSA



ANDESITA



ARCILLA

GEOTECNIA
CARRETERA : IRAPUATO - LEON
TRAMO : SILAO - LEON

depósitos de arcilla de alta plasticidad (CH1 Y CH2), con características expansivas, a los que subyacen generalmente suelos -- limo-arenosos de mediana y alta plasticidad (MH1) y arenas arcillosas con cantidades variables de grava y en algunos casos fragmentos chicos. En esta zona llegó a detectarse el nivel de aguas freáticas a profundidades someras del orden de 1.5 a 2.5 metros.

C - 2) ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

La Sierra de Guanajuato se levanta aislada en medio de la Mesa Central, encontrándose rodeada de llanuras, entre las que se encuentran las de Irapuato, Silao y León. Desde estas llanuras se elevan sus vertientes gradualmente, hasta alcanzar alturas considerables, comprendidas entre los dos y tres mil metros sobre el nivel del mar, tales como: el Cubilete que tiene 2,570-metros, el Gigante que tiene 2,910 metros, la Giganta con 2,980-metros y el cerro de los calzones que alcanza 2,950 metros, siendo las cimas culminantes de esta sierra.

La altura media del relieve topográfico del estado, puede considerarse como de 2,300 metros sobre el nivel del mar, sin embargo en la región del Bajío donde se localiza la obra la altura promedio es de 1,800 metros.

El Bajío no es en realidad una llanura plenamente uniforme. En ella se encuentran grupos de montañas y colinas, no obstante que en esta región, aún continúa el proceso de erosión, mismo -- que acabará por borrar enteramente los accidentes geológicos del relieve topográfico, que alteran su regularidad.

C - 3) ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

La sucesión de crestas de la Sierra Gorda, forman la línea de división de desembocadura de aguas, que por el Noroeste descargan en el Golfo de México, y por el Suroeste descargan en el Océano Pacífico. Siendo en realidad la red hidrográfica del --

estado, toda tributaria del Océano Pacífico donde descarga sus -
aguas por conducto de río Lerma, hacia el cual concurren los es-
currimientos más importantes como los ríos de la Lája, Irapuato,
Turbio y sus afluentes respectivos.

Con respecto a los lagos, son pocos los que se localizan-
en este estado, siendo los más notables el de Yuriría, que en --
lengua Tarasca significa Lago de Sangre y los bellos crateres -
lagos de Valle de Santiago, conocidos con el nombre de "Ollas".

Los manantiales termales en cambio son numerosos y se en-
cuentran situados en varios lugares del estado. Sus aguas sulfu-
rosas, en su gran mayoría alcanzan temperaturas que oscilan en-
tre los 32 y 100 grados centígrados, siendo los principales el -
de Comanjilla, San Bartolo, Marroquín, San Miguelito, La Calera-
y Aguas Buenas.

El drenaje regional en la zona de influencia del tramo --
tiene un arreglo paralelo no definido, cuyos escurrimientos pro-
vienen casi en su totalidad de la Sierra de Guanajuato, con cau-
ces relativamente estrechos, de tal manera que muchos de ellos -
llegan a desbordarse en época de lluvias extraordinarias. En la-
actualidad una parte del tramo, del kilómetro 55+000 en adelante
hasta llegar al final e incluso toda la zona que ocupa la ciudad
de León se encuentran ya a salvo de las inundaciones, gracias a
que las aguas pluviales han sido controladas mediante la cons---
trucción de presas.

Prácticamente, toda el agua de los arroyos provenientes -
de la sierra de Guanajuato, es aprovechada en la agricultura, al
almacenarla en presas y mediante obras de desvío y canalización-
de tipo doméstico, como complemento al agua extraída de pozos y-
norias.

Dentro de los arroyos que cruzan el tramo Silao - León po-
demos citar los siguientes: el río Silao, arroyo los Sáuces, - -

arroyo las Chalupas y el canal del Tajo de Santa Ana.

El régimen pluviométrico de la región se considera abundante debido a las precipitaciones pluviales que en época de --lluvias se registraran. Se estima en unos 700 milímetros promedio anual.

C A P I T U L O I I I

CONSTRUCCION DE TERRACERIAS.

A) ASPECTOS GENERALES.

El camino actual, se construyó en la década de 1930 - 1940- como un importante ramal que entroncaba con la carretera México-Guadalajara, en la ciudad de Morelia, y conectaba a las ciudades de Irapuato, León y Aguascalientes con la capital de la República. Y se puede afirmar que cumplió cabalmente los objetivos por los que fue construido, ya que por lo menos durante 30 años - sirvió de soporte al desarrollo de la región, sin embargo en los últimos años debido a la gran intensidad que ha venido experimentando este desarrollo, se observa que se ha rebasado la capacidad del camino.

La gran afluencia de vehículos, así como la magnitud de las cargas que por el se transportan diariamente, son muy superiores a las que se utilizaron en su diseño. Esto aunado a las modestas especificaciones, así como la baja calidad de los materiales - - utilizados en su construcción , han contribuido a que en la - - actualidad, el camino se encuentre en muy malas condiciones. Las terracerías se construyeron con material obtenido de prestamos - laterales, el cual es sumamente arcilloso y de alta plasticidad. Por lo anterior muchas zonas del camino presentan grandes baches, agrietamientos y bufamientos, provocados por la expansión y contracción lineal de las arcillas.

En los trabajos que previamente efectuó el laboratorio de campo, para conocer los espesores de los estratos, en los suelos que forman el terreno natural donde estan cimentandose las nuevas terracerías, se excavaron pozos a cielo abierto a lo largo - del eje de trazo, el cuál se localiza a 7.50 metros del lado - - izquierdo del eje ecométrico de la nueva sección.

Debido a la importancia de la obra y a otras circunstancias

tales como la topografía del terreno (casi plana) y la mala calidad de los materiales del lugar, se consideró conveniente que las terracerías se construyeran con material de bancos de préstamo de óptima calidad, por lo que fue necesario localizarlos y determinar sus características. Cabe hacer notar que la mayor parte del camino estara formado por terraplénés.

De los sondeos efectuados tanto en la línea de trazo como en los bancos de material, se extrajeron muestras representativas para practicarles en el laboratorio, pruebas de clasificación y calidad.

De los ensayos que se practicaron a dichas muestras podemos enumerar los siguientes: Humedad natural, Granulometría simplificada, límites de consistencia (Atterberg), contracción líneal, peso volumétrico seco máximo pórtér, Humedad óptima porter, valor relativo de soporte estandar y por ciento de expansión.

Otro aspecto de importancia en la etapa constructiva que conviene comentar, es la solución que se dió al problema del tránsito. Al iniciar los trabajos de terracerías, el eje geométrico de la nueva sección, se localizaba a 1.45 metros, del lado izquierdo de la raya central del camino actual, que tenía solamente dos carriles de circulación.

Los trabajos de modernización, debían iniciarse precisamente con la construcción del cuerpo izquierdo, sin embargo, existía un problema, para colocar la maquinaria en el lugar y poder iniciar la construcción, era necesario construir antes otro carril de circulación en el lado derecho, en sustitución del que iba a quedar bloqueado y así seguir dando continuidad al tránsito, pues el carril izquierdo quedaría cerrado en su totalidad por quedar dentro de la zona de ataque. Esta fue la solución que permitió trabajar del kilómetro 40+000 al kilómetro 58+300. Del kilómetro 58+300 en adelante, hasta el final del tramo, no se tuvo el problema anterior, ya que en este sub-tramo el eje geo-

métrico se separa 4.50 metros del eje del camino actual, lo que permitió trabajar plenamente el cuerpo izquierdo sin necesidad de alterar la circulación. Cabe recordar que esta separación de ejes obedece a la ampliación que tiene la sección transversal - en este sub-tramo, la cual es de 31.5 M. a nivel corona. Una vez terminada la construcción del cuerpo izquierdo, se abrió a la circulación y se cerró el camino actual para efectuar su modernización.

La ampliación del camino, no fué posible proyectarla con una sección simétrica al eje actual, ya que del lado derecho se localiza un poliducto de PEMEX, casi sobre la línea de ceros del camino actual y con una ampliación simétrica, este quedaría dentro de los terraplenes de la ampliación y aunque del lado izquierdo se localiza otra línea de energía eléctrica de alta tensión, se considero más factible reubicar esta línea en caso necesario. Por esta razón se desplazo el eje geométrico 1.45 metros a la izquierda del eje actual, garantizando de este modo una mayor protección del gasoducto contra el uso de la maquinaria pesada.

De hecho los únicos movimientos de reubicación que fue necesario hacer en la línea de alta tensión, fueron los ocasionados por las ampliaciones en los puntos donde se localizan los retornos. El poliducto también fué reubicado en dos ocasiones, debido a que en los kilómetros 45+600 y 52+100 su línea se acercaba demasiado con la del eje de proyecto.

El desplazamiento del eje geométrico de 1.45 metros a la izquierda del eje del camino existente, provocó que la ampliación izquierda fuera mayor que la derecha. Así tenemos que del 100% de la ampliación total del camino, un 60% corresponde a la ampliación izquierda y el restante 40% a la ampliación derecha.

Aunque desde un principio se tomaron todas las medidas necesarias, para evitar en lo posible problemas y molestias ocasionados por la construcción, no fué posible evitarlos por completo. Se colocaron letreros informativos, barreras, mecheros - - -

encendidos y toda clase de señales con el objeto de informar a los automovilistas que tuvieran precaución, sin embargo, factores como las malas condiciones del camino, la falta de precaución de algunos conductores, pero sobre todo la gran intensidad del tránsito, influyeron de manera determinante en los accidentes que ocurrieron. Aforos efectuados por la Unidad de Obras interurbanas del centro S.C.T. Guanajuato, estimaron en esa época el volumen de tránsito que circulaba por esa carretera sobrepasaba ya los 18,000 vehículos diarios.

B) DESPALME.

Los trabajos de despalme son importantes en todo camino que se va a construir, ya que su objetivo principal es evitar que las terracerías se contaminen con los residuos de materia vegetal, que generalmente quedan sobre la superficie del terreno -- después del desmonte y así mismo procurar que éstas se alojen -- sobre terreno sano.

En este tramo, el despalme se ha ejecutado solamente en las zonas de las ampliaciones, en donde se requiere construir terraplenes nuevos, para ligarlos con los existentes. En estas zonas las especificaciones de proyecto, indicaron que se ejecutara un despalme de 0.20 metros a partir del hombro de las terracerías -- existentes hasta la nueva línea de ceros. El despalme se ejecutó de acuerdo a lo proyectado. sin embargo, en algunas zonas hubo -- problemas, como se recordará, el camino cruza terrenos que en -- su mayoría son agrícolas y están sujetos a riegos continuos, lo que ocasiona que en algunas zonas el material se sature completamente y en algunos casos hasta se formen verdaderos pantanos. Los 0.20 metros de despalme indicados por el proyecto, resultaron -- insuficiente en estos puntos y para garantizar que las terracerías quedaran alojadas sobre terreno firme, fue necesario que se abrieran cajas, a fin de retirar todo material saturado y hubo -- casos en que fue necesaria la construcción de pedraplén, ó enrocamientos, para estabilizar las zonas saturadas. Esto ocurrió en los siguientes sub-tramo km.40+000 a km.40+800 ambos lados, -- km.49+500 a km.49+800 lado derecho, km.62+700 a km.62+880 lado -- izquierdo y km.63+600 a km-64+260 también lado izquierdo.

B-1) COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL.

Este concepto precede en su ejecución al despalme y es el -- tratamiento que se da a la superficie del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que quede abajo de la capa --

subrasante en un corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido. También se aplica en el caso de terracerías antiguas que vayan a ser ampliadas (como en este caso). El procedimiento que generalmente se sigue es el siguiente: Primero se escarifica una capa de 15 a 20 centímetros de espesor, en la zona donde se pretende desplantar las terracerías, enseguida se le incorpora agua hasta lograr que la capa escarificada alcance su humedad óptima, y finalmente se le aplica la compactación indicada en el proyecto. De este modo se garantiza que las terracerías queden alojadas sobre una superficie firme, y así evitar posibles fallas en esta zona del camino durante su vida útil. En este tramo se ha estado aplicando al material una compactación del 90% en un espesor de 20 centímetros.

C) FORMACION DEL CUERPO DE TERRAPLEN.

Para entender la forma en que se construye el cuerpo de terraplén de un camino, es necesario analizar antes sus secciones transversales de construcción.

Una sección transversal de construcción en un punto cualquiera del camino, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, que permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

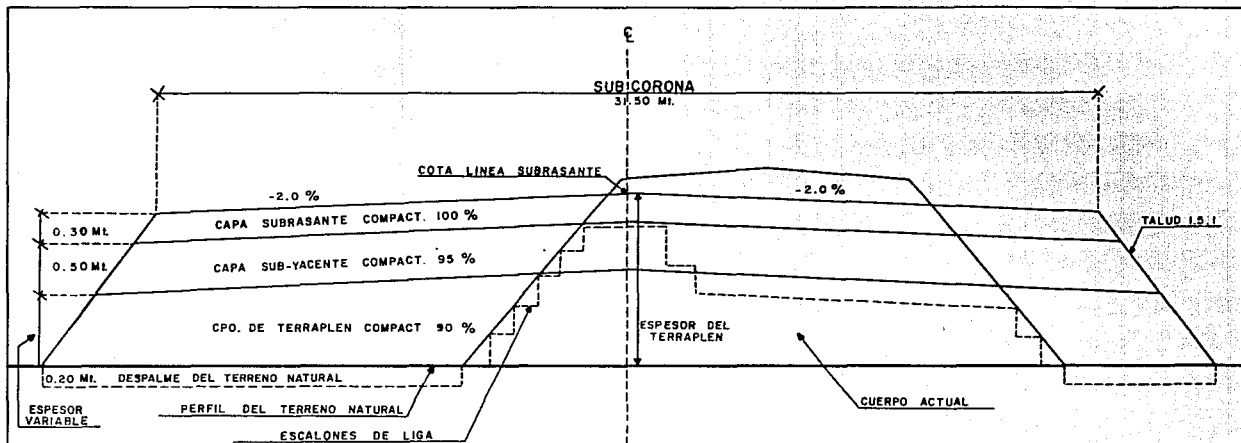
Según estas secciones la formación de un camino esta hecha a base de capas, las cuales forman dos importantes grupos; las que forman el pavimento y las que forman el cuerpo de terraplén.

Las capas que forman el cuerpo de terraplén son principalmente; la capa subrasante, la capa subyacente y las terracerías. Estas capas estan formadas con materiales finos, inorgánicos y de buena calidad. Su correcta construcción es fundamental, debido a la importante función que desempeñan.

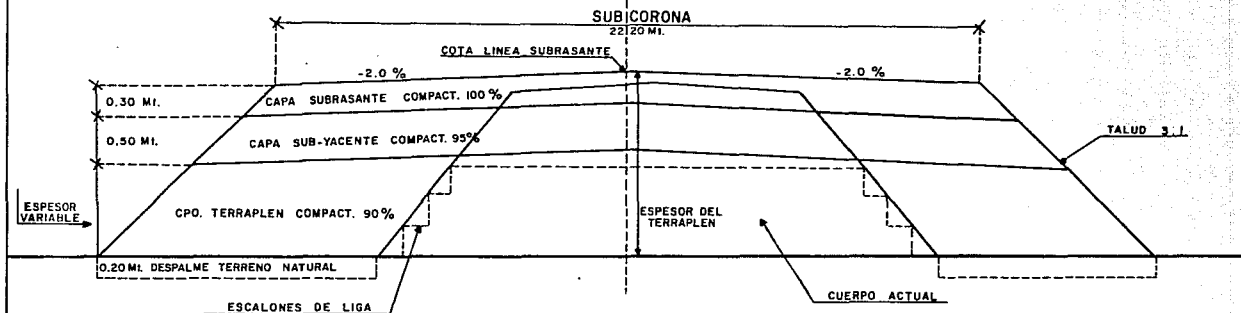
Las secciones transversales de construcción cuyas figuras se presentan enseguida, son representativas de este tramo, y en ellas podemos observar que los principales elementos que las integran son: la subcorona, el cuerpo de terraplén formado por las capas de subrasante, subyacente y las terracerías; el despalme; los taludes y el terreno natural. En ellas no aparecen las capas de pavimentación ni las demás obras complementarias.

SUBCORONA.

Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas de pavimento. En sección transversal es una



SECCION TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION TIPO
SUB - TRAMO KM 58+300 - KM 64+580



SECCION TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION TIPO
SUB - TRAMO KM 40+000 - KM 58+300

CARRETERA : IRAPUATO - LEON
TRAMO : SILAO - LEON

línea. Los elementos que la definen y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción son la línea subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

La línea subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, -- esta determinada por el espesor del pavimento y el desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor -- del corte o terraplén.

La pendiente transversal de la subcorona sera la misma que -- la de la corona, logrando de esta manera mantener uniforme el -- espesor del pavimento. Podra ser bombeo o sobreelevación, según que la sección este en tangente, en curva o en transición.

El ancho de la subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los -- taludes del terraplén.

CUERPO DE TERRAPLEN.

El cuerpo de terraplén esta limitado en la parte superior por la subcorona, en la parte inferior por el terreno natural y en -- las partes laterales por los taludes. Su espesor esta dado por -- la diferencia de cotas que hay entre la línea subrasante y el -- terreno natural en el eje del camino.

Este espesor es función directa del proyecto de subrasante, -- el cuál a su vez depende de los alineamientos horizontal y vertical del perfil longitudinal y de las secciones transversales del terreno natural y de otros datos, tales como lo relativo a la calidad de los materiales y la elevación mínima que se -- requiere para dar cabida a las estructuras.

La capa de terracerías, constituye la cimentación del camino por ser la primera con que se inicia la construcción del cuerpo de terraplén; y aunque su proceso constructivo, así como la calidad de sus materiales es inferior a la de las demás capas, no por eso deja de tener menos importancia. Cuando en una sección-transversal se analizan sus capas y se habla de la función que cada una de ellas desempeña, suele suceder que con frecuencia, se le da mayor importancia a determinadas capas. Es también -- común entre la gente "caminera" como sobrestantes, topógrafos e incluso ingenieros, referirse al avance constructivo de un camino, siempre por capas. En este sentido tal vez si sea válido -- hablar de capas, ya que así se entiende claramente la etapa -- constructiva en que se encuentra la obra, sin embargo, cuando -- se trate de destacar la importancia que cada una de ellas tiene en el funcionamiento del camino, habrá que considerarse a todas ellas como un solo conjunto ó como dice el ingeniero Alfonso -- Rico Rodríguez, sencillamente como una sección estructural en -- donde todas tienen la misma importancia, ya que si falla alguna de ellas, fallaran también las demás.

Las terracerías en esta carretera tienen un espesor variable a lo largo de todo el tramo; así tenemos que por ejemplo en los primeros nueve kilómetros su espesor promedio es de 90 centímetros, en los siguientes cuatro kilómetros el espesor promedio -- varia a 70 centímetros y entre el kilómetro 53+800 y el kilómetro 55+500 prácticamente desaparecen al cruzar el camino, el -- único tramo considerado como lomerío. Enseguida vuelven a aparecer nuevamente de kilómetro 55+500 hasta kilómetro 64+300 con -- un espesor promedio de 110 centímetros. Los últimos 300 metros -- no tienen terracerías a 90%, solamente capa subrasante, ya que en este subtramo se modificó la pendiente de la subrasante, la -- cuál se bajo para obligarla a llegar 40 centímetros abajo de -- la cota que tiene la superficie de rodamiento del Boulevard -- existente que inicia en el kilómetro 64+584, esta diferencia -- será cubierta con el espesor del pavimento.

TALUD.

El talud es también otro de los elementos que forman parte de las secciones transversales de construcción. Se entiende por talud a la inclinación que tienen los parámetros de los terraplenes o los cortes, expresando numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

En los puntos extremos de la sección donde los taludes corren al terreno natural, se les llama ceros y a las líneas que los unen a lo largo del camino, línea de ceros.

Los taludes de los terraplenes y cortes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman. En terraplenes el valor más comúnmente empleado es el de 1.5:1, y en los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, para definir los taludes en cada caso. Por lo que toca a esta obra, se proyectaron taludes de 1:3 a lo largo de todo el tramo, sin embargo, éstos se redujeron a 1:1.5 del km. 58+300 al km. 64+580, debido a la modificación que este subtramo sufrió por la ampliación de su sección.

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos donde hay corte, a uno ó a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Las contracunetas son zanjas generalmente de sección trapezoidal que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte,

para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar.

Existen otros elementos que también forman parte ocasionalmente de las secciones transversales de construcción cuya función es mejorar la operación y conservación del camino, suele conocerseles como parte complementarias. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras. Así mismo las defensas y algunos dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como partes integrante de la sección transversal. Existe otro concepto llamado escalón de liga, que también es parte de la sección transversal y que en esta obra en particular adquiere gran importancia en la construcción de los terraplenes. El escalón de liga se forma en el área de desplante de un terraplén cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud 1:1.5, a fin de obtener una liga adecuada en ellos y evitar un deslizamiento del terraplén.

También se proyecta en casos de ampliación o reconstrucción de caminos existentes y es tal vez en estos casos donde los escalones adquieren su mayor importancia, ya que es determinante para el futuro del camino, una buena liga entre el terraplén existente y el terraplén nuevo.

Las dimensiones de los escalones de liga se fijan de acuerdo con las características de los materiales y del equipo de construcción.

En este tramo los escalones generalmente se han venido construyendo con los mismos espesores con que se están construyendo las capas del terraplén, con excepción de la capa subrasante cuyo espesor de construcción es uniforme a lo ancho de toda la sección, incluyendo la franja del camellón central.

D) MOVIMIENTO DE TIERRA.

La ubicación de un cambio queda definida por los alineamientos horizontal y vertical.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino y los elementos que lo integran son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición. Las tangentes van unidas entre si por las curvas y su longitud esta definida por el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La longitud máxima de una tangente esta condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causal de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien, porque favorecen los deslumbramientos durante la noche.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Este alineamiento también se compone de tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y estan limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma. La longitud crítica en una tangente de alineamiento vertical, es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más alla de un límite previamente establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito. El vehículo con su relación peso/potencia, define características de operación que determinan la velocidad con que es capaz de recorrer una pendiente dada. La configuración del terreno.

impone condiciones al proyecto que desde el punto de vista económico, obligan a la utilización de pendientes que reducen la velocidad de los vehículos pesados y hacen que éstos interfieran con los vehículos ligeros. El volumen y la composición del tránsito son elementos primordiales para el estudio económico -- del tramo, ya que los costos de operación dependen basicamente de ellos. En un camino podemos tener tres tipos de pendientes: pendiente mínima, la que se fija para permitir el drenaje, puede ser nula en los terraplenes pero no en los cortes, donde se recomienda como mínimo un 0.5% para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; pendiente máxima, es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. La pendiente máxima se emplea cuando asi conviene desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales, tales como cantiles, fallas y zonas inestables, -- siempre que no se rebase la longitud crítica; por último tenemos la pendiente gobernadora, que es la pendiente media que -- teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del -- tránsito y la configuración del terreno. La mejor pendiente gobernadora para cada caso, sera aquella que al conjugar esos -- conceptos, permita obtener el menor costo de la construcción, -- conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se proyectan a lo largo del tramo para ajustarse en lo posible al terreno natural.

Considerando lo anterior, podemos concluir que los movimientos de tierra dependeran básicamente de los siguientes factores: la configuración topográfica del terreno natural y la ubicación de la subrasante, la cuál es generada por los alineamientos -- horizontal y vertical.

El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de un camino, esta gobernado por los movimientos de tierra. Esto implica una serie de estudios que --

permiten tener la certeza de que estos movimientos a realizar son las mas económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

La subrasante a la que corresponden los movimientos de tierra más económicos se les conoce como subrasante económica.

Para lograr la aproximación debida en los cálculos de los volúmenes de tierra, es necesario obtener la elevación de la subrasante, tanto en las estaciones cerradas como en las intermedias en las que se tenga algun cambio de pendiente. Así mismo, es conveniente calcular la elevación de los puntos principales de las curvas horizontales, en los que la sección transversal sufre un cambio motivado por la sobreelevación y la ampliación.

Obtenida la elevación de la subrasante para cada una de las estaciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente, dado por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno natural y de la subrasante. Este espesor se considera en la sección transversal del terreno previamente dibujada, procediendose al proyecto de la sección de construcción.

El cálculo de los volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción y los movimientos de tierra se analizan mediante un diagrama llamado de "curva masa".

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de los volúmenes de tierra. Para ello es necesario suponer que el camino esta formado por una serie de prismoides, tanto en corte como en terraplén. Cada uno de estos prismoides esta limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural.

La fórmula del prismoide deducida que generalmente se utiliza en el cálculo de volúmenes, se le conoce como fórmula de las áreas medias y es la siguiente:

$$V = \frac{L (A_1 + A_2)}{2} \text{ Siendo}$$

V = Volumen

L = La longitud que hay - -
entre dos áreas.

A1= Área uno o anterior

A2= Área dos o siguiente

Esta fórmula introduce un pequeño error cuando el área media no es exactamente el promedio de las áreas extremas, así mismo, cuando en el camino se tiene una curva horizontal, las secciones transversales no son paralelas entre sí y la fórmula anterior no es válida.

Sin embargo, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, no considera correcciones prismoidales ni por curvatura, debido a la laboriosidad que representa su cálculo. Por otra parte, -- las simplificaciones hechas al dibujar las secciones de cons-- trucción y los pequeños accidentes no considerados en el dibujo, pueden introducir errores muy superiores a la magnitud de tales correcciones.

Es por esto que se ha optado por calcular los volúmenes con la fórmula de las áreas, pero considerando el mayor número de secciones posibles. Es norma común considerar secciones en las estaciones cerradas de 20 m., en los puntos principales de las curvas del alineamiento horizontal y en donde ocurren cambios -- notables en la pendiente longitudinal o transversal del terreno.

Un factor muy importante que debe considerarse en el cálculo de volúmenes de terracerías es el coeficiente de variabilidad -- volumétrica. El material ya sea de corte o de prestamo empleado en la formación de los terraplenes, experimenta un cambio de - -

volumen al pasar de su estado natural a formar parte de terraplén, siendo esencial el conocimiento de este cálculo para la correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierra correspondientes. Se llama coeficiente de variabilidad volumétrica a la relación que existe entre el peso volumétrico del material en su estado natural y el peso volumétrico que ese mismo material tiene al formar parte del terraplén. Este coeficiente se aplica al volumen del material en su estado natural para obtener su volumen en el terraplén.

Ordenadas de curva masa.

La ordenada de curva masa en una estación determinada es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y de corte, considerados desde su origen hasta esa estación, correspondiendo las obcisas al cadenamiento del camino. Por conveniencia se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos. Las ordenadas sirven para dibujar el diagrama de masas en un sistema de coordenadas rectangulares.

En la figura que a continuación se presenta, se tiene un ejemplo de registro de cálculo de subrasante y curva masa empleado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dada la liga que existe entre los datos conducen a la determinación de las ordenadas de curva masa, se hace hincapié en que los distintos cálculos que es necesario efectuar, deben verificarse siempre en orden progresivo, con el objeto de evitar la propagación de errores.

Movimiento de terracerías.

Los volúmenes, ya sean de corte o de préstamo, deben ser transportados para formar los terraplenes; sin embargo, en algunos casos, parte de los volúmenes de corte deben desperdiciarse, por lo cuál se transportan a lugares convenientes fuera del camino. En estos casos es necesario calcular ordenadas de curva

ESTACION	ELEVACION TERRENO	TANGENTE VERTICAL		CURVA VERTICAL $y = Kd^2$ CORRECCION			ELEVACION SUBRASANTE	ESPEORES		A R E A S																
		PENDIENTE	COTAS	No. Est. d	d ²	y		CORTE	TERRAPLEN	ESCARIFICACION	CORTE					TERRAPLEN										
											ΔC	DC	DT	RP	Ca	CT	CY	CS								
54+500	344.79		346.03	5.5	30.25	-1.13	344.90	0.11																		
520	44.53		46.29	6.5	42.25	-1.58	44.71	0.18																		
540	44.32		46.55	7.5	56.25	-2.11	44.44	0.12																		
550		PTV	34.68	8.0	64.00	-2.40	44.28																			
560	44.03						44.11	0.08																		
580	43.67						43.77	0.10																		
600	43.50						43.43	0.07																		
620	42.98						43.09	0.11																		
640	42.61						42.75	0.14																		
660	42.20	-1.7%					42.41	0.21																		
680	41.83						42.07	0.24																		
700	41.42						41.73	0.31							10.5	2.2	25.9	13.2	7.6							
720	41.03						41.39	0.36							10.4	2.4	34.9	13.1	7.5							
740	40.64						41.05	0.41							10.4	2.5	37.3	13.3	7.5							
760	40.26						40.71	0.45							9.7	3.0	33.9	13.0	7.4							
780	39.87						40.37	0.40							9.6	2.9	27.3	13.0	7.4							
800	39.62						40.03	0.41							9.5	2.5	26.4	12.8	7.4							
820	39.23						39.69	0.46							9.5	2.9	25.9	12.9	7.4							
830		PCV	39.52	0	0	0	39.52																			
840	38.98		39.35	0.5	0.25	+0.01	39.36	0.38							9.3	2.5	28.9	13.0	7.4							
860	38.87	PIV	39.01	1.5	2.25	+0.09	39.10	0.13							9.3	0.8	22.8	11.7	7.2							
880	38.67		38.67	2.5	6.25	+0.25	38.92	0.25							9.4	1.4	24.9	12.1	7.3							
890		PTV	38.50	3.0	9.00	+0.36	38.86																			
900	38.67						38.81	0.14							9.3	0.8	25.2	12.0	7.2							
920	38.67						38.71	0.04							9.2	0.6	25.0	12.0	7.2							
940	38.59						38.61	0.02							9.3	0.3	25.2	12.2	7.2							
960	38.48						38.51	0.08							9.2	0.5	26.2	12.2	7.2							
980	38.28						38.41	0.13							9.4	1.0	22.7	12.5	7.3							
55+000	38.10	-0.5%					38.31	0.21							9.0	1.3	16.3	12.2	7.3							
020	38.04						38.21	0.17							9.2	1.0	23.0	12.3	7.3							
040	37.94						38.11	0.17							9.3	1.1	73.4	12.3	7.3							
060	37.90						38.01	0.11							9.4	1.1	22.7	12.2	7.3							
080	37.83						37.91	0.08							9.5	0.7	24.8	12.3	7.2							
100	37.52						37.81	0.23							9.4	1.1	22.2	12.1	7.2							
120	37.72	PCV	37.71	0	0	0	37.71	0.01							9.1	0.2	21.3	11.7	7.1							
140	37.51		37.61	1	1	-0.03	37.58	0.07							9.1	0.3	19.3	11.4	7.1							
160	37.24		37.51	2	4	-0.13	37.38	0.14							9.3	0.7	18.1	11.8	7.1							
170		PIV	37.46	2.5	6.25	-0.20	37.26																			
180	37.08		37.41	3	9	-0.29	37.12	0.04							9.0	0.3	13.7	11.0	7.1							
200	36.78		37.31	4	16	-0.51	36.80	0.02							8.5	0.1	7.0	9.7	7.1							
55+220	36.41	PTV	37.21	5	25	-0.80	36.41	0.00							7.7			7.4	7.1							
SUMAS	14702				642		1482.44	6.50							252.5	33.8	630.3	325.4	196.4							

masa para cada porción de terraplén que tenga distinta fuente - de aprovisionamiento.

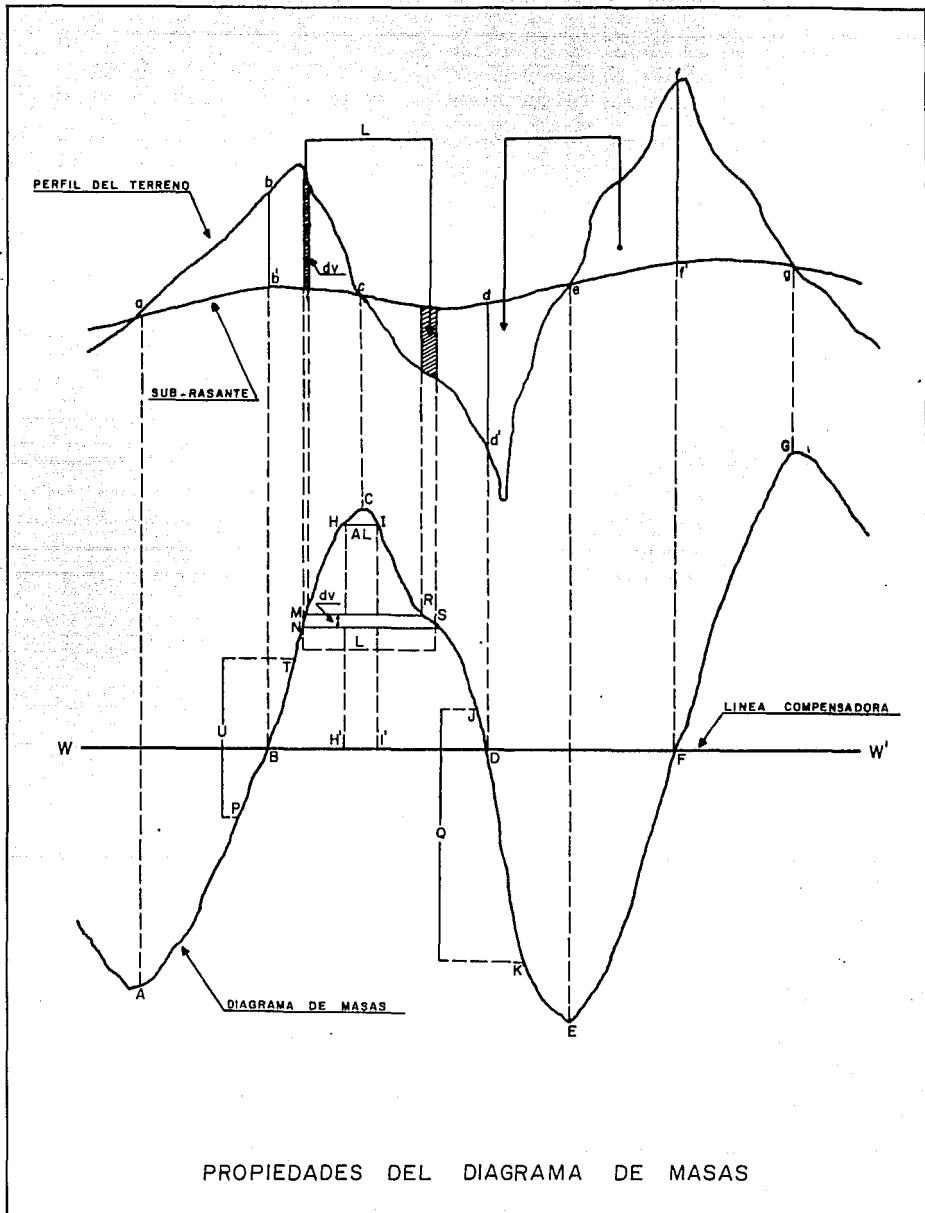
Para determinar todos estos movimientos de terracerías y - - obtener su costo mínimo, el diagrama de masas es la curva resul tante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa.

a) Propiedades del diagrama de masas. En la figura denomina da Propiedades del Diagrama de Masas que a continuación se pre senta, se tiene representado el diagrama de masas ABCDEFG co-- rrespondiente a los volúmenes de terracerías a mover, al ubicar la subrasante aceg en el perfil abcdefg del terreno. Las princi pales propiedades de este diagrama son las siguientes:

1.- El diagrama es ascendente cuando predominan los volume-- nes de corte sobre los de terraplén y descendente en caso con-- trario. En la figura se tiene que las líneas ABC y EFG son - -- ascendentes por derivarse de los volúmenes de los cortes abc y efg, en tanto que la línea CDE es descendente por referirse al terraplén cde.

2.- Cuando después de un tramo ascendente en el que predomi nan los volúmenes de corte, se llega a un punto del diagrama en el cuál empiezan a preponderar los volúmenes de terraplén, se - dice que se forma un máximo; inversamente, cuando después de un tramo descendente en el cuál han sido mayores los volúmenes de terraplén se llega a un punto en que comienzan a prevalecer los volúmenes de corte, se dice que se forma un mínimo.

En la figura, los puntos A y E del diagrama son mínimos y -- corresponden a los puntos a y e del terreno que son los extre mos de tramos en terraplén, en tanto que los puntos C y G del diagrama son máximos y corresponden a los extremos de los cor tes abc y efg.



3.- La diferencia entre las ordenadas de la curva masa, en dos puntos cualesquiera P y T, expresa un volumen U que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte, positivos, con todos los volúmenes de terraplén, negativos; comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos. En el diagrama citado, la diferencia de ordenadas entre P y T es U; por quedar T arriba de P, expresa que en un tramo hay un excedente U del volumen de corte sobre el de terraplén; si los dos puntos son como el J y K y éste queda abajo de aquel, la diferencia de ordenadas Q indica el volumen de terraplén en exceso del corte en ese tramo.

4.- Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos, éstos tendrán la misma ordenada y por consecuencia, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén, o sea que estos dos puntos son los extremos de un tramo compensado. Esta línea horizontal se llama compensadora. La distancia entre los dos puntos se llama abertura del diagrama y es la distancia máxima de acarreo al llevar el material del corte al terraplén.

En la figura BD es una compensadora, pues la línea BC representa los volúmenes del corte bcb' que son iguales a los volúmenes del terraplén cdd' representados por la línea CD del diagrama. La abertura BD es la distancia máxima de acarreo al transportar el volumen del corte $b'bc$ al terraplén cdd' .

5.- Cuando en un tramo compensado el contorno cerrado que origina el diagrama de masas y la compensadora WW' queda arriba de ésta, el sentido del acarreo es hacia adelante; contrariamente, cuando el contorno cerrado queda abajo de la compensadora, el sentido del movimiento es hacia atrás.

Así en el diagrama, el contorno cerrado BCDB indica un movimiento hacia adelante por estar arriba de la compensadora WW' ,

pues el volumen BC del corte bcd' será llevado al terraplén - - cdd' que esta adelante. En cambio, el contorno cerrado DEFD que está abajo de la compensadora WW' indica que el volumen EF del corte eff' será llevado al terraplén ded' mediante un acarreo - cuyo sentido es hacia atrás.

6.- Las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan los acarreos. Si en el corte bcb' se toma un volumen elemental dV , que esta representado en el diagrama de masas por el segmento MN, que será transportado a una distancia L, para ser colocado en el segmento RS del terraplén, el acarreo elemental será $dVXL$ que es precisamente el área del trapecio elemental MNSR; por tanto, la suma de -- todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área de contorno cerrado BCDB, que representará el monto del acarreo total. Así pues, si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y por una compensadora, bastará con determinar el área de él, para que, -- considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.

B) Acarreos. Consiste en el transporte del material producto de cortes o prestamos, a lugares fijados para construir un terraplén o depositar un desperdicio. También se aplica al acarreo de agua para compactación.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes de acuerdo con la distancia que hay entre el centro de gravedad de la excavación y el centro de gravedad del terraplén a construir, o del sitio donde el desperdicio se va a depositar; clasifica a los acarreos en:

1.- Acarreo libre. Es la distancia máxima a la que puede ser transportado un material, estando el precio de esta operación - incluido en el de la excavación. Por convención, se ha establecido una distancia de acarreo libre de 20 metros, la cuál se --

representa por medio de una horizontal en la zona inmediata a los máximos o mínimos del diagrama de masas.

2.- Sobreacarreo en m³-estación. Cuando la distancia entre los centros de gravedad está comprendida entre 20 y 120 metros.

3.- Sobreacarreo en m³-hectómetro. Cuando la distancia entre los centros de gravedad esta comprendida entre 120 y 520 metros.

4.- Sobreacarreo en m³-kilómetro. Cuando la distancia en los centros de gravedad excede de 520 metros.

A cada uno de estos tipos de acarreo corresponde un precio unitario, con excepción del acarreo libre cuyo costo se incluye en el de la excavación. El pago de los sobreacarreos se hace multiplicando el monto de los mismos por el precio unitario correspondiente.

En este tramo (Silao-León), no se tienen volúmenes de corte ni de préstamo lateral ya que como se recordará, la obra cruza terrenos planos donde las inundaciones son frecuentes y para proporcionar una superficie de rodamiento firme y segura es necesario elevar la línea subrasante a base de terraplenes. Por esta razón predominan los volúmenes de terraplén, mismos que generan grandes movimientos de tierra. Estos volúmenes de terracerías son traídos de préstamos de banco, utilizando sobreacarreos medidos en su totalidad en m³-kilómetro.

c) Préstamos de banco. Los préstamos de banco son muy importantes en esta obra ya que todos los volúmenes de material que se utilizaran en la formación de los terraplenes serán de préstamos de banco, así mismo los volúmenes excavados por conceptos de despalme, caja y escalones de liga también serán sustituidos por material de banco.

A lo largo del tramo se dispone de cuatro bancos de material-

para formar terraplenes; tres de ellos, los primeros, poseen un material limo-arenoso de muy buena calidad con clasificación CL, el cuál se esta utilizando en la formación de todas las capas de los terraplenes incluyendo la capa subrasante. El último banco cuenta con un material limo-inorgánico de menor calidad con clasificación OL, posee además un cierto porcentaje de material calizo que lo limita a ser utilizado solamente en las capas inferiores de las terracerías.

La ubicación de los bancos así como su nombre y demás datos particulares es la siguiente:

1.- Banco Losa de Barrera. Se localiza en el kilómetro 48+200 del lado izquierdo, tiene una desviación de 2,340 metros y su tiro es de km.40+000 al km. 50+000.

2.- Banco Los Sauces. Se localiza en el kilómetro 52+060 del lado derecho, tiene una desviación de 200 metros y su tiro es del kilómetro 50+000 al km.55+000.

3.- Banco La Loma. Se localiza en el kilómetro 55+860 del lado izquierdo, tiene una desviación de 1,650 metros y su tiro es del km.55+000 al km. 62+700.

4.- Banco Los Desmontes. Se localiza en el kilómetro 64+260 del lado derecho, tiene una desviación de 7,300 metros y su tiro es del km. 62+700 al km. 64+600.

El volumen que aportará cada uno de los bancos en la formación de las terracerías es aproximadamente el siguiente:

Losa de Barrera	480,000 M3.
Losa Sauces	140,000 M3.
La Loma	300,000 M3.
Los Desmontes	150,000 M3.

Lo que nos da un total de 1'070,000 M3. que generan un poco mas de cinco millones de acarreo en metros cúbicos.

E) CAPA DE TRANSICION.

Terminando de construir las terracerías, se inicia otra capa que se conoce como capa de transición cuyo espesor en zona de terraplenes es del orden de 50 centímetros, antes de colocar la última capa llamada subrasante, donde se apoyaran las capas de pavimento. Como su nombre lo indica esta capa es de transición entre las terracerías y la subrasante y es igual de importante que las otras, su diferencia es unicamente el grado de compactación, que es de 95%. En terminos generales La Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece las siguientes normas en la construcción de las capas del cuerpo de terraplén, es decir las terracerías, la capa subyacente y sobre todo la capa subrasante :

1.- En cuanto a los espesores de las terracerías, éstos son variables, dependiendo de la calidad de los materiales y la importancia del camino, en caminos troncales se recomienda como mínimo un metro de terraplén de material de buena calidad, incluyendo las tres capas. Los espesores de la subrasante varían de 30 a 50 centímetros en caminos de alto tránsito, o en lugares donde el material de terracerías no son muy confiables.

2.- El material de subrasante, no debe tener partículas mayores de tres pulgadas.

3.- Se deben eliminar los suelos finos cuyo límite líquido exceda del 100% y todos los suelos orgánicos con límite líquido mayor del 50%.

4.- Especifica un grado de compactación para las terracerías de 90%, 95% para la capa subyacente y 100% para la capa subrasante.

5.- Exige un valor relativo de soporte (VRS) del 5% mínimo en condiciones de saturación.

Las pruebas de laboratorio que se han estado aplicando al -- material utilizado en la construcción del cuerpo de terraplén -- son: Plasticidad, Límites de consistencia (Atterberg), Granulometría, Contracción lineal y equivalente de arena; así mismo, -- se determinan las características de compactación y calidad mediante las pruebas Proctor, obteniéndose el peso volumétrico -- seco máximo, la humedad óptima, el % de expansión, así como el -- valor relativo de soporte.

COMPACTACION.

Compactación es un proceso mecánico, por medio del cuál se -- trata de mejorar las características estructurales de un suelo, -- tales como: su resistencia, estabilidad, disminución de vacíos, -- etc. y mediante este proceso generalmente el suelo pierde o -- expulsa agua y por consiguiente aumenta su peso volumétrico.

Dentro de las técnicas mas usuales que se utilizan en el -- proceso de compactación podemos hablar de las que se efectuan -- en el laboratorio y las que se realizan en el campo. Las prime -- ras se hacen con el objeto de intentar reproducir las que se -- realizarán en el campo para tratar de conocer su realidad y -- sus efectos.

TIPOS DE COMPACTACION EN EL LABORATORIO.

1.- Compactación estática. Consiste en la aplicación de una carga sobre una placa de distribución de cargas, que se encuentra colocada sobre el suelo a compactar previamente en el molde, de tal manera que para compactar el suelo se le comprime.

2.- Compactación dinámica. Consiste en la aplicación, mediante impactos de una energía a un suelo previamente colocado dentro de un molde de compactación, se deja caer un pisón estandarizado, sobre el suelo a compactar, se regula tanto la altura de

caída como el número de golpes a aplicar, el número de capas y el volumen del molde; algunos de los procedimientos más usuales de este tipo de compactación son:

- a) Método AASHO (usa)
- b) Cuerpo de Ingenieros (USA)
- C) Proctor Estandar (México)
- d) Método Texas (USA)

3.- Compactación por amasado. Consiste en la aplicación de un pisón calibrado, sobre un suelo previamente colocado dentro de un molde; el pisón se desciende con relativa lentitud, hasta quedar en contacto con la superficie del suelo, continua descendiendo, y cuando el material presenta una resistencia a la penetración igual a la calibración del pisón, este sube para aplicar una nueva presión en otra zona del suelo. Dos metodos de este tipo de compactación son:

- a) Método Haveen
- B) Método Harvard

4.- Compactación vibratoria. Este método resulta aplicable, mas bien a suelos gruesos, aunque también puede dar buenos resultados en suelos finos no cohesivos, como arenas muy finas, arenas uniformes, etc. sin embargo, en estos suelos es necesario para tener éxito en su compactación, que se encuentre totalmente secos o saturados, pues de otro modo pueden presentarse tensiones capilares entre los granos, lo que impediria su compactación efectiva.

Tipos de Compactación en el Campo.

1.- Por amasado. Compactadores por amasado son por ejemplo los "Tampers" y Rodillos" pata de cabra". Estos compactadores concentran su peso sobre la relativamente pequeña superficie de-

todo un conjunto de vástagos de forma variada (cuadrada, trapezoidal, etc), ejerciendo presiones estáticas muy fuertes sobre los puntos en que las mencionadas protuberancias penetran en el suelo. Las patas profundizan cada vez menos en el suelo a medida que se va compactando, y llega un momento en que no se produce ninguna compactación adicional, esto sucede por el orden de 6 y 8 centímetros.

La superficie queda siempre distorsionada, pero se compacta con la siguiente capa de material que se colocará arriba de la anterior. Su uso es generalmente en suelos finos como los de las capas de terracerías.

2.- Compactación por presión. El equipo que produce este tipo de compactación son los Rodillos lisos y los Rodillos neumáticos.

a) Rodillos lisos.- Pueden ser de dos tambores (de 14 a 20 toneladas) ó una rueda delantera y dos tambores traseros, por lo general su uso es en arenas y gravas (suelos gruesos) y para el acabado superior de las capas compactadas, tales como la terminación de la subrasante y carpetas asfálticas.

b) Rodillos neumáticos.- La acción compactadora del rodillo neumático (con llantas rellenas de aire), tiene lugar fundamentalmente por la presión que transmite a la superficie de la capa, prácticamente la misma presión, desde la primera pasada, y ésta presión es casi igual a la presión del inflado de la llanta (Descontando los pequeños efectos de rigidez de la misma). Este equipo es también muy útil para expulsar humedad en capas que están saturadas, lo que es muy frecuente en épocas de lluvia.

3.- Compactación por impacto. En los procedimientos de compactación por impacto, es muy corta la duración de la transmisión del esfuerzo.

Los equipos que pueden clasificarse dentro de este grupo son los diferentes tipos de pisones y las llamadas "bailarinas" que es un pisón accionado por un motor de explosión cuyo empleo esta destinado a áreas muy pequeñas.

4.- Compactación vibratoria. Para la compactación vibratoria se emplea un mecanismo, bien sea del tipo masas desbalanceadas o del tipo hidráulico pulsativo, que proporciona un efecto vibratorio, al elemento compactador propiamente dicho, que pueden ser placas o rodillos.

La frecuencia de la vibración influye notablemente en el proceso de compactación; otros factores que también influyen son:

- a) La amplitud o distancia entre el suelo y el oscilador
- B) El empuje dinámico del oscilador en el impulso
- c) La forma y tamaño del área de contacto del vibrador con el suelo.
- d) La estabilidad de las máquinas.

F) CAPA SUBRASANTE

Después de la capa de transición viene la subrasante, que es la de mejor calidad de todas las que forman el cuerpo de terraplén. esta capa tiene una gran importancia en la estabilidad -- del conjunto terracerías y pavimento, y si se logra una buena compactación, dicha capa adquiere una función estructural primordial que repercute en el abatimiento del costo de las capas superiores, pues será capaz de absorber altos niveles de esfuerzos y transmitirlos suficientemente disminuidos a las demás capas de terracerías.

En esta obra, esta capa se ha estado construyendo con un espesor mínimo de 30 centímetros y su compactación es del 100%.

En la construcción de las carreteras mexicanas, es comun que cuando no se dispone de bancos de material que cuenten con material suficiente y de buena calidad para construir todo el cuerpo de terraplén, se busca siempre que la capa de subrasante si - -

tenga un material de mejor calidad, cosa que no siempre sucede - en otros Países, en donde la subrasante es común construirla con los mismos materiales con que se construyen las terracerías, y - solo se distingue de estas últimas por un mejor tratamiento de - compactación. Esto es una buena medida siempre y cuando el material sea de buena calidad, pero si no lo es, la experiencia mexicana parece indicar que es sistemáticamente mas económico y conveniente buscar un mejor material, y acarrearlo de un banco - -- apropiado. En el caso de esta obra, todo el material utilizado - en el cuerpo de terraplén, procede de los mismos bancos, el cuál en términos generales es de buena calidad.

F-1) SUB-RASANTE ECONOMICA.

Se considera que los elementos que definen un proyecto de -- subrasante económica son los siguientes:

- a) Condiciones topográficas.
- b) Condiciones geotécnicas .
- c) Subrasante mínima
- d) Costo de las terracerías.

a) Condiciones topográficas.-De acuerdo con su configuración se consideran los siguientes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

Se considera terreno plano, aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula. Como lomerío, se considera el terreno cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión, cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor - de 25°. Como montañoso se considera al terreno que ofrece pendientes transversales mayores de 25°, caracterizado por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes - - -

movimientos de tierra.

En terreno plano el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, sensiblemente paralelo, con la altura suficiente para quedar a salvo de la humedad propia del suelo y de los escurrimientos laminares en él, así como para dar cabida a las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel. El proyecto de tramos con visibilidad de rebase generalmente no presenta ninguna dificultad, tanto por lo que respecta al alineamiento horizontal como el vertical.

En un terreno considerado como lomerío, el proyectista estudiará la subrasante combinando las pendientes especificadas, -- obteniendo un alineamiento vertical ondulado, que en general -- permitirá aprovechar el material producto de los cortes, para formar los terraplenes contiguos. El proyecto de la subrasante a base de contrapendientes, la compensación longitudinal de las terracerías en tramos de longitud considerable, el hecho de no representar problema dejar el espacio vertical necesario para alojar las alcantarillas, los pasos a desnivel y puentes, son características de este tipo de terreno así mismo, cuando se requiere considerar la distancia de visibilidad de rebase en el proyecto del alineamiento vertical, se ocasiona un incremento en el volumen de tierras a mover.

En terreno montañoso, como consecuencia de la configuración topográfica, la formación de las terracerías se obtiene mediante la excavación de grandes volúmenes; el proyecto de la subrasante queda generalmente condicionado a la pendiente transversal del terreno y el análisis de las secciones transversales en zonas críticas o en balcón. Cuando a causa de la excesiva pendiente transversal del terreno haya necesidad de alojar en firme la corona del camino, la elevación de la subrasante debe estudiarse considerando la construcción de muros de contención o de viaductos, con el objeto de obtener el menor costo del tramo.

En ocasiones, el proyecto de un túnel puede ser la solución - - conveniente.

b) Condiciones Geotécnicas.-Por la dificultad que ofrece a - su ataque, las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, clasifican a los -- materiales de terracerías como A, B y C; por el tratamiento que va a tener en la formación de los terraplenes, los clasifican - en materiales compactables y no compactables.

Un suelo se clasifica como material A, cuando puede ser atacado con facilidad mediante pico, pala de mano, escrepa o pala-mecánica de cualquier capacidad; además se consideran como mate-rial A, a los suelos poco o nada comentados, hasta de 7.5 centí-metros; como material B, el que requiere ser atacado mediante - arado o explosivos ligeros, considerándose además como Material B, las piedras sueltas mayores de 7.5 y menores de 75.0 centime-metros. Finalmente, el material C, es el que solamente puede ser-atacado mediante explosivos, requiriendo para su remoción el -- uso de la pala mecánica de gran capacidad.

Un material se considera compactable cuando es posible con-trolar su compactación por alguna de las pruebas de Laboratorio usuales en la técnica S.C.T. En caso contrario se considera no-compactable, aún cuando se reconozca que estos materiales pue-dan ser sujetos a un proceso de compactación en el campo. Al -- material llamado no compactable, generalmente producto de los - cortes, se le aplica el tratamiento de bandeo al emplearse en la formación de los terraplenes, tratamiento que tiene por obje-to lograr un mejor acomodo de los fragmentos, reduciendo los -- vacíos u oquedades mediante el empleo del equipo de construc----ción adecuado. Dentro de este grupo quedan incluidos los mate-reriales clasificados como C, y aquellos cuya clasificación B, es debida a la presencia de fragmentos medianos y grandes.

C) Subrasante mínima. La elevación mínima correspondiente a puntos determinados del camino, a los que el estudio de la subrasante económica debe sujetarse, define en esos puntos el proyecto de la subrasante mínima. Los elementos que fijan estas elevaciones mínimas son : Obras menores, puentes, zonas de inundación e Intersecciones.

En las obras menores para lograr la economía deseada y no - - alterar el buen funcionamiento del drenaje, es necesario que el estudio de la subrasante respete la elevación mínima que requiere el proyecto de las alcantarillas. Esto es determinante en - - terrenos planos, pues en terrenos considerados como de lomerío y montañoso, solamente en casos aislados habrá que tomar en cuenta la elevación mínima, ya que el proyecto de la subrasante estará obligado por las condiciones que este tipo de configuración topográfica impone y generalmente habrá espacio vertical suficiente para dar cabida a las obras menores.

En puentes aún cuando los cruces de corrientes que hacen necesaria su construcción, la elevación definitiva de la subrasante solo será conocida hasta que se proyecte la estructura, por lo que será necesario tomar en consideración los elementos que intervienen para definir la elevación mínima; con el objeto de que el proyecto del alineamiento vertical se aproxime lo más posible a la cota que se requiere. Para lograrlo se deberá contar los siguientes datos : elevación del nivel de aguas máximas extraordinarias, sobreelevación de las aguas ocasionales por el estrechamiento que origina el puente en el cauce, espacio libre vertical necesario para dar paso a cuerpos flotantes y el peralte de la superestructura.

El paso de un camino por zonas de inundación obliga a guardar cierta elevación de la subrasante que se fija de acuerdo con el nivel de aguas máximas extraordinarias, con la sobreelevación de las aguas producidas por el obstáculo que a su paso presentará -

el camino y con la necesidad de asegurar la estabilidad de las terracerías y del pavimento .

En los cruces que un camino tiene con otras vías de comunicación terrestre, ya sea en proyecto o existentes, dan lugar a -- intersecciones que pueden ser a nivel ó a desnivel. En este caso el proyecto de la subrasante deberá considerar la vía terrestre que se cruce.

d) Costo de las terracerías. La posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima en la construcción - de las terracerías depende de los siguientes conceptos : Costos unitarios de los conceptos que intervienen en la formación del cuerpo de terraplén ; coeficiente de variabilidad volumétrica - del material de corte y del material de préstamo; relaciones -- entre la variación de los volúmenes de corte y terraplén, entre los costos unitarios de terraplén formado con material producto de corte y con material obtenido de préstamos y relaciones en -- tre los costos que significa el acarreo del material de corte - para formar el terraplén y su compactación en éste y el que - - significa la extracción del material de corte y el acarreo para desperdiciarlo y por último la distancia económica del sobreacarreo.

El empleo del material producto de corte en la formación de terraplenes, esta condicionado tanto a la calidad del material - como a la distancia hasta la que es económicamente posible su - transporte. Esta distancia está dada por la ecuación:

$$DME = \frac{Pp + ad - Pc}{Psa} + AL \quad \text{en donde:}$$

DME=Distancia máxima de sobreacarreo económico.

ad= Costo unitario de sobreacarreo del material de corte de desperdicio.

pc=Precio unitario de la compactación en el terraplén del material producto del corte.

AL=Acarreo libre del material, cuyo costo esta incluido en el precio de excavación .

Pp=Costo unitario de terraplén formado con material producto-
de préstamo.

Psa.= Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

C A P I T U L O I V

OBRAS DE DRENAJE.

A) GENERALIDADES.

En la vida útil de un camino, es fundamental el funcionamiento del drenaje, pues por la naturaleza del material con que se forman los terraplénés o el propio de los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad, ocasiona deslaves y transforma el funcionamiento del camino.

Los deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimientos de material, encarecen el costo de la conservación y a veces interrumpen el tránsito ocasionando desequilibrios económicos.

El objeto fundamental del drenaje, es la eliminación del agua ó humedad que en cualquier forma pueda perjudicar al camino; esto se logra evitando que el agua llegue a el, ó biendando salida a la que inevitablemente le llega.

En cualquier tipo de camino, un estudio concienzudo en la solución del drenaje, repercutirá notablemente en la economía del mismo.

B) ALCANTARILLADO Y ESTRUCTURAS MENORES.

Se consideran dentro de éste grupo, todo tipo de alcantarillas tubulares de concreto ó de lámina, bóvedas y estructuras de concreto, construidas en un camino, para salvar un - - cáuce natural, un canal, un ducto ó cualesquier obstáculo que impida construir las terracerías en ese claro, y se les denomina estructuras menores, por que su claro no debe ser mayor a seis metros de longitud, ya que de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, una estructura que reba-

sa estas dimensiones, adquiere la categoría puente.

Como se menciona anteriormente, es fundamental para el buen funcionamiento de un camino, un buen diseño de drenaje.

En nuestro país, es muy común que los Ingenieros de campo, responsables de la construcción de los caminos, trabajen con proyectos elaborados generalmente en oficinas centrales lejos de la obra.

Por otro lado las actividades propias de estos Ingenieros, se centran básicamente en los programas de trabajo, avances y costos de obra, así como aspectos administrativos de personal y maquinaria. Lo anterior, provoca que en materia de proyectos, se dependa casi totalmente de los especialistas que se dedican a esta actividad y que en muchas ocasiones se encuentran lejos de la obra.

Sin embargo en casi todos los caminos que se construyen en México, siempre surgen problemas que obligan a nuevos proyectos de drenaje. La construcción de estructuras menores no debe limitarse únicamente en salvar pequeños cauces naturales ó escurrimientos de canales, pues resulta muy económico donde las condiciones topográficas de las terracerías lo permiten, utilizar este tipo de estructuras para comunicar a la gente de un lado a otro del camino, en sus actividades agrícolas y ganaderas, principalmente en aquellos caminos con cercado perimetral del derecho de vía. Tal es el caso de las Autopistas Concesionadas, en donde se ha detectado, que uno de los conceptos que más inciden en el incremento del costo de la obra, es el elevado número de puentes y pasos a desnivel que tienen que construirse para comunicar a la gente .

Por lo anterior resulta muy conveniente tener presente en el campo, algunos aspectos básicos que se requieren en el diseño y proyecto de obras de drenaje, tales como :

- a).- El conocimiento del área de la cuenca que drenará.
- b).- La precipitación pluviométrica de la región ó si se trata de algún canal de riego el gasto máximo.
- c).- Así mismo son fundamentales los estudios de topografía del cáuce y su relación con los niveles de la rasante -- del camino.

Con esta información se podrá conocer el área de diseño, y también se podrá elegir el tipo de obra mas conveniente.

Las bóvedas, se usan generalmente en cáuces profundos, - donde los terraplénés son muy altos, y en general en todos -- aquellos terraplénés, en donde el colchón sea mayor de dos -- metros, entendiendose por colchón la altura de terraplén que -- existe entre la parte superior de la estructura y el nivel de la rasante del camino.

Las tuberías son muy prácticas en canales de riego y - - cáuces pequeños sobre todo por la rapidez con la que pueden - colocarse, también suelen utilizarse al igual que las bóvedas en terraplénés altos y cáuces profundos y bien definidos, - - donde el área hidráulica de diseño permita solucionarse con - los diámetros de tuberías que existan en el mercado. No es -- recomendable utilizar tuberías con diámetros inferiores a - - 0.90 metros en caminos, por la dificultad que presentan, en - los trabajos de limpieza y desazolve, así mismo, cuando se -- requiera utilizar tuberías de lámina, resulta muy conveniente protegerlos contra la corrosión, con algún tipo de impermeabi -- lizante, generalmente se acostumbra protegerlos, con asfalto,

aplicandoles doble capa por el sistema de inmersión.

A las estructuras de concreto, también se les conoce como "losas" y sus dimensiones varían desde uno hasta seis metros de claro, son las más usuales en condiciones normales. En terraplén^{es} altos donde los "colchones" son mayores a dos metros es conveniente sustituirlas por bóvedas ó tuberías, ya que a medida que se incrementa el peso por efectos del terraplén ó colchón, será necesario incrementar también la capacidad de carga de los elementos estructurales, repercutiendo esto en un incremento en el costo de la obra.

La solución del drenaje, en el Tramo Silao - León, en realidad se limitó únicamente en prolongar, el ya existente en las ampliaciones que se hicieron para la modernización del camino, ya que como se mencionó en el capítulo I, esta carretera fué hecha en la década de los años treinta, y el drenaje con la que fué construida aún sigue funcionando.

La mayor parte de los escurrimientos de este tramo, provienen de la Sierra de Guanajuato, siendo unos cauces, relativamente estrechos, de tal manera que, en época de lluvias extraordinarias, muchos de ellos llegan a desbordarse. Los principales arroyos son : El río Silao, en el km. 40+000, arroyo los Sáuces, en el km. 52+560, arroyo las Chalupas, en el km. 57+510 y el canal grande conocido como Tajo de Santana, en el km. 61+800. En estos cauces se construyeron puentes.

A continuación, se relaciona un listado de las obras de drenaje que se construyeron en este tramo :

UBICACION	TIPO DE OBRA.
40+444	Tubo de concreto de 0.90 M.Ø.

UBICACION.	TIPO DE OBRA.
41+053	Losa de 1 x 1.
41+366	Tubo de Concreto de 0.90 M.Ø.
41+270	Tubo de Concreto de 0.90 M.Ø.
42+662	Losa de 1.05 x 1.0
43+098	Losa de 1.0 x 1.0
43+455	Tubo de Concreto de 1.05 M.Ø.
44+454	Tubo doble de Concreto de 1.2 M.Ø.
46+039	Tubo de Concreto de 0.90 M.Ø.
46+440	Losa de 6.0 x 2.0
47+361	Tubo doble de Concreto de 1.2 M.Ø.
48+023	Bóveda 4.0 x 2.0
49+694	Tubo de Concreto de 0.90 M.Ø.
50+920	Tubo de Concreto de 0.90 M.Ø.
51+452	Losa de 2.0 x 1.5
54+246	Bóveda de 2.0 x 1.5
55+343	Losa de 1.0 x 1.0
56+616	Losa de 1.0 x 1.0
58+331	Losa de 3.5 x 1.0
60+445	Losa de 6.0 x 4.5
62+272	Batería de 4 Líneas de Tubo de Lámina de 2.2 M.Ø.
63+760	Tubo doble de Concreto de 0.90 M.Ø.
63+938	Losa de 1.0 x 1.0

Enseguida, se presentan a manera de ejemplo unos formatos-para elaborar proyectos tipo, en losas de concreto, tuberías y bóvedas utilizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes



DIR. GRAL. DE CARRETERAS FEDERALES
DIR. DE PROYECTO DE CARRETERAS
DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

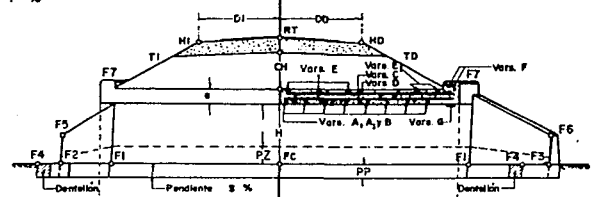
OF. DE ALC. Y ESTRUCTURAS MENORES
JEFE DE OFICINA:
Teléfono:
Proyektista:

CARRETERA:
Km.
Origen:

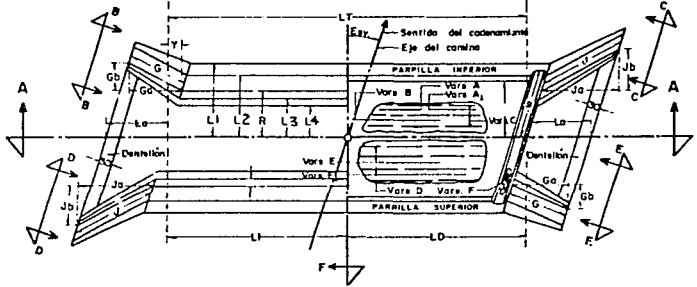
ALCANTARILLA DE LOSA
De _____ x _____ m
Esv. _____ lqz. En. _____

Pendientes de la
carretera P %

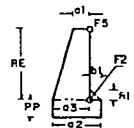
C



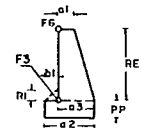
CORTE A-A



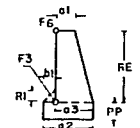
PLANTA



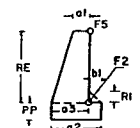
VISTA B-B



VISTA D-D



VISTA C-C



VISTA E-E

GUARNICION

- AG ANCHO DE GUARNICION
- PG ALTURA DE GUARNICION
- INCLUYE EL ESPESOR DE LA LOSA
- MG ALTURA DE DIRECTRIZ
- NG ALTURA LIBRE DE LA GUARNICION APARTIR DE DONDE PATEA EL TALUD.
- e ESPESOR DE LA LOSA
- VISTA F-F
- A APOYO DE LA LOSA
- R MEDIA LUZ DE LA LOSA
- X SEMILONGITUD DE GUARNICION
- HE ALTURA TOTAL DEL ESTRIBO
- PP ESPESOR DEL CIMIENTO DEL ESTRIBO
- B BASE INTERMEDIA DEL ESTRIBO
- v VOLADO DEL ESTRIBO
- b coronamiento del estribo
- a coronamiento del alero
- Ha ALTURA PROMEDIO EN EL ARRANQUE DE LOS ALEROS
- HR ALTURA DEL RECORTE DEL ALERO.

ARMADO

- VC= VOLUMEN DE CONCRETO
- Ø DIAMETRO DE LAS VARILLAS
- S SEPARACION DE LAS VARILLAS
- D LONGITUD DE LAS VARILLAS
- N NUMERO DE VARILLAS
- P PESO DEL ACERO
- d1, d2, d3 y d4 DIMENSIONES DE LAS VARILLAS. CANTIDADES DE OBRA
- VK CONCRETO DE F'c=100 KG/CM2. (ESTRIBO)
- VM VOLUMEN DE MAMPOSTERIA
- VZ VOLUMEN DE ZAMPEADO
- Hc ALTURA DE EXCAVACION
- Ve VOLUMEN DE EXCAVACION

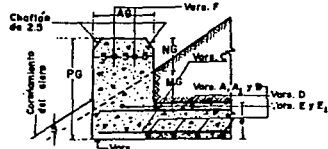


DIR. GRAL. DE CARRETERAS FEDERALES
 DIR. DE PROYECTO DE CARRETERAS
 DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

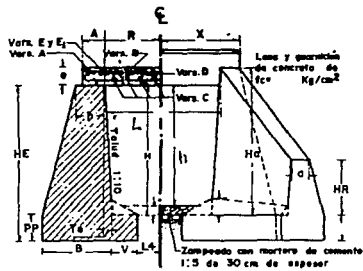
OF. DE ALC. Y ESTRUCTURAS MENORES
 JEFE DE OFICINA:
 Teléfono:
 Proyectoista:

CARRETERA:
 Km.
 Origen

ALCANTARILLA DE LOSA
 De _____ x _____ m
 Esv. _____ En _____



DETALLE DE LA GUARNICION
 SECCION NORMAL



VISTA F-F

GANCHOS							
↑	1.27	1.99	1.91	2.22	2.54	2.88	3.18
CE	7.6	9.5	11.4	13.3	15.2	17.1	19.1
β	17	21	26	30	34	39	43
δ	10	11	12	13	14	15	16
C	5	8	8	9	10	12	13

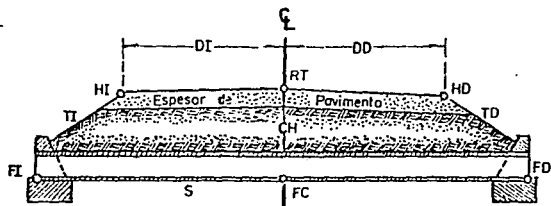
REFUERZO	
VARILLAS	CROQUIS
A	
A ₁	
B	
B ₁	
C	
C ₁	
D	
D ₁	
E	
E ₁	
F	
F ₁	

APLICACION DEL PROYECTO. Carga viva tipo _____ MATERIALES.
 LOSA. -Será de concreto de f'_{cm} _____ Ko/ _____ as varillas A,
 A₁, B, E y E₁, se colocarán _____ y su se-
 paración se medirá según el eje de la estructura. Las vari-
 llas C y D se colocarán paralelas a dicho eje y su separa-
 ción se medirá por la normal al mismo eje. El recubrimiento
 superior será de _____ cm. y el inferior de _____
 ESTRIBOS Y ALEROS. -Serán de _____
 ADAPTACION DEL PROYECTO. El recorte mínimo de los aleros se
 hará el indicado en caso de que se encuentre el terreno natu-
 ral en otra altura, será en ese punto, quedando a juicio
 del Ing. Residente la altura definitiva del recorte. El des-
 plante se hará en _____ con una capacidad de carga de 1.0
 Kg/cm², para ello podrá variar su elevación hasta en 20 cm
 conservando los taludes del cuerpo de los estribos, el vuel-
 to y el diente del escalón de los cimientos.
 DIMENSIONES en centímetros. ELEVACIONES en metros referidas
 al BN. sobre _____ a _____ m. a la
 de la EST. _____ cuya elevación es de _____ m
 ESPECIFICACIONES. Rigen las de la S.O.P. DE 1971. FECHA En: _____
 IN O T A S. - _____

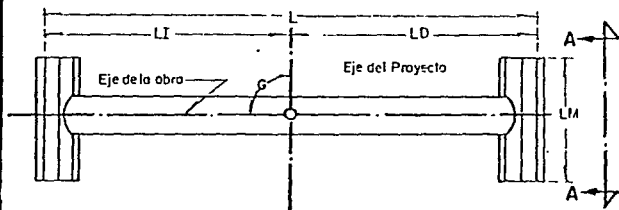
- DI SEMICORONA IQZ.
- DD SEMICORONA DER.
- HI HOMBRO IQZ.
- HD HOMBRO DER.
- RT RASANTE DEL CAMINO
- TI TALUD IQZ.
- TD TALUD DER.
- CH COLCHON
- e ESPESOR DE LA LOSA
- H ALTURA DE LA LOSA
- Pz ESCARPIO DEL ESTRIBO
- FC ELEV. DE LA LOSA
- F1, F2, F3 y F4 ELEV. DE LA LOSA (PLANTILLA)
- F5 y F6 ELEV. DE LOS RECORTES.
- F7 ELEV. DE LA GUARNICION
- S PENDIENTE DE LA PLANILLA-ESCURRE A LA IQZ.- Y + ESCURRE A LA DER.
- FH FONDO HIDRAULICO
- PP ESPESOR DEL CIMIENTO DEL ESTRIBO
- LI LONGITUD IZQUIERDA
- LD LONGITUD DERECHA
- LT LONGITUD TOTAL ALEROS
- La LONG. EN EL EJE DE LA OBRA DONDE TERMINA LA LOSA A LA PARTE EXTERIOR DEL DENTELLON.

- J, Ja y Jb DIMENSIONES DEL ALERO LARGO
- G, Ga y Gb DIMENSIONES DEL ALERO CORTO
- L1 DIST. DEL CENTRO DE LA OBRA AL EXTREMO EXTERIOR DEL ESTRIBO
- L2 DIST. DEL CENTRO DE LA OBRA AL EXTREMO EXTERIOR DEL CORONA MIENTO DEL ESTRIBO.
- R MEDIA LUZ DE LA LOSA
- L3 DIST. DEL CENTRO DE LA OBRA AL EXTREMO INTERIOR DEL CUERPO DEL ESTRIBO
- L4 DIST. DEL CENTRO DE LA OBRA AL VOLADO - DEL ESTRIBO.
- RECORTES ALEROS.
- RE RECORTE DEL ALERO
- a1 CORONAMIENTO DEL ALERO
- a2 BASE TOTAL RECORADA
- a3 BASE INTERMEDIA RECORADA
- B1 VOLADO RECORADO
- R1 ESCARPIO RECORADO
- W SEMILONGITUD DE LA GUARNICION ESVAJADA.

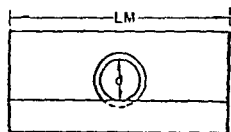
NOMENCLATURA PARA ALCANTARILLA TUBULAR POR PROCESO ELECTRONICO



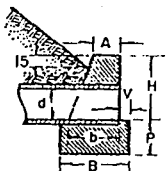
ELEVACION



PLANTA



VISTA A-A

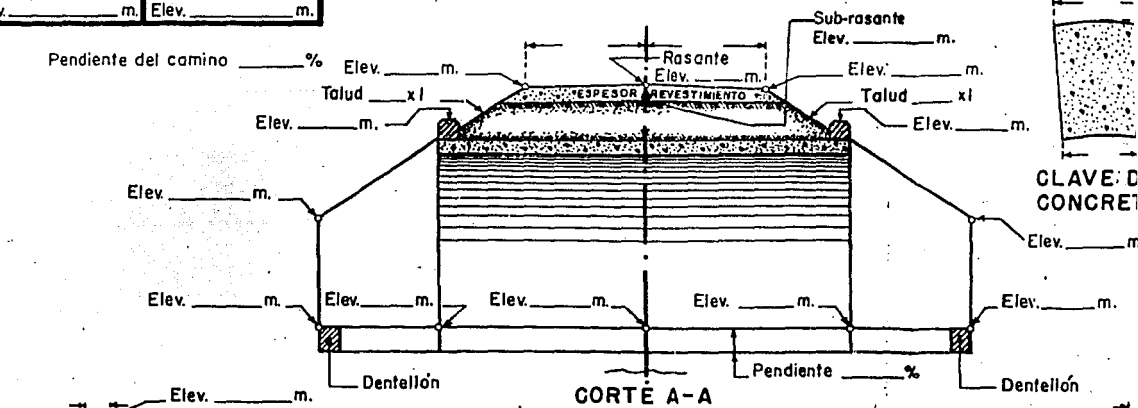


SECCION NORMAL

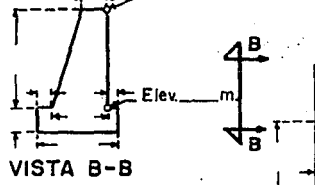
- DI Semicorona Izquierda
- DD Semicorona Derecha
- RT Rasante de Cálculo
- HI Hombro Izquierdo
- HD Hombro Derecho
- CH Espesor del Centro
- FI Fondo Izquierdo de la obra
- FD Fondo Derecho de la obra
- FC Fondo en el Centro de la obra
- S Pendiente de la obra (-) si escurre a la izquierda y (+) si escurre a la derecha.
- LI Longitud Izquierda de la obra
- LD Longitud Derecha de la obra
- L Longitud total de la obra
- LP Longitud inclinada de la obra
- G Ángulo entre el eje de la obra y el eje de la carretera
- LM Longitud del Muro de cabeza
- d Diámetro del tubo
- A Coronamiento del muro de cabeza
- H Altura del muro de cabeza
- P Cimiento del muro de cabeza (espesor)
- B Base total del muro de cabeza (ancho)
- b Base intermedia del muro de cabeza
- V Volado del muro de cabeza
- ET Excavación del tubo
- EM Excavación del Muro
- VM Volumen de mampostería de los muros
- RF IZQ. Referencia Izquierda
- RF DER. Referencia Derecha
- ELEV. Elevación

Nivel Izq. a _____ m. Nivel Izq. a _____ m.
 Elev. _____ m. Elev. _____ m.

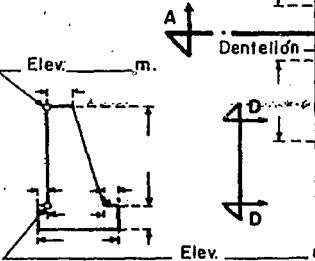
Pendiente del camino _____ %



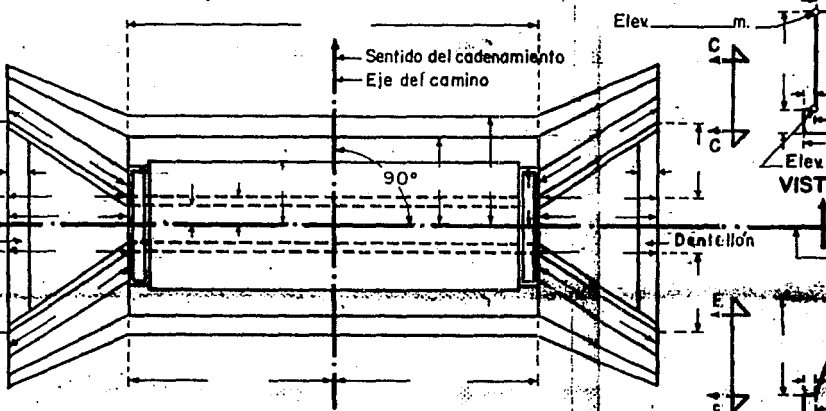
CLAVE DE CONCRETO



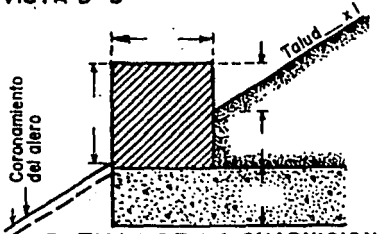
VISTA B-B



VISTA D-D



PLANTA



DETALLE DE LA GUARNICION SECCION NORMAL

NOTAS:-
LOCALIZACION: Sobre trazo hecho en _____ da 19 ____ por _____
CARGAS: Carga Viva tipo _____
MATERIALES: Clave de concreto de $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$, Arco, Estribos, Aleros, Timpones y Guarniciones de Mampostería de 3a. clase con mortero de cemento 1:5.-
ADAPTACION DEL PROYECTO: El recorte mínimo de los aleros será el indicado; en caso de que se encuentre el terreno natural en una altura mayor será en ese punto.- Queda a juicio del Ingeniero Residente la altura definitiva del corte.- El desplante se hará en _____ capas de esfuerzo unitario de trabajo de _____ Kg/cm^2 , para ello se podrá variar la elevación hasta en \pm _____ cm. conservándose los taludes del cuerpo de los estribos y el vuelo y peralte del escalón del cemento.-
DIMENSIONES: En centímetros.- Elevaciones referidas al B.N. _____ sobre _____ a _____ m. de Est. _____
 cuya elevación es _____ m.
ESPECIFICACIONES: Rigen las de la S.O.P. de 19 ____
ESPECIALES: _____

M A T E R I A L E S
C O N C E P T O S

Mampostería de tercera clase con mortero de cemento 1:5.
 Concreto ciclópeo o en mampostería con mortero de cemento 1:5.
 Zamepado con mortero de cemento 1:5.
 Excavación total (aproximada).
 Clasificación (_____)

MODIFICACIONES

Al proyecto _____
 En la construcción _____

B).- OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Bajo esta denominación, se consideran todas aquellas obras, complementarias de las obras de drenaje, que ayudan en la protección de un camino, contra la humedad y el agua. Siendo las más importantes las cunetas, las contracunetas, los bordillos, y los lavaderos.

Las cunetas, son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno ó ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de un metro medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; Su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección, deberá calcularse en base a la precipitación pluvial de la zona y el área drenada.

La pendiente longitudinal de las cunetas generalmente es la misma que la del camino, pero podrá aumentarse si las condiciones del drenaje así lo requieren.

La longitud de una cuneta esta limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse, que el agua rebase su sección y se extienda por el acotamiento ó corona, por lo que deberá limitarse su longitud colocando alcantarillas de alivio o proyectando canalizaciones.

Las contracunetas, son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para

interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se deben construir perpendicularmente a la pendiente máxima del terreno natural, con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su dimensionamiento y ubicación estará determinado por la configuración del terreno así como las características geotécnicas de los materiales que lo forman, para evitar filtraciones que perjudiquen -- los taludes de los cortes.

Bordillos, son elementos de concreto asfáltico ó hidráulico, que se construyen sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplén, a fin de encauzar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el talud del terraplén. El caudal recogido por los bordillos se -- descarga en lavaderos contruidos sobre el talud del terraplén.

Antes de proyectar un bordillo es conveniente estudiar la erosionabilidad del talud, para la precipitación pluvial que -- se tenga en la zona, habrá terraplén que no los requieran, -- ya sea por la baja precipitación o porque el talud no sea erosionable.

En terraplenes bajos y con pendientes longitudinales menores de uno por ciento, resulta mas conveniente, arropar el talud con material producto del despalme para que broten especies vegetales cuyas raices estabilizarán los taludes.

En el Tramo Silao - León, de Km. 40+000 a Km. 58+300, por tratarse de terraplenes bajos no fué necesario colar bordillos, tampoco fué necesario construir cunetas ya que no se tiene -- ninguna zona de corte. De Km. 58+300 a Km. 64+600, por tratarse de un sub-tramo con sección tipo boulevard, el proyecto -- indicó construir banquetas laterales, por lo que fué necesario -- construir guarniciones y lavaderos a todo lo largo de este --

sub-tramo.

Para terminar este capítulo, se hará una breve descripción, de algunas de las pruebas más importantes de laboratorio, que son necesarias para el control de calidad en la construcción de las obras de drenaje.

Prueba de los tres apoyos. Es la prueba de verificación de resistencia a la compresión, para las tuberías de concreto armado, que serán utilizadas en un camino, y consiste en colocar la pieza de tubo que se va a ensayar, sobre una superficie plana y firme y es apoyada en ambos lados con trozos de madera para evitar que tenga movimiento, enseguida se le aplica la carga, verticalmente, en el centro del tubo, y de este modo se obtiene su resistencia a la compresión, misma que deberá cumplir con las normas establecidas. Otra de las pruebas que son necesarias en las tuberías de concreto, es la de absorción, que consiste en medir la capacidad de impermeabilidad del concreto del tubo, también debe verificarse, el límite de fluencia del acero, así como su distribución y área en el armado del tubo.

En las mamposterías, deberá verificarse la calidad de la piedra mediante las pruebas de resistencia a la compresión, absorción e intemperismo. La resistencia a la compresión se puede obtener de dos maneras, una aplicando la carga paralela a los planos de formación de la roca, en estado húmedo, requiriéndose como mínimo 100 Kg/Cm². Cuando no es posible determinar los planos de formación, se aplica la carga en forma normal a la muestra, en estado húmedo, debiendo obtenerse un valor de 150 Kg/Cm², como mínimo, para poder utilizarse.

La prueba de intemperismo, nos indica el índice, del grado

de alteración que pueden alcanzar los materiales pétreos, por la acción de los agentes atmosféricos, y consiste en preparar una muestra con fragmentos de roca, los cuales son pesados y medidos, e introducidos, en una solución química de sulfato de sodio ó magnesio a una temperatura de 20 a 30 grados centígrados, por un tiempo comprendido entre 16 y 18 horas para su saturación. Transcurrido este tiempo, se sacan y se introducen, para su secado en un horno eléctrico, a una temperatura entre 100 y 110 grados centígrados, despues se dejan enfriar y se vuelven a introducir en la solución, repitiendo este procedimiento, hasta completar cinco ciclos. Al finalizar la prueba, se lavan los materiales, hasta que queden limpios y se vuelven a medir y a pesar, y la diferencia con respecto a las medidas originales será el índice de desintegración de la muestra, causado por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfato de sodio ó magnesio en los huecos o fisuras.

El agua, es otro de los elementos importantes en la elaboración de los concretos, así como el curado del mismo, y el lavado de los agregados, ¿ que tan sucia puede estar el agua para que aún sea satisfactoria en la elaboración de los concretos ? una medida popular, es la de determinar si el agua es adecuada para beberse podrá utilizarse en los concretos, - en la mayor parte de los casos, esta regla es valida.

En terminos generales el agua debe estar libre de materias perjudiciales, tales como grasas, aceites, Etc., y deberá satisfacer las siguientes condiciones químicas :

a).- Aguas de composición :

Sulfato de Sodio ($\text{Na}_2 \text{SO}_4$) 1,000 P.P.M. Máximo.

Cloruro de Sodio (NaCl) 1,000 P.P.M. Máximo.

Turbiedad 1,500 P.P.M. Máximo.

b).- Agua para el curado y para el lavado de los agregados :

Sulfatos 1,500 P.P.M. Máximo.

Cloruros 2,000 P.P.M. Máximo.

CAPITULO V

PAVIMENTACION

A).- GENERALIDADES.

Se entiende como pavimento, una estructura compuesta por una o más capas de material tratado, mediante el cuál, puede realizarse un tránsito de vehículos rápido, cómodo y seguro.

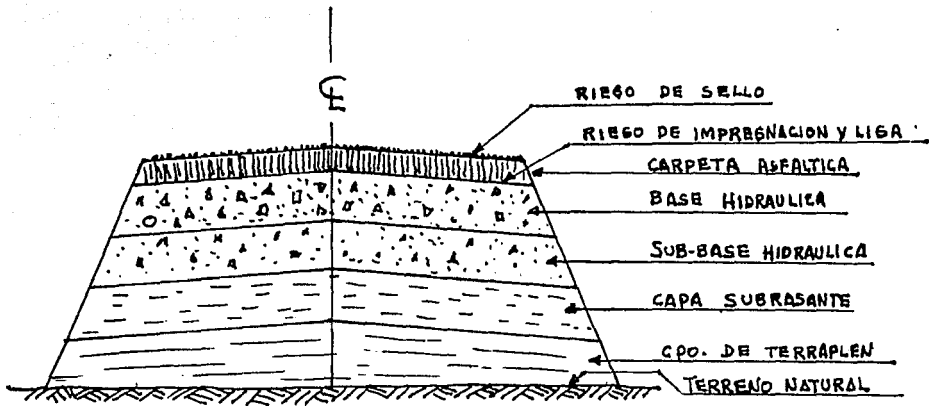
Ofreciendo además, una superficie capaz de soportar las cargas de los vehículos, de los agentes de intemperismo y - cualquier otro agente perjudicial.

Los pavimentos mas comunes, son los de tipo flexible y - los de tipo rígido.

Los pavimentos flexibles, estan formados por una capa -- bituminosa, apoyada generalmente sobre capas no rígidas - - - (la base y la sub-base), la calidad del material de estas capas es descendente. El diseño de pavimentos flexibles, emplea el principio de que una carga de cualquier magnitud, puede -- disiparse con la profundidad a través de capas sucesivas de - material ó sea que la carga disminuye en proporción geométrica, al ser transmitida hacia abajo de la superficie; ya que - se va repartiendo en una área mayor, por esta causa los materiales, son progresivamente de menor calidad.

En los pavimentos rígidos, la carpeta asfáltica es sustituida por losas de concreto hidráulico, mismas que además, -- adquieren una función estructural, en el soporte y transmi--- sión de esfuerzos a las capas inferiores.

Los pavimentos más usuales en las carreteras de nuestro país, son los flexibles, y generalmente se componen de las -- siguientes capas : Sub-base, base, carpeta y sello.



SECCION ESTRUCTURAL

B).- SUB-BASE.- Es una capa de material graduado, con calidad similar al de la base, integrada estructuralmente al conjunto de capas que forman el pavimento de un camino. Una de sus funciones principales, es de carácter económico, ya que con su construcción, se logra reducir el espesor de la base.

Otra función que tiene, es la de servir como transición entre el material de base, que es generalmente granular, y la propia sub-rasante que se construye normalmente con material de tipo fino; la sub-base evita la incrustación de material de sub-rasante en la capa de base y actúa como filtro de la base, absorbe además, deformaciones generadas en el cuerpo de terraplén, y rompe la capilaridad.

En la elección y ubicación de los bancos de pavimento, en la práctica es muy común que los materiales para sub-base, base y carpeta procedan de un mismo banco, por tal motivo es

conveniente contar con información sobre la ubicación de Rios, accidentes topográficos, cerros con mantos de rocas, y en - - general, con información sobre los sitios donde se extraen -- materiales en la región. También es importante tomar en consi- deración, la accesibilidad, posibilidades de explotación, - - calidad y capacidad del banco, así como su probable tratamien- to y costo.

En cuanto a calidad, los materiales empleados como sub-- base deberán satisfacer las siguientes condiciones de calidad:

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION	ESPECIFICACION
	DESEADA.	TOLERABLE.
Tamaño máximo (mm)	37.5	51
% que pasa la malla No.200	10 max.	15 max.
zona granulométrica	1 y 2	1 a 3
% límite líquido (WL)	25 max.	30 max.
% índice plástico	6 max.	10 max.
% equivalente de arena	40 min.	30 min.
% grado de compactación	100 min.	100 min.
valor relativo soporte(VRS)	50 min.	40 min.
% contracción lineal	4 max.	6 max.

Abundando un poco en la composición granulométrica, la especi- ficación tolerable, indica que la curva deberá quedar entre el límite inferior de la zona No. 1 y el superior de la zona No.3, y esta deberá ser semejante a las curvas que limitan las zonas de la gráfica que enseguida se muestra, sin presentar cambios- bruscos de pendiente y sin estar indistintamente en una y otra zona.

En el tramo Silao - León, desde el Km. 40+000 hasta el -- Km. 64+600, es difícil encontrar bancos de pavimento, ya que -

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA _____

CENTRO SAHOP _____ UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA _____

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

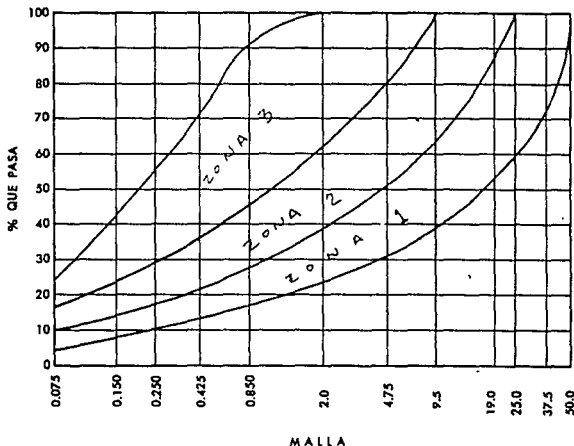
OBRA _____ ENSAYE Nº _____
LOCALIZACION _____ FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME _____

DATOS DEL MUESTREO
MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL _____
CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO _____
TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____
UBICACION DEL BANCO _____

P.E. SECO SUELTO kg/m ³			
P.E.S. MAXIMO kg/m ³			
HUMEDAD OPTIMA %			
P.E. DEL LUGAR kg/m ³			
HUMEDAD DEL LUGAR %			

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
		EN 50.0
	EN 37.5	
% QUE PASA		
2"	50.0	
1 1/2"	37.5	
1"	25.0	
3/4"	19.0	
3/8"	9.5	
4	4.75	
10	2.00	
20	0.85	
40	0.425	
60	0.250	
100	0.150	
200	0.075	

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



V.R.S. (ESTANDAR) %
EXPANSION %
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²
EQUIVALENTE DE ARENA %

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Núm. 9.5	
ABSORCION %	
DENSIDAD	
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	EQUIV. HUM. DE CAMPO %
LIMITE PLASTICO %	CONTRACCION LINEAL %
INDICE PLASTICO %	CLASIFICACION SOP

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
------------------	-------------------------	---------

los pocos que se localizan, están situados al final del tramo, en el municipio de León, y se encuentran concesionados a particulares para el abastecimiento de materiales a la ciudad.

En la búsqueda de estos materiales, se encontró un pequeño cerro en el Km. 45+760 D/D. 6000 metros, encontrándose roca empacada en sus primeros estratos y posteriormente, ya dentro del cerro, mantos de roca del tipo reolita.

Se le hicieron los estudios correspondientes al material, para verificar su calidad, obteniéndose resultados modestos, pero dentro de especificaciones. Por otro lado se observó que el banco contaba con suficiente capacidad de volumen para garantizar el requerido por la obra, por éstas razones, se tomó la decisión de utilizar el material de este banco, al que también se le conoce como "cerro del diablo".

Este banco, aportó la totalidad del material requerido -- para la sub-base, siendo un volumen del orden de 50,000 M3., -- que generaron acarreo cercanos a los 800,000 M3-KM. El material fue tratado, mediante proceso de trituración total, a tamaños máximos de 1½" pulgadas (37.5 mm), y el espesor de la -- capa fué de 12 centímetros, con una compactación del 100 %.

C).- **BASE.**- Se considera un elemento fundamental, desde el -- punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar, un elemento resistente, que transmita a las capas inferiores, los esfuerzos producidos por el tránsito. La base en muchos casos debe drenar el agua que se introduce a través de la carpeta, ó por los acotamientos de la sección del pavimento, -- así como impedir la ascensión capilar. Desde el punto de vista económico, la base permite reducir el espesor de la carpeta.

Los materiales empleados como base deberán cumplir las siguientes condiciones de calidad:

CARACTERISTICA.	ESPECIFICACION DESEABLE	ESPECIFICACION TOLERABLE.
Tamaño máximo (mm)	37.5 max.	37.5 max.
% que pasa la malla No.200	10 max.	15 max.
zona granulométrica	1 y 2	1,2 y 3
límite líquido (L W)	25 max.	30 max.
% índice plástico	6 max.	6 max.
% equivalente de arena	50 min.	50 min.
% grado de compactación	100 min.	100 min.
valor relativo de soporte (VRS)	100 min.	80 min.
% contracción lineal	2 max.	4.5 max.
% desgaste los angeles	40 max.	40 max.

Asi mismo, la afinidad del material pétreo, con el asfálto, debe ser buena, permitiendose como máximo, un desprendimiento del 25 % por medio de la prueba del "agitado", prueba que consiste en : preparar muestras de material, que pase por las mallas de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{1}{4}$ ", No. 10 y No. 40, se forman granulometrías, se pesan y se colocan en charolas, en donde se les incorpora el producto asfáltico, el cuál también es pesado, enseguida se colocan en frascos de vidrio y se les incorpora -- una cantidad de agua también medida, se deja reposar la muestra durante 24 horas, y enseguida se efectua el "agitado", -- que consite en agitar el frasco con la muestra, en tres períodos durante cinco minutos cada uno, después se pone a secar -- la muestra y se vuelven a medir los materiales, y comparando estos resultados con los originales, se obtiene el % de desprendimiento del producto asfáltico.

Para el tramo Silao - León, la base también fué obtenida del banco "cerro del diablo", sin embargo, con el objeto de mejorar su calidad en lo correspondiente a la granulometría y % de contracción lineal, fué necesario eliminar los materiales finos, propios del banco y sustituirlos con material cementante de los bancos Losa de Barrera Km. 48+200 D/I.- - - 2340 metros y los Sáuces Km. 52+060 D/D. 200 metros en aproximadamente un 20 %.

Por otro lado, el proyecto de pavimento indicó la incorporación de cemento portland a la base, en aproximadamente un 3 % de su peso volumétrico, con estas medidas se logro una mejor calidad de esta capa.

Cabe mencionar que, la incorporación del cemento portland a la base, provoca que esta se rigidise y si no se tiene una buena estructura en el cuerpo de terraplén, la capa sufrirá fracturas, en las zonas donde se presenten las fallas de las terracerías ó donde se produzcan asentamientos.

El volumen de base, empleado en el tramo Silao - León, fué del orden de 80,000 M3, con un acarreo aproximado de 1'400,000 M3-KM. El espesor de la capa fué de 20 centímetros, y fué impregnada para su protección, con asfalto FM-1, a razón de 1.4 litros por metro cuadrado en promedio.

D).- **CARPETA ASFALTICA** .- Es la capa de pavimento, encargada de resistir los efectos abrasivos del tránsito, debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color conveniente, debe ser además una capa impermeable, constituyendo una protección para la base.

De acuerdo con las exigencias de calidad, los materiales empleados para carpeta, deben cumplir con las siguientes condiciones :

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION DESEABLE	ESPECIFICACION TOLERABLE.
Tamaño máximo (mm)	19 max.	25 max.
% que pasa la malla No.200	0	5 max.
% humedad	0	1 max.
% índice plástico	0	5 max.
% equivalente de arena	60 min.	55 min.
% desgaste los Angeles	30 max.	40 max.
% Partículas alargadas ó lajeadas.	25 max.	35 max.
% contacción lineal.	2 max	3 max.

En el tramo Silao - León , los materiales para carpeta, fueron extraídos del banco "cerro del diablo", y con el objeto de corregir algunas deficiencias en su calidad, principalmente lo referente a la contracción lineal e índice plástico, fue necesario eliminar parte de los finos producidos por este banco, sustituyendolos por material procedente del Rio - - - - "Chichimequillas", ubicado en el Km. 40+000 D/D. 24.8 Km., -- principalmente los materiales que se ubican entre las mallas- No. 100 y No. 200. El espesor de la carpeta, fué de 7.5 centímetros de espesor, con incorporación de cemento asfáltico - No. 6, en un promedio de 6.5 % de su peso volumétrico.

Cabe mencionar, que para la elaboración de una buena carpeta, es necesario un estudio apropiado del Diseño Marshal, - el cuál además de indicarnos los porcentajes de intervención-

del cemento asfáltico No. 6, nos permitirá conocer los porcentajes de intervención, de los materiales finos y corregir la curva de la granulometría en general. En esta obra, se utilizarán 38,000 M3., de carpeta, con 590,000 M3-KM., de acarreo, y un consumo de cemento asfáltico No. 6 del orden de 4'900,000 kilogramos. La capa, fué sellada con material 3-E, procedente del mismo banco, a razón de 11 litros por M2., aproximadamente.

Cabe mencionar que por razones de tipo económico, en que se encontraba el país, de km. 40+000 a km. 55+000, no se efectuó la ampliación del lado derecho del camino, únicamente se reniveló con carpeta asfáltica el cuerpo existente para cambiar el bombeo y evitar que los escurrimientos dañaran el camino.

E).- CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

ANÁLISIS DE CARGA DE TRÁNSITO.- Para el proyecto de un pavimento, todas las variables de tránsito, deben reducirse a un concepto constante ó que pueda ser manejado en formulas matemáticas.

Algunos investigadores, contemplan el siguiente conjunto de factores, como los más importantes que ejercen influencia en el concepto de "carga de tránsito", que son 4 principales y 3 secundarios :

- 1.- Carga transmitida por la rueda.
- 2.- Area de influencia de las cargas.
- 3.- Número de repeticiones de las cargas.
- 4.- Velocidad de operación.

PRINCIPALES.-

SECUNDARIOS.-

- 1.- Area de contacto de la llanta que determina la presión de contacto.
- 2.- Número de llantas en el arreglo.
- 3.- Espacemento entre ejes.

La magnitud de las cargas aplicadas en un pavimento flexible, varía entre límites muy amplios, desde el peso de los - - vehículos ligeros, hasta el de los camiones con 9 toneladas -- por eje (18,000 libras) ó más.

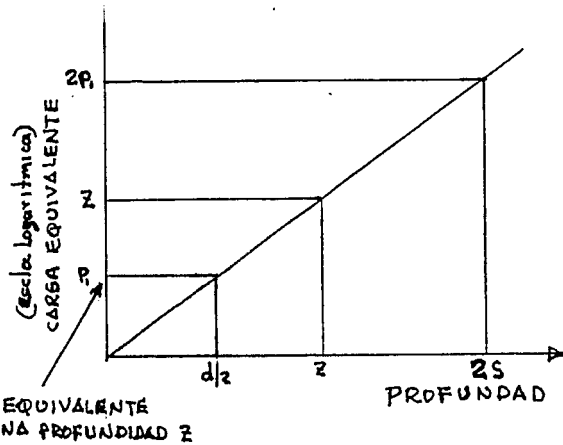
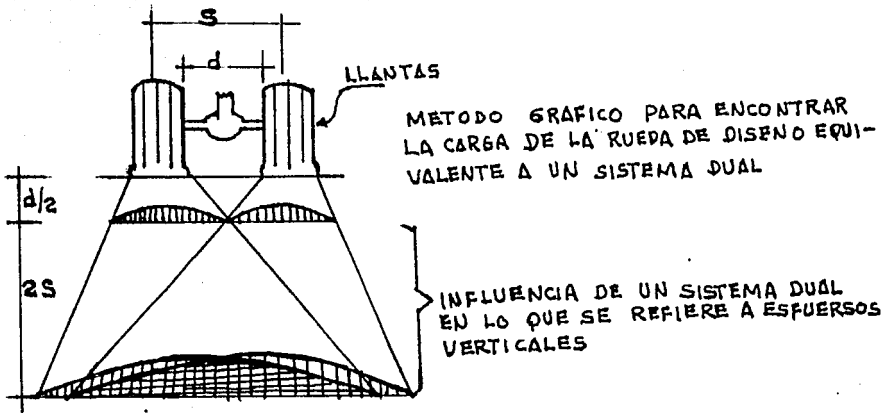
Las aplicaciones de las cargas, para que tengan sentido - en los análisis, han de referirse a conceptos que los homogeni sen, tales como el de la carga equivalente ó rueda de diseño.

De hecho, es normal en pavimentos flexibles, proyectar -- las carreteras para que sean capaces de resistir, la carga - - transmitida por una sola rueda idealizada. También se debe escoger el vehículo que a su vez, represente convenientemente el tránsito, debiendo ser el camion más pesado ó el más frecuente.

Para llegar a la carga de diseño, que represente el efecto global, sería además preciso, establecer una equivalencia - entre la carga transmitida por el arreglo de las llantas del - vehículo elegido, y la carga ideal.

Para llegar a la "carga equivalente", se han seguido dos- criterios. Se busca a una cierta profundidad, los mismos es--- fuerzos verticales ó lo que produzca las mismas deformaciones.

Tanto en la teoría como en las mediciones experimentales, se comprueba que el efecto de las dos llantas, empieza a su--- perponerse apreciablemente a la profundidad $d/2$, bajo la su--- perficie de rodamiento, la superposición es casi total a la --



profundidad $2s$, es decir, que en un punto colocado bajo ese nivel, actuaría un esfuerzo igual al que se tendría si en la superficie y en el centro del espacio de la carga, actuará --

una fuerza única $2 p$.

Con estas bases, se supone que entre las profundidades $d/2$ y $2 s$, la variación que produce un esfuerzo dado a una cierta profundidad, es lineal.

Puede adoptarse el siguiente criterio, para obtener la carga equivalente a un sistema dual dado.

De manera que, un punto colocado entre la superficie y la profundidad $d/2$, es producido por un esfuerzo debido solo a la carga P_1 , y un punto más abajo de $2 s$, sufre un esfuerzo debido a una carga única $2 p_1$. Un punto intermedio entre $d/2$ y $2 s$, tendrá un esfuerzo debido a una carga proporcionalmente intermedia entre P_1 y $2 p_1$.

MÉTODOS DE DISEÑO.

Existen numerosas teorías, que tratan de explicar el comportamiento de un pavimento. Todas ellas parten de hipótesis más o menos lógicas, pero establecen parámetros, condiciones de frontera y criterios de falla, que no están comprobadas experimentalmente, excepto en condiciones de prueba muy particulares.

En nuestro país, durante varias décadas, se utilizaron métodos de diseño incluidos dentro de los procedimientos empíricos, que utilizan pruebas de resistencia del suelo, como penetración a la carga, mejor conocido como "valor relativo de soporte", V.R.S., el cual tiene una gran variedad de variantes, tales como: El método original del Estado de California, El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de USA, así como

el desarrollado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, antes Secretaría de Obras Públicas.

Tomando en cuenta lo anterior, puede establecerse, que los criterios de diseño utilizados, son del tipo convencional, y su validez depende fundamentalmente, de la evidencia experimental que los respalda. Cabe hacer notar además, que las pruebas de laboratorio, son exclusivamente un índice de ciertas características del material, y deben utilizarse, -- solo como guía al diseñar el pavimento.

METODO DESARROLLADO POR LA S.C.T. (Anteriormente S.O.P.)

Este método, considera únicamente 2 variables, mismas -- que hace intervenir en su gráfica de diseño, la Intensidad -- del Tránsito y la Resistencia a la penetración de los mate-- riales (V.R.S.).

DETERMINACION DE LA INTENSIDAD DEL TRANSITO.

Se hace uso, de los afóros de tránsito y estudios de -- origen y destino, que ejecuta la S.C.T., por medio de Inge-- niería de Tránsito. De los estudios se obtienen los siguientes datos, tanto para caminos nuevos como para el mejoramien-- to de los ya existentes :

VOLUMEN DE TRANSITO .- Es el número de vehículos, que pasan por un tramo de camino, en un intervalo de tiempo dado. Los intervalos más usuales son la hora y el día. Se tiene entonces, el tránsito horario (TH) y el tránsito diario (TD).

TRANSITO PROMEDIO DIARIO.- Es el promedio de los volúmenes -- diarios, registrados en un período determinado. Los más - --

usuales son : Tránsito Promedio Diario Semanal (T.P.D.S.) y - Tránsito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.).

TRANSITO GENERADO.- Es el volumen de tránsito, que se origina por la construcción de la nueva carretera ó el mejoramiento de la ya existente, y por el desarrollo que cruza. Se puede obtener, por medio de los modelos matemáticos, que consideran la distancia y el costo de transporte, entre las localidades y la característica de la zona de influencia, de éstas, tales como los habitantes y la producción.

TRANSITO INDUCIDO O DESVIADO.- Es la parte de volumen de tránsito, que circulaba antes por otra carretera, y cambia su itinerario, para pasar por la nueva carretera, ó la que se va ha reconstruir.

Para el conteo de vehículos, se utilizan contadores manuales ó electrónicos, clasificandolos en : Vehículos ligeros (A) Autobuses (B) y Vehículos pesados (C).

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (V.R.S.).- Es la relación expresada como porcentaje, que existe entre la resistencia, que el suelo ó material en estudio, opone a la penetración de un pisón-estándard, y la opuesta por una grava de buena calidad.

El objeto de esta prueba, es determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado, y sujeto a un período de saturación.

La muestra para efectuar esta prueba, deberá haber sido secada, disgregada y cuarteada, debe ser tamizada por la -- malla No. 25 (1"), verificando que pase mas del 85 % del material, y éste mismo, quedará retenido en la malla No. 4, la cantidad necesaria de muestra para la prueba no deberá ser-- menor de 16 Kg., de los cuales, se tomarán por "cuarteo", -- porciones de 4 Kg., para cada determinación.

La prueba, consiste en medir la resistencia a la pene-- tración, de un especimen compactado a la humedad óptima, con una carga unitaria de 140.6 Kg/CM2., aplicada con la máquina de compresión, después de haber sido saturada en agua, hasta alcanzar la máxima expansión.

HUMEDAD OPTIMA DE COMPACTACION.- Es la humedad mínima, requerida por el suelo, para alcanzar un peso volumétrico seco -- máximo, cuando es compactado con carga unitaria, anteriormente indicado.

Al especimen, correspondiente a las condiciones de peso volumétrico seco máximo y humedad óptima, se le introduce a-- un tanque de saturación, sobre los bordes del molde, se co-- locará un extensómetro anotandose la lectura inicial de éste.

Se mantendrá el especimen, dentro del agua, y se toma-- rán lecturas diarias del extensómetro, cuando se observe, -- que cesa la expansión, deberá anotarse la lectura final del-- extensómetro, y se sacará la muestra del tanque de satura--- ción (El período de saturación variará entre 3 y 5 días).

La diferencia de lectura, final e inicial del extensó-- metro, expresado en mm, se divide entre la altura del espe--

cimen antes de saturarse, y éste cociente multiplicado por 100, expresará el valor de la expansión, después se acostará la muestra durante tres minutos, para que escurra, luego se llevará la muestra a la prensa, y el cilindro se introducirá a través de una placa con un orificio, hasta tocar la superficie de la muestra. Se aplicará una carga no mayor de 10 - Kg., e inmediatamente después, sin retirar la carga, se - - ajustará el extensómetro de carátula, para registrar el desplazamiento vertical del cilindro.

Se continuará aplicando cargas, con pequeños incrementos, continuos, procurando que la velocidad de desplazamiento del cilindro, sea de 1 a 5 mm. por minuto, y se anotarán las cargas correspondientes a cada una de las 7 penetraciones del cuadro siguiente :

APLICACION	TIEMPO EN MINUTOS	PENETRACIONES		CARGAS REGISTRADAS EN KG.
		mm	PULG.	
1ra.	1	1.27	0.05	
2a.	2	2.54	0.10	600 Kg.
3a.	3	3.81	0.15	
4a.	4	5.08	0.20	
5a.	6	7.62	0.30	
6a.	8	10.16	0.40	
7a.	10	12.70	0.50	

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm. -- (0.10"), se deberá expresar como un porcentaje de la carga-estándard (que soporta a esa misma profundidad, una grava-de buena calidad), que es igual a 1360 kilogramos,

y si la prueba estuvo bien ejecutada, el porcentaje así obtenido, es el Valor Relativo de Soporte.

$$\text{VRS} = \frac{600 \text{ kg.}}{1360 \text{ kg.}} \times 100 = 44 \text{ (para este caso)}$$

Estas pruebas deberán efectuarse, siempre en condiciones de humedad, cercanas a las más desfavorables, que se considere, pudiera alcanzar el material para una compactación de - - proyecto existente.

Una vez obtenidas las dos variables, la de Intensidad -- del Tránsito y la del VRS, se hace uso de las gráficas para - el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible -- siendo de la siguiente manera :

- 1.- Se localiza el valor del VRS, en la escala horizontal
- 2.- Se sube una vertical por el punto anterior, hasta - - cortar con la curva referida por el tránsito de - - - proyecto.
- 3.- Por el punto donde corta, se lleva una horizontal, -- hasta interceptar la escala vertical; en ese punto, - se lee el espesor de la base más sub-base.

Ejemplo :

Se desea calcular el espesor del pavimento para una - - - carretera de 2,350 vehículos por día, con un peso mayor de 3 - toneladas. Si el VRS, de proyecto del material que forma la - capa sub-rasante es de 8.5 % ¿ cuál será el espesor de pavimento requerido ?

Se entra con 8.5 hasta la curva I, donde se obtiene un -- valor de 35 centímetros, en el cuadro superior nos indica que, para más de 2,000 vehículos por día la base vale 15 - - - -

centímetros de espesor, por lo tanto la sub-base tendrá un valor de $35 - 15 = 20$ centímetros. El espesor de la carpeta, se determinará, de una manera empírica, basada en la experiencia obtenida al construir caminos semejantes al que se proyectó.

OBSERVACIONES.- El método de diseño de la SCT, es un -- método muy sencillo de aplicar, pero no hace un análisis racional del tránsito, en lo que se refiere a intensidades fuertes de vehículos, a su distribución y a los efectos de cargas pesadas. Sin embargo, se utilizó con éxito por muchos años, y se considera que aún puede seguirse utilizando, como una guía, -- sobre todo para el caso de carreteras de baja intensidad de -- vehículos.

METODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DEL INSTITUTO DE -- INGENIERIA DE LA UNAM.

Dentro del área de Vías Terrestres, el Instituto de -- Ingeniería de la UNAM, bajo el patrocinio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, inicio en el año de 1962, investigaciones sobre pavimentos flexibles, en un programa general, encaminado a obtener criterios adecuados a las condiciones del país en aspectos relacionados con diseño, construcción reconstrucción y modernización de carreteras. La experimentación -- 1962 - 1980, dio como resultado el método que a continuación -- se describe de una manera breve, pero haciendo destacar los -- conceptos generales, que influyen al analizar el comportamiento estructural de una carretera.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES.- Este método elimina el concepto de dualidad terracería - pavimento, sustrayendolo por el concepto monolítico de sección estructural de la carretera, dicha -- sección a de estudiarse, sin distinciones conceptuales, dentro de ella, analizando todas las componentes y adecuandolas a las

exigencias de manera que la sección resista en cada nivel lo necesario.

Considera la carretera, como una sección estructural, -- igual que se hace en las otras estructuras de la Ingeniería -- Civil.

Este método se basa en la teoría de esfuerzos verticales de Boussinesq deducida por una carga estática circular flexible, apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico homogéneo e isótropo. Para su aplicación en el caso particular de una estructura de capas múltiples y resistencia relativamente uniforme, sujeta a cargas repetidas de un eje sencillo equivalente, cuyo peso estático es por definición de 8.2 toneladas y que tiene un coeficiente de impacto constante.

El diseño de pavimento, utilizando las gráficas que se -- presentan, se refiere a estructuras cuyo espesor de carpeta no exceda de 7.5 centímetros de espesor real.

El coeficiente de equivalencia de la carpeta de concreto-asfáltico respecto de la base, es de 2 ó sea que, un centímetro de concreto asfáltico es igual ó equivalente a 2 centímetros de base hidráulica.

Es importante hacer notar, que el parámetro de resistencia que interviene en el diseño, es el Valor Relativo de Soporte, que es indicador muy importante, en nuestro medio.

En rigor en el método de diseño, se calcula un tránsito -- equivalente a las diferentes capas que constituyen la sección estructural de la carretera, utilizando para ello los coefi---

cientes de daño, determinados de diferentes profundidades (mediante la curva de distribución de esfuerzos de Boussinesq), - suponiendo una presión de contacto, igual a la presión de inflado de las llantas del vehículo que se analiza. Sin embargo la experimentación llevada a cabo, señala que la profundidad $z = 15$ centímetros, es el valor más adecuado para el diseño.

El diseño estructural de carreteras con pavimento flexible, desarrolla para un nivel de rechazo de 2.5 en una escala de 0 a 5 de servicio actual y que el pavimento se encontrará - en condiciones normales, para una carretera de mayor importancia.

Y un nivel de rechazo de 2.0 a 2.5, para caminos secundarios en condiciones normales de operación.

El VRS, de diseño será el siguiente :

$$VRS_z = VRS (1 - CV)$$

Donde :

VRS = Estimación del valor de soporte crítico, esperado en el campo en la capa colocada a la profundidad z .

VRS = Valor promedio de las determinaciones de VRS, a la profundidad z .

C = Factor que depende del nivel de confianza establecido (casi siempre se adopta un 90% del nivel de confianza y para este caso corresponde $C = 1.282$).

V = Coeficiente de variación.

Este valor debe estar acorde con el nivel de calidad de la obra y procesos de construcción.

Calidad de proceso de construcción.	Valor del coeficiente de variación.
muy buena	0.3
buena	0.4
regular	0.5

EJEMPLO

Se tiene una carretera de 2 carriles cuya composición de tránsito se indica en la tabla No. 1. El tipo de vehículos se tiene en la columna 1, en la columna 2, se indica el tránsito diario promedio anual (TDPA), en la columna 3, se refiere a los coeficientes de distribución de tránsito. Para el carril de proyecto, el instituto de Ingeniería recomienda lo siguiente.

No. de carriles en ambas direcciones.	coeficiente de distribución en % para el carril de proyecto.
2	50 %
4	entre 40 y 50 %
6 ó mas	entre 30 y 40 %

TRANSITO ACTUAL EQUIVALENTE (8.2 TONELADAS)

Para 1981	$Z = 0$	$T_o = 195.57$
	$Z = 15$	$T_o = 69.47$

Pavimento a 9 años

Tasa de crecimiento = 25 %

TRANSITO ACUMULADO PARA 1990 ?

$$\Sigma T = \frac{T_0 (365) (1+r)^n}{\text{Log } e (1+r)}$$

Siendo :

T_0 tránsito actual

n = vida útil

r = tasa de crecimiento

ΣT = tránsito acumulado

$$\Sigma T = \frac{195.57 (365) (1+0.25)^9}{\text{Log } e (1+0.25)} = 1'797,555 \text{ (tránsito de diseño).}$$

Este mismo tránsito se puede obtener, también por medio -- de la gráfica para estimar el tránsito equivalente acumulado.

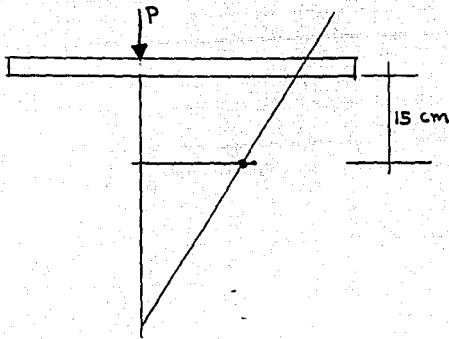
Se entra en la gráfica con el valor n (g) y se intercepta la curva correspondiente al 25%, se corre hacia la izquierda -- para obtener el c (coeficiente de acumulación de tránsito, y -- en este caso obtenemos un valor de $c = 9200$ aproximadamente.

Con este dato procedemos a calcular los valores de tránsito acumulado para 1990.

$z = 0$		$T = 195.57 (9200) =$	$1'799,244$
$z = 15$		$T = 69.47 (9200) =$	$639,124$ (tránsito acumulado para $z = 15$, para el diseño se escoge la profundidad -- $z = 15$)

BASE	15 centímetros
SUB-BASE	?

Ya que los esfuerzos máximos que se presentaran son a 15 - centímetros (esfuerzos críticos en promedio)



Para obtener los espesores de pavimento, se utilizará la gráfica de diseño para condiciones normales (para este caso).

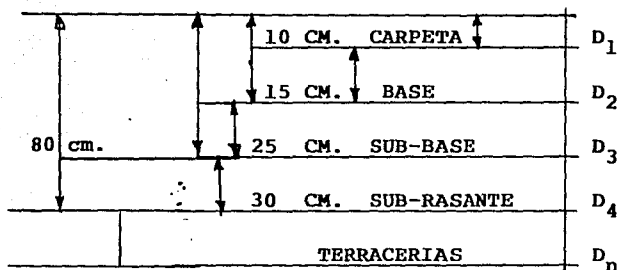
Datos de los VRS, críticos determinados en el lugar y con los materiales que se pretende utilizar

VRS	crítico de las terracerías	2.1 %
VRS	sub-rasante	5.4 %
VRS	sub-base	16 %
VRS	base	80 %

En la gráfica de la fig. No. se entra con el VRS de 2.1 % y se intercepta la curva en donde se ubique el valor del tránsito acumulado (en este caso se encuentra entre las curvas 10^5 y 10^6 , se corre hacia la izquierda para obtener el espesor del pavimento.

En este caso el valor aproximado es de 80 centímetros.

Utilizando los VRS, de las demás capas se obtienen los siguientes valores :



2 $D_1 = 10 \text{ cm} \Rightarrow D_1 = 5 \text{ cm}$. (lo que indica que el espesor de carpeta será de 5 cm.), este dato se obtiene de la tabla de -- espesores mínimos recomendables en cm., fórmula estructural de la base = $a_1 d_1 + a_2 d_2 = X$ (espesor de la base).

Donde.

D_1 = espesor de la carpeta

D_2 = espesor de la base

a_1 } son coeficientes de equivalencia para transformar
 a_2 } los valores de material de concreto asfáltico a -
 grava o viceversa.

$$a_1 = 2$$

$$a_2 = 1$$

$$\text{Entonces } 2 (D_1) + (D_2) = 25$$

$$10 + D_2 = 25$$

$$D_2 = 25 - 10$$

$$D_2 = 15$$

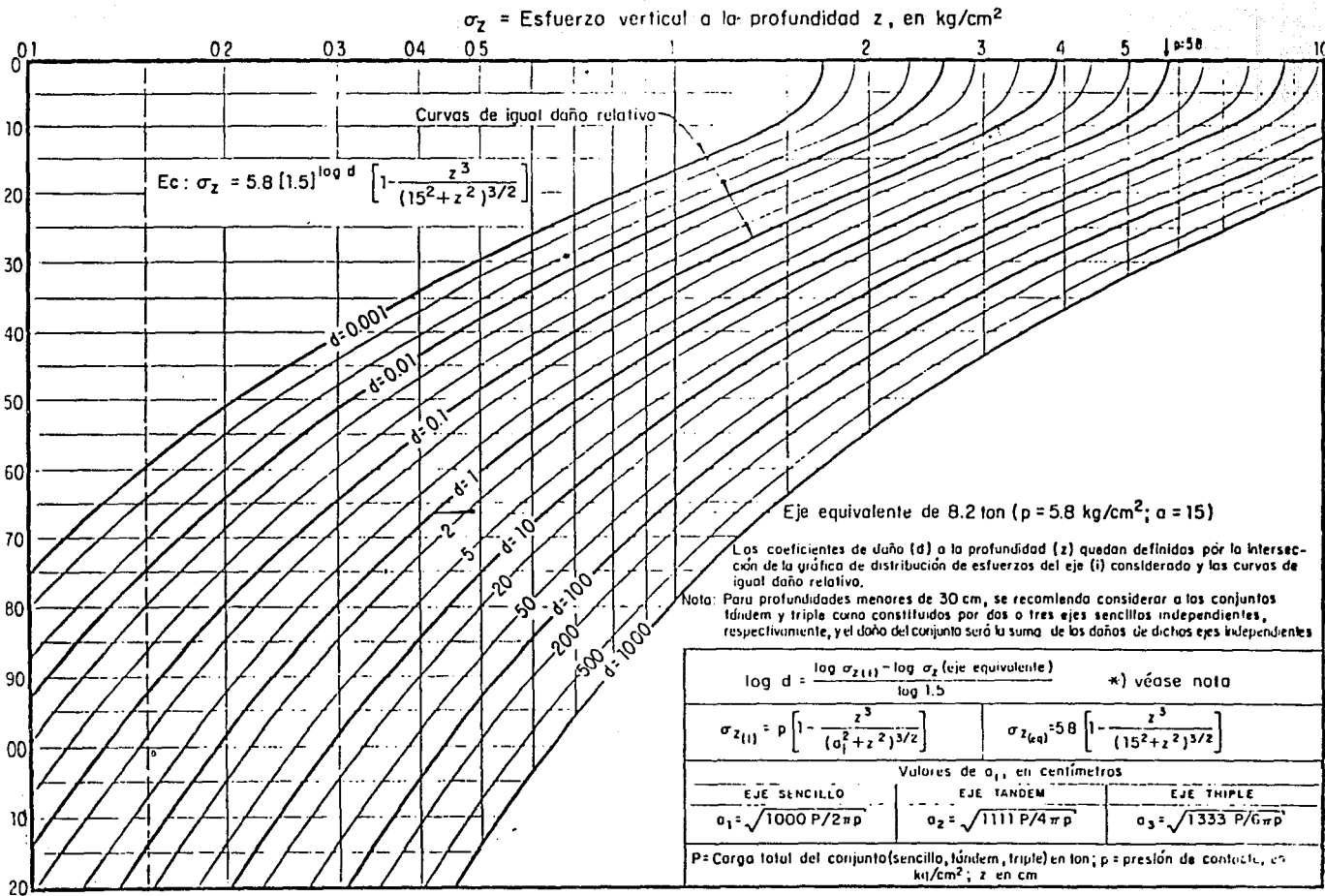
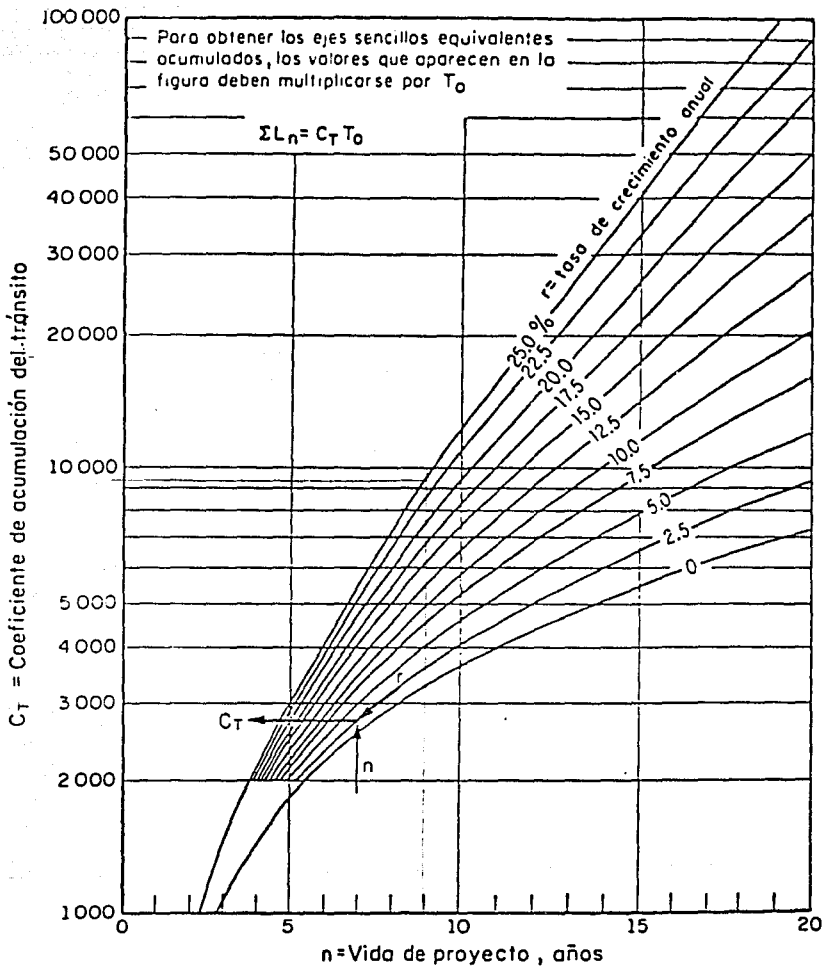


Fig A1. Coeficientes de daño por tránsito - 115 -



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

C_T = Coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r

T_0 = Tránsito equivalente medio diario en el carril de proyecto, durante el primer año de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

ΣL_n = Tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

Fig A2. Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

ARRETERA: _____

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton		
	①	②		③ = ① × ②	④	CARPETA Y BASE Z = _____ ⑤	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z = _____ ⑥	CARPETA Y BASE ⑦ = ③ × ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS ⑧ = ③ × ⑤
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
		CARGADOS							
		VACIOS							
SUMAS	1.000	———		1.000		EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO	⑧		
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$						TDPA INICIAL EN FL CARRIL O PROYECTO	⑨		
n = AÑOS DE SERVICIO =						C_T	⑩		
r = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = %						ΣL	⑪ = ⑧ × ⑨ × ⑩		
TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL =					CD CARRIL PROYECTO =				

Fig A3. Cálculo del tránsito equivalente acumulado - 117 -

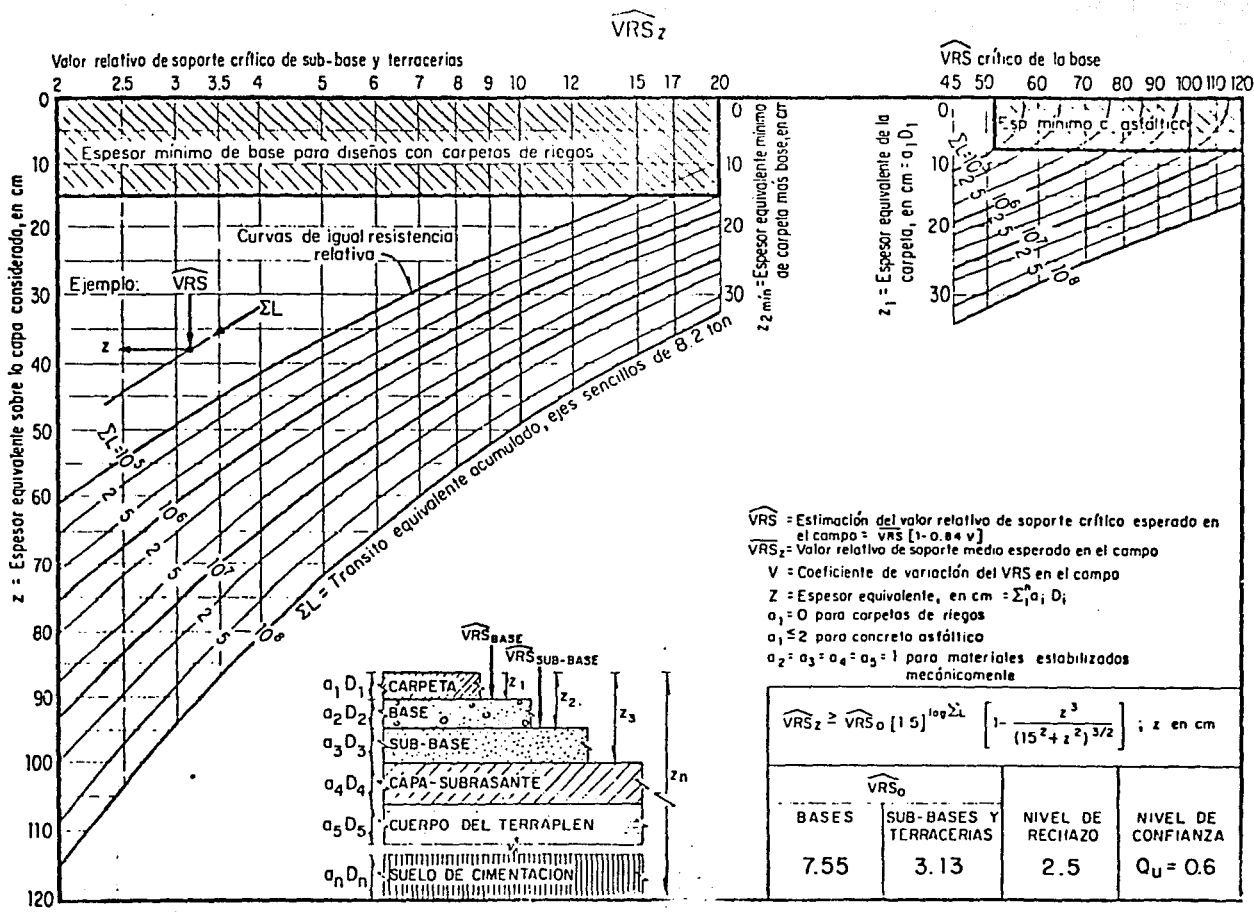


Fig A4. Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

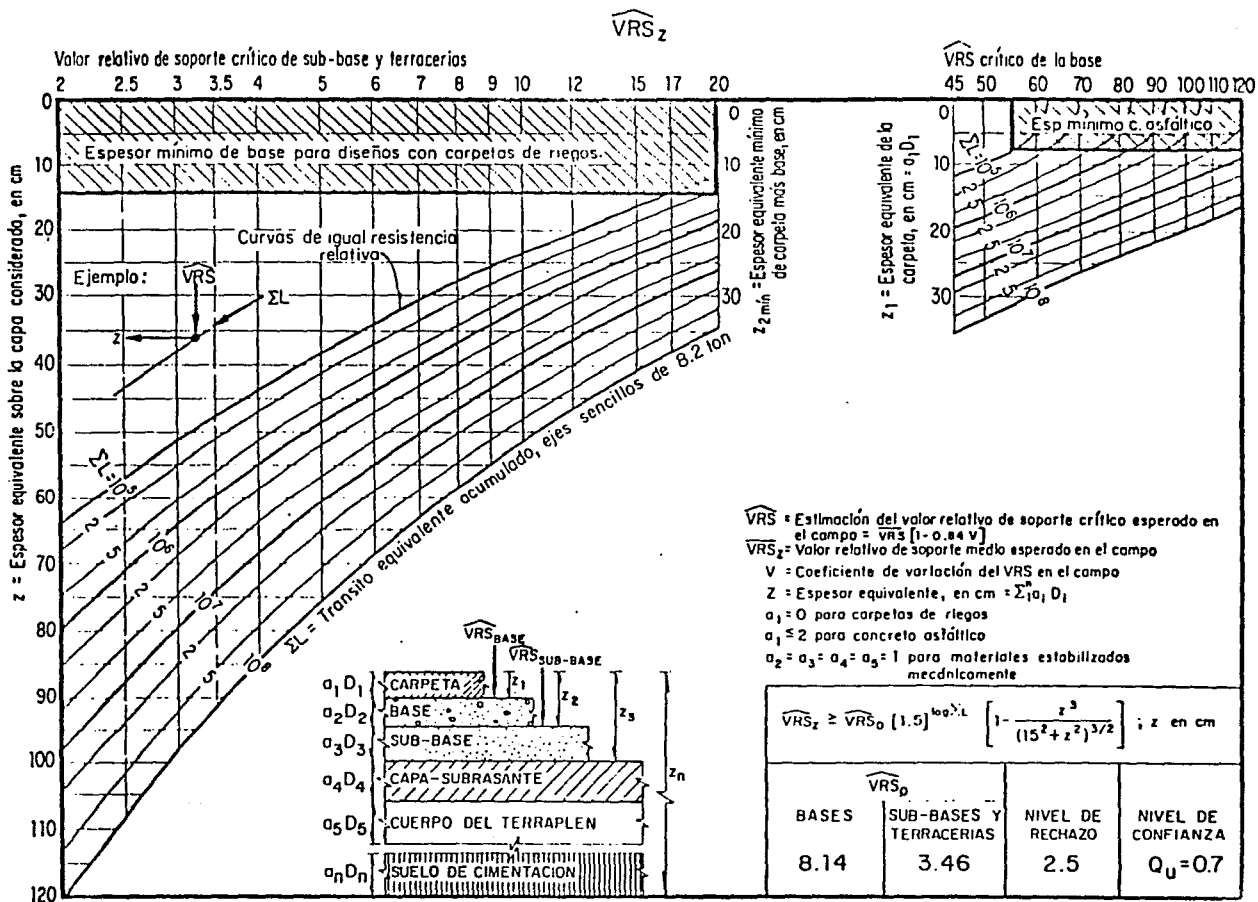


Fig A5. Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

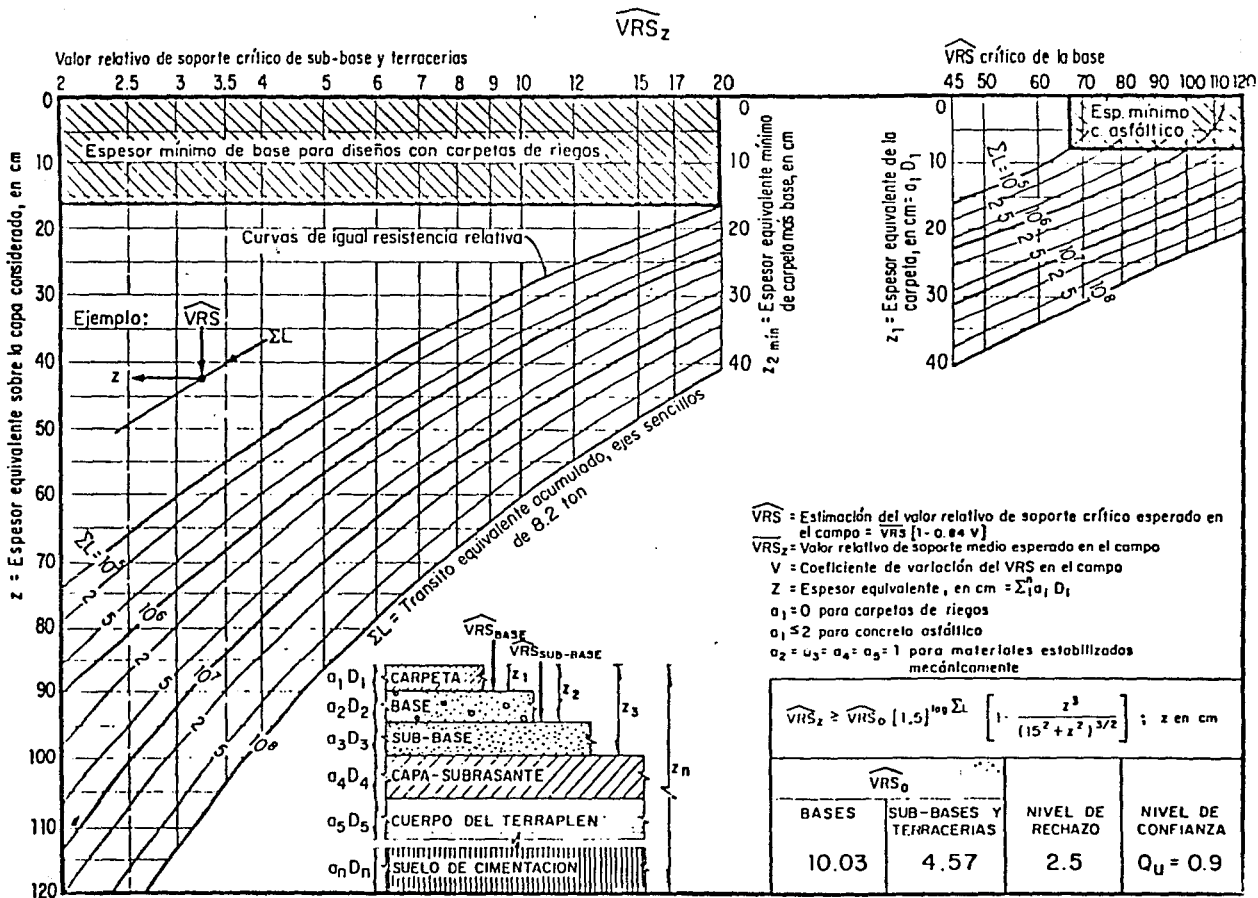


Fig A7. Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible



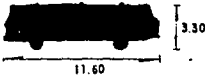
A2 Automóvil

Conjunto	Peso, en ton		P_s , kg/cm ²	d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1	1,0	0,6	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
2	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Σ	2,0	1,6		0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000



A'2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Conjunto	Peso, en ton		P_s , kg/cm ²	d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1 ^a	1,7	1,3	4,6	0,268	0,003	0,000	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000
2 ^a	3,8	1,2	4,6	0,268	0,061	0,023	0,015	0,268	0,001	0,000	0,000
Σ	5,5	2,5		0,536	0,064	0,023	0,015	0,536	0,002	0,000	0,000



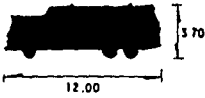
B2 Autobús de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		P_s , kg/cm ²	d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío				
	Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A	1 ^a	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,001	0,010
	2 ^a	10,0	7,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,679	0,501	0,433
	Σ	15,5	10,5		2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,757	0,502	0,443
Camino B	1 ^a	5,0	3,5	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,001	0,010
	2 ^a	9,0	6,5	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,558	0,359	0,292
	Σ	14,0	10,0		2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,637	0,360	0,302
Camino C	1 ^a	4,0	3,0	5,8	1,000	0,126	0,002	0,021	1,000	0,044	0,005	0,004
	2 ^a	8,0	6,0	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,448	0,249	0,190
	Σ	12,0	9,0		2,000	1,070	0,902	0,899	2,000	0,492	0,254	0,194

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

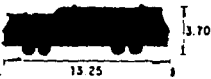
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig D1. Coeficientes de daño



B3 Autobús de tres ejes

	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1 ²	5,5	4,0	5,4	0,666	0,286	0,155	0,116	0,666	0,107	0,034	0,021
	2 ^{2A}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037
	Σ	19,5	12,0		1,999	1,369	0,877	0,852	1,999	0,321	0,091	0,058
Camino B	1 ²	5,0	4,0	5,4	0,666	0,216	0,099	0,070	0,666	0,107	0,034	0,021
	2 ^{2A}	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026
	Σ	19,0	11,5		1,999	1,299	0,821	0,805	1,999	0,279	0,076	0,047
Camino C	1 ²	4,0	3,5	5,4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,068	0,018	0,010
	2 ^{2A}	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026
	Σ	18,0	11,0		1,999	1,190	0,756	0,756	1,999	0,240	0,060	0,036



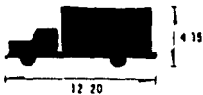
B4 Autobús de cuatro ejes

	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1 ²²	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003
	2 ^{2A}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037
	Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040
Camino B	1 ²²	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003
	2 ^{2A}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037
	Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040
Camino C	1 ²²	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003
	2 ^{2A}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037
	Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040

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

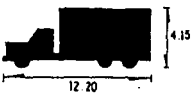
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig D2. Coeficientes de daño



C2 Camión de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton			p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	z = 0		z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
													5,5
Camino A	2**	10,0	3,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004	
	Σ	15,5	6,5		2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,123	0,028	0,014	
Camino B	1*	5,0	3,0	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,044	0,009	0,004	
	2**	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004	
	Σ	14,0	6,0		2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,088	0,018	0,008	
Camino C	1*	4,0	2,5	5,8	1,000	0,126	0,036	0,021	1,000	0,022	0,003	0,002	
	2**	8,0	2,5	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,022	0,003	0,002	
	Σ	12,0	5,0		2,000	1,070	0,936	0,899	2,000	0,044	0,006	0,004	



C3 Camión de tres ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton			p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	z = 0		z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
													5,5
Camino A	2**	18,0	4,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002	
	Σ	23,5	8,5		3,000	2,817	2,457	2,940	3,000	0,154	0,039	0,023	
Camino B	1*	5,0	3,8	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,106	0,028	0,016	
	2**	15,0	4,2	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,021	0,002	0,001	
	Σ	20,0	8,0		3,000	1,876	1,178	1,160	3,000	0,127	0,030	0,017	
Camino C	1*	4,0	3,5	5,4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,068	0,018	0,010	
	2**	14,0	4,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,015	0,002	0,001	
	Σ	18,0	7,5		1,999	1,190	0,756	0,756	1,999	0,083	0,020	0,011	

† Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

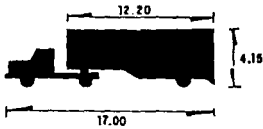
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig D3. Coeficientes de daño



C4 Camión de cuatro ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
		1 [△]	5,5		4,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,187
2 ^{**△}	22,5	8,0	5,8	3,000	2,422	2,289	2,818	3,000	0,084	0,020	0,011	
Σ	28,0	12,5		4,000	2,771	2,456	2,937	4,000	0,271	0,084	0,051	



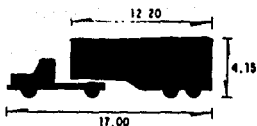
T2-S1 Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje

Camión B	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
		1 [△]	5,5		3,2	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,057
2 [△]	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,016	0,009	
3 [△]	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,016	0,009	
Σ	25,5	10,0		3,000	3,431	4,747	5,759	3,000	0,199	0,044	0,024	
1 [△]	5,0	3,0	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,044	0,009	0,004	
2 [*]	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004	
3 [*]	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004	
Σ	23,0	9,0		3,000	2,729	3,072	3,331	3,000	0,132	0,027	0,012	

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

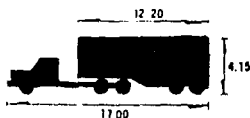
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig D4. Coeficientes de daño



T2-S2 Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		A, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío				
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
		Camino A											
	1 ^z	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
	2 ^z	10,0	3,5	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,079	0,019	0,010	
	3 ^z	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001	
	Σ	33,5	11,5		4,000	4,358	4,747	5,760	4,000	0,222	0,057	0,032	
Camino B													
	1 ^z	5,0	3,4	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,071	0,016	0,009	
	2 ^z	9,0	3,4	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,071	0,016	0,009	
	3 ^z	15,0	3,7	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,012	0,001	0,001	
	Σ	29,0	10,5		4,000	3,110	2,661	2,790	4,000	0,154	0,033	0,019	



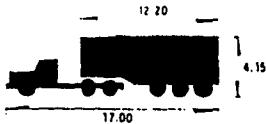
T3-S2 Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		A, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío				
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
		Camino A											
	1 ^z	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
	2 ^z	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001	
	3 ^z	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001	
	Σ	41,50	12,0		5,000	5,285	4,747	5,761	5,000	0,160	0,040	0,023	
Camino B													
	1 ^z	5,0	3,5	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,019	0,010	
	2 ^z	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001	
	3 ^z	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001	
	Σ	35,0	11,5		5,000	3,491	2,250	2,249	5,000	0,113	0,023	0,012	

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

- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

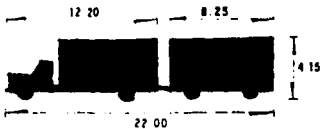
Fig D5. Coeficientes de daño



T3-S3

Tractor de tres ejes con
semirremolque de tres ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
					1	2	3	4	1	2	3	4
	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	3	22,5	5,0	5,8	3,000	2,422	2,289	2,818	3,000	0,011	0,002	0,001
	Σ	46,0	13,0		6,000	5,239	4,746	5,758	6,000	0,154	0,040	0,023



C2-R2

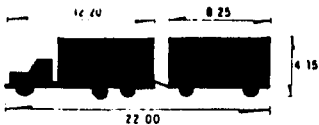
Camión de dos ejes con
remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
					1	2	3	4	1	2	3	4
	1	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
	2	10,0	3,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004
	3	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
	4	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
	Σ	35,5	10,5		4,000	4,972	7,037	8,579	4,000	0,141	0,030	0,014

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

- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

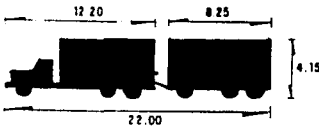
Fig D6. Coeficientes de daño



C3 - R2

Camión de tres ejes con
remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p		z: 0	z: 15	z: 30	z: 60	z: 0	z: 15	z: 30	z: 60
						z: 0	z: 15	z: 30	z: 60	z: 0	z: 15	z: 30	z: 60
	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
	2	18,0	4,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002	
	3	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
	4	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
	Σ	43,5	12,5		5,000	5,899	7,037	8,580	5,000	0,172	0,041	0,023	



CR - R3

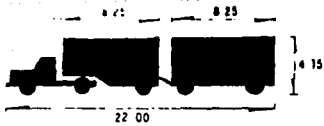
Camión de tres ejes con
remolque de tres ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p		z: 0	z: 15	z: 30	z: 60	z: 0	z: 15	z: 30	z: 60
						z: 0	z: 15	z: 30	z: 60	z: 0	z: 15	z: 30	z: 60
	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
	2	18,0	4,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002	
	3	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
	4	18,0	3,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,005	0,000	0,000	
	Σ	51,5	14,5		6,000	6,826	7,037	8,581	6,000	0,168	0,040	0,023	

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

- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

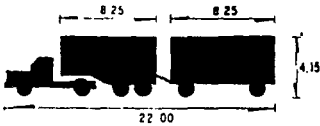
Fig D7. Coeficientes de daño



T2-S1-R2

Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	$p, \text{kg/cm}^2$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
1	5,5	3,2	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,057	0,012	0,008	
2	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,016	0,009	
3	10,0	2,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,018	0,003	0,001	
4	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001	
5	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001	
I	45,5	13,5		5,000	6,513	9,327	11,399	5,000	0,174	0,035	0,018	



T2-S2-R2

Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	$p, \text{kg/cm}^2$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
2	10,0	4,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,126	0,036	0,021	
3	18,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000	
4	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001	
5	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001	
I	53,5	16,0		6,000	7,440	9,327	11,400	6,000	0,289	0,077	0,044	

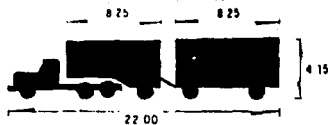
+Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

*EJE SENCILLO

**EJE TANDEM

***EJE TRIPLE

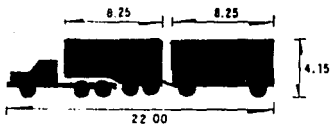
Fig D8. Coeficientes de daño



T3-S1-R2

Tractor de tres ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p, kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ³	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
2 ³	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001	
3	10,0	2,5	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,022	0,003	0,002	
4	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001	
5 ²	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001	
Σ	53,5	15,0		6,000	7,440	9,327	11,400	6,000	0,193	0,045	0,026	



T3-S2-R2

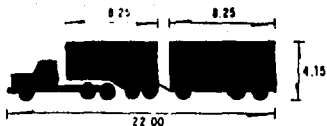
Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p, kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ³	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021	
2 ³	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001	
3 ²	18,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000	
4 ²	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001	
5 ²	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001	
Σ	61,5	16,0		7,000	8,367	9,327	11,401	7,000	0,180	0,043	0,024	

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

- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

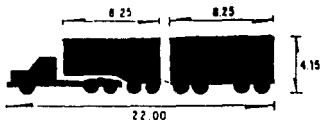
Fig D9. Coeficientes de daño



T3-S2-R3

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de tres ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			$\pm d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	p, kg/cm ²	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
					1	2	3	4	1	2	3	4
	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,003
	3	18,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000
	4	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001
	5	18,0	3,2	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,006	0,001	0,000
	Σ	69,5	17,0		8,000	9,294	9,327	11,401	8,000	0,173	0,042	0,023



T3-S2-R4

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			$\pm d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	p, kg/cm ²	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
					1	2	3	4	1	2	3	4
	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	3	18,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000
	4	18,0	3,3	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,007	0,001	0,000
	5	18,0	3,2	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,006	0,001	0,000
	Σ	77,5	18,0		9,000	10,221	9,327	11,403	9,000	0,165	0,041	0,022

† Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig D10. Coeficientes de daño

C A P I T U L O VI

S E Ñ A L A M I E N T O

A) GENERALIDADES

En las últimas décadas, el acelerado crecimiento de los vehículos, ha obligado también a un acelerado desarrollo del sistema vial, al grado de que los usuarios de las carreteras, han venido a depender cada día más, de la existencia de éstos dispositivos de control de tránsito, para su protección e información. Estos dispositivos incrementan el rendimiento de cualquier camino, por modesto que sea.

La uniformidad, de los dispositivos, de tránsito que hoy se conocen, no siempre se tuvieron, los esfuerzos encaminados a lograrlo, se indicaron en el año de 1928, en el Segundo Congreso de Carreteras, celebrado en Río de Janeiro Brasil.

En los subsecuentes congresos de carreteras, se siguió trabajando para lograr un sistema uniforme de señalamiento. En 1949, la conferencia de Transporte Vial de las Naciones Unidas, celebrada en Ginebra Suiza, aprobó un protocolo para señales de tránsito, el cuál fué aceptado parcialmente por algunos países, principalmente europeos.

En 1952, la Organización de las Naciones Unidas, con el auxilio de un grupo de expertos, preparo un proyecto de un Sistema Uniforme de Señales. Este proyecto fué comunicado a todos los gobiernos, recomendándoles que lo consideraran en la revisión de sus sistemas de señales, el proyecto contempló señales de tránsito generalmente a base símbolos.

En nuestro país como en casi todos los países latinoamericanos, las señales que se utilizaban, seguían las normas -- usadas en los Estados Unidos, y a partir de 1952, se introdujo también el propuesto por la ONU, aunque con ligeras modificaciones.

Lo anterior originó el uso de una extensa variedad de -- señales, pero sin lograrse todavía una uniformidad ó reglamentación.

En 1964, el Comité de Tránsito y Seguridad de Carreteras, recomendo la preparación de un manual que armonizara todas -- las tendencias en el continente, originadas en los diferentes foros internacionales. Por este motivo, el gobierno de nuestro país, ordenó la elaboración de un manual, conteniendo los dispositivos para el control de tránsito en calles y caminos, considerando 2 objetivos principales. Primero, la adhesión a la uniformidad internacional, que permitiera facilitar el -- tránsito entre los países del continente, mediante un sistema de fácil comprensión, independientemente del idioma del usuario y segundo lograr la uniformidad y efectividad de señales-- en todo el país.

Todas las señales y dispositivos de tránsito, requieren-- como condición para operar eficientemente, la concurrencia -- de cinco requisitos fundamentales :

- 1.- Satisfacer una necesidad importante.
- 2.- Llamar la atención.
- 3.- Transmitir su mensaje de una manera clara y fácil de entender.
- 4.- Imponer respeto a los usuarios del camino.

5.- Su ubicación debe ser en el lugar apropiado para que el usuario tenga tiempo de reaccionar.

Para cumplir con lo anterior, se requiere que el proyecto de las señales, tome en cuenta aspectos como : Tamaño, forma, composición de colores y contrastes, así como la iluminación o efectos reflejantes donde sea necesario, todo con el - objeto de llamar la atención del conductor.

Actualmente, el desarrollo del sistema de señales y dispositivos de tránsito continua, y cada vez aparecen nuevas señales, con novedosos sistemas en sus dispositivos electrónicos y en sus dimensiones, revolucionando la composición de -- colores y contrastes, acordes con las nuevas exigencias de -- los caminos de nuestro país.

En campo, cuando se construye un camino nuevo, se acostumbra clasificar en 2 grandes grupos el señalamiento, para - su colocación, y son el Señalamiento Horizontal y el Señalamiento Vertical.

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.- Dentro de este grupo, podemos considerar todo el señalamiento referente a rayas y letras -- que se pintan sobre el pavimento, guarniciones y defensas - - metálicas que se colocan en las orillas de los acotamientos, - las boyas y vialetas, ú otra clase de objetos que se colocan en la superficie de rodamiento, con el fin de regular ó encauzar el tránsito, e indicar la presencia de obstáculos. Así mismo algunos dispositivos que se colocan dentro de alguna arteria vial o sus inmediaciones, para protección, encauzamiento - y prevención a los conductores de vehículos y peatones.

SEÑALAMIENTO VERTICAL.- Dentro de este grupo, se incluyen las señales elaboradas a base de tableros de lámina fijados en postes, con símbolos ó leyendas que tienen por objeto informar al usuario. Este tipo de señales por el tipo de información que brindan, se clasifican en Señales Restrictivas, Preventivas e Informativas.

También se agrupan dentro del señalamiento vertical, -- los semáforos y sus diferentes tipos de aparatos electromecánicos y electrónicos, y algunos dispositivos para protección en obras, que se emplean transitoriamente para proteger a los conductores, peatones y trabajadores.

Señales Preventivas. Se caracterizan por el color negro de sus símbolos y el color amarillo de su lámina, tienen por objeto, prevenir a los conductores sobre la existencia de -- algún peligro en el camino y su naturaleza.

Señales Restrictivas.- Generalmente los símbolos ó -- letras de color negro, vienen enmarcados en un círculo rojo, -- y el fondo de la lámina es de color blanco, indican al usuario, la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones -- consignadas en el reglamento de tránsito.

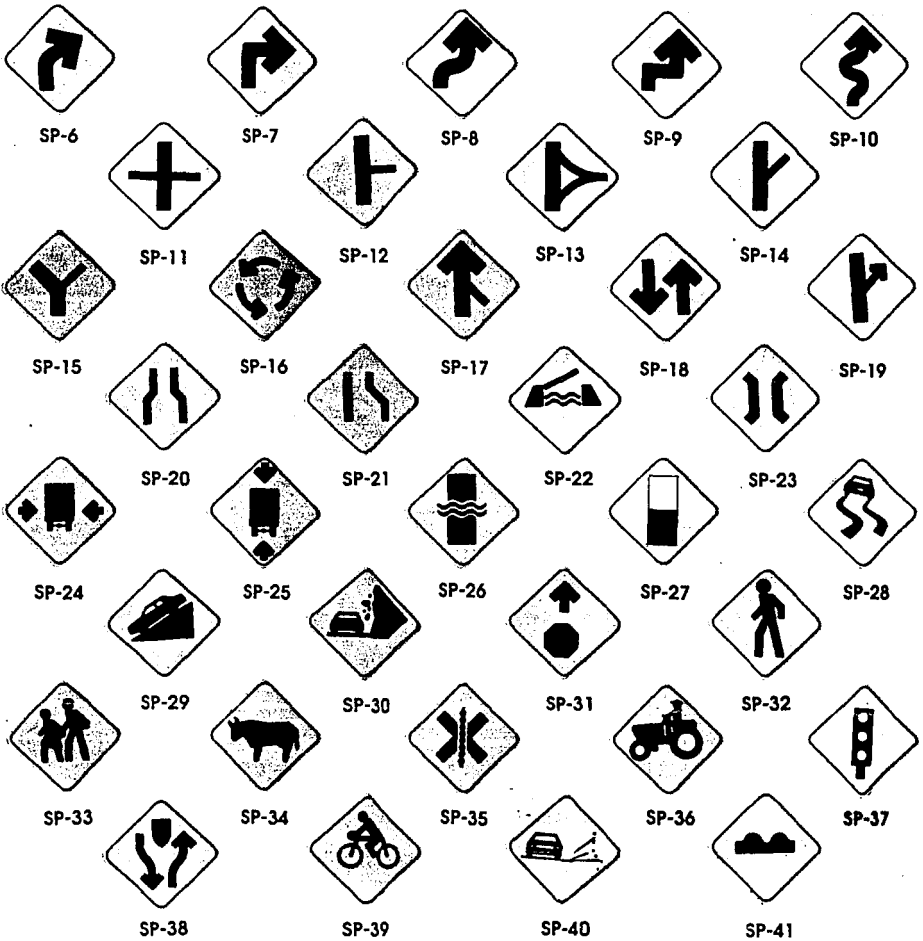
Señales Informativas.- Estas señales se caracterizan -- por su lámina de color azul y símbolos blancos para informaciones de servicios y turísticas, la Señales Informativas de destino vienen en color verde y letras blancas, y las Señales de Información General, en color blanco y letras negras con -- ribete también de color negro. Las de Información de Servicios y Turísticas, se utilizan para informar al usuario, la existencia de un servicio ó de algún lugar de interés turístico --

y/o recreativo. En algunos casos, éstas señales podrán usarse combinadas con una informativa de destino.

Las Señales Informativas de destino, se utilizan para - informar a los conductores, sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de la -- carretera, y podrán ser señales diagramáticas, y señales ba-- jas ó elevadas. Su colocación en los entronques e intersecciones, es fundamental ya que el conductor debe elegir la ruta - de acuerdo con su destino. Las Señales de Información general, se utilizan para proporcionar a los usuarios, información de carácter general como, el nombre de los poblados, datos geo-- gráficos, límites de estados ó nombres de ríos, puentes importantes, casetas de cobro y sentido de circulación del tránsito entre otras.

En el tramo Silao - León, por tratarse de un camino ya-existente y en operación, el señalamiento unicamente se complemento, y se sustituyeron señales deterioradas por nuevas. El-único sub-tramo donde se requirio diseñar señalamiento nuevo, fué de Km. 58+300 a Km. 64+600.

PREVENTIVAS



4.20 m Tablero adicional

RESTRICTIVAS



SR-6



SR-7



SR-8



SR-9



SR-10



SR-11



SR-11A



SR-12



SR-13



SR-14



SR-15



SR-16



SR-17



SR-18



SR-19



SR-20



SR-21



SR-22



SR-23



SR-24



SR-25



SR-26



SR-27



SR-28



SR-29



SR-30



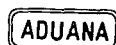
SR-31



SR-32



SR-33



Tablero adicional

ESPECIFICACIONES

USOS

Urbana
Libre
Directa
Autopista

DIMENSIONES

61x61
71x71
86x86
117x117

ACABADOS

Esmalte
Reflejante a base de microesfera
Reflejante a base de scotch-lite

MATERIALES

A. Negro
A. Galvanizado
Aluminio
Acrílico

INFORMATIVAS DE SERVICIOS Y TURISTICAS



SIS-1



SIS-2



SIS-3



SIS-4



SIS-5



SIS-6



SIS-7



SIS-8



SIS-9



SIS-10



SIS-11



SIS-12



SIS-13



SIS-14



SIS-15



SIS-16



SIS-17



SIS-18



SIS-19



SIS-20



SIS-21



SIS-22



SIS-23



SIS-24



SIS-25



SIS-26



SIS-27



SIT-1



SIT-2



SIT-3



SIT-4



SIT-5



SIT-6



SIT-7



SIT-8



SIT-9



SIT-10

DISPOSITIVOS PARA PROTECCION EN OBRAS



DPP-1



DPP-2



DPI-8



DPI-9

CONCLUSIONES.

El nivel de desarrollo de un país, es una serie de fenómenos - que de manera directa ó indirecta se refieren al grado de bienestar de su población. Este grado de bienestar, tiene una relación directa, con las oportunidades materiales y espirituales de sus habitantes, ¿que porcentaje de este desarrollo es imputable a los caminos?, es difícil contestar esta pregunta, pero es indudable - que aunque de manera indirecta, son los caminos una de las principales razones que lo provocan. En nuestro país la relación causa-efecto, del sistema carretero en el desarrollo nacional, ha sido determinante, así hemos visto, en los inicios de la construcción de la red carretera, regiones por donde cruzaba por primera vez - un camino, éstas emergían a un desarrollo incipiente y aceleraban rápidamente su crecimiento.

También se observo, el esfuerzo caminero realizado por el país durante mas de cinco décadas, trabajando ininterrumpidamente para lograr la integración de todas las regiones del país, de tal modo que para 1970, prácticamente todo el país traspasaba ya el umbral del desarrollo incipiente, y multitud de regiones se encontraban en etapas de un desarrollo mas elevado. En ésta misma década, se empiezan a sentir los efectos del explosivo crecimiento -- demográfico, y el aún más explosivo crecimiento de vehículos, poniendo en evidencia ciertas limitaciones del sistema carretero, - el cual en algunas zonas muestra una creciente incapacidad para satisfacer la demanda del transporte. En 1980, se identifica la red troncal básica, que requiere modernizarse con urgencia a cuatro ó mas carriles, ese mismo año se inicia el programa de modernización de la red troncal, siendo el tramo Silao-León, parte de éste programa, sin embargo los recursos asignados para este fin, fueron insuficientes, lo que provoco que el problema se agudizara, a tal grado que para 1990, el gobierno federal se vio en la necesidad, de dar en concesión a la iniciativa privada, la modernización de la red troncal.

Cabe mencionar, que en los últimos años las quejas y reclamos de la ciudadanía por el mal estado de los caminos, ha sido insistente, y las razones que se han manejado, son el exceso de humedad provocada por las lluvias, así como los escasos recursos de que se dispone para su mantenimiento, a estos motivos habría que agregar que en su mayoría se trata de caminos, construidos hace varias décadas, con especificaciones, características de diseño y capacidad de carga acordes para esa época, y que en la actualidad en algunos casos son totalmente obsoletos.

Lo anterior, debe hacernos reflexionar, sobre la importancia tan enorme, que tiene para nuestro país, continuar y acelerar, el programa de modernización de la red troncal, a fin de contar con carreteras modernas, cómodas y seguras que permitan no solamente satisfacer las necesidades actuales del transporte, sino que también continúen su importante participación dentro del desarrollo nacional.

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

- 1) S.A.H.O.P.
" Los Caminos de México.
México, SAHOP 1964
- 2) S.A.H.O.P.
" Caminos y Desarrollo de México"
México, SAHOP 1975
- 3) S.A.H.O.P.
" Manual de Proyecto Geometrico de Carreteras"
México, SAHOP 1979
- 4) S.A.H.O.P.
" Especificaciones Generales de Construcción"
Parte Sexta.
México, SAHOP 1964
- 5) René Etcharren Gutiérrez.
" Manual de Caminos Vecinales"
México, RSI 1969
- 6) S. Corro S.
" Diseño de Pavimento Flexible para Carreteras"
México, Inst. de Ing. de la UNAM 1967
- 7) Miguel Montes de Oca.
" Topografía de México"
México, RSI 1979
- 8) Juárez Badillo y Rico Rodríguez
" Mecánica de Suelos" Tomos I y II.
México, Limusa 1976
- 9) S.C.T.
" Manual de Dispositivos para el Control del
Tránsito en Calles y Carreteras"
México, S.C.T. 1986.