

102



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA
CARRETERA SAN ROBERTO-ALLENDE EN EL
ESTADO DE NUEVO LEON

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
VARGAS BERRA VICENTE
RUIZ CERON CHRISTIAN

ASESOR: ING. LUIS ZARATE ROCHA



MEXICO, D. F.

2000

285706



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTTI/023/99

Señor
VICENTE VARGAS BERRA
CHRISTIAN RUIZ CERON
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS ZARATE ROCHA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA SAN ROBERTO-ALLENDE
EN EL ESTADO DE NUEVO LEON"**

- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES
- II. MARCO LEGAL
- III. ESTUDIOS PRELIMINARES
- IV. DESCRIPCION DEL PROYECTO
- V. CONSTRUCCION DEL PROYECTO
- VI. OPERACION Y MANTENIMIENTO
- VII. ANALISIS FINANCIERO
- VIII. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria 24 de febrero de 1999.
EL DIRECTOR

ING. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg

A mis Padres.

Por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada aun en momentos difíciles, y en especial por su cariño, para el cual no existen palabras que expresen lo que ha significado en el transcurso de mis estudios.

Por esto y mucho más mi más profundo agradecimiento.

CHRISTIAN RUIZ CERÓN.

A mis Padres.

Por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada aun en momentos difíciles, y en especial por su cariño, para el cual no existen palabras que expresen lo que ha significado en el transcurso de mis estudios.

A mis hermanas (Rocío, Edith y Marisol).

Por todos los momentos que hemos pasado juntos con alegrías y descontentos, ya que su presencia siempre me ayudo a sentir completa nuestra vida como familia, y me dejó compartir mis experiencias de estudiante.

A Marcela.

Por tu compañía, apoyo y comprensión que en todo momento y durante esta etapa de mis estudios siempre me brindaste, con el impulso y animo que depositaste en mí fue menos difícil lograr esta meta.

Por esto y mucho más mi más profundo agradecimiento.

VICENTE VARGAS BERRA.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CARRETERA SAN ROBERTO
ALLENDE EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN.

INDICE

INTRODUCCIÓN.	1
1. ANTECEDENTES.	5
2. MARCO LEGAL	9
3. ESTUDIOS PRELIMINARES.	14
• Topográfico.	15
• Geotecnia.	19
• Impacto Ambiental.	25
• Asignación de tránsito.	34
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO.	41
• Justificación del proyecto.	42
• Descripción general.	44
• Análisis de alternativas.	84
5. CONSTRUCCION DEL PROYECTO.	89
• Programa de obra	90
• Proceso constructivo.	94
6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	105
• Sistema de peaje.	106
• Programas de mantenimiento.	112
7. ANALISIS FINANCIERO.	118
8. CONCLUSIONES.	127
BIBLIOGRAFÍA.	129

CUADRO	NOMBRE	PAGINA
2.1	Ordenamientos legales vigentes y corresponsabilidad Sectorial para autopistas.	12
3.1	Número y profundidad de sondeos.	20
3.2	T.D.P.A. de la carretera San Roberto – Allende.	40
4.1	Costo de la obra.	43
4.2	Ruta San Roberto – Allende.	48
4.3	Sección transversal en terraplén.	55
4.4	Sección transversal en corte.	56
4.5	Sección transversal mixta o en balcón.	56
4.6	Taludes comunes.	61
4.7	Maquinaria de compactación.	67
4.8	Pavimento flexible.	71
4.9	Materiales pétreos.	72
4.10	Espesores de base y sub – base.	74
4.11	Tolerancia para estabilizaciones.	75
4.12	Perfil de una cuneta.	78
4.13	Rutas alternativas.	87
5.1	Programa de obra.	93
5.2	Datos sobre tractores y camiones.	98
5.3	Porcentaje de abundamiento.	99
6.1	Tarifa de la autopista Cadereyta – Reynosa.	109
6.2	Tarifa de la autopista Monterrey – Nuevo Laredo.	110
6.3	Ubicación de caseta.	111

CUADRO	NOMBRE	PAGINA
6.4	Esquema de deterioro en las obras viales a través del tiempo y los efectos de una conservación buena y otra mala.	113
6.5	Esquema que muestra el efecto de la rehabilitación en la vida de una obra vial.	113
6.6	Programa de mantenimiento.	117
7.1	Factores económicos y regionales en las vías terrestres.	121
7.2	Recuperación de la inversión.	125
7.3	Gráfica Beneficio – Costo.	126

INTRODUCCIÓN

El sistema carretero en México cumple un doble papel: por un lado constituye uno de los elementos básicos para el ordenamiento territorial y por otra parte, es un componente fundamental de la infraestructura del transporte, fenómeno que a su vez representa uno de los factores clave de todo esquema de desarrollo y transformación. En tal virtud, el sistema de carreteras y caminos debe responder en su evolución, a objetivos nacionales de carácter prioritario y corresponder al nivel de necesidades actuales y, sobre todo, al previsto para los años por venir.

El papel que desempeña el transporte carretero, la magnitud en el movimiento de carga y pasajeros ha dado como consecuencia una intensidad de uso de la denominada red básica carretera, que hace que el 35% de la misma esté alcanzando o haya rebasado su capacidad y que, por las tasas de crecimiento del propio tránsito, ese porcentaje aumente significativamente cada año.

Aunado a la falta de capacidad, está presente en el deterioro de la calidad del servicio que la red debe ofrecer, el estado físico de las carreteras, cuyo desgaste es más acelerado al estar sometido el pavimento a mayores esfuerzos, producto de la intensidad de tránsito y de las nuevas cargas legales autorizadas, para las que no fueron proyectados, por su antigüedad.

Estos dos problemas: la falta de capacidad y el deterioro en el estado físico de las carreteras, conllevan a la necesidad de definir acciones por realizar en cada tramo o ruta, y de programar, el volumen de recursos que a esas acciones corresponde, todo ello en el marco del Plan Nacional de Desarrollo.

En la actualidad se advierten tendencias hacia una mayor participación del mismo en los tránsitos que circulan en la red. En 1960, los aforos de tránsito revelaron que la participación de los automóviles era de 56% del total de vehículos en circulación, mientras que para 1980 dicho porcentaje ascendió al 67%, y se ha estimado que en este año 2000, con una población aproximada de 116 millones de habitantes y un aumento en la tasa de motorización semejante a la observada en los últimos años, la participación

del automóvil llegará a ser del 75%, contra 8% de los autobuses y el 17% de los camiones.

Las modernizaciones posibles consistirían en mejorar las especificaciones de tramos que soportan elevados volúmenes de tránsito; aumento en el número de carriles; construcción de carriles para ascenso de vehículos pesados en zonas montañosas; construcción de vías alterna, etc. Así mismo, las obras de modernización permitirían ampliar el sistema de carreteras de cuotas, en la medida en que se vayan proporcionando dos o más alternativas de comunicación, entre igual origen y destino.

Es necesario intensificar la conservación de las carreteras y caminos, teniendo presente que la conservación tiene tres finalidades principales: en primer lugar, prolonga la vida de las carreteras y caminos y permite aplazar la fecha en que debe renovarse; en segundo lugar, reduce el costo de operación de los vehículos que transitan por ellos; en tercer lugar, permite que se mantengan abiertos al tránsito de manera más continua y contribuye a una mayor regularidad, puntualidad y seguridad de los servicios de transporte por carretera.

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS POR SUS EFECTOS.

Las carreteras de función social son las que se construyen con el fin primordial de integrar al resto del país, las zonas de bajo potencial económico, pero tomando en cuenta a los núcleos de población de cierta importancia. Ya que la existencia de una vía de comunicación permanente extrañará un cambio decisivo en el modo de vida de sus habitantes, al hacerles llegar los beneficios que representa la educación, la salubridad, las relaciones con nuevos mercados y otros servicios.

Las carreteras de penetración económica. El principal objetivo de estas será el de romper la situación de autoconsumo e incorporar las zonas potencialmente productivas a la economía del mercado nacional, debido a que estas son obras de iniciación al desarrollo que establecen las bases que, en esas regiones se efectúen inversiones en otros sectores, a diferentes escalas con el consecuente impacto económico y social para

sus habitantes y el beneficio que implica en la economía nacional, la introducción de los productos en la nueva zona.

Carreteras en zonas desarrolladas. Las obras viales para zonas desarrolladas tienen como efecto principal la reducción de insumos al proporcionar ahorros en los costos de transporte, ya sea que este ahorro se obtenga individualmente (usuarios en la carretera), o por medio de una Institución Gubernamental, siendo la colectividad en todo caso, el sujeto que ahorra. Los beneficios directos que las carreteras aportan a la colectividad son ahorros en costos de tracción ahorros en tiempo de recorrido y supresión de pérdidas motivadas por el posible congestionamiento de las carreteras de la región.

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO.

Plan Nacional de modernizaciones.

Modernización de la red carretera.

Para satisfacer adecuadamente las necesidades que al sistema de transporte le corresponde ante el desarrollo económico y social del país, es inaplazable la modernización integral y homogénea de las rutas nacionales sometidas a utilización intensa. Esto es de vital importancia si se considera que las condiciones de circulación han cambiado en los últimos años, provocando la congestión y el deterioro de algunos caminos, lo que se traduce en pérdidas económicas y bajos niveles de seguridad. Esta situación se presenta por la acción de dos elementos determinantes: las características del tránsito y las condiciones de la carretera, incluyendo su ubicación.

En cuanto al tránsito se puede mencionar el incremento extraordinario y el uso cada vez mayor de los vehículos automotores, y consecuentemente, el uso que se hace de la carretera, como efecto directo del desarrollo económico y del nivel de vida que ha alcanzado el país. Así mismo, la inadecuación de algunos tramos carreteros se debe al uso que de ellos hacen los vehículos (de mayores dimensiones y capacidades que desarrollan mayores velocidades en su operación) muy diferente a los de proyecto.

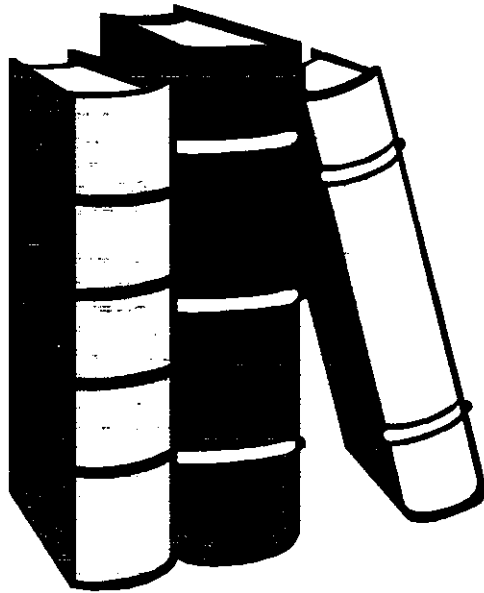
La interacción de los elementos, tránsito y carretera, hicieron necesaria la formulación de un plan de modernización de la red carretera que, además de cumplir con los Objetivos generales del sector y apoyar el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, cumpliera con los siguientes lineamientos:

- Garantizar un nivel de servicio adecuado a las necesidades de los usuarios y acorde al desarrollo de la zona donde se localizan los caminos.
- Proporcionar mayores niveles de seguridad en las carreteras.
- Proporcionar la continuidad en los recorridos mediante la homogeneización de las características geométricas de la red carretera.
- Aprovechar, al máximo posible, las inversiones realizadas con anterioridad.
- Terminar, al ritmo conveniente, las obras que se encuentran en proceso, buscando la pronta obtención de los beneficios previstos asegurando así la continuidad en el proceso.

El plan nacional de modernizaciones contiene un número considerable de tramos carreteros que requieren de modernización pero, debido a la limitación de recursos con que cuenta el país, no es posible pensar en que se puedan llevar a cabo en el corto plazo. Por tal motivo fue necesario hacer una selección de aquellos tramos que requieren con mayor urgencia de acciones que les permitan contribuir en forma eficiente al desarrollo económico del país.

Estas obras seleccionadas constituyen el Programa de Modernizaciones. Para la selección de cada una de ellas se consideraron, en términos generales, los aspectos de tránsito, capacidad de la carretera, niveles de servicio, período de saturación, estado físico de la carretera y su contribución al fortalecimiento de los sistemas de transporte, para lograr una mejor integración territorial y la formación de corredores urbano - rurales, mediante el fortalecimiento de las zonas prioritarias para la inversión pública, señaladas en el Plan Nacional de Desarrollo Urbano.

1.- ANTECEDENTES.



ANTECEDENTES.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

El Plan Nacional de Desarrollo (1994 - 2000) indica que en materia de infraestructura para el transporte, México acusa serias deficiencias, que hacen imperativo llevar a cabo un gran esfuerzo en materia de inversión pública y privada durante los próximos años, que permita continuar con la construcción de autopistas y la modernización y/o la ampliación de las carreteras troncales.

Para orientar este esfuerzo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) ha definido un sistema de ejes carreteros troncales, integrados por carreteras federales y autopistas de cuota que se pretende sean de altas especificaciones y que por ese motivo den lugar a una concentración del tipo de inversiones mencionado.

En este sentido se han desarrollado nuevas alternativas para el financiamiento de obras de infraestructura, que incluyen el Fondo para el Financiamiento de Infraestructura (FINFRA) y el esquema de Obra Pública Financiada, el cual permite la canalización de aportaciones públicas en proyectos rentables. De esta forma se tienen los elementos necesarios, desde el punto de vista de financiamiento, para llevar a cabo la construcción de aquellos proyectos cuya rentabilidad económica y financiera demuestren su factibilidad.

PROGRAMA NACIONAL DE AUTOPISTAS.

En febrero de 1989 comenzó el Programa Nacional de Autopistas, que comprende tres rubros: autopistas de cuota concesionadas a particulares; autopistas desarrolladas con fondos públicos generalmente libres, pero en algunos casos de cuota- y las autopistas de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

Este programa permitió la incorporación de particulares, instituciones financieras y gobiernos de los estados en la construcción y operación de autopistas bajo el régimen de concesión.

Dentro de este nuevo esquema se dio preferencia a aquellos proyectos que daban continuidad a la red o que crearan ejes prioritarios de comunicación. De esa manera se otorgaron concesiones para construir 5,245 kilómetros de carreteras de altas especificaciones; 14 libramientos y seis puentes internacionales.

La perspectiva de crecimiento y modernización del país exige, sin embargo, construir alrededor de 16 mil kilómetros de autopistas para integrar las diversas regiones del país, mediante un sistema de transporte carretero moderno y rápido, y para satisfacer así la exigencia planteada por la mayor vinculación de México con el exterior.

DATOS SOBRE EL SISTEMA CARRETERO DE MÉXICO.

Con una extensión de 365,119 kilómetros, las carreteras de México enlazan por igual tanto a los principales centros de población, que a los de producción y consumo del país.

Este sistema carretero cuenta con 5,683 kilómetros de autopistas federales de cuota, y 147,456 kilómetros conforman la red de caminos rurales.

En sus diferentes modalidades, por este sistema se movilizan anualmente más de 2,700 millones de personas y alrededor de 620 millones de toneladas de carga, lo que lo convierte en el principal medio de traslado en el país, equivalente al 60% del tonelaje total de carga que circula por el territorio, y al 98% de los pasajeros.

El uso de la red carretera del país se ha quintuplicado de 1960 a la fecha, con un crecimiento anual del 9%.

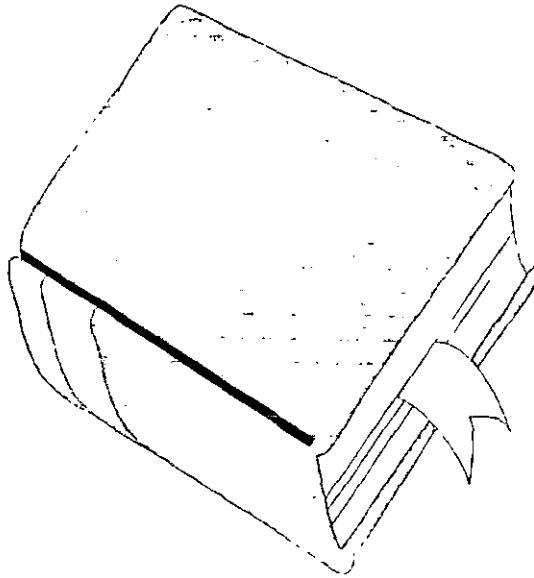
En el Estado de Nuevo León por su gran actividad industrial y en virtud del intercambio de bienes y servicios cada día mayor entre México y Estados Unidos a raíz del tratado de libre comercio, necesita fortalecer la infraestructura carretera del estado para cumplir con los compromisos de la apertura comercial.

La ciudad de Monterrey, como centro principal de operaciones del estado de Nuevo León, requiere una comunicación carretera más eficiente y segura con el centro del país que le permita satisfacer las necesidades de la industria, el comercio y los bienes y servicios que demanda la población regiomontana.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha establecido la necesidad de modernizar el eje carretero México – Nuevo Laredo y sus ramales a Reynosa y Piedras Negras con el fin de que el centro – norte del país cuente con una super carretera que traerá grandes beneficios al tránsito de largo itinerario.

Bajo esta perspectiva, el gobierno del Estado de Nuevo León ha planteado la necesidad de conectar a Monterrey a través de una vía corta de altas especificaciones con el eje carretero México - Nuevo Laredo.

2.- MARCO LEGAL.



MARCO LEGAL.

Hasta la primera mitad de este siglo, México sólo contaba con algunos reglamentos dispersos, tales como el del agua potable (1935), el de parques nacionales (1942) y el de protección de suelos y agua (1946); asimismo, no se otorgaba prioridad al tema ambiental en la política nacional.

En marzo de 1971, poco antes de las reuniones internacionales sobre medio ambiente en Estocolmo, Suecia, el gobierno mexicano promulgó la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación, y en julio del mismo año se reformó la sección cuarta del artículo 73 de la Constitución (relacionado con los temas de salud), para incorporar referencias al tema ambiental.

A esta Ley siguió la Ley Federal de Protección al Medio Ambiente, de principios de 1982 y en enero de 1988 la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el máximo ordenamiento ambiental que rige en nuestro país.

El movimiento del marco legal ambiental en México puede decirse que ha sido dinámico y heterogéneo, siempre con una fuerte influencia del extranjero. Si a este le sumamos la participación de las diferentes instancias de gestión y su competencia, se delinea un difícil esquema de cumplimiento.

Aún con las actuales tendencias de desregulación de decretos específicos (Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Parques Nacionales, Reservas de la Biosfera, Facilidades Administrativas y Condonaciones para el pago de Derechos en materia de Agua e Internacionales) y la formulación de Normas Nacionales Mexicanas simplificadas, se requiere un seguimiento detallado para el conocimiento del referente legal y por ende, con ello evitar pagos y sanciones.

En el cuadro 2.1 se incluye un esquema simplificado de las regulaciones ambientales asociadas a las autopistas, así como las instancias de los tres niveles de gobierno y los sectores con competencia en el seguimiento y control de estas.

En términos generales, la satisfacción del marco legal implica un amplio margen de leyes, reglamentos, normas, acuerdos, decretos y otros instrumentos que están en constante actualización.

La operadora debe tener siempre el conocimiento sobre el marco legal y su evolución con la finalidad de llevar a cabo las exigencias ambientales, tanto desde la perspectiva de seguridad e imagen para los usuarios, así como del cabal cumplimiento de dicho marco. Es conveniente resaltar, el beneficio de asegurar el seguimiento y control de las acciones ambientales, para evitar posibles conflictos con cualquiera de los sectores de la sociedad o incluso, diversos cargos administrativos.

Como se observa en el mismo cuadro 2.1, en la gestión ambiental participan distintas instancias de gobierno a través de las cuales hay que legalizar y validar los procesos y sistemas establecidos.

Las materias donde principalmente existen mayores exigencias entorno a la observación de las regulaciones ambientales están asociadas al agua potable, aguas residuales y su rehuso, residuos sólidos y peligrosos, recursos naturales, flora y fauna silvestres y áreas naturales protegidas. En todos estos casos, existen reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas de aplicación federal, además de las propias restricciones regionales y/o locales.

A lo largo de todo este proceso de preparación del sitio y construcción será generada una cantidad, de todo tipo de materiales de desecho. En la etapa de construcción habrá dos tipos genéricos de residuos.

El primero reúne a todos aquellos materiales de desperdicio donde los materiales de construcción son los principales componentes, tales como: cemento, cal, arena, asfalto, materiales producto de cortes y envases de algunos de ellos como bolsas de cemento, aditivos, etc.

El segundo tipo considera residuos sólidos municipales como son: desperdicios de alimentos, residuos de aseo personal, de los trabajadores y empaques.

**CUADRO 2.1 ORDENAMIENTOS LEGALES VIGENTES Y
CORRESPONSABILIDAD SECTORIAL PARA AUTOPISTAS**

ORDENAMIENTOS LEGALES	CORRESPONSABILIDAD SECTORIAL									
	FEDERAL				ESTATAL/LOCAL			PRIVADO		
	SEMARNAP			SCT	DEL	EDO	MUN	ONG	POB	CON
	INE	PPA	CNA							
Constitución Política.										
Ley General del Equilibrio Ecológico Protección al Ambiente (LGEEPA).										
Ley de Vías Generales de Comuni- cación.										
Ley de Caminos Puentes y Auto- transporte Federal (LCPAF).										
Ley de Aguas Nacionales (LAN).										
Ley Federal de Derechos (LFD).										
Ley General de Salud (LGS).										
Reglamento de la LGEEPA en ma- teria de Residuos Peligrosos.										
Reglamento de la LVGC en materia de Transp. de Mats. y Resid. Peligrosos										
Reglamento de Derecho de Vía de las Carreter. Fed. y Zonas Aledañas.										
Reglamento de la LGEEPA en ma- teria de Impacto Ambiental.										
Reglamento de la LGEEPA en ma- teria de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.										
Reglamento de la LGS en materia de Salud Pública.										
Reglamento de la LFD en materia de Agua										
Leves Estatales de Ecología.										
Reglamentos Estatales o Locales.										
Normas Oficiales Mexicanas (NOM).										
Decretos y Acuerdos, tanto de orden Nacional como Internacional.										
SIMBOLOGÍA										
SEMARNAP.	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.									
ONG.	Organizaciones no Gubernamentales.									
CON.	Empresa Concesionada.									
SCT.	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.									
INE.	Instituto Nacional de Ecología.									
PPA.	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.									
CNA.	Comisión Nacional del Agua.									
DEL.	Delegación Estatal o Local de la SEMARNAP.									
EDO.	Estado.									
MUN.	Municipio.									
POB.	Población.									

Todas las actividades antes mencionadas serán realizadas ajustándose a lo que marcan:

1. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).
2. Los reglamentos de esta Ley en Materia de Impacto Ambiental, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, Residuos Peligrosos, Contaminación originada por la emisión de Ruido y Áreas Naturales Protegidas.
3. Las Normas Oficiales correspondientes a cada uno de los reglamentos antes mencionados como la NOM-031-ECOL-93, NOM-047-ECOL-93, NOM-077-ECOL-94, NOM-052-ECOL-93, NOM-054-ECOL-93, NOM-080-ECOL-94, NOM-083-ECOL-93, y normas para materiales y servicios técnicos 2.01.01.

El uso de suelo actual tendrá un cambio sobre aproximadamente 552 hectáreas que es la superficie del derecho de vía para la construcción y operación de la carretera, considerando 60 metros de derecho de vía para la mayor parte del trazo.

Así mismo y como principal instrumento de ordenamiento ambiental, están las manifestaciones de Impacto Ambiental en torno a las carreteras, donde las acciones previstas para la prevención y mitigación de los impactos, juegan un papel importante.

Con base en la legislación vigente, las licencias de construcción están condicionadas por las correspondientes resoluciones de Impacto Ambiental emitidas por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

3.- ESTUDIOS PRELIMINARES.



TOPOGRÁFICO.

Nuevo León está situado entre los paralelos $23^{\circ} 10'$ y $27^{\circ} 47' 30''$ de latitud norte y entre los $0^{\circ} 42' 16''$ oriente y $2^{\circ} 5' 15''$ poniente del meridiano de México. Limita al norte con los estados de Coahuila y Tamaulipas y con Estados Unidos; al oriente con Tamaulipas, al sur, con éste y San Luis Potosí, Zacatecas y Coahuila. Mide 509 kilómetros de norte a sur; su anchura es muy irregular, con máximo de 269 kilómetros.

El área total es de 65,103 kilómetros cuadrados. Se distinguen en la entidad tres regiones naturales: la denominada plano inclinado, que comprende toda la porción oriental, subdividida a su vez en las subregiones del norte (de grandes llanuras desérticas, pobre vegetación y lluvias escasas), del oriente (de lomeríos bajos y escasa vegetación), del centro (de terreno accidentado y más fértil) y la del sureste (de fértiles valles); la Sierra Madre abrupta y de valles altos, de grandes cañadas y bellas cascadas, de clima templado en el verano y extremosa y frío en el invierno; el altiplano, al sur, que forma parte de la mesa central, seca y desértica, de clima frío y agua escasa que es recogida en aljibes.

El territorio de Nuevo León es cruzado de sureste a noreste por la sierra Madre Oriental, de la cual se desprenden numerosas cadenas de montañas, separadas por amplios valles y estrechos cañones. Su anchura varía entre 30 y 65 kilómetros y su altura media es de 2 mil a 2,300 metros. Las mayores elevaciones el pico del Potosí, en el municipio de Galeana (3 mil metros), y el peña Nevada, en el de General Zaragoza (3,600).

El cañón de Santa Rosa, en el sur; el de la Huasteca, en las cercanías de Monterrey, y los del Potrero, en Hidalgo, son notables por su belleza. Las más importantes derivaciones de la formación principal están constituidas, en el norte, por las sierras de la Iguana y de Santa Clara; al noreste por las de Picachos y Papagayos; al poniente, por las de Gomas, Espinazo y del Muerto; y en el centro, por la de las Mitras y la Silla. Son de belleza singular las grutas de Bustamante, en la sierra de Gomas, y las de García, en el cerro del Fraile. Las montañas del altiplano ofrecen características distintas. Entre éstas pueden citarse las de San Pablo y la Hedionda, en Galeana; de

Soledad en Aramberri; y de Ipoa, en los límites de San Luis Potosí. Una de las formaciones naturales más notables en aquella región, es la del Puente de Dios.

El río Solado cruza toda la parte norte del Estado. Entra por el municipio de Anáhuac, procedente de Coahuila, y sale por el de Parás a Tamaulipas, para desembocar en el Bravo. Son afluentes suyos el Candela y el Sabinas, nacido este último en el municipio de Sabinas Hidalgo. En ese mismo municipio nace el río del Álamo. El de Sosa tiene su origen en Cerralvo. El más importante de la cuenca central es el río de San Juan, que nace en el municipio de Santiago. Sus aguas son permanentes y abundantes y riegan una basta y fértil zona. Son afluentes de éste el Pesquería y el Salinas, que nacen en Coahuila y se unen en el municipio de Dr. Coss; y el Santa Catarina y el de la Silla, que confluyen en el municipio de Juárez; así como el del pilón, que riega la rica zona cítrica del Estado. En el sur este, los ríos Potosí y Pablillo son afluentes del Conchos; y en la cuenca del sur los más importantes son el San Antonio y el Río Blanco.

Las lagunas y vasos en el estado son escasos. En el norte están el de la Leche, las Tripas y el Pillaje; la de Loyola, en China, y la de Labradores en Galeana. Hay algunas fuentes termales, entre otras las del Topo Chico, en Monterrey; las Blancas, en Mina; Potrero Prieto, en Iturbide, y La Boca, en Santiago.

Una vez que se conoce el terreno y se tiene situada la línea, donde ya se requieren estudios de gran precisión con el fin de poder definir las características geométricas de la carretera, las propiedades de los materiales que lo forman y las condiciones de las corrientes que cruza. Con respecto a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de corte y terraplenes y las elevaciones de subrasante.

Referente a las propiedades de los materiales que formarán las terracerías, se proporcionarán las normas para su detección, explotación, manejo, tratamiento y compactación como en toda obra por ejecutar se busca la mayor economía posible, en la construcción de la carretera, se procede al cálculo de los movimientos de terracerías por medio del diagrama denominado curva masa; así mismo, se dan los procedimientos que deben seguirse durante la construcción.

El perfil se dibuja a las siguientes escalas: escala vertical 1:200 y escala horizontal 1:2000.

Al proyectar una carretera, la sección del tipo de carretera, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente de la demanda, es decir del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y composición.

Para efectos de proyecto un terreno se puede clasificar en: plano, lomerío y montañoso, estos tres tipos representan combinaciones de características geométricas en grado variable, que se refiere principalmente a las pendientes longitudinales y a la sección transversal.

Terreno plano.

Se considera terreno plano aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula, en este tipo de terreno el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, sensiblemente paralelo al terreno, 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 y puentes.

Terreno con lomerío

Como lomerío se considera el terreno cuyo perfil longitudinal presenta una sucesión de cimas y depresiones de cierta magnitud con pendiente transversal no mayor de 25 %. En este tipo de terreno, 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.

Las características de este tipo de terreno, es el de proyectar la subrasante a base de contrapendientes, la compensación longitudinal de las terracerías en tramos de longitud considerable; el hecho de no representar problema deja el espacio vertical necesario para alojar las obras de drenaje y los puentes.

Terreno montañoso

Como montañoso se considera el terreno que ofrece pendientes transversales mayores de 25 %, caracterizado por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra.

El 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 sub-rasante queda condicionado a la pendiente transversal del terreno y el análisis de las secciones transversales en zonas críticas o de balcón.

Son características del terreno montañoso el uso o empleo frecuente de las especificaciones máximas, tanto en el alineamiento vertical como en el horizontal.

GEOTECNIA.

La exploración para un estudio de geotecnia se lleva a cabo en tres fases: el reconocimiento superficial del lugar, la exploración preliminar y la exploración detallada incluyendo el muestreo. La exploración debe permitir obtener resultados confiables en un mínimo de tiempo y costo. La confiabilidad del estudio geotécnico que se realice depende de la de los trabajos de exploración, por tanto, éstos deben realizarse en forma cuidadosa, siguiendo métodos y normas adecuadas.

RECONOCIMIENTO.

El estudio geotécnico se debe iniciar con la recopilación de la información disponible sobre topografía, geología y comportamiento de las estructuras construidas en la zona. Se emplearán en la forma que convenga, fotografías aéreas, planos topográficos, cartas geológicas así como datos estratigráficos y edafológicos.

Basándose en los datos de la recopilación, se debe hacer un reconocimiento de campo. Se deberá identificar las estructuras geológicas, localizar fallas, fracturas, fisuras y rellenos; clasificar las rocas y los suelos; interpretar el proceso de formación de los suelos y obtener información sobre sismología y clima de la región. También se deben observar los cortes naturales y artificiales. En algunos casos será necesario abrir pozos y zanjas y realizar perforaciones someras con equipo manual. El alcance de este reconocimiento depende de las características del subsuelo. Se debe proporcionar datos acerca de la accesibilidad, recursos humanos y materiales del sitio. La localización de los puntos para hacer las pruebas se harán eligiendo zonas representativas o basándose en la exploración geofísica.

En el cuadro 3.1 se presentan el número, la profundidad y localización de sondeos para diferentes tipos de investigación.

<i>Investigación para:</i>	<i>Número y localización de sondeos</i>	<i>Profundidad mínima del sondeo (d).</i>
Sitios inexplorados de gran extensión.	$a = 0.1A$	$d = 10$ m, ó hasta que el incremento en esfuerzo vertical sea menor de 0.1 del esfuerzo vertical impuesto por la estructura, ó $d = cB$ ($1 < c < 2$).
Sitios con suelos blandos de gran espesor.	$30 < b < 60$ m	
Estructuras grandes cimentadas en zapatas aisladas cercanas.	$b = 15$ m y en sitios de concentraciones de carga.	
Almacenes de gran área para cargas ligeras.	$n = 5$, 4 en las esquinas y 1 en el centro. Intermedios si son necesarios para definir la estratigrafía.	
Cimentaciones rígidas con área $250 < A < 1000$ m ²	$n = 3$, 2 en el perímetro y 1 en el centro. Intermedios si son necesarios para definir la estratigrafía.	
Cimentaciones rígidas con área $A < 250$ m ²	$n = 2$ en esquinas opuestas. Intermedios si son necesarios para definir la estratigrafía.	
Taludes.	$3 < n < 5$ en la sección crítica.	Tal que la superficie de falla este por arriba del fondo del sondeo.
Diques y estructuras de retención de agua o líquidos.	Preliminares $b = 60$ m Detalle $b = 30$ m y en zonas críticas	$d = 0.5$ del ancho de la base del dique de tierra ó 1.5 de la altura para diques pequeños de concreto.
Aeropuertos para tránsito ligero.	$b = 30$ m en el eje de la pista. Intermedios para definir la estratigrafía.	$d = 3$ m
a = área tributaria máxima por sondeo, m ² . b = espaciamiento entre sondeos, m. n = número de sondeos. A = área de la cimentación, m ² . d = profundidad mínima de sondeo a partir de la profundidad de desplante de la cimentación, m. B = ancho de la cimentación, m.		

Cuadro 3.1

DATOS DE SUELOS PARA EL CALCULO DE DIAGRAMA DE MASAS.

El correcto cálculo de un diagrama de masas, es importante para definir los procedimientos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y el costo de un proyecto, depende mucho de consideraciones geotécnicas y de la información de ese estilo que pueda ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

Cada alternativa de trazo en estudio deberá tener su correspondiente perfil de suelos, somera y superficial y deberá llegarse a proponer directrices detalladas sobre uso de materiales y sobre los tratamientos a que convenga someter a éstos.

Los tratamientos más frecuentes son la compactación en los suelos, el bandeado con tractor o equipo similar, que todavía se utiliza para los materiales muy gruesos o la simple colocación a volteo que aún es posible ver para el relleno de los primeros metros del fondo de garantías con material de fragmentos rocosos.

El bandedo consiste en el paso de un tractor sobre el material grueso tendido en capas, este tratamiento dista de ser idóneo para la construcción de enrocamientos importantes, pero en la práctica mexicana se utiliza todavía para acomodar fragmentos de roca en terraplenes no muy altos. Desde luego el procedimiento se utiliza solamente en materiales muy gruesos, para los que los procedimientos normales de compactación presentan problemas cuando se utilizan los equipos convencionales.

Uno de los datos de mayor interés para el diagrama de masa son los coeficientes de variación volumétrica de los materiales que se utilizarán en la construcción de las terracerías. El peso volumétrico seco de un material en el lugar de donde ha de ser extraído no será nunca el mismo que el del mismo material colocado ya en el terraplén: cuando el material se excava, es frecuente que su volumen aumente para reducirse otra vez cuando es compactado en su lugar final, dependiendo esta reducción, obviamente, del grado de compactación que se obtenga. El coeficiente de variación volumétrica es un número que expresa la relación entre el peso volumétrico seco en estado natural y el

mismo concepto cuando el material está compactado a un cierto grado de compactación. Es conveniente expresarlo como:

$$C_{vv} = \frac{d_n / d_{max}}{G_c}$$

- d_n : es el peso volumétrico seco del suelo en estado natural, en el lugar del que ha de ser extraído
- d_{max} : es el máximo peso volumétrico seco que puede obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se esté empleando.
- G_c : es el grado de compactación que se especifique para el caso.

El coeficiente de variación volumétrica permite establecer los volúmenes de materiales que han de ser excavados y obtenidos en los bancos de préstamo, para llegar al volumen que se requiere en las terracerías; es un dato indispensable para llegar a los verdaderos costos de un proyecto dado.

En el caso de manejar materiales constituidos por fragmentos de roca, la fórmula anterior no puede emplearse, pues estos materiales no pueden por el tamaño de sus partículas, ser sometidos a la prueba de compactación ordinaria. De esta manera, en esos materiales, el coeficiente de variación volumétrica ha de ser estimado.

Uno de los puntos fundamentales de un estudio geotécnico para una vía terrestre será el conjunto de recomendaciones que incluye para señalar la inclinación que haya de darse a cortes y terraplenes.

DIAGRAMAS DE PRESTAMOS DE MATERIAL.

En general, los materiales para formar las terracerías se obtienen de tres formas distintas:

- a) Se utiliza el obtenido de la excavación de un corte para formar un terraplén vecino; este procedimiento suele denominarse de compensación longitudinal y resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir los volúmenes de desperdicio y a

utilizar todo el material removido; aunque en muchos casos la compensación que se logra no es completa, produciéndose faltantes o desperdicios, según los volúmenes de terraplén superen o no a los de corte, aunque también el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan al excavar los cortes y la que se requiera en el que se haya de colocar en los terraplenes.

- b) El llamado préstamo lateral. Es en el que se extrae el material necesario de excavaciones paralelas al eje de la vía y adosadas a ésta, generalmente dentro del derecho de vía. Con el procedimiento se disminuyen los acarrees de los materiales existentes en el terreno de cimentación que, puede dejar mucho que desear; además las zanjas producto de la excavación, cercanas a la carretera pueden ser una seria fuente de humedecimiento para los terraplenes.

El préstamo lateral tampoco es recomendado por la ingeniería de tránsito, que teme a su mala influencia psicológica y a la gravedad de los accidentes que en ellos pueden ocurrir. Por todo lo anterior el préstamo lateral sólo debe emplearse cuando produzca materiales apropiados, sean fáciles de drenar las zanjas a que da lugar y quede a razonable distancia de la vía terrestre.

- c) El tercer método para obtener materiales de construcción en las vías terrestres es la localización de un depósito o formación naturales, constituidos por un material de características apropiadas, el cual se explota en forma masiva, para acarrearlo y tenderlo en la vía. Estos son los bancos de préstamo, en torno a lo que habrá algún comentario adicional.

La compensación longitudinal, el préstamo lateral y el uso de bancos deberá detallarse en los estudios geotécnicos. Los dos primeros métodos deberán ponderarse al llegar a conocer la estratigrafía y propiedades del terreno de cimentación próximo a la vía y a las características de las lomas en que se efectuarán cortes susceptibles de generar material aprovechable para formar terraplenes; como en este último caso será preciso conocer el subsuelo en profundidades mucho mayores que las que son usualmente alcanzables por metodología de exploración que se utiliza en la realización de estudios geotécnicos, es muy útil emplear los

métodos de prospección geofísica como complemento, pues además de que darán información sobre la atacabilidad de los suelos y rocas, con vistas a definir métodos de explotación y costos, servirán también para definir la calidad de los materiales producto de la exploración y su eventual utilización para formar, todo en parte, los terraplenes vecinos.

ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA MASA.

1. Estación.
2. Elevación del terreno natural.
3. Elevación de sub-rasante.
4. Espesores (corte y terraplén).
5. Áreas (corte y terraplén).
6. Distancia.
7. Volumen (corte y terraplén).
8. Volumen acumulado.

IMPACTO AMBIENTAL.

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN QUE SE DESARROLLARÁ LA OBRA O ACTIVIDAD.

El relieve en general de la zona corresponde a montañas y lomeríos suaves.

Se encuentran especies con estatus comprometido tales como:

- Protección especial: *Rana berlandieri*, *Crotalus molossus*, *crotalus atrox*, *Anas acuta*, *Anas discors*, *Buteo jamaicensis*.
- Especies amenazadas: *Thamnophis proximus*, *Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris nivalis*, *Falco mexicanus*, *Parabuteo unicinctus*.
- Rara endemica: *Cnemidophorus communis*.
- Amenazada endemica: *Phrynosoma cornutum*.
- Rara: *Micrurus fulvius*.

Todas estas especies no se verán afectadas por la construcción de la carretera.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS.

Los impactos ambientales detectados en la zona son:

Preparación del sitio.

Desmote y despalme.

Por las actividades de desmote a lo largo del trazo carretero, se afectarán terrenos agrícolas tanto de riego como de temporal y terrenos con diversos tipos de matorrales que presentan un grado de conservación diferencial; generándose un impacto negativo, significativo y permanente sobre los componentes bióticos (flora y fauna).

El retiro de la vegetación, produce también modificaciones sobre la estructura del suelo y su pérdida, al someterlo a agentes erosivos, acciones que se consideran como un impacto negativo permanente aunque poco significativo. Como producto de las tareas de desmote se generarán residuos orgánicos, cuya disposición causará un

impacto negativo, temporal, poco significativo sobre el paisaje y la hidrología superficial.

Apertura de caminos de acceso.

La necesidad de acondicionar caminos de acceso causará un impacto negativo, poco significativo y de carácter temporal, pues habrá modificaciones a la vegetación, hidrología superficial, afectaciones a terrenos pobladores de la región.

Obras de apoyo.

La obra no requerirá de la instalación de campamentos para albergar a los trabajadores; sin embargo, habrá sitios específicos para el resguardo de la maquinaria y equipo. De manera regular este tipo de obras generan pocos impactos negativos, poco significativos y temporales, ya que desde su construcción, se requiere del deshierbe de pequeñas áreas, compactación de suelo, pequeñas excavaciones para el desplante de estructuras y durante su operación se generan residuos sólidos y líquidos provenientes de las actividades domésticas, así como derrames de aceites, combustibles y lubricantes para los que no se consideran, de manera general, medidas para su manejo y disposición adecuados.

Los componentes afectados son: suelo y vegetación, en la superficie destinada al campamento y zonas de acceso. Eventualmente puede afectarse la calidad del agua superficial y subterránea, si son ubicados en las inmediaciones de cauces o cuerpos de agua.

Otro impacto asociado a estos sitios, así como a los frentes de obra es sobre la fauna, ya que los trabajadores pueden cazar furtivamente en sus ratos de ocio. Este impacto es temporal y poco significativo.

Etapu de construcción.

Cortes y rellenos.

Existen zonas de lomeríos en donde se realizarán cortes, generando un impacto negativo muy significativo y permanente sobre varios componentes ambientales, principalmente sobre la topografía, la estructura del suelo, la hidrología superficial, la vegetación y su fauna asociada. Si las características del material producto de los cortes lo permiten, será factible su reutilización en las capas de terracerías y pavimentos. De esta manera se eliminan los impactos adicionales producidos por la inadecuada disposición de los mismos.

Durante la construcción de las diferentes capas que componen la carretera, habrá dispersión de materiales causada por el viento y el tráfico vehicular, constituyéndose en un impacto, negativo, puntual, temporal y poco significativo, que afectará principalmente la calidad del aire y para el cual, se plantean medidas de mitigación. Igualmente se generará ruido por el uso de maquinaria, pero este impacto será poco significativo y temporal.

Construcción de obras menores (entronques, drenajes, pavimentos, etc.).

La construcción de las diferentes estructuras requeridas para el funcionamiento adecuado de la carretera causará impactos negativos, poco significativos algunos de ellos permanentes. La construcción de las obras de drenaje evita que la carretera produzca impactos negativos sobre las características hidrológicas superficiales y coadyuvan al mantenimiento del cuerpo carretero y sus estructuras.

Construcción de casetas

Para la cimentación y desplante de estructuras se requieren de pequeñas excavaciones en el derecho de vía y sobre el cuerpo carretero con la consecuente modificación de la estructura del suelo. El desmonte en esta área, producirá afectaciones puntuales a la vegetación. Finalmente, otras actividades que alteran las condiciones originales en el área será la generación de residuos sólidos producto de la construcción que afectará al suelo y eventualmente, si las casetas se construyen cercanas a cauces o

cuerpos de agua, podrán cambiar la calidad del agua. Todos estos impactos son puntuales, acumulativos y poco significativos dentro del contexto general de la obra.

Aperturas y explotación de bancos de material.

Las afectaciones más comunes para este tipo de actividad, son la modificación permanente de la topografía, del suelo y subsuelo; la eliminación de la vegetación con el consecuente impacto sobre la fauna asociada y alteraciones en los patrones hidrológicos. Así mismo, durante la operación de los bancos se producen impactos temporales sobre la calidad del aire por la generación de ruidos y humos derivados de la operación de máquinas y aumento en el tránsito vehicular; así como polvos que se extienden en un radio que fluctúa entre 50 y 120 metros dependiendo del tipo de material que se explote, generando molestias a los trabajadores y población aledaña.

La compraventa de material extraído, generará derrama en la región, considerándose como un impacto positivo, temporal y poco significativo debido a que en su mayoría son de propiedad privada.

Operación de maquinaria.

La operación de maquinaria durante las distintas etapas de construcción del sitio, tales como la conformación de capas, excavaciones y explotaciones de bancos de material, generarán ruidos, polvos, vibraciones, deterioros de la componente visual y posibilidades de accidentes y derramas de combustibles y lubricantes, afectando la calidad del aire y contaminando el suelo. Lo anterior constituye impactos adversos temporales poco significativos y puntuales.

Transporte de materiales y combustibles.

Durante el traslado de materiales, pueden ocurrir accidentes que producirán impactos negativos de distinta temporalidad y significancia ambiental, en función de los volúmenes y características de los materiales derramados. Por ejemplo, en el caso de materiales inertes los impactos serían muy significativos sobre el suelo y de manera especial si llegan a afectar algún cauce o cuerpo de agua.

Almacenamiento y uso de combustibles.

Al igual que la actividad anterior, el almacenamiento y suministro de diesel y lubricantes para la maquinaria, puede derivar en impactos ambientales negativos de significancia ambiental variable en caso de derrames accidentales, durante el transvase de los tanques a la maquinaria, o bien por la ruptura de aquellos. Cabe señalar que los posibles impactos serían de carácter puntual y para los cuales se pueden aplicar fácilmente, medidas preventivas y de mitigación en su caso.

Adicionalmente, en las áreas de almacenes existen riesgos por explosiones incendios e incluso intoxicaciones por los vapores generados, provenientes de los combustibles.

Generación de residuos.

Las diferentes tareas de construcción de la autopista generarán residuos de todo tipo, principalmente de materiales inertes como cemento, materiales pétreos, arenas, etc. Pero también residuos de empaques o materiales asfálticos y sus aditivos y combustibles que de no ser dispuestos adecuadamente, provocarán un impacto negativo, significativo sobre el suelo y el agua.

Etapa de operación y mantenimiento.

Limpieza de cunetas y de obras de drenaje.

Estas tareas son benéficas por sí mismas ya que mantendrán en óptimas condiciones los drenajes naturales y la estructura carretera, lo que contribuye a la seguridad de los usuarios. Sin embargo, de esta actividad se generarán residuos cuya disposición inadecuada producirá impactos negativos puntuales y de poca magnitud, sobre el suelo.

Reparación.

Las actividades de riego asfáltico durante el mantenimiento conllevan impactos negativos temporales y poco significativos, como interrupción y desviación del tráfico vehicular, disposición de materiales sobrantes de las tareas de bacheo y riego sobre el derecho de vía, y el aumento en la probabilidad de accidentes.

Operación de casetas de cobro.

La instalación de casetas de cobro genera impactos negativos permanentes y poco significativos, pues demandan servicios continuos de energía eléctrica y agua, generando residuos sólidos y líquidos contaminantes. La ubicación dentro del agua de casetas de comercios y servicios como tiendas, talleres, servicios de grúas, vulcanizadoras, etc., contribuyen a los impactos negativos además de degradar el paisaje. Habrá un impacto benéfico por la derrama económica para la zona derivada de la presencia de comercios y servicios.

La carretera tendrá impactos positivos sobre el componente social pues generará alrededor de 1400 empleos temporales a lo largo de su construcción y algunos empleos permanentes durante su operación, principalmente para el funcionamiento de casetas y brigadas de limpieza y mantenimiento.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Por su parte las medidas de mitigación recomendadas son:

Etapa de preparación del sitio.

- Se promoverá la realización de un estudio detallado de la zona comprendida, con el objeto de determinar la presencia de áreas arqueológicas y/o fosilíferas. Los estudios también deberán estar concluidos antes de iniciar la construcción de la carretera y de ellos se derivará la necesidad de desviar el trazo o hacer una investigación detallada y rescate de la zona.
- La instalación de las obras de apoyo deberá realizarse sobre el derecho de vía para no producir afectaciones adicionales a otros terrenos. Estas obras deberán contar con agua potable suficiente, disposición de desechos sólidos en recipientes adecuados, sistema de recolección y transporte para los mismos y letrinas portátiles en cantidad suficiente para el número de personas que trabajen.
- El desmonte y despalme se harán única y exclusivamente sobre el cuerpo carretero y áreas para el desplante de obras como casetas y campamentos o en los sitios donde la seguridad requiera de la eliminación de la vegetación.
- Para evitar las molestias causadas por la maquinaria durante las etapas de desmonte y despalme, las jornadas de trabajo serán solamente de 6:00 A.M. a 6:00 P.M.
- Los residuos producto del desmonte no serán quemados por ningún motivo y deberán disponerse en los sitios que los diferentes municipios involucrados indiquen por escrito.
- Por ningún motivo se utilizarán sustancias químicas para el desmonte, éste deberá hacerse con maquinaria o a mano.
- La apertura de caminos a los frentes de obra y bancos de materiales deberán evitarse, para lo cual se utilizarán los ya existentes.
- Se construirán vados en los sitios de drenaje natural y los caminos no circularán a velocidades mayores de 40 km./hr. sobre caminos rurales. Cada camino deberá contar con una lona que se mojará antes de que el camino circule, para evitar la dispersión de los polvos de bancos y de desechos.

Etapas de construcción

- Para evitar que los cortes deriven en procesos erosivos generando impactos negativos adversos adicionales, se deberán construir taludes en los mismos con pendientes menores a 45° o se protegerán con siembra de especies vegetales de la zona.
- La disposición de materiales de cortes no utilizados se hará solamente en los lugares autorizados por escrito por los municipios involucrados.
- La explotación de los bancos de materiales deberán realizarse atendiendo a varios criterios.
- La restauración de los bancos al final de su explotación será obligación del concesionario de la carretera para lo cual desarrollará terrazas, acondicionará el suelo y sembrará especies de la zona. Además se hará un seguimiento de un año para asegurarse que el arraigo de la vegetación se está realizando adecuadamente.
- La operación de la maquinaria durante la etapa de construcción será en un horario de 6:00 A.M. a 6:00 P.M.
- La construcción de obras como casetas, losas mayores en sitios con escurrimientos permanentes, no deberá en ningún momento interferir con el libre movimiento de las aguas. Para el efecto, las obras de desvío serán suficientes para canalizar el gasto promedio diario.
- Deberán revisarse los estudios hidrológicos realizados a la fecha para determinar la pertinencia de colocar obras de drenaje en los tramos comprendidos entre los cadenamientos, donde actualmente no están considerados.
- El transporte de materiales y combustibles deberá realizarse con los vehículos idóneos para el efecto. El promotor celebrará un convenio con los organismos de protección civil para la protección de accidentes y derrama de los materiales peligrosos durante su transporte. El promotor verificará que los transportistas cuenten con seguros de responsabilidad civil por daños a terceros.
- El almacenamiento temporal de combustibles se realizará en áreas con pisos impermeables y los recipientes estarán sobre tarimas de madera. El trasvase se hará de un camión a la maquinaria por medio de sifones y con las tapas cerradas. En caso de derrame, el contratista deberá limpiar el sitio y regenerar el suelo inmediatamente hasta una profundidad de 1 metro.

- Queda estrictamente prohibido que los trabajadores de la obra realicen actividades de caza colecta y uso de animales y plantas del medio natural.
- Durante las tareas de habitación de las capas del pavimento se harán riegos periódicos para evitar el levantamiento de polvos. No se almacenarán materiales pétreos fuera del derecho de vía.
- Los residuos provenientes de las diferentes tareas de construcción se depositarán en los lugares que los municipios involucrados asignen por escrito.

Etapas de operación.

- Para evitar riesgos para la población por la operación de la carretera, se deberá colocar la señalización adecuada así como el número de retornos necesarios cerca de los puentes y entronques de acuerdo a las normas establecidas por la SCT.
- La disposición de los materiales producto de la limpieza de obras de drenaje, cunetas, contracunetas, etc. Se realizará en los sitios que los municipios designen para el efecto por escrito. Queda prohibido acumular residuos sobre el derecho de vía o quemarlos.
- Durante las tareas de bacheo se evitará disponer de materiales asfálticos sobre el derecho de vía o fuera de él.
- Los cortes, zonas de entronque y derechos de vía se reforestarán con especies de la zona.
- Los servicios en las casetas deberán contar con fosas sépticas y recipientes adecuados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos, mismos que deberán ser trasladados al sitio de disposición final que definen los municipios involucrados.

ASIGNACIÓN DE TRÁNSITO.

VOLÚMEN DE TRÁNSITO.

Al realizar una obra carretera las tasas de crecimiento del tránsito se verán alteradas tanto por el impacto mismo de la obra como por las ventajas que se ofrezcan al usuario; por los que el tránsito que circula por las nuevas obras estará constituido por:

- El tránsito inducido, que opta por la nueva ruta en virtud de las ventajas que ella ofrece.
- El tránsito generado, que se origina por el desarrollo económico que la obra provoca en la zona de influencia o por las condiciones que presenta para viajar, que son favorables y que invitan a hacer algunos recorridos a lugares que antes no le eran atractivos. Los beneficios que se consideran a este tipo de tránsito son del orden de la mitad del tránsito inducido.
- El tránsito habitual, que permanece en la ruta actual, ya que por las condiciones obligadas en su recorrido (tránsito local) o por que las obras propuestas alivian durante varios años situaciones de congestión, en función del volumen de tránsito que permanecerá en la carretera actual.

Los datos de tránsito, el volumen, su composición y sus tasas de crecimiento se obtienen a partir del manejo de los registros de estaciones de aforo temporales, estaciones maestras de cómputo continuo y de estudios de origen y destino que nos permiten proyectar el tránsito en el horizonte económico considerado.

A continuación se presenta una tabla con los aforos tomados de las principales carreteras del Estado de Nuevo León.

NUEVO LEON

1 CARR:HUIZACHE-NUEVO LAREDO	RUTA: NL-001-TAM	AÑO:1995			
L U G A R	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	%A	B	C
HUIZACHE	0.00	713			
LIM. EDOS. TERM. NL. PPIA. TAMPS.	19.00				
X. C. LIBRAMIENTO NUEVO LAREDO	47.00	1130			
NUEVO LAREDO	51.00	4290			

2 CARR:MONTERREY-CASTAÑOS	RUTA: MEX-053	AÑO:1995			
L U G A R	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	%A	B	C
T. C. MONTERREY - NUEVO LAREDO	0.00				
ALMIRANTE	3.00	8710			
X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	3.46	7540			
T. DER. VILLA DEL CARMEN	13.80	7190			
T. DER. VILLA DEL CARMEN	13.80	7180			
T. IZQ. HIDALGO	24.78	7380			
T. IZQ. HIDALGO	24.78	5715			
T. IZQ. MINA	34.75	5075			
T. IZQ. MINA	34.75	5060			
T. IZQ. ESPINAZO	91.90	3240			
T. IZQ. ESPINAZO	91.90	2660			
LIM. EDOS. TERM. N.L. PPIA. COAH.	124.00				
T. C. SALTILLO - MONCLOVA	172.00				

3 CARR:MONTERREY-MIER	RUTA: MEX-054	AÑO:1995			
L U G A R	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	%A	B	C
MONTERREY	0.00	26770			
MONTERREY	0.00	26270			
APODACA	19.12	11680			
APODACA	19.12	11420			
APODACA	19.12	9680			
APODACA	19.12	9750			
X. C. ZACATECAS - PESQUERIA	28.15	4690			
X. C. ZACATECAS - PESQUERIA	28.15	4620			
X. C. HACIENDA GUADALUPE - HIGUERAS	38.00	4330			
CERRALVO	95.95	2890			
CERRALVO	95.95	2575			
GRAL. TREVIVO	115.80	2311			
LIM. EDOS. TERM. NL. PPIA. TAMPS.	132.80				
MIER	156.21	2331			

4 CARR:MONTERREY-NUEVO LAREDO	RUTA:MEX-085	AÑO:95			
L U G A R	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	%A	B	C
MONTERREY	0.00	9449	76	8	15
MONTERREY	0.00	9442	74	9	16
T. IZQ. GRAL. ESCOBEDO	12.10	6740			
T. IZQ. GRAL. ESCOBEDO	12.10	6760			
X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	16.00	6010			
X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	16.00	6030			

X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	16.00	5410			
X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	16.00	5510			
X. C. SANTA ROSA - SALINAS VICTORIA	20.19	5200	76	5	19
X. C. SANTA ROSA - SALINAS VICTORIA	20.19	5212	75	5	20
CIENEGA DE FLORES	32.00	7707			
T. DER. AGUALEGUAS	78.23	5038	81	5	14
SABINAS HIDALGO	98.90	5666			
VALLECILLOS	124.40	4073	85	3	12
LIM. EDOS. TERM. NL. PPIA. TAMPS.	184.56				
T. DER. MIER	205.90	4657			
T. DER. MIER	205.90	4660			
T. DER. MIER	205.90	5500	82	3	14
T. DER. MIER	205.90	5490	87	2	11
NUEVO LAREDO	228.00	6354	75	3	21
NUEVO LAREDO	228.00	6366	74	3	22

5 CARR: MONTERREY-REYNOSA
L U G A R

RUTA: MEX-040		AÑO: 1995			
E S T A C I O N		% A	B	C	
KM	TDPA				
MONTERREY	0.00	22128			
MONTERREY	0.00	20783			
VILLA JUAREZ	19.10	19208	69	9	22
REFINERIA DE CADEREYTA	33.00	9654			
T. IZQ. LOS RAMONES	68.78	5735	79	4	17
T. IZQ. JABALI	86.40	5720			
T. IZQ. LIBRAMIENTO CHINA NORTE	113.00	5912	77	5	18
GRAL. BRAVO	125.00	5998	74	7	19
LIM. EDOS. TERM. NL. PPIA. TAMPS.	192.00				
T. IZQ. DIAZ ORDAZ	192.55	6304			
REYNOSA	225.00	7616			

6 CARR: APODACA-VILLA JUAREZ
L U G A R

RUTA: NL		AÑO: 1995		
E S T A C I O N		% A	B	C
KM	TDPA			
T. C. MONTERREY - MIER	0.00			
VILLA JUAREZ	16.00	4770		

7 CARR: CADEREYTA DE JIMENEZ-DOCTOR GONZALEZ RUTA: NL AÑO: 95
L U G A R

RUTA: NL		AÑO: 95		
E S T A C I O N		% A	B	C
KM	TDPA			
T. C. MONTERREY - REYNOSA	0.00	506		
DOCTOR GONZALEZ	38.00	424		

8 CARR: DOCTOR ARROYO-MIER Y NORIEGA
L U G A R

RUTA: NL-088		AÑO: 1995		
E S T A C I O N		% A	B	C
KM	TDPA			
DOCTOR ARROYO	0.00	414		
RANCHO LARGO	6.00	400		
MIER Y NORIEGA	31.00			

9 CARR:GRAL. TREVIÑO-VILLA ALDAMA		RUTA:NL-003 AÑO:1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
GRAL. TREVIÑO	0.00				
EL ALAMO	62.00	1253			
SABINAS HIDALGO	105.00	1130			
VILLA ALDAMA	134.00	1060			

10 CARR:LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONT.		RUTA:MEX-NL AÑO:1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
T. C. SALTILLO - MONTERREY	0.00	7090			
X. C. MONTERREY - CASTAYOS	31.00	8660			
T. C. MONTERREY - REYNOSA	48.00				

11 CARR:LINARES-ENT. SAN ROBERTO		RUTA:MEX-058 AÑO:1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
LINARES	0.00	2167			
ITURBIDE	44.00	1240			
T. IZQ. DOCTOR ARROYO	66.00	1470			
T. IZQ. DOCTOR ARROYO	66.00	1435			
T. C. MATEHUALA - SALTILLO	98.00	820			

12 CARR:MONTEMORELOS-CHINA		RUTA:MEX-035 AÑO:1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
MONTEMORELOS	0.00	3670			
GRAL. TERAN	17.60	2500			
EL REBAJE	68.23	1810			
CHINA	93.00	1540			

13 CARR:MONTERREY-COLOMBIA		RUTA:NL-001 AÑO:1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
T. C. MONTERREY - NUEVO LAREDO	0.00				
X. C. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	7.30	3530			
T. IZQ. SALINAS VICTORIA (1ª ACCESO)	20.50	2150			
T. IZQ. LOS MORALES	35.10	2150			
VILLA ALDAMA	86.50	2130			
T. IZQ. BUSTAMANTE	92.25	2030			
T. IZQ. CANDELA	124.04	2025			
LAMPAZOS DE NARANJO	164.00	1925			
ANAHUAC	195.00	1820			
HUIZACHE	212.70	520			
T. C. (MONCLOVA - PIEDRAS NEGRAS) - NUEVO L	260.60	640			
COLOMBIA	263.00	420			

14 CARR: MONTERREY-NUEVO LAREDO (CUOTA)		RUTA: NL AÑO: 1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
MONTERREY	0.00				
DISTRIBUIDOR CIENEGA DE FLORES	56.00	1710			
ENT. AGUALEGUAS	80.70	1458	87	4	9
ENT. AGUALEGUAS	80.70	1436	86	4	9
ENT. SABINAS - PARAS	100.00	1207			
ENT. SABINAS - PARAS	100.00	1206			
ENT. VALLECILLOS - SAN CARLOS	116.00	1227			
ENT. VALLECILLOS - SAN CARLOS	116.00	1220			
ENT. LA GLORIA	154.00	1665	78	5	17
ENT. LA GLORIA	154.00	1667	78	4	18
T. C. MONTERREY - NUEVO LAREDO (LIBRE)	197.00	1913			

15 CARR: RAMAL A 18 DE MARZO		RUTA: MEX-NL AÑO: 1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
T. C. LINARES - ENT. SAN ROBERTO	0.00	1945			
18 DE MARZO	14.00				

16 CARR: CIUDAD VICTORIA-MONTERREY		RUTA: MEX-085 AÑO: 1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
CD. VICTORIA	0.00	5910	77	8	15
T. DER. GÜEMEZ	19.60	5250			
T. IZQ. SANTA ENGRACIA	27.35	4823	71	4	25
BARRETAL	39.00	4100	72	7	21
T. IZQ. HIDALGO Y LA MESA	77.50	3400			
VILLAGRAN	106.00	3502	80	7	13
T. IZQ. VILLA MAINERO	118.00	2858			
LIM. EDOS. TERM. TAMPS. PPIA. NL.	126.00				
LINARES	154.00	3930			
LINARES	154.00	3390	80	3	17
LINARES	154.00	3390	79	4	17
MONTEMORELOS	205.00	6283			
MONTEMORELOS	205.00	4725	76	7	17
ALLENDE	227.45	4850	84	3	13
ALLENDE	227.45	4837	84	3	13
ALLENDE	227.45	4820	82	3	15
ALLENDE	227.45	4800	81	3	16
EL CERCADO	249.00	9099	85	3	12
EL CERCADO	249.00	9101	86	2	12
MONTERREY	287.00	12236	83	4	13
MONTERREY	287.00	12351	85	4	11

17 CARR: MATEHUALA-LA POZA		RUTA: SLP-NL-061 AÑO: 1995			
L U G A R		E S T A C I O N			
	KM	TDPA	% A	B	C
MATEHUALA	0.00	2041			
LIM. EDOS. TERM. SLP. PPIA. NL.	12.00				
DOCTOR ARROYO	49.00	1085			
LA ESCONDIDA	105.00	350			
T. DER. LA ASCENCION	131.00	280			
LA POZA	190.00	710			

18 CARR: MATEHUALA-SALTILLO
L U G A R

RUTA: MEX-057 AÑO: 1995

	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	% A	B	C
MATEHUALA	0.00				
T. IZQ. CEDRAL	8.47	7591			
T. IZQ. CEDRAL	8.47	653	67	4	29
LIM. EDOS. TERM. S.L.P. PPIA. N.L.	24.63				
SANTA ANA	59.65	7580	61	4	35
SANTA ANA	59.65	7410			
T. DER. LINARES	128.99	7100	64	5	31
LIM. EDOS. TERM. N.L. PPIA. COAH.	207.00				
T. DER. SAN ANTONIO DE LAS ALAZANAS	227.88	8240	82	4	14
T. DER. SAN ANTONIO DE LAS ALAZANAS	227.88	8590			
LOS LIRIOS	229.88	9375			
T. DER. MONTERREY	237.00	10100	82	5	13
T. DER. CARBONERA	242.00	10874	64	3	33
T. DER. ARTEAGA	246.61	7190	73	5	23
T. DER. MESON NORTE	250.00	7327			
SALTILLO	261.00				

19 CARR: MONCLOVA-ESTACION CANDELA RUTA: COAH-030-NL AÑO: 1995
L U G A R

	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	% A	B	C
MONCLOVA	0.00				
LAS FLORES	5.00	2121			
LA ROSA	31.16	1384			
LIM. EDOS. TERM. COAH. PPIA. N.L.	118.00				
T. C. MONTERREY - COLOMBIA	125.50				

20 CARR: SALTILLO-MONTERREY
L U G A R

RUTA: MEX-040 AÑO: 1995

	E S T A C I O N				
	KM	TDPA	% A	B	C
SALTILLO (GLORIETA VENUSTIANO CARRANZA)	0.00				
T. IZQ. SINCAMEX	4.25	13538	71	7	22
T. IZQ. SINCAMEX	4.25	13317	72	7	21
RAMOS ARIZPE	11.30	10020			
RAMOS ARIZPE	11.30	9900			
T. DER. AEROPUERTO	13.00	9930			
T. DER. AEROPUERTO	13.00	9944			
T. DER. LIBRAMIENTO J.L.P.	16.00	9510			
T. DER. LIBRAMIENTO J.L.P.	16.00	9610			
OJO CALIENTE	26.30	6993	80	5	15
OJO CALIENTE	26.30	6975	81	6	14
LIM. EDOS. TERM. COAH. PPIA. N.L.	35.50				
LIM. EDOS. TERM. COAH. PPIA. N.L.	35.50				
T. IZQ. LIBRAMIENTO NOROESTE DE MONTERREY	54.00	8910	77	4	19
T. DER. SANTA CATARINA (1§ ACCESO)	62.46	8146	79	4	17
T. DER. SANTA CATARINA (2§ ACCESO)	65.00	7399			
T. DER. SANTA CATARINA (2§ ACCESO)	65.00	7297			
PPIA. MONTERREY	79.20				

METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN.

A partir de analizar las matrices origen - destino de los viajes, se determinará el tránsito potencial para cada uno de los tramos de la red y de este se deducirá el tránsito asignado. Para ello, se utiliza alguno de los métodos siguientes:

1. El método AASHTO ("American Association of State Highway and Transportation Officials"; Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte) que básicamente calcula la preferencia del usuario en función de las diferencias en tiempo de recorrido entre los tramos en competencia.
2. El método de ruta óptima que minimiza los costos de transporte del usuario y realiza la asignación por incrementos monitoreando las condiciones operativas de cada tramo de la red regional en cada iteración. Al realizar la simulación del flujo en cada tramo se toman en cuenta las condiciones operativas, tanto la curva de deterioro del pavimento, como las características geométricas de cada. En cada tramo el costo de transporte se calculará como sigue:

$$\text{Costo total transporte} = \text{Costo operación} + \text{Costo tiempo recorrido} + \text{Cuota}$$

3. Análisis por simulación probabilística, tomando como base el flujo potencial identificado en las matrices origen - destino y la curva de probabilidad de uso obtenida de las respuestas sobre la preferencia del usuario. La simulación se hará para periodos mensuales en los cinco primeros años del proyecto incluido el periodo de construcción y se tomará en cuenta el comportamiento estacional del tránsito. El proceso de simulación debe diseñarse para un nivel de confiabilidad superior a 85%.

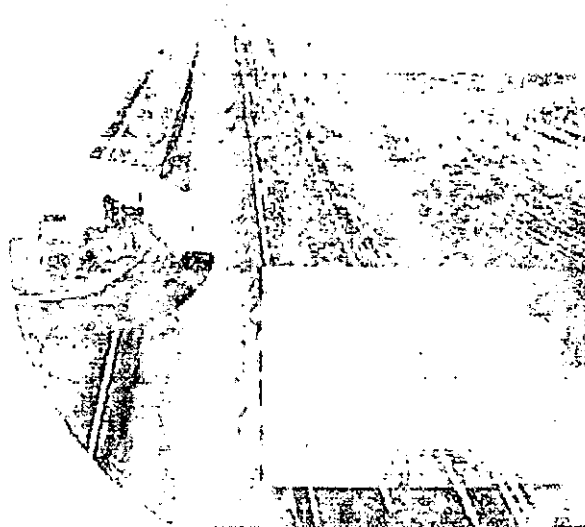
Con base en los datos de tránsito de la tabla anterior se obtienen los siguientes datos para el año de 1995 (ver cuadro 3.2), y tomando en cuenta la tendencia de la tasa de crecimiento media anual que es de 3.3 % se obtiene el TDPA para la carretera.

T.D.P.A. SAN ROBERTO – ALLENDE

Año	TDPA	% A	% B	% C
1995	4820	82	3	15
2000	5857	4802	176	879

Cuadro 3.2

4.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.



JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La importancia de la región a la que comunica esta carretera se manifiesta en el hecho de ser la vía para el transporte de mercancías en las históricamente intensas relaciones comerciales entre México y Estados Unidos, cuya importancia es mayor aun a partir del inicio de la vigencia del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

La contribución regional del Eje troncal México – Nuevo Laredo es la de ser el distribuidor longitudinal de una red transversal de carreteras federales que conectan a varias ciudades de Nuevo León y San Luis Potosí, de relevancia económica por su intensa actividad industrial.

Geográficamente la carretera San Roberto – Allende, se encuentra localizada en la parte central del Estado de Nuevo León, a 25° 17' de latitud norte, 100° 1' de longitud oeste y una altitud de 460 m.s.n.m. (Allende); a 24° 43' de latitud norte, 100° 19' de longitud oeste (San Roberto).

La longitud de la carretera es de aproximadamente de 92 Km. Y el costo de la misma es de \$2'825'610,000.00 (ver cuadro 4.1).

El objetivo de la construcción de esta carretera es:

1. Crear una vía más rápida entre las poblaciones de Allende y San Roberto, lo que permitiría una conexión más ágil entre el sur del Estado y la Ciudad de Monterrey.
2. Dar mayor auge a las poblaciones en pleno desarrollo.
3. Abastecer de empleo a mucha de la población de esa región con la llegada de una nueva y corta ruta para desplazarse a la principal Ciudad del Estado.
4. Permitirá que la Ciudad de Monterrey cuente con una vía corta de altas especificaciones que fortalecerá el intercambio comercial entre el centro del país y la frontera con Texas.
5. La ruta actual se reducirá en 30 Km. de distancia y media hora de tiempo de recorrido, proporcionando mayor seguridad y confort al usuario con un importante ahorro en los costos de operación y mantenimiento de los vehículos.

6. Estimulara el desarrollo de un corredor industrial entre Allende y San Roberto con la posible instalación de fabricas que aprovecharán las ventajas competitivas que les proporcionará esta vía de comunicación.
7. Durante la etapa de construcción se generarán 1500 empleos directos y 7500 indirectos por año y se crearan 150 empleos permanentes durante la operación de la autopista.
8. El gobierno estatal incrementará la captación de mayores recursos fiscales debido a las ventajas que esta vía ofrecerá para que mayores volúmenes de productos de exportación transiten o se produzcan en el estado.

La carretera: San Roberto – Allende se proyecta con la finalidad de dar mayor desarrollo a la región por la que atraviesa dicha carretera (ver croquis de localización de la carretera en el cuadro 4.2), de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, es de notarse que nuestro país lo que más requiere actualmente es de modernización de carreteras y de construcciones como se está realizando en algunos Estados de la República, desde el punto de vista económico es importante darse cuenta ya que en un futuro no muy lejano serán más costosas las carreteras ya que los precios de adquisición de materiales actualmente es de muy alto costo y así mismo la importación de equipos pesados especiales para la construcción.

Para determinar el presupuesto de la autopista se utilizaron los siguientes datos.

COSTO DE LA OBRA

Tipo de terreno	Longitud (km.)	Costo/Km. (Millones de \$)	Total (Millones de \$)
Montañoso	54.9	36.69	2014.43
Lomerío Fuerte	3.0	29.35	88.06
Lomerío Suave	19.0	22.54	428.26
Plano	15.0	19.66	294.85
	91.90		2825.61

Cuadro 4.1

DESCRIPCIÓN GENERAL.

El terreno natural es la franja de terreno incluida en el derecho de vía cuyo estado de esfuerzo original resulta afectado por la construcción de la obra vial y que recibe las cargas de tránsito distribuidas a través de la estructura.

Al proyectar una carretera, la sección del tipo de carretera, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente de la demanda, es decir del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y composición.

ELEMENTOS DE UNA CARRETERA.

- 1) **TERRACERÍAS:** Son un conjunto de diferentes tipos de material compacto que proporcionan un soporte adecuado a las capas superiores.
- 2) **ESCALONES DE LIGA:** Son los que se forman en el área de desplante de un terraplén cuando la pendiente transversal del terreno es menor que la inclinación del talud a fin de obtener una liga adecuada entre ellas y evitar un deslizamiento del terraplén.
- 3) **MUROS DE CONTENCIÓN:** Cuando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura son resultado de un estudio económico.
- 4) **TALUD DE TERRAPLENES:** Es la inclinación del paramento de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.
- 5) **CAPA SUB-RASANTE:** Es la porción superior a las terracerías tanto en corte como en terraplén, su espesor es comúnmente de 30 cm y está formada por suelos seleccionados para soportar las cargas que le transmiten las capas superiores del pavimento.
- 6) **PAVIMENTO:** Conjunto de capas de materiales compactos, que permiten transmitir adecuadamente las cargas de los vehículos a las capas inferiores y al terreno natural, la capas que lo integran son: la sub-base, la base estabilizada, la carpeta y el riego de sello.

- 7) SUB-BASE: Capa de materiales graduados y compactos, inmediatamente arriba de la terracería y la capa subrasante, cuya función es económica, debido a que reduce el costo del pavimento cuando es de gran espesor.
- 8) BASE: Capa de materiales graduados altamente compactos situados arriba de la sub-base y cuya función es la de permitir reducir el espesor de la carpeta que es la más costosa y ayuda a transmitir la carga que es producida por el tránsito a la sub-base y sub-rasante.
- 9) CARPETA: Capa superior de materiales graduados, misma que debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuado con textura y color convenientes que resista a los efectos abrasivos del tráfico.
- 10) SUBRASANTE: Es la línea imaginaria que marca el eje de la carretera a la altura de la capa subrasante.
- 11) RASANTE: Es la línea imaginaria sobre la superficie de rodamiento que corre a lo largo del eje de la carretera.
- 12) ACOTAMIENTO: Son franjas comprendidas entre la orilla de la carpeta o de la superficie de rodamiento y de la orilla de la corona de una carretera que sirve para proteger al pavimento y además es una zona de estacionamiento de emergencia para los usuarios.
- 13) TALUD DE CORTE: Es la superficie inclinada que queda a la horizontal como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería.
- 14) CUNETA: Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos de corte a uno o ambos lados de la corona contigua a los hombros, con el objeto de recibir el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.
- 15) ALCANTARILLA: Está formada por dos partes: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es parte para evitar la erosión alrededor de la estructura, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal.
- 16) SUBDRENES: Son los elementos de drenaje que desalojan las aguas subterráneas a través de los taludes de corte.
- 17) BOMBEO: Es la pendiente que se da a la superficie de rodamiento para evitar la acumulación del agua sobre la carretera.

- 18) **CONTRA-CUNETA:** generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de los ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
- 19) **BERMA:** Es la obra que se construye en las carreteras con el fin de dar mayor estabilidad a los taludes.
- 20) **BORDILLOS:** Son elementos generalmente de concreto asfáltico que se construye sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, con la finalidad de encauzar el agua que escurre por la corona y que de otra forma causaría erosiones en el talud del terraplén.
- 21) **SEÑALAMIENTOS:** Son tableros con símbolos o leyendas o ambas.
- 22) **HOMBROS:** Son los puntos que limitan el ancho de la corona.
- 23) **CORONA:** Es la superficie de la carretera terminada que queda comprendida entre los hombros de la carretera, o sea, las aristas superiores de los taludes del terraplén y los interiores de la cuneta.
- 24) **ANCHO DE CALZADA:** Este es variable a lo largo de la carretera y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en la vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.
- 25) **DERECHO DE VÍA:** Es la faja que se requiere para la construcción, reconstrucción, ampliación, conservación y protección general, para el uso adecuado en esa vía de sus servicios auxiliares, su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.
- 26) **EJE DE CARRETERA:** Es la línea imaginaria que divide la carretera en toda su longitud.

Defensas laterales

Son dispositivos que se emplean para evitar que los vehículos se salgan de la carretera, por lo que se utilizan en los lugares en que existe mayor peligro.

Señales preventivas

Tendrán por objeto prevenir a los conductores sobre la existencia de un peligro y la naturaleza de éste, así como proteger al trabajador y al equipo de posibles accidentes.

Señales restrictivas

Las señales restrictivas empleadas en obras de construcción y conservación de calles y carreteras tiene por objeto indicar a los conductores ciertas restricciones y prohibiciones que regulan el uso de las vías de circulación.

Señales informativas

Las señales informativas que se usen como protección en los trabajos de construcción y conservación de carreteras tendrán por objeto guiar a los conductores en forma ordenada y segura, de acuerdo con los cambios temporales para las obras.

PROYECTO GEOMÉTRICO.

Elección de Ruta

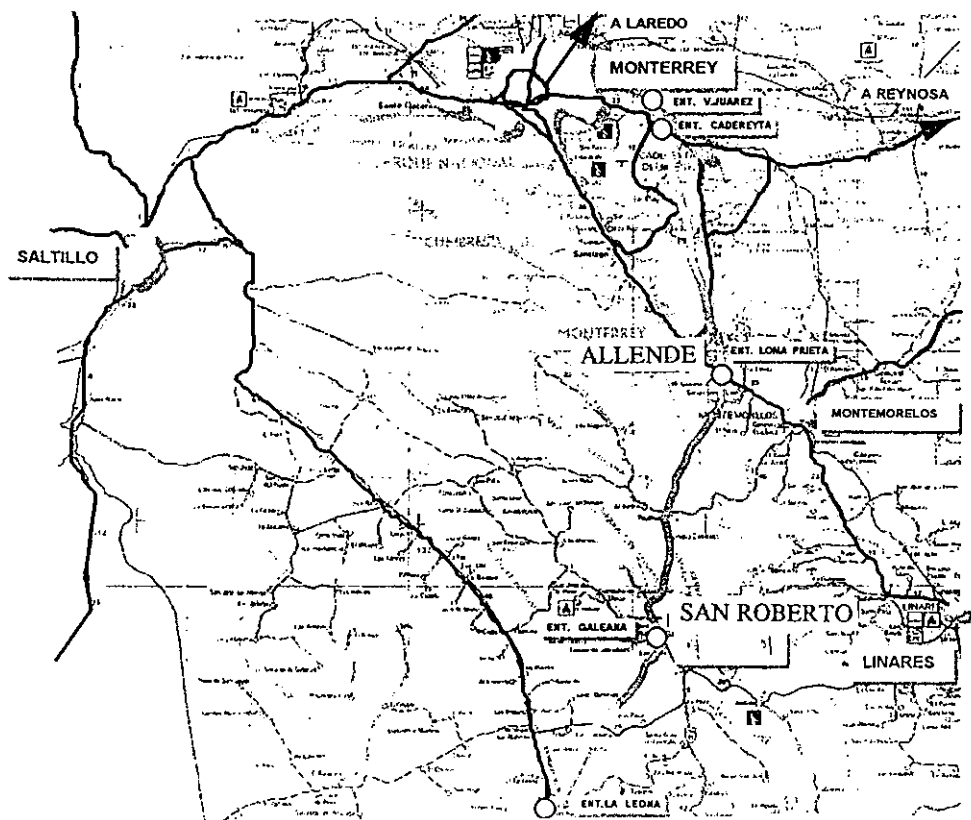
Ruta es la franja de la corteza terrestre donde se construirá una vía terrestre, y su ancho es variable, pues es amplia al principio del proyecto y sólo tiene el ancho del derecho de vía al final del trabajo.

La elección de la ruta es la etapa más importante del proyecto de este tipo de obras de infraestructura, pues los errores que se cometen en las etapas subsecuentes se corrigen de una manera más fácil y económica que una falla en el proceso de elección de ruta, que en general consiste en varios ciclos de reuniones, reconocimientos, informes y estudios.

En esta fase los trabajos son de carácter interdisciplinario, ya que intervienen profesionales de diferentes ramas de la ingeniería, como especialistas en proyecto geométrico y en planeación e ingenieros geólogos.

Para realizar el proyecto de una obra determinada, se efectúa primero un acopio exhaustivo de datos de la zona por comunicar, mediante mapas del país, del estado o del municipio, de preferencia con curvas de nivel; mapas de climas, geológicos y de minas; fotografías aéreas, etcétera.

RUTA SAN ROBERTO - ALLENDE



Cuadro 4.2

Carretera San Roberto - Allende.

En México se pueden utilizar con mucho éxito los planos y las fotografías a escala de 1:50000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Los especialistas integrantes de selección de ruta analizan este material y proponen diferentes alternativas, que primero reconocen en vuelos.

Como resultado de estos reconocimientos, se recomienda tomar fotografías aéreas a escala de 1:20,000 o de 1:10,000 de determinados corredores marcados en el plano. Con estereoscopios los especialistas interpretan o estudian estas fotografías, para los altos, medios y bajos. Así es posible estudiar en forma directa los problemas importantes, porque estos aparatos tienen la facilidad de aterrizar en las zonas indicadas por los integrantes del grupo.

Para realizar el proyecto geométrico y la estructuración en una vía terrestre por medio de los recorridos, fotointerpretaciones y restituciones de plantas topográficas y de perfiles. Es posible obtener datos de: pendientes longitudinales y transversales del terreno; tipo y densidad del drenaje natural; formaciones de rocas y suelos; presencia de fallas estructurales, plegamientos de la posición de echados, bancos de materiales para construir la obra y zonas pantanosas y de inundación.

Al finalizar esta etapa, la elección de ruta, se contará con la memoria de informes de los diferentes recorridos y estudios con planos restituidos, fotografías y mosaicos fotogramétricos, donde se marcará la ruta aceptada. Así mismo se efectúan los análisis económicos de las diversas alternativas y las justificaciones técnica y económica de la opción que se consideró más aceptable.

Anteproyecto

Para realizar el anteproyecto de una obra vial, primero se requiere conocer los elementos del proyecto geométrico, los cuales se agrupan, para su estudio, en: alineamiento horizontal, alineamiento vertical y secciones transversales de la obra.

ELEMENTOS DEL PROYECTO GEOMÉTRICO.

Alineamiento horizontal.

Alineamiento horizontal: es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona de la carretera.

Elementos que la integran: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición. Existen ciertas normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- 1) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- 2) La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad del proyecto.
- 3) La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad.
- 4) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con a topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
- 5) Para una velocidad de proyecto dada debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general, a usar curvas suaves dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
- 6) Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
- 7) En terraplenes altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de suave curvatura, ya que es difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.

- 8) Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500m.
- 9) Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
- 10) Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo que es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

Alineamiento vertical

Alineamiento vertical: Es la proyección sobre un plano vertical de desarrollo del eje de la subcorona en alineamiento se llama línea subrasante. Los elementos que la integran son: las tangentes y curvas.

En el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que deben considerarse también:

- 1) La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. Así en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente por el drenaje. En terrenos de lomerío se adoptan subrasantes onduladas, éstas convienen en razón de operación de los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos la subrasante es controlada por las restricciones y condiciones de la topografía.
- 2) Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de carretera y el carácter del terreno, a ésta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de una con quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que estos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y apariencia del producto terminado.

- 3) Deben evitarse vados formados por curvas verticales cortas, ya que el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean pobres.
- 4) Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable.
- 5) Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, porque permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y su correspondiente impulso, pero, solo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.
- 6) Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
- 7) Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario de proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de carreteras de dos carriles.
- 8) Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con endientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
- 9) Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de carretera con pendientes de moderadas a fuertes, es mejor reducir la pendiente a través de la intersección, este cambio, es beneficio para todos los vehículos que den vuelta.

Subrasante

El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de una carretera, está gobernado por los movimientos de terracerías. Esto implica una serie de estudios que permitan tener la certeza de que los movimientos a realizar son los más económicos para el tipo de carretera que se fija.

Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo se deben analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima que

se requiere para dar cabida a las estructuras como son en nuestro caso: tubos de concreto, tubos de lámina, sifones, losas de concreto y bóvedas.

La subrasante económica es aquella que ocasiona el menor costo de la obra, entendiéndose por esto la suma de las erogaciones ocasionadas durante la construcción y por la operación y conservación de la carretera una vez abierto al tránsito.

Se considera que los elementos que definen el proyecto de la subrasante económica son:

- a) **CONDICIONES TOPOGRÁFICAS:** De acuerdo a su configuración se consideran los siguiente tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Se estima que la definición de estos tres conceptos debe estar íntimamente ligada con las características que cada uno de ellos imprime al proyecto, tanto en los alineamientos horizontal y vertical como en el diseño de la sección.
- b) **CONDICIONES GEOTÉCNICAS:** La calidad de los materiales que se encuentran en la zona donde se localiza la carretera, es factor muy importante para lograr el proyecto de la subrasante económica, ya que además del empleo que tendrán en la formación de las terracerías, servirán de apoyo a la carretera.
- c) **SUBRASANTE MÍNIMA:** La elevación mínima correspondiente a puntos determinados de la carretera, 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:
 - 1) Obras menores.
 - 2) Puentes.
 - 3) Zonas de inundación.
 - 4) Intersecciones.
- 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:
 - 1) Costos unitarios:
 - Excavación en corte.
 - Excavación en préstamo.

Compactación en el terraplén del material producto de corte.
 Compactación en el terraplén del material producto de préstamo.
 Sobreacarreo del material de corte aprovechando el material.
 Sobreacarreo del material de corte desperdiciando el material.
 Sobreacarreo del material de préstamo para formar el cuerpo del terraplén.
 Costo del terreno afectado para préstamo, desmonte y despalme dividido entre el volumen de terracerías extraído del mismo.

2) C_{vv} (coeficiente de variabilidad volumétrica):

Del material de producto de los cortes.

Del material producto de préstamo.

3) Relaciones:

Entre la variación de los volúmenes de corte y terraplén, al mover la subrasante de su posición original.

Entre los precios unitarios de terraplén formado con material producto de corte y con material de préstamo.

Entre los préstamos 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.

Distancia económica de sobreacarreo

El empleo de material producto de corte en la formación de terraplenes, está 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:

$$DME = \frac{(P_p + ad) - P_c}{P_{sa}} + AL$$

donde:

DME = distancia máxima de sobreacarreo económico (km.).

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

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

AL = Acarreo libre del material, cuyo precio está dentro del precio de excavación.

Pp = Precio unitario de terraplén formado con material producto de préstamo.

Psa = Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

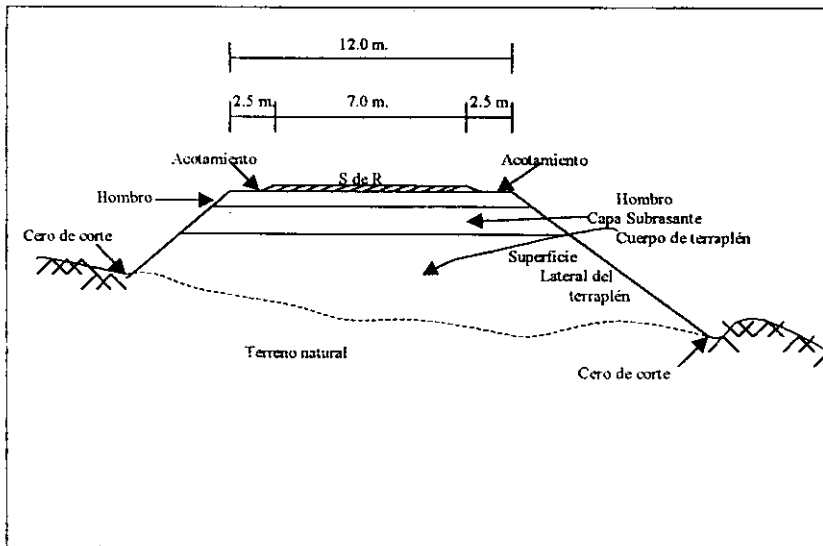
SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Se llama así a la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos propios del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formarán las terracerías.

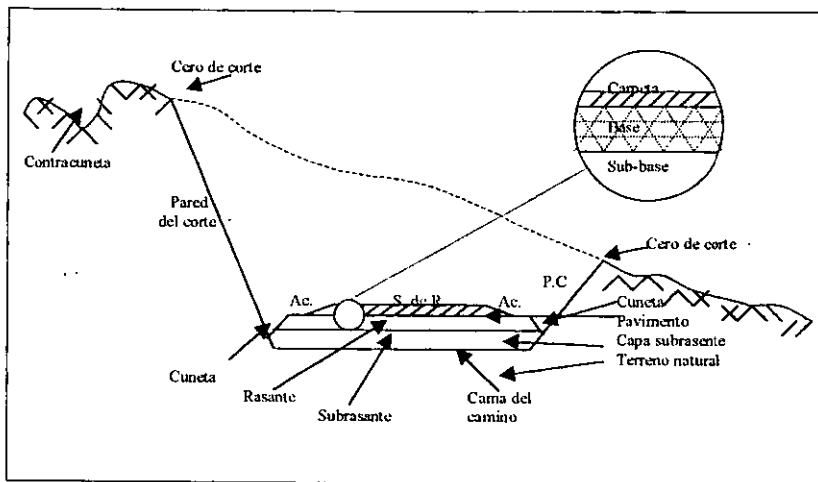
Sección transversal.

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. 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.

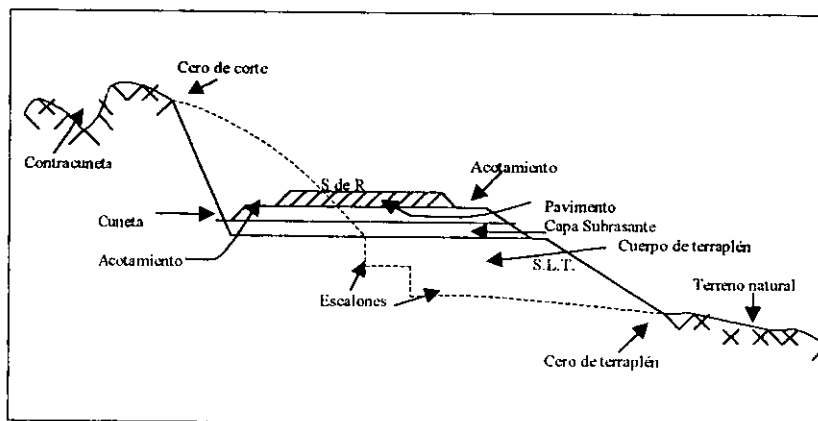
Las secciones transversales típicas de una vía terrestre son tres: en terraplén, en cajón y en balcón o mixta.



Cuadro 4.3. Sección transversal en terraplén.



Cuadro 4.4. Sección transversal en corte.



Cuadro 4.5. Sección transversal mixta o en balcón.

- S. de R. Superficie de rodamiento.
- Ac. Acotamiento.
- P.C. Pared del corte.

Una terracería es el volumen de materiales que es necesario excavar y que sirve como relleno para formar la obra.

Las terracerías tiene dos partes: la inferior o cuerpo del terraplén y la superior o capa subrasante, con un espesor mínimo de 30 cm y que se coloca independientemente de la sección tipo que se tenga. El material de esta capa debe cumplir con normas de resistencia mínima, expansión máxima y otras características acordes con las funciones que tendrá la estructura.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son:

- **LA CORONA**

Es la superficie de la carretera terminada que queda comprendida entre los hombros de la misma, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son:

- 1) La rasante
- 2) La pendiente transversal
- 3) La calzada y
- 4) Los acotamientos

1) **Rasante.** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona de la carretera. En la sección transversal está representada por un punto.

2) **Pendiente transversal.** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje según su relación con los elementos del alineamiento horizontal, se presentan tres casos:

- a) Bombeo
- b) Sobreelevación
- c) Transición del bombeo a la sobreelevación

a) **Bombeo.** El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la

minima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensación de incomodidad o inseguridad.

b) Sobreelevación. Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

La sobreelevación necesaria en una curva circular está dada por la expresión:

$$S = \frac{0.00785V^2 - \mu}{R}$$

S = Sobreelevación, en valor absoluto

V = Velocidad del vehículo en KPH

R = Radio de la curvatura en m

μ = Coeficiente de fricción lateral

$$Rc = \frac{1145.92}{Gc}$$

$$\frac{Gc}{20} = \frac{360}{2\pi Rc}$$

$$Gc = \frac{1145.92}{Rc}$$

Una vez fijada la sobreelevación máxima el grado máximo de curvatura queda definida para cada velocidad mediante la aplicación de la expresión anterior; de ella, expresando el radio en función del grado, se tendrá:

$$G_{max} = \frac{146000(\mu + S_{max})}{V^2}$$

3) Calzada. Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. El ancho de calzada es variable a lo largo de la carretera y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal.

Para carreteras de dos carriles (es nuestro caso) en su primera etapa de construcción, el ancho de calzada en curva se calcula, sumando el ancho definido por las

distancias entre huellas externas U de dos vehículos que circulan por la curva; la distancia libre lateral C entre los vehículos y entre éstos y la orilla de la calzada, el sobreesfuerzo F_A debido a la proyección del vuelo delantero del vehículo que circula por el lado interior de la curva; y un ancho adicional que toma en cuenta la dificultad de maniobra en la curva:

$$U = EV + R - \sqrt{R^2 - DE^2}$$

U = Distancia entre huellas externas.

EV = Entrevías (en este caso igual al ancho total del vehículo)

R = Radio de curvatura

DE = Distancia entre ejes

C = Distancia libre entre vehículos

$$F_A = \sqrt{R^2 + Vd(2DE + Vd)} - R$$

F_A = Proyección del vuelo delantero

Vd = Vuelo delantero

NOTA: Todas las medidas en metros y normales al alineamiento horizontal.

4) Acotamientos. Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Dan seguridad al usuario de la carretera al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, en el que puede eludir accidentes, pudiendo también estacionarse ahí en caso obligado. El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que la carretera va a funcionar.

- SUBCORONA

Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea. Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción de la carretera son:

- 1) La subrasante
- 2) La pendiente transversal y
- 3) El ancho

1) 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, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.

2) Pendiente transversal de la subcorona. Es la misma que de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según que la sección esté en tangente, en curva o transición.

3) Ancho de subcorona. Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de la corona y del ensanche.

La expresión general para calcular el ancho es la siguiente:

$$A_s = c + e_1 + e_2 + A$$

A_s = Ancho de la subcorona (m)

c = Ancho de la corona en tangente (m)

e_1 e_2 = Ensanche, a c/ lado de la carretera

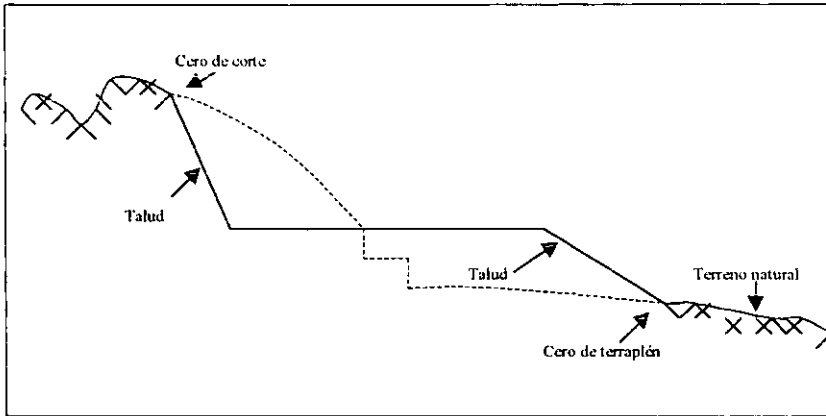
A = Ampliación de la calzada en la sección considerada.

• *TALUDES*

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente (cuadro 4.6) . Por extensión, en carreteras, se llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuenca; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es 1.5 en los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.



Cuadro 4.6. Taludes comunes.

Metodología del anteproyecto

Tanto el anteproyecto como el proyecto definitivo se pueden realizar por el método tradicional de brigadas terrestres de localización por el método fotogramétrico, de acuerdo con el tipo de topografía, con la nubosidad o la ausencia de ella en la zona, con la accesibilidad y con el programa de trabajo.

A) Con base en los datos de elección de ruta, se traza y nivela una poligonal abierta que coincida lo más posible con la alternativa aceptada. Con los datos de campo se dibuja, con escala 1:2,000:200. Es decir, 1:2000 en proyección horizontal y 1:200 en proyección vertical.

B) Se obtiene la topografía de cuando menos 100m a cada lado de la poligonal y se marca en la cartulina.

C) De acuerdo con el tipo de camino, con auxilio de compás de punta sobre la topografía se traza una línea que a lo sumo tenga pendiente gobernadora menor 0.5 %; ésta es una línea quebrada, denominada "línea a pelo de tierra". La abertura del compás que trazará la línea a pelo de tierra para topografía con líneas de nivel a cada 2m, escala de 1:2000 y pendiente gobernadora P_g en porcentaje es:

$$\text{Abertura} = 1 / (10 P_g - 5), \text{ en metros}$$

D) La línea anterior se endereza con tangentes de la longitud necesaria para trazar curvas con grado de curvatura iguales o menores al máximo, de acuerdo con la velocidades proyecto. A medida que se enderezan las tangentes, se colocan entre ellas plantillas circulares para que haya la menor cantidad de movimientos de tierra; es decir, hay que apegarse lo más posible a la forma del terreno, lo que se consigue al hacer que las nuevas tangentes y las curvas tengan una tal posición que corten continuamente hacia arriba y hacia abajo la "línea a pelo de tierra". Hasta esta etapa, es necesario que entre curva y curva exista una distancia mínima de 30m para alojar después en ella, las espirales y la transición del bombeo.

E) Los elementos de las curvas del proyecto horizontal se calculan con o sin espiral y se dibujan en la cartulina, para esto, se cadena con marcas cada 20m hasta el primer PI. Para trazar la primera curva horizontal se mide la subtangente del PI hacia atrás y hacia delante y se encuentran los puntos de inicio y final de la curva y con el resto de los elementos calculados, se dibujan las espirales de entrada y salida si las hay además de la circular. El cadenamamiento se extiende por esta primera curva y se llega hasta el segundo PI; después, se repiten todas las operaciones descritas en todo el proyecto.

F) Se dibuja un perfil de la línea proyectada deduciendo los datos de topografía, tomando las elevaciones de las estaciones a cada 20m y los puntos especiales de las curvas; se hace el anteproyecto de la subrasante de la obra colocando tangentes verticales con la combinación adecuada de pendientes, de manera que los cortes compensen aproximadamente a los terraplenes; se

estudian las secciones críticas con todo cuidado y, si es necesario, se hacen las modificaciones en la rasante o aun en el alineamiento horizontal.

Proyecto definitivo

El proyecto definitivo consiste en los estudios de cambio y de gabinete necesarios para producir los planos definitivos, los volúmenes de obra y sus presupuestos. Estos estudios son los siguientes:

- a) Implantación de la línea definitiva en campo.
- b) Estudio de movimiento de tierras.
- c) Proyecto de drenaje artificial.
- d) Proyecto de pavimentos.
- e) Proyecto de puentes, viaductos, pasos a desnivel en entronques, etcétera.

Con apoyo en la diagonal abierta, trazada y nivelada en la etapa de anteproyecto, se traza la línea definitiva ya estudiada en esa misma etapa, lo cual se puede llevar acabo por diferentes métodos como el de distancias y deflexiones, y el de coordenadas rectangulares o polares entre otros.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cuerpo del terraplén

Para construir el cuerpo del terraplén en una obra vial se utilizan materiales provenientes de los cortes o préstamos, conforme el tipo de terreno en que se construya. Cuando el terreno es plano, se emplean materiales de préstamos.

Capa subrasante

Para construir la capa subrasante se utilizan generalmente materiales de banco con las características adecuadas para cumplir las funciones que tendrán en la

estructura vial. Si el material que se extrae de los cortes tiene estas características, se emplea en ellos y en los terraplenes contiguos para construir esta capa subrasante.

Capas de pavimento

Los materiales para construir las capas de pavimento provienen siempre de banco; de ellos, es posible utilizar aglomerados de arroyos y depósitos, conglomerados suaves o duros, y rocas fisuradas o sanas pero que requieren, casi siempre, uno o más tratamientos.

Pruebas para los materiales de construcción

Las pruebas que se efectúan a los materiales de construcción se dividen en pruebas de clasificación, de control y de proyecto.

Las pruebas de clasificación permiten identificar los materiales y decidir si puede utilizarse en algunas capas estructurales. Con las pruebas de control se verifica si la obra cumple los requisitos de proyecto. Por último, las pruebas de proyecto permiten realizar la estructuración racional de la sección transversal de una vía terrestre.

Pruebas de clasificación para materiales pétreos y suelos

Las principales pruebas de clasificación que se aplican a los materiales pétreos y suelos de una vía terrestre son de granulometría, plasticidad, resistencia, expansión, valor cementante, densidad, adherencia con el asfalto, dureza y forma de la partícula.

Las pruebas más usuales que se efectúan a los productos asfálticos son de destilación, penetración, viscosidad, punto de encendido, asentamiento en cinco días, carga de partícula y acidez. También se hacen pruebas al cemento Portland, a la cal y al agua.

Pruebas de proyecto

Para dimensionar las diferentes partes que constituyen las secciones de una vía terrestre si se consideran las cargas de tránsito y se utilizan pruebas de resistencia de los materiales. Los resultados de éstas se relacionan con el comportamiento real de las estructuras para obtener los nomogramas de proyecto. Como la geometría de la sección, se basa en las especificaciones geométricas de cada obra, las pruebas de resistencia se dimensionan en las capas superiores y solo se revisan las inferiores, en cuyo caso se hacen las correcciones necesarias.

TRATAMIENTO DE MATERIALES

Tipos de tratamientos

Los materiales cercanos a las obras no cumplen a menudo los requisitos necesarios para utilizarse en alguna capa de la sección transversal de una obra; entonces, Es necesario realizar uno varios tratamientos para mejorar sus características. Estos tratamientos deben resultar más económicos que tener grandes distancias de acarreo. Los principales tratamientos empleados en las vías terrestres son de disgregado, cribado, compactación y estabilización.

Los tres primeros tiene como finalidad lograr que las partículas sean de tamaños menores que el máximo requerido.

Compactación

La compactación es el proceso mecánico por medio del cual se reduce el volumen de los materiales en un tiempo corto, con el fin de que resistan las cargas y tengan una relación esfuerzo - deformación conveniente en la vida útil de la obra.

En la compactación, el volumen del suelo se reduce utilizando maquinaria especializada. Este cambio se presenta principalmente por la reducción del volumen de aire que contiene el material, al darle cierto número de pasadas con el equipo adecuado; el tiempo por lo general se mide en horas.

Tipos de compactadores

Para compactar los materiales se usan diferentes máquinas, de acuerdo con las características del suelo. Es común clasificar estas máquinas en dos tipos: de presión y vibratorias.

Las máquinas compactadoras de presión se dividen a su vez en máquinas con y sin salientes. Los ejemplos más típicos de compactadores sin salientes son los rodillos lisos y los rodillos de neumáticos. Los rodillos lisos son metálicos y huecos, además de tener diferentes anchos y diámetros; se combinan de manera distinta para ser más eficaces, de acuerdo con la experiencia del constructor.

Los compactadores de neumáticos son cajas colocadas sobre ejes en los que hay ruedas lisas de hule, infladas con aire, cuya presión varía de acuerdo con las necesidades del trabajo. Estas llantas tienen un movimiento lateral que mejora la eficiencia del equipo. Las cajas se llenan con algún material para dar el peso necesario en la compactación.

Los rodillos con salientes son metálicos y tienen picos, vástagos o pernos de 15 a 25 cm, sus formas son: tronco - cónicas y tronco - piramidal o de paralelepípedos. Trabajan al introducir las salientes en el material y compactándolo así de abajo hacia arriba, con lo cual evitan el encarpamiento que producen los rodillos sin salientes.

Por último se tienen los compactadores vibratorios, que transmiten ondas dinámicas a los materiales y les producen un acomodamiento masivo; son muy efectivos para compactar materiales inertes como gravas y arenas.

Verificación de la Compactación

Una vez que en el campo se termina la compactación de alguna capa de la sección estructural, ya sea del cuerpo del terraplén de la capa subrasante o de las capas de pavimento, Es necesario que se verifique si se alcanzó el peso volumétrico marcado en el proyecto. La compactación alcanzada se mide por medio del grado de

compactación (G_c), que se define como la relación porcentual del peso volumétrico seco que se tiene en la obra y el peso volumétrico seco máximo que se obtiene en el laboratorio. La expresión para calcular el grado de compactación es:

$$G_c = \frac{\text{Peso volumétrico seco de campo}}{\text{Peso volumétrico máximo de laboratorio}}$$

EMPLEO DE LA MAQUINARIA DE COMPACTACIÓN.

La investigación y la experiencia han demostrado que la compactación de suelos de base y de mezclas asfálticas presentan muchos aspectos distintos. La efectividad varía en las mezclas asfálticas con la temperatura, siendo máxima con las temperaturas más elevadas.

De hechos conocidos se deduce que la compactación necesaria puede obtenerse de la forma más fácil solamente con la adecuada combinación de carga por rueda, presión de contacto y acción de amasado y vibración.

Las exigencias en cuanto a suavidad de acabado de la superficie limitan el tipo de maquinaria de compactación. La experiencia y la investigación actuales indican que las máquinas de compactación más adecuadas para los diversos tipos de materiales detallados son los siguientes:

MAQUINARIA DE COMPACTACIÓN

Materiales	Tipo de maquinaria de compactación
Terraplenes y terrenos naturales de grano fino.	<ul style="list-style-type: none"> • Rodillos pata de cabra. • Rodillos de llanta de acero segmentada. • Rodillos neumáticos con ruedas oscilantes. • Rodillos vibratorios con llantas metálicas.
Capas granulares de bases, sub-bases y terreno mejorado.	<ul style="list-style-type: none"> • Rodillos de neumáticos. • Compactadores vibratorios (tanto de

	<p>zapatas como de rodillo de llanta metálica).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodillos de llanta de acero segmentada. • Rodillos neumáticos de ruedas oscilantes.
Capas de base de macadam y otros tipos de áridos gruesos.	<ul style="list-style-type: none"> • Compactadores vibratorios de zapatas. • Compactadores vibratorios de rodillo y llanta metálica). <p>Compactadores vibratorios de llanta metálica.</p>
Capas asfálticas de base mezclada.	<ul style="list-style-type: none"> • Compactadores neumáticos. • Apisonadoras de neumático. • Apisonadoras de llanta metálica. • Apisonadoras de llanta metálica segmentada.
Macadam asfáltico.	<ul style="list-style-type: none"> • Compactadores vibratorios (de zapatas o rodillo). • Rodillos vibratorios de llantas metálicas. • Rodillos metálicos (de tipo tandem o triciclo).
Capas de base intermedias o de superficie mezcladas en instalación mezcladora.	<ul style="list-style-type: none"> • Apisonado inicial. • Apisonadoras triciclo o de llanta metálica (tipo tandem dos ejes). • Apisonado intermedio. • Apisonadoras de neumáticos (autopropulsadas). • Rodillos de tipo Tandem de dos y tres ejes. • Apisonado final.

Cuadro 4.7

PAVIMENTOS

Se define como pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad.

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se construyen los pavimentos deben tener la calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento también transmite los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuye de manera conveniente, con el fin de que éstas lo resistan.

La calidad y los espesores de las capas del pavimento deben estar íntimamente relacionados con los materiales de las capas inferiores; es decir, tanto los esfuerzos debidos al tránsito como la calidad de las terracerías influyen en la estructuración del pavimento.

El pavimento proporciona la superficie de rodamiento para que los vehículos transiten con "rapidez" y "comodidad".

Tipos de Pavimentos

Existen dos tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos. En los primeros, una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales; y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y sub-base, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia

las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas.

CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO.

Se puede establecer que el diseño de un pavimento no es gobernado por el peso del vehículo, sino que el objeto del pavimento es proporcionar una superficie funcional para la operación segura de los vehículos.

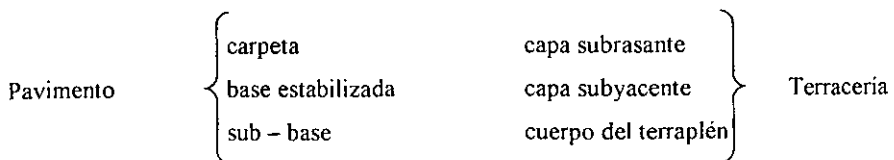
Objetivos de la construcción de un pavimento.

- a) El vehículo debe operarse dentro de un rango de velocidad definida.
- b) La rugosidad de la superficie del pavimento no debe generar una vibración en el vehículo arriba de cierto nivel de tolerancia.
- c) Debe asegurarse una operación de los vehículos.

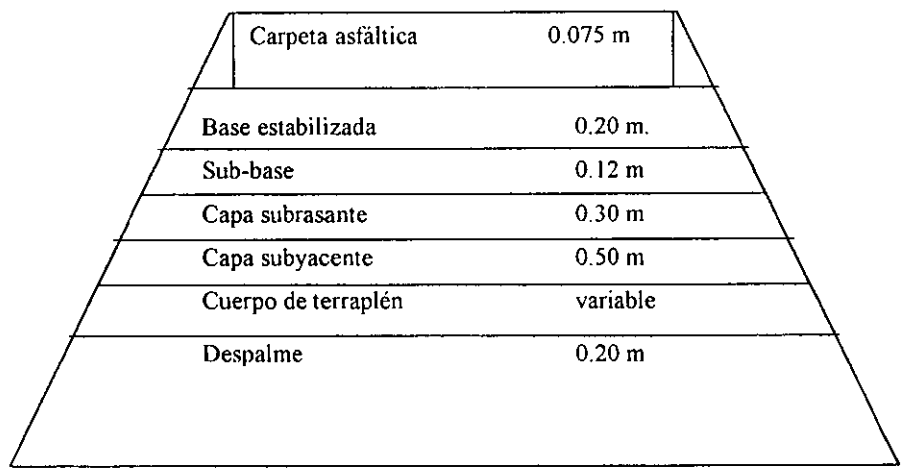
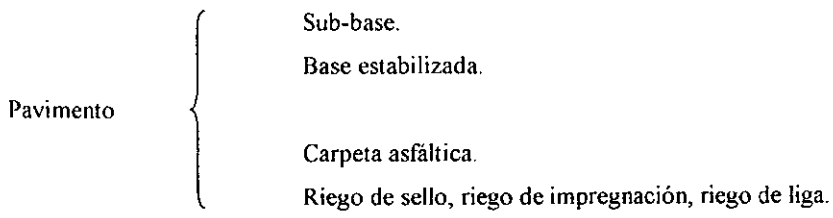
Entre las características estructurales que debe tener un pavimento, se encuentran las siguientes:

- a) Debe tener una resistencia y un espesor total suficiente, tanto para soportar las cargas de los vehículos como para transmitir adecuadamente los esfuerzos a las terracerías, de modo que estas no se deformen de manera perjudicial.
- b) Debe prevenir la penetración o la acumulación de agua en el interior.
- c) Debe tener una capa superior que sea adecuada para el rodamiento y ser resistente tanto a las cargas de los vehículos como a los agentes del intemperismo.

Pavimento flexible.



Pavimentación.



Cuadro 4.8. Pavimento flexible.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base, la calidad de las capas es descendente hacia abajo, en la figura anterior (cuadro 4.8), se muestra con un corte típico de un pavimento flexible en terraplén.

Funciones de las distintas capas del pavimento.

Carpeta.

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además, debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base.

Cuando está hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento. Desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento, es el elemento más importante.

Carpetas de concreto asfáltico.

Las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

Riego de liga.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse en el riego de liga, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido. Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base deberá estar debidamente preparada e impregnada. La S.C.T. fijará, en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta. No deberá tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda encharcada o cuando esté lloviendo.

Riego de sello.

Es la aplicación de un material asfáltico, que cubre con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

En términos generales, las cantidades de materiales que deben aplicarse, en litros por metro cuadrado, estarán comprendidas en el cuadro 4.9.

MATERIALES PÉTREOS

Materiales	Tamaño del material pétreo	
	3-A	3-E
Cemento asfáltico	0.7 – 1.0	0.8 – 1.0
Material pétreo	8 – 10	1

Cuadro 4.9

1. El cemento asfáltico considerado en esta tabla se refiere al que existe en los materiales asfálticos que se empleen.
2. Para calcular la cantidad de material asfáltico por aplicar deberá dividirse el valor anotado en esta tabla, entre el contenido de cemento que presente el material asfáltico utilizado, ambos expresados en litros.

Para la ejecución de riego de sello, en términos generales se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

1. Se barrerá la superficie por tratar.
2. Se dará el riego de material asfáltico del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto.
3. Se cubrirá el riego del material asfáltico con una capa del material pétreo que fije el proyecto, y en la cantidad también así fijada.
4. Se rastreará y planchará el material pétreo.
5. Se recolectará mediante barrido y removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico, depositándolo en el lugar que se señale. De preferencia en los taludes.

Riego de impregnación.

Es la aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada con el objeto de impermeabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse para riego de impregnación serán rebajados de fraguado medio, del tipo que fije el proyecto.

La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido; la penetración del riego deberá ser mayor de cuatro (4) mm. Aunque en algunos casos puede aceptarse como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el de la capa cuya superficie se impregno.

Funciones de la base.

La base permite reducir el espesor de la carpeta ya que esta es más costosa, pero la función fundamental de la base que también es parte de la estructura vial, consiste en proporcionar un elemento resistente que transmite a la sub-base y a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito con una intensidad apropiada.

La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos, así como impedir el fenómeno de capilaridad.

ESPESORES DE BASE Y SUB-BASE

	Sub-base	Base
a) Ancho de la sección del eje a la orilla, para carreteras.	+10 cm	+10 cm
b) Nivel de la superficie, en sub-base para losas de concreto hidráulico y en bases para carpetas asfálticas.	±1 cm	±1 cm
c) Pendiente transversal, para carreteras.	±0.5%	±0.5%
Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres (3) metros de longitud, paralela y normalmente al eje: Para carreteras, máximo	2 cm	1.5 cm

Cuadro 4.10

Sub-base.

Una de las funciones principales de la sub-base es de carácter económico, ya que se usa para disminuir el espesor de material de base (material más costoso). Su función desde el punto de vista estructural es similar a la base. Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante, generalmente formada por materiales finos. La sub-base más fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de las terracerías, por ejemplo cambios volumétricos que se reflejen en la superficie del pavimento. Otra función de la sub-base es la de actuar como dren para desalojar el agua que se filtre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de las terracerías.

Estabilizaciones.

Es la incorporación de un determinado producto a los materiales seleccionados en la construcción de la capa subrasante, de la sub-base o de la base, para modificar algunas de sus características físicas para mejorar el comportamiento de las capas.

Materiales para estabilización.

- Cal hidratada.
- Cemento Portland
- Materiales puzolánicos.
- Materiales asfálticos.

Las estabilizaciones se ejecutarán en los siguientes casos:

- a) En materiales que forman la capa subrasante, para su mejoramiento.
- b) En materiales existentes en la carretera, para la construcción o reconstrucción de la capa subrasante, de la sub-base o de la base.
- c) En material procedente de uno (1) o más bancos, para la construcción de la capa subrasante, la sub-base y la base.

Para dar por terminada una estabilización se verificarán el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el espesor y el acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias, presentadas en el cuadro 4.11.

TOLERANCIAS PARA ESTABILIZACIONES	
a) Ancho de la sección del eje a la orilla, para carreteras:	+ 10 cm
b) Pendiente transversal, para carreteras.	±0.5%
c) Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres metros de longitud para carreteras:	
1) Cuando se utilice en la estabilización un material asfáltico: Para carreteras máximo.	0.5 cm
2) Cuando se utilicen otros productos para la estabilización: para carreteras máximo.	0.5 cm

Cuadro 4.11

DRENAJE

Uno de los elementos que causa mayores problemas a los caminos es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose así fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Lo anterior obliga a construir el drenaje de tal forma que el agua se aleje con la mayor rapidez posible de la obra.

TIPO DE OBRA

Para que la obra no interfiera con el drenaje natural, se previene la construcción de obras menores (obras de drenaje) en diferentes puntos.

El drenaje artificial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causar problemas.

El estudio del drenaje debe iniciarse desde la elección de ruta eligiéndose una zona que tenga menos problemas de escurrimiento. De ser posible, se utilizarán las pendientes máximas permisibles y se tratará de llegar y aprovechar los parteaguas, en donde el drenaje será mínimo.

LOCALIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE

Estas se localizan en el fondo de un cauce, bien sea arroyo o canal, procurando no forzar los cruces con objeto de hacerlos normales, porque estos encarecen la conservación, no debiendo tratar de reducir el número de alcantarillas concentrando en una sola el agua proveniente de una cuneta larga, es decir, conviene construir varias alcantarillas pequeñas que tienen mejor función que una alcantarilla grande.

Además de las alcantarillas deben disponerse en la carretera otras obras menos conocidas fuera del campo especializado, que contribuyen a encauzar y

eliminar las aguas superficiales que de otro modo causarían daños. Suele darse a estas obras el nombre genérico de obras complementarias de drenaje.

Como tales obras se entenderán las siguientes:

- 1) El bombeo
- 2) Las guarniciones
- 3) Los bordillos
- 4) Los lavaderos
- 5) Las bajadas
- 6) Las bermas
- 7) El uso apropiado de vegetación
- 8) Los bordos
- 9) Las cunetas
- 10) Las contracunetas
- 11) Los canales interceptores.

CLASIFICACIÓN DEL DRENAJE

El drenaje artificial se clasifica en superficial y subterráneo, dependiendo si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre. El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal, según la posición que las obras guarden con respecto al eje del camino.

El drenaje longitudinal tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, causando desperfectos. De este tipo de drenaje son las cunetas, contracunetas, bordillos y canales de encauzamiento. Se llaman de drenaje longitudinal porque se sitúan más o menos paralelos al eje del camino.

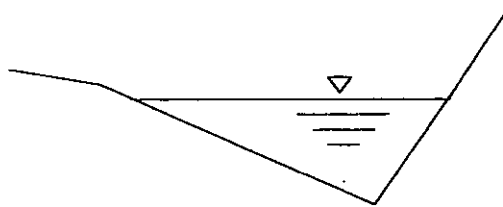
El drenaje transversal da paso al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien la retira lo más pronto posible de la corona, como tubos, losas, cajones, bóvedas, lavaderos, vados, sifones invertidos, puentes y el bombeo de la corona.

De acuerdo con la dimensión del claro de las obras de drenaje transversal, se ha convenido dividir al drenaje en mayor y menor. El drenaje mayor requiere obras con un claro superior a 6m. A las obras del drenaje mayor se les denomina puentes y a las del drenaje menor, alcantarilla.

DRENAJE LONGITUDINAL

Cunetas

Las cunetas son canales en los cortes que se hacen a los lados de la cama del camino y cuya función es interceptar el agua que escurre de la corona, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal y así alejarla lo más pronto posible de la zona del camino.



Cuadro 4.12. Perfil de una cuneta

Contracunetas

Las contracunetas son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes y su finalidad es interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada o a una parte baja del terreno; así se evita que al escurrir el agua por los taludes los erosione y aumente el caudal de las cunetas.

Canales de encauzamiento

En terrenos sensiblemente planos, en los cuales el escurrimiento es de tipo torrencial y no existen cauces definidos, es necesario construir canales que intercepten el agua antes de que ésta llegue al camino y la conduzcan a sitios elegidos con anticipación, en los que se pueda construir una obra transversal y efectuar el cruzamiento.

DRENAJE TRANSVERSAL

Bombeo

El bombeo consiste en proporcionar a la corona del camino, ubicadas en las tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal desde el centro del camino hasta los hombros. Su función es dar salida expedita al agua que caiga sobre el pavimento y evitar en lo posible que el líquido penetre en las terracerías.

Vados

Los vados son estructuras superficiales del camino, ubicadas en el cruce con un escurrimiento de agua efímero o permanente de tirante pequeño. Su uso es frecuente cuando hay corrientes de régimen torrencial que permiten el paso de vehículos la mayor parte del año y donde el tránsito se interrumpa de dos a cuatro horas en promedio. Es común elegir este tipo de obra cuando se tienen cauces amplios y la rasante del camino es baja.

Alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras transversales de forma diversa cuya función es conducir y desalojar, con la mayor rapidez posible, el agua de las hondonadas y las partes bajas del terreno que atraviesan el terreno. Por la forma de su sección y el material de que están construidas, estas estructuras de drenaje menor se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y sifones. Las alcantarillas están siempre alojadas en el cuerpo de la terracería.

1. Tubos. Las alcantarillas construidas con tubos prefabricados en secciones, se llaman tubulares. Los tubos pueden ser metálicos o de concreto.
2. Losas. Se llaman alcantarillas de losa de concreto reforzado sobre muros de mampostería y son usadas cuando por la magnitud del gasto, no es posible usar una batería de tubos o no existen los tubos de diámetro necesario, o resultan excesivamente costosos o difíciles de transportar e instalar.
3. Bóvedas. Son estructuras en las que la parte que recibe la carga de la carretera es un arco de mampostería, concreto armado o concreto simple.
4. Sifones. Son estructuras que cruzan la carretera bajo condiciones hidráulicas especiales, como en el caso de canales de riego.

La función de cualquier tipo de alcantarillas se mejora mediante una estructura de transición en la entrada y salida del conducto, formada por los aleros, que son muros de contención y guías para conducir el agua, las cuales transforman gradualmente el régimen que tenía en el terreno natural al del interior, y otra vez al del terreno natural.

Cualquiera que sea el tipo de alcantarilla, el terraplén colocado sobre ella debe construirse en capas compactadas de 15 a 20 cm de espesor.

TRABAJOS DIVERSOS

Son obras complementarias que se realizan para mejorar la eficiencia de un sistema de drenaje o de una estructura.

Los trabajos diversos podrán ser los siguientes:

- 1) Guarniciones y bordillos
- 2) Recubrimientos de cunetas
- 3) Recubrimiento de contracunetas
- 4) Lavaderos
- 5) Barras de protección
- 6) Mallas metálicas de construcción
- 7) Vados

SUBDRENAJE

Una parte del agua de lluvia que cae sobre la corteza terrestre se evapora, otra escurre sobre ella y el resto se infiltra a las capas interiores. Sin embargo, no toda el agua subterránea procede de la lluvia, sino también de la condensación de vapores arrojados por la actividad volcánica, o puede tratarse de agua atrapada como residuo de antiguos lagos u océanos.

CONTROL DE CALIDAD.

Controlar es medir lo logrado con relación a un plan o a una norma prefijada y corregir las desviaciones observadas, para asegurar las metas de la producción, es decir controlar implica:

- Fijar un plan o meta.
- Diseñar un sistema de mediciones.
- Establecer los medios para corregir las desviaciones.

De esta manera, se controlarán: el tiempo con base en los programas de obra o construcción (ver cuadro 5.1); la calidad, de acuerdo con el proyecto y las normas o especificaciones; y el costo, al comparar los gastos con los presupuestos.

El control de calidad se define como el conjunto sistemático de esfuerzos, principios, prácticas y tecnología de una organización de producción o industria, para asegurar, mantener o superar la calidad de un producto al menor costo posible.

El control de calidad es una herramienta y en él se consideran cuatro aspectos:

- Establecimiento de normas de calidad.
- Estimación de la concordancia con las normas.
- Información oportuna y clara.
- Acción cuando no se coincide con las normas.

Las actividades del control de calidad son:

- Preventivas. En éstas, se realizan investigaciones y se dan especificaciones y proyectos realistas.
- Control de proceso. Aquí, se debe exigir el cumplimiento de las especificaciones y del proyecto en las etapas intermedias de producción o construcción.
- Verificación del producto u obra. En esta parte, se debe cumplir la meta propuesta y de acuerdo con lo alcanzado, se realizan los pagos y ajustes correspondientes; asimismo, se debe observar el comportamiento que se manifieste durante la operación o el uso del producto elaborado.

- **Motivación.** El control de calidad debe motivar de forma adecuada al personal, desde los ejecutivos hasta los operarios, para alcanzar la meta propuesta. En el control de calidad, se debe realizar la retroalimentación de las experiencias adquiridas durante la construcción o producción y tomarlas en cuenta para modificar total o parcialmente las especificaciones y los proyectos.

Para aplicar el control de calidad, se cuenta con diferentes herramientas, como las especificaciones y los proyectos; los procedimientos de prueba y aparatos de medición; la estadística y los sistemas de información y procesamiento de datos.

ESPECIFICACIONES

En la definición del programa de control de calidad, es muy importante el conjunto de especificaciones que se manejen, pues fijan de un modo u otro las metas que se persiguen, los procedimientos de construcción, la forma de medición de los volúmenes de obra, las bases de pago y el modo de verificar si se ha alcanzado lo deseado (procedimientos de pruebas y normas de calidad).

Hay tres tipos de especificaciones:

- a) Normas o especificaciones institucionales respecto a la construcción de un tipo general de obra; estas normas se aplican, a todos los tipos de caminos construidos en el país.
- b) Las especificaciones particulares se refieren a la construcción especial de un tipo de obra de las que se contemplan en las normas. Para caminos, puede haber especificaciones particulares para autopistas, caminos vecinales, caminos de bajo costo, etc.
- c) Las especificaciones complementarias, se indican en el proyecto de una obra particular.

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO.

A lo largo de todo el proceso de preparación del sitio y construcción será generada una cantidad, de todo tipo de materiales de desecho. En la etapa de construcción habrá dos tipos genéricos de residuos. El primero reúne a todos aquellos materiales de desperdicio donde los materiales de construcción son los principales componentes, tales como: cemento, cal, arena, asfalto, materiales producto de cortes y envases de algunos de ellos como bolsas de cemento, aditivos, etc.

El segundo tipo considera residuos sólidos municipales como son: desperdicios de comida y alimentos, residuos del aseo personal de los trabajadores y empaques.

Por último también serán utilizadas algunas estructuras prefabricadas como los postes y cercas que limitan el derecho de vía. Los postes están hechos a base de concreto armado y tienen una longitud de 1.8 m y cuatro lados de 15 cm. Estos se colocarán a cada 4 m en ambos sentidos. De esta manera será necesario disponer de aproximadamente de 46,000 postes.

Estos postes llevan cuatro hilos de alambre de púas del No. 12. Los materiales pétreos se obtendrán principalmente de bancos de material. Los materiales necesarios para las estructuras serán comprados en comercios especializados de la zona y transportados por medio de trailers.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

ANTEPROYECTO.

Es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos para situar, el eje de la carretera.

Una vez obtenidos los planos con curvas de nivel, se inicia el estudio para el trazo de la carretera, considerando un número variable de posibilidades, hasta seleccionar la más conveniente, misma que se tomará como tentativa el eje de la carretera, quedando así definidos el alineamiento horizontal y vertical.

Existen varios factores como los requerimientos del derecho de vía, la división de propiedades, los cruces con los ríos, las intersecciones con carreteras o ferrocarriles, un buen drenaje, la naturaleza geológica de los terrenos, estos factores y otros, pueden forzar una línea, así como influir en los alineamientos de la carretera. El objetivo principal del anteproyecto es definir la línea que mejor satisfaga los requerimientos de beneficio y costo, esta debe ser trazada en el campo o procesada fotogramétricamente, para desarrollar el proceso detallado.

RECONOCIMIENTO DE LA RUTA

El objetivo del reconocimiento así como su localización de esta carretera es de encontrar una zona donde no se tengan problemas de afectación y que el terreno nos permita proyectar un buen alineamiento tanto vertical como horizontal.

SELECCIÓN DE RUTA.

La etapa de selección de ruta comprende el estudio somero de todas las posibilidades de ubicación de las vías de comunicación, y la selección de la mejor, con

base en los costos de construcción, reconstrucción, conservación y operación de carreteras.

El estudio se basa en el reconocimiento de campo, fotointerpretación desde el punto de vista topográfico, de uso del suelo, geotécnico, hidrológico, y mediciones fotogramétricas para obtener perfiles del terreno, con fines de cálculo de cantidades de obra y costo de operación.

Desde el punto de vista socioeconómico como su nombre lo indica, se debe conocer mediante un censo el desarrollo social y económico de la región por la que atraviesa la carretera en estudio, con esto nos damos cuenta de las posibilidades de llevarse a cabo un proyecto ya que éstos en la práctica son a futuro.

CRITERIO EN LA SELECCIÓN DE RUTA.

Aunque la ubicación de una carretera está determinada principalmente por diferentes factores económicos y constructivos, la consideración del paisaje debe definirse desde la primera fase de proyecto.

Esta consideración se logra al proyectar la carretera en tal forma que su desarrollo se sienta lógico y natural dentro de la topografía y el paisaje. La integración se consigue al proyectar la carretera de tal manera que su construcción no implique perturbaciones en gran escala de los sitios que atraviesa, tales como grandes cortes, terraplenes y banquetas de préstamos materiales.

Además de esa apariencia de emplazamiento natural que se logra al proyectar la carretera de acuerdo con criterios particulares y tratamiento de las secciones transversales, préstamos de material, zonas de derecho de vía y estructuras, la consideración del paisaje interviene en esta fase inicial de localización de la ruta, para proteger algunos sitios de especial interés cuyo valor amerite la variación de ésta evitando así su destrucción.

ESTUDIO DE RUTAS POSIBLES.

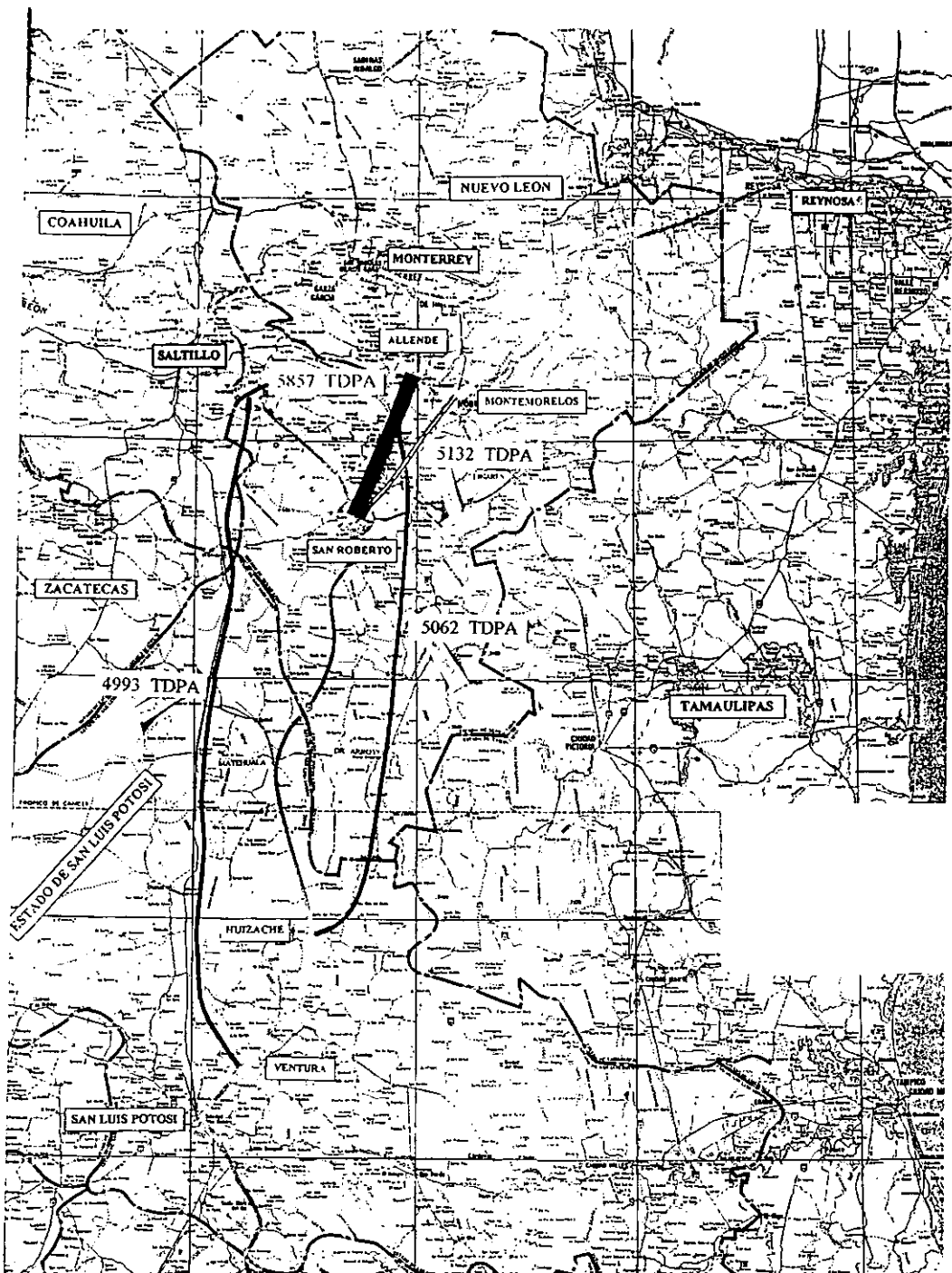
La elección de la mejor ruta entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de las carreteras.

Al comparar las ventajas que ofrezcan las rutas posibles, es preciso hallar el costo aproximado de construcción, operación y conservación de la vía que se vaya a proyectar y compararlo con los beneficios probables que se deriven de ella. Así mismo deben tenerse en cuenta los perjuicios ocasionados por la obra, a fin de considerarlos en la evaluación.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan, en nuestro país, las diversas cartas existentes, a escalas 1:500 000, 1:250 000, 1:100 000, 1:50 000 y 1:25 000, así como fotografías aéreas a escalas de 1:25 000, 1:50 000 de diversas fuentes generalmente éstas son tomadas con cámaras especiales usando lente gran angular, la selección depende del tipo de terreno, de la disponibilidad y de la confiabilidad del material cartográfico y fotogramétrico.

Cuando el terreno es muy montañoso, las fotografías a escala 1: 50 000 son normalmente utilizadas para fotointerpretación, con el fin de delimitar las fajas del terreno que alojan las mejores líneas de ruta. La interpretación de las fotos a escala 1:500 000 se hace con la ayuda del material cartográfico, estereoscópico y barra de paralaje, para la medición aproximada de desniveles.

Los aspectos geotécnicos e hidrológicos pueden encontrarse en croquis o mosaicos fotogeológicos, sin embargo es conveniente que el resultado del análisis se conserve en pares estereoscópicos, para su mejor utilización por parte del proyectista, quien con base en la información anterior, el análisis topográfico y las consideraciones de operación, servicio y costo, estudia las diversas alternativas y determina las más convenientes. En el cuadro 4.13 se presentan algunas alternativas de rutas.



Cuadro 4.13. Rutas alternativas

RUTA SAN ROBERTO - ALLENDE

Después de observar el cuadro 4.13 se puede ver que la mejor opción es la carretera San Roberto – Allende, debido a que en primer instancia es la ruta más corta, (92 km.), además el T.D.P.A. es prácticamente el mismo que el de las carreteras Huizache – Allende y Ventura - Saltillo, las cuales son aproximadamente el doble de largas que la propuesta, (275 km. y 325 km. respectivamente), por lo que se tendría un mayor ingreso de autos por km. construido, y esto se podría ver reflejado en la cuota. En cuanto a la carretera San Roberto Montemorelos, es prácticamente de la misma longitud, (100 km.), pero el T.D.P.A, es menor, lo cual nos indica que es de mayor beneficio la primera.

Además de estas ventajas, el hecho de ser una vía más corta nos permite estar dentro de un presupuesto menor, lo cual implica obtener más fácilmente un crédito.

Con respecto y en función de análisis se considera que la autopista estatal San Roberto – Allende ofrece las mejores ventajas que las autopistas San Roberto – Montemorelos, Huizache - Allende y Ventura – Saltillo.

5.- CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.



PROGRAMA DE OBRA.

PROGRAMA DE TRABAJO.

La carretera en la etapa de proyecto definitivo, no cuenta con el calendario preciso de la misma. Sin embargo, se estima que por la envergadura de la obra, su importancia y las características físicas y biológicas de la zona, se deberán invertir unos 14 meses en su construcción. El programa se presenta en el cuadro 5.1.

PERSONAL UTILIZADO

El número de personas que intervendrán en las diferentes etapas del proyecto, es el siguiente:

ESTUDIOS PREVIOS Y SELECCIÓN DEL TRAZO.

Brigadas topográficas	3
Brigadas para estudios geotécnicos	3

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Personal Calificado	435
Obreros y ayudantes	993
Personal administrativo	20

El 95 % del personal para la obra será de la zona o la región. Solamente, parte del personal administrativo y del calificado (ingenieros responsables de obra) serán llevados de diferentes lugares de acuerdo a la empresa que se adjudique el contrato de construcción.

EQUIPO QUE SERÁ UTILIZADO

Para realizar las tareas de preparación y construcción del tramo carretero se utilizará maquinaria mayor consistente en Buldozers, escrepas, patas de cabra, aplanadoras, motoconformadoras, así como maquinaria para la mezcla y tendido de la capa de asfalto.

Aunque todavía no se ha determinado el número preciso de las mismas , se estima que para poder desmontar y construir los 98 km. del trazo propuesto y dadas las características de la vegetación, se requerirán de la siguiente maquinaria :

MAQUINARIA EN OBRA

Descripción	Cantidad
Tractores	10
Cargadores Frontales	12
Motoconformadoras	20
Retroexcavadoras	13
Compactador neumático	8
Rodillos lisos	9
Patas de cabra	7
Trituradoras	6
Cribas	2
Mezcladoras	2
Dosificadoras	2
Grúas	5
Petrolizadoras	4
<i>Total maquinaria mayor</i>	<i>100</i>

Por otro lado es necesario contar con el apoyo de unidades de maquinaria menor como pipas, camionetas, revolvedoras de cemento y aplanadoras neumáticas manuales, de las cuales se estima serán utilizadas alrededor de 160 unidades.

Se requerirá de un número indeterminado, pero importante de camiones de volteo para poder transportar materiales de bancos o sitios de préstamo hacia la obra, así como llevar a sitios de tiro materiales no utilizados, de acuerdo con la siguiente estimación :

Pipas de agua	40
Camiones de volteo	120
<i>Total equipo móvil</i>	<i>160</i>

Un aspecto importante de la presente obra es que aún no está en construcción, así que las adecuaciones necesarias pueden hacerse sin menoscabo del diseño original del proyecto, incluyendo los costos asociados a las tareas de conservación propuestas.

TRAMO CARRETERO SAN ROBERTO --- ALLENDE

CUADRO 5.1 PROGRAMA DE OBRA

CONCEPTO DE OBRA	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Liberación derecho de vía														
Despalme														
Desmonte														
Cortes y Excavaciones														
Conformación de base y sub-base														
Conformación de terraplenes														
Asfaltado														
Obras mayores y menores														
Limpieza y pintura														

PROCESO CONSTRUCTIVO.

DESMONTE

Este consiste en el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos con objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra impidiendo daños a la misma y permitir una buena visibilidad de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Comprende la ejecución de cualquiera de las operaciones siguientes:

- A) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- B) Rosa, que consiste en quitar la maleza, hierba o residuos de las siembras.
- C) Desenraice, consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortandolos.
- D) Limpia y quema, que consiste en retirar y quemar el producto del desmonte

El desmonte deberá estar terminado cuando menos un kilómetro delante del frente de ataque de las terracerías, el objetivo principal es evitar que cuando se tenga mucho avance en este concepto no se duplique su ejecución al crecer la especie.

DESPALME

Se despalmará el sitio de los cortes desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características no sea adecuada para la construcción de los terraplenes. El material producto del despalme generalmente se desperdiciará, aunque en algunos casos se aprovechará en abatimiento de taludes.

El despalme del área de desplante de los terraplenes se ejecutará cuando sea necesario en los tramos de terracerías compensadas antes de iniciar la construcción de los mismos, removiendo los materiales inadecuados hasta la profundidad fijada; el despalme deberá haberse terminado dentro de los (500) metros contiguos delante de cada frente de ataque de las terracerías.

CORTES

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes en derrumbes, en escalones y despalmes de cortes o para el desplante de terraplenes, con objeto de preparar y/o formar la sección de la obra.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

Material	A
Material	B
Material	C

Material A es el blando o suelto, que puede ser excavado con escropa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas, de 90 a 110 caballos de potencia en la barra, sin auxilio de arados o tractores. Además los materiales más comúnmente clasificables como A son los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material B es el que, por la dificultad de extracción y carga, solo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque se utilicen para mejorar el rendimiento. Además se consideran como material B, las piedras sueltas menores de 75 cm y mayores de 7.5 cm. Los materiales más comúnmente clasificables como material B, son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blancas y tepetates.

Material C es el que por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además también se consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de setenta y cinco (75) cm.

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga, asimilándolo al que corresponda de los materiales A, B, ó C.

EJECUCIÓN.

El equipo de construcción deberá ser previamente autorizado por la S. C. T. Se despalmará el sitio de los cortes, desalojando la capa superficial de terreno natural que por sus características no sea adecuado para la construcción de los terraplenes. Los despalmes se ejecutarán solamente en material A. El material producto del despalme se alojará fuera del derecho de vía con la posibilidad de utilizarla posteriormente para recargue de taludes.

Las excavaciones de los cortes se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte, las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicios a los cortes ni a los terraplenes; las contracunetas cuando lo indique el proyecto deberán hacerse simultáneamente con los cortes.

Antes de iniciarse los cortes en los tramos de terracerías compensadas, la construcción de alcantarillas y/o muros de sostenimiento siempre deberá haberse terminado dentro de los quinientos (500) m contiguos delante de cada frente de ataque.

En laderas lisas cuya pendiente transversal sea igual o mayor de 25 %, para obtener una buena liga entre los terraplenes y el terreno natural y con el fin de evitar deslizamientos, se construirán escalones dentro del área donde se apoyen los terraplenes. Los escalones tendrán una plantilla de dos punto cincuenta (2.50) m cuando se excaven en materiales A o B; cuando se excaven en material C se deberá indicar en cada caso la dimensión de la plantilla.

Para dar por terminado un corte, al nivel de capa inferior a la subrasante, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- | | |
|---|---------|
| A) Ancho de corona, al nivel de la capa subrasante, del centro de línea o a la orilla | + 10 cm |
| B) Salientes aisladas, con respecto a la superficie teórica del talud: | |
| 1) En material A o B | 10 cm |
| 2) En material C | 10 cm |

TERRAPLENES.

Antes de proceder a la construcción de terraplenes con las tierras procedentes de los cortes, el terreno de asiento de los terraplenes se limpiará de vegetación y de las raíces, y se excavará toda la capa de tierra vegetal. Las tierras sueltas, la arena y la grava dan terraplenes firmes. Las tierras arcillosas y margosas deben echarse en los terraplenes secos, con un contenido de agua de un 100 % de su peso en seco.

Los terraplenes se consolidan por capas por ejemplo, con el pisón DELMAG de 500 o 1000 kg., por capas de 0.30 a 0.60 m con el pisón de placas de 2 ton. por capas hasta de 1.00 m con tierras cohesivas se forman los terraplenes por capas de 0.40 m apisonadas con rodillos de "patas de cabra 815". Los taludes del terraplén se protegerán contra la absorción excesiva del agua.

A los taludes de los terraplenes se les da, en la coronación, una inclinación de 1:1.5 que hacia la base se va suavizando hasta terminar con la misma inclinación del terreno. En los desmontes se redondea la coronación de los taludes.

DESAGÜE DE LAS CARRETERAS.

El desagüe se realiza por ambos lados en los tramos con perfil transversal bombeado a dos pendientes o bien por un solo lado en las curvas y carreteras de montaña con perfil transversal de una sola pendiente (hacia el lado interior de la curva o hacia la montaña).

Si q% y S% son la pendientes transversal y longitudinal de la carretera, el agua se escurrirá en dirección oblicua por la máxima pendiente $p = \sqrt{q^2 + S^2}$ valor máximo para p=7 %. Al aumentar la pendiente longitudinal puede disminuirse la pendiente transversal. Valor mínimo de p=1 %. Relación entre las pendientes longitudinal y transversal para distintos firmes.

La evacuación del agua de las carreteras por cunetas de 0.90 a 1.00, de profundidad y ancho de fondo de 0.30 a 1.00 m, según sean las pendientes y la cantidad de agua que deba evacuarse. Pendiente mínima de fondo de 1%. Taludes de 1:1.5. Sólo se construirán cunetas cuando sean imprescindibles para la evacuación del agua de lluvia; cuando no es así, es preferible dejar unas depresiones suaves, si la clase de terreno permite la infiltración del agua.

TRANSPORTE DE TIERRAS.

Sistemas de transporte.

Camiones o tractores con remolque. Para transporte de tierras son preferibles los camiones, los camiones están indicados cuando por razones de tráfico no es posible el tendido de vías.

DATOS SOBRE TRACTORES Y CAMIONES.						
	MOTOR (CV)	PESO PROPIO (t)	CARGA REMOL- CADA BRUTA (t)	CARGA ÚTIL	VELOCIDAD (KPH)	CONSUMO DE COM- BUSTIBLE
Camiones	30	2.8		1	40	15kg/100km
	40	3.6		3	30	25kg/100km
	50	4.5		5	20	32kg/100km
	85	6.5		6.5	30	35kg/100km
Tractores Ordinarios	30 - 50	2.5 - 3.5	15 - 25		3 - 20	0.20 - 0.30 kg/cvh.
Tractores Oruga	30 - 50	3.3 - 6.8	10 - 25		3 - 20	

Cuadro 5.2

SISTEMAS DE TERRAPLENADO.

Terraplenado por capas. Se hace por capas aproximadamente horizontales con toda la anchura del terraplén, las capas serán de 15 cm o más dependiendo del tipo de material por tratar:

- En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas deberá ser tal que se obtenga la compactación fijada.
- En el caso de material no compactable el espesor de las capas será el mínimo que permita el tamaño mayor del material.

Si se transporta el material con camiones de volteo, se admite terraplenar en la construcción hasta una altura de 5.00 m los asientos y alabeos de la vía sobre la parte aún no transitada del terraplén.

Terraplén a media ladera, por la tendencia del desmoronamiento lateral, solo es admisible en un suelo homogéneo y de confianza.

Los terraplenes terminados, debido al abundamiento pasajero de las tierras, disminuyen de volumen hasta llegar al abundamiento permanente, generalmente después de un invierno, aunque si se trata de masas esquistosas pueden pasar varios años, por ello al construir las plantillas de los taludes hay que tener en cuenta el asiento para añadirlo a las dimensiones definitivas.

ABUNDAMIENTO %		
CLASE DE TERRENO	INICIAL	DEFINITIVO
• Terreno ligero	8 - 15	1 - 3
• Terreno algo compacto	10 - 20	3 - 5
• Terreno compacto (marga, arcilla con gravilla)		
• Terreno compacto (roca ligera)	25 - 30	6 - 8
• Roca compacta	30 - 35	8 - 12
	35 - 50	10 - 20

Cuadro 5.3

Los valores de los abudamientos permanentes dependen mucho de los procesos de disgregación de las tierras, por lo que las cifras de esta tabla solo pueden tomarse como indicaciones aproximadas.

Para dar por terminada la construcción de un terraplén, incluyendo su afinamiento se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- | | | |
|----|--|---------|
| A) | Niveles en subrasante | + 30 cm |
| B) | Ancho de la corona al nivel de sub - rasante del centro de línea a la orilla | - 10 cm |
| C) | Taludes: | |
| | Ancho entre el centro de línea de los cerros, conservando el plano general de los taludes. | |
| | 1) En material A o B | + 30 cm |
| | 2) En material C | + 75 cm |

COMPACTACIÓN.

- Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección, según los grados de compactación que fije el proyecto.
- Se dará al material uniformemente la humedad conveniente. Se aplicará el agua en el lugar de excavación o en el terraplén mismo. Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente, se aprobará previamente el procedimiento para eliminar el agua excedente.
- Efectuar la compactación de una capa de material, la superficie se escarificará y se agregará agua si es necesario, antes de tender la siguiente capa a fin de ligarlas debidamente.

Los fragmentos de roca, se someterán a la prueba que se detalla a continuación y que, como resultado de ella, cumplan con los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido.

1. Se tenderá una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm, en todo el ancho del terraplén y en 20m de longitud.
2. Se regará agua sobre la capa, en cantidad aproximada a 100 litros por metro cúbico de material.
3. Se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de 20 toneladas, pasando 3 veces por cada uno de los puntos que forman la superficie.
4. Se harán sondeos a cielo abierto en los 20 cm superiores de la capa, con volumen aproximado de 0.5 metros cúbicos en cada sondeo.
5. El material producto de los sondeos deberá tener como máximo, un 20 % en volumen de material retenido en la malla de 76 mm (3 ").
6. El material retenido deberá tener como máximo, el 5 % del volumen total de fragmentos de roca mayores de 15 cm (6 ").
7. Se tomará el promedio de los resultados en 3 sondeos efectuados en distintos lugares, de acuerdo con la distribución indicada.

La capa subrasante deberá tener como mínimo 30 cm de espesor formándose con una o varias capas del espesor parcial según se estipule en el proyecto, estas se compactarán de acuerdo a lo antes mencionado.

Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha de la teórica del proyecto y con un talud diferente, que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de los cerros; se obtendrán así las cuñas laterales de sobreancho, en las cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

SEGURIDAD EN LOS TALUDES.

Protección contra las acciones del agua y aire

- a) Revestimiento de tierra vegetal buena en un espesor de aproximadamente 15 cm, que se apisona y se siembra.
- b) Tepes colocados de plano sobre 10 cm de tierra vegetal, si Es que la propia tierra del terraplén no es suficiente.
- c) Tepes de cabeza, apareados verde con verde, si ocasionalmente puede quedar expuesto el talud a la acción del agua corriente con velocidad superior aproximada de 0.30 m / s.
- d) Escolleras hasta 1.00 m aproximadamente por encima y por debajo del agua, si ésta Es permanente pero corre con poca velocidad.
- e) Revestimientos de piedra, como mampostería en seco, adoquinados o losas de hormigón, para taludes expuestos a grandes velocidades del agua lenta o a agua lenta que mana constantemente. En las zonas expuestas alternativamente al aire y al agua se dejarán las juntas abiertas; las juntas que queden constantemente bajo el agua se rellenarán con mortero de cemento.

DESAGÜE DE LOS TALUDES.

Cuando, por la naturaleza de las tierras, las filtraciones pueden ser causa de que se esponjen, con peligro de la subsiguiente contracción, agrietamiento y formación de planos con deslizamiento, hay que dar salida al agua de lluvia.

Este desagüe puede ser:

- a) Zanjas de filtración de 30 a 50 cm de profundidad, abiertas en plano del talud y rellenas de piedra o grava, siguiendo las líneas de máxima pendiente, o bien líneas oblicuas o de manera de arcos y ojivas de descarga.
- b) En casos difíciles se recurre a verdaderas obras de saneamiento, como grandes zanjas rellenas de piedra con tubos de drenaje bajo la solera.

DESPRENDIMIENTO Y CORRIMIENTO DE TIERRAS.

Se manifiestan por una traslación de las tierras a lo largo de superficies de deslizamiento de carácter arcilloso o coloidal, por un derrame de aquéllas, formando masas pastosas de naturaleza más o menos arcillosa o de granos sumamente finos. Nacen, pues de las alternativas de esponjamiento y contracción mencionadas anteriormente las llamadas de Terzagui, retracciones el terreno, o de una brusca pérdida de la cohesión, o de empujes aparecidos de repente. Siempre interviene el agua en éstos fenómenos, por lo cual los medios de prevenirlos o remediarlos se reducen a desaguar el terreno, o a cerrar sus grietas.

RIEGO DE LIGA.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse en el riego de liga, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido. Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base deberá estar debidamente preparada e impregnada. La S.C.T. fijará, en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no deberá haber material asfáltico encharcado.

CARPETA.

Las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

Después de tendido el concreto asfáltico inmediatamente deberá plancharse uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tandem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a

media rueda. A continuación se compactará el concreto asfáltico utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuadas para alcanzar un mínimo de noventa y cinco por ciento (95%) del peso volumétrico máximo que fije el proyecto; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso adecuada para borrar las huellas que dejan los compactadores de llantas neumáticas.

La temperatura del concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo, deberá ser de cien a ciento diez grados (100°C-110°C); en general, la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura mínima de setenta grados centígrados (70°C).

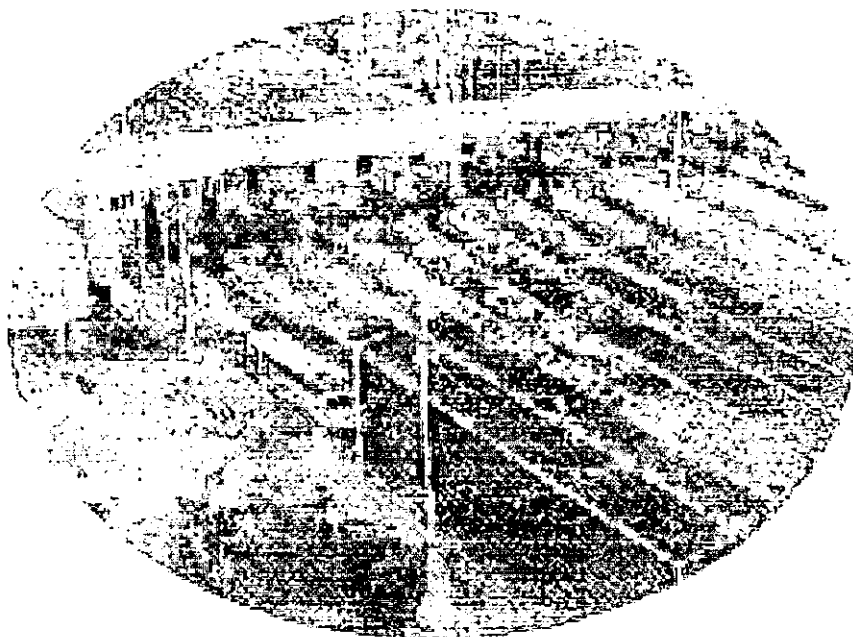
RIEGO DE SELLO.

Es la aplicación de un material asfáltico, que cubre con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Para la ejecución de riego de sello, se procede de la siguiente manera:

- Se barrerá la superficie por tratar.
- Se dará el riego de material asfáltico del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto.
- Se cubrirá el riego del material asfáltico con una capa del material pétreo que fije el proyecto, y en la cantidad también así fijada.
- Se rastreará y planchará el material pétreo.
- Se recolectará mediante barrido y removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico, depositándolo en el lugar que se señale. De preferencia en los taludes.

6.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.



SISTEMA DE PEAJE.

Los cambios en tan sólo dos décadas son significativos, pues de 4.5 toneladas por eje con velocidades de 50 a 60 kilómetros por hora, pasó a las 8 toneladas por eje y velocidades de 100 a 110 kilómetros por hora.

Así, los caminos se transformaron en autopistas durante el siglo XX, ayudados por el desarrollo tecnológico de los vehículos; las autopistas se convirtieron en el símbolo del progreso.

Por la necesidad de elevadas inversiones para la construcción de caminos más modernos, así como para no afectar el presupuesto federal, inició el periodo en el cual se estableció la cuota o peaje, por el derecho de tránsito en autopistas. En México las primeras autopistas de cuota fueron la México - Cuernavaca (1951-1955) y la Amacuzac - Iguala (1951-1952); incorporaron el control de acceso a lo largo de su recorrido con el derecho de vía protegido por alambradas, además de tramos a desnivel para el cruce de peatones, de ferrocarriles y de otros caminos.

Durante los años setenta el tránsito creció al 9% anual y con ello se demandaban otras vías para cubrir las necesidades de movilización de personas y mercancías a través del territorio nacional. Sin embargo, la crisis de los ochentas restringió la inversión destinada a carreteras, lo cual generó problemas de capacidad, deterioro físico de algunos tramos y en ocasiones, el incremento en los costos del autotransporte.

Con la finalidad de cubrir el rezago en materia de caminos, el Gobierno Federal concluyó a finales de los ochentas, la relevancia de construir alrededor de 16 mil kilómetros de autopistas de altas especificaciones para integrar la Red Troncal Básica con un horizonte al año 2000. Por ello, era necesario atraer el capital privado para la construcción de 4,000 kilómetros de nuevas autopistas y varios puentes internacionales, durante el periodo 1989-1994.

Así comenzó la nueva etapa caminera en el país, a partir de 1991, con la participación de la iniciativa privada, para la explotación, operación y mantenimiento durante lapsos distintos, en función de las características de cada proyecto.

En estas circunstancias, la necesidad de ofrecer servicios excelentes en las autopistas de cuota, plantea un campo fértil para sembrar el juicio del desarrollo sustentable; es decir, promover el crecimiento económico inducido en las autopistas en armonía con la conservación y uso racional de los recursos naturales.

Para ello, se requiere asociar los principales criterios ambientales que inciden en la seguridad, el confort y la economía a los parámetros señalados por la secretaria de Comunicaciones y Transportes para el cumplimiento de las Normas para Calificar el Estado Físico de las Carreteras.

Con base en lo anterior, las autopistas deben ser entendidas a través de su conservación mediante la aplicación de tecnologías limpias y como el mejor medio de difusión de la cultura ambiental. Cualquier usuario que ingrese a una de ellas disfrutará de un viaje interesante, además de seguro, donde se resaltan los ecosistemas y se ofrecen servicios con uso eficiente de los recursos.

El objetivo es entonces, conservar a las autopistas en equilibrio con su entorno y los recursos que la sustentan, con vocación de servicio y eficiencia de los sistemas, además de despertar en la gente el valor de su ingeniería. Asimismo, debe tomarse en consideración el cumplimiento de los ordenamientos legales vigentes en la materia, con la finalidad de evitar cargos administrativos o entorpecer los trabajos de operación y mantenimiento de las propias autopistas.

En general se formulan tres escenarios de asignación de tránsito de acuerdo con la disponibilidad al pago de cuotas para los niveles de 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 y 1.4 \$/km. para el vehículo ligero y estructura tarifaria de 2 veces ese nivel para los autobuses, y camiones hasta cuatro ejes, 3 veces ese nivel para los camiones de 5 y 6 ejes, cuatro veces para los de 7 ejes o más.

Las cuotas que se emplean en los análisis financieros son determinadas por la S.C.T. y, en principio, reflejan los beneficios otorgados al usuario, pero además deben ser las que aseguren la rentabilidad financiera del proyecto en un plazo razonable. Naturalmente que si el análisis se realiza a precios corrientes deberán ser ajustadas respecto a la inflación, para esto las empresas consideran de alto riesgo el efecto que un rezago en la autorización de tarifas puede tener sobre los volúmenes de ingresos.

El establecer una cuota inicial no es un concepto fácil de lograr, se debe tomar en cuenta, la elasticidad usuario – cuota y la política tarifaria vigente en la red de autopistas de cuota operadas por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos CAPUFE.

Existe un valor de equilibrio cuota – T.D.P.A. que tiene como resultado el máximo ingreso. En estudios recientes se ha modelado la relación cuota – T.D.P.A. – ingreso como una función de tipo parabólico, en este modelo se considera que un nivel de ingreso (I) se obtiene como función de la cuota y su tránsito asociado, así se llega a:

$$I = f(\text{cuota, T.D.P.A.})$$

Pero considerando también que si no se cobrara en la nueva autopista el total del tránsito potencial utilizaría la ruta y si se cobrara un nivel de cuotas muy elevado la autopista no sería utilizada prácticamente por ningún vehículo, se deduce que dos parejas de valores de cuota y T.D.P.A. arrojaran el mismo valor de ingreso (I).

- A) Tránsito muy alto (cercano al total potencial) con cuota muy baja.
- B) Tránsito mínimo (cercano al abandono de la autopista) con cuota muy elevada.

Si se condiciona el valor de (I) a ser máximo se obtendría la combinación cuota - T.D.P.A. óptima que cumple con minimizar el periodo de concesión necesario para la recuperación de la inversión, siendo esto último uno de los criterios más importantes en la adjudicación de las concesiones.

Sin profundizar más en el modelo, se puede notar la complejidad del procedimiento y el alto grado de incertidumbre que aún persiste.

A continuación se presentan los cuadros 6.1 y 6.2 con las tarifas actuales de las carreteras principales del Estado de Nuevo León.

TARIFA AUTOPISTA CADEREYTA - REYNOSA

Plaza de Cobro	Tramo	Automovil, Pick up, Panel, motos	Autobuses de 2,3 y 4 ejes y camiones de 2 y 3 ejes.	Camiones de 4 y 5 ejes.	Camiones de 6,7,8 y 9 ejes.
LOS RAMONES	CADEREYTA - LOS RAMONES	40	50	65	80
	LOS RAMONES - LA SIERRITA	110	140	215	235
	LOS RAMONES - LOS HERRERA	25	30	50	55
	LOS RAMONES - GENERAL BRAVO	45	55	85	95
LOS HERRERA	LOS HERRERA - GENERAL BRAVO	20	25	35	40
	CADEREYTA - LOS HERRERA	65	80	115	135
	LOS HERRERA - LA SIERRITA	85	110	165	180
DOCTOR COSS	CADEREYTA - GENERAL BRAVO	85	105	150	175
	GENERAL BRAVO - LA SIERRITA	65	85	130	140
GENERAL BRAVO	CADEREYTA - LA SIERRITA	150	190	280	315

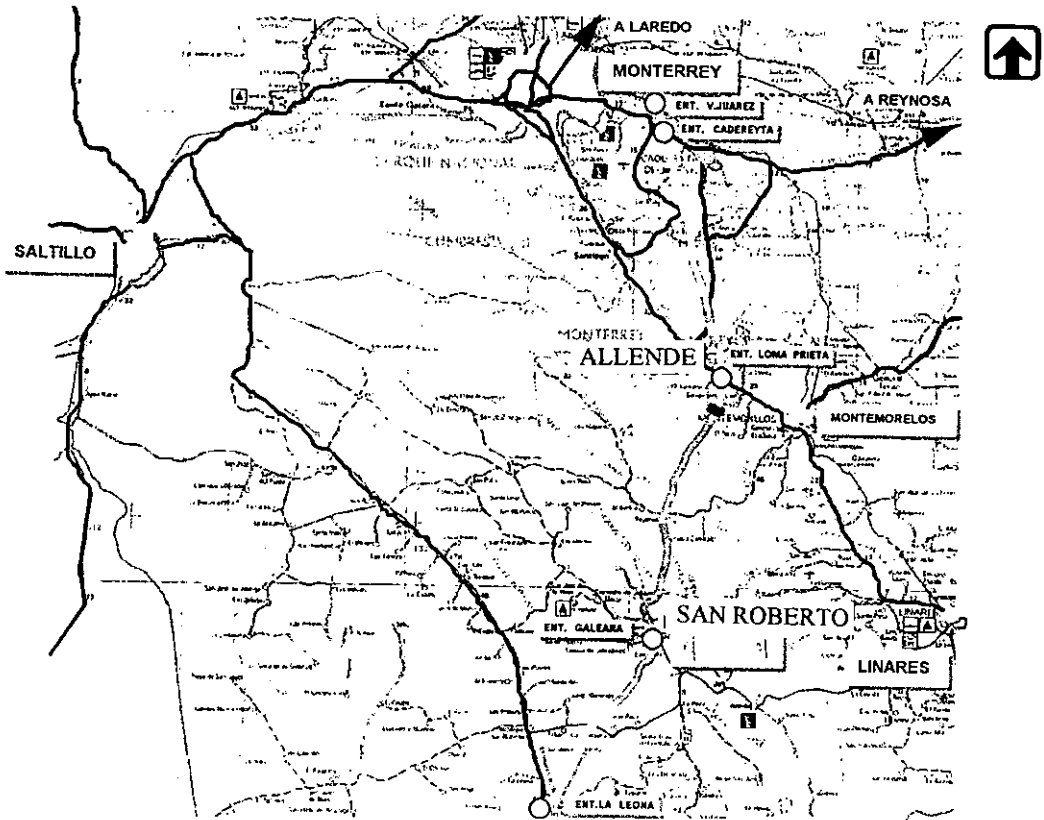
Cuadro 6.1

**TARIFA AUTOPISTA
MONTERREY - NUEVO LAREDO**

Plaza de Cobro	Tramo	Automovil, Pick up, Panel, motos	Autobuses de 2,3 y 4 ejes y camiones de 2 y 3 ejes.	Camiones de 4 y5 ejes.	Camiones de 6,7,8 y 9 ejes.
AGUALEGUAS	MONTERREY - AGUALEGUAS	60	80	110	145
	AGUALEGUAS - SABINAS	25	30	50	65
SABINAS	MONTERREY - SABINAS	85	110	160	210
	SABINAS - LA GLORIA	65	90	135	170
VALLECILLOS	VALLECILLOS - LA GLORIA	50	70	110	135

Cuadro 6.2

En cuanto al número de casetas, solo se contempla una, por lo que su ubicación es propuesta como se muestra en el cuadro 6.3.



Cuadro 6.3. Ubicación de caseta

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

CONSERVACIÓN

Al estar en operación, una obra se deteriora y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros pueden ser pequeños al principio; pero más adelante probablemente sean más serios y aceleran la falla de la vía; por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para cuando menos asegurar su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

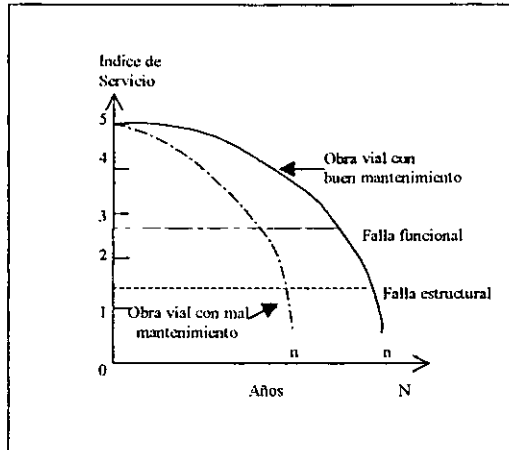
El deterioro se observa y se califica con un valor del 1 al 5, llamado índice de servicio; cuando una obra comienza a funcionar recién construida, debe tener una calificación de 4.0 a 4.5, la cual disminuye conforme pasa el tiempo (cuadro 6.4).

Cuando un camino de primer orden o autopista llega a un valor de 2.5, o de 2 uno de segundo orden, el tránsito tiene bastantes problemas y la comodidad del viaje llega al punto mínimo. En este momento, la obra alcanza su falla funcional. Si el camino sigue en servicio, logra la falla estructural y prácticamente ya no se puede realizar el tránsito.

Debido a un mal diseño de la estructura en cuanto a los materiales o sus espesores, o a que no se pronosticó el tránsito en forma adecuada, una obra vial puede llegar a la falla estructural al estar casi destruida antes de terminar la vida útil del proyecto, sin que quizá hubiese habido falla funcional, pues el deterioro habría sido rápido.

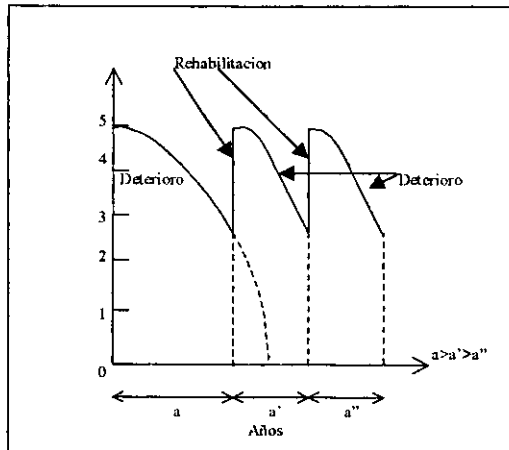
Para que una obra deteriorada con el tiempo no llegue a la falla estructural, es necesario rehabilitar la vía cuando alcance la falla funcional y su calificación sea de 2 para los caminos secundarios o de 2.5 para los de primer orden y especiales, o un poco antes de preferencia (ver cuadro 6.5).

Se pueden hacer diferentes rehabilitaciones, para aumentar su vida útil; claro, después de varios trabajos de este tipo, habrá un momento en que la estructura esté tan dañada que necesite una reconstrucción.



Cuadro 6.4

Esquema de deterioro en las obras viales a través del tiempo y los efectos de una conservación buena y otra mala.



Cuadro 6.5

Esquema que muestra el efecto de las rehabilitaciones en la vida de una obra vial.

Para calificar un camino se utiliza el método visual, donde se toman en cuenta la cantidad de grietas que hay en la superficie de rodamiento; el número de baches, cajetes o calaveras; y la magnitud de las deformaciones. Otro método es la medición, que se lleva a cabo principalmente con pruebas para calcular la deformabilidad de la estructura.

DESCRIPCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS

A continuación, se describen diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento y sus causas probables:

PAVIMENTOS FLEXIBLES.

- **Rodera.** Son deformaciones longitudinales que se presentan en la superficie de rodamiento, en la zona de mayor incidencia de las ruedas de los vehículos.
- **Superficie de rodamiento lisa.** Este defecto se debe a un exceso de asfalto en el riego de liga, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello.
- **Pequeñas deformaciones transversales rítmicas.** Esta falla, se presenta cuando la base no está bien cementada o cuando se construyó con materiales inertes.
- **Desintegración de la carpeta.** Se presenta en carpetas asfálticas antiguas por oxidación del asfalto, o en carpetas relativamente recientes con escaso contenido de asfalto; se da también en carpetas elaboradas con material pétreo deleznable.
- **Grietas longitudinales a la orilla de la carpeta.** Este problema se presenta en las terracerías, ya sea por contracciones que ocurran en ellas o por estar construidas sobre terrenos blandos; también puede deberse a que el tránsito se acerca mucho a las orillas cuando la carpeta cubre toda la corona de la vía, en cuyo caso no hay suficiente confinamiento lateral.
- **Presencia de calaveras.** Las calaveras son huecos que se forman en la superficie de rodamiento e incluso, llegan a ser muy numerosas; su tamaño no es mayor que 15 cm. Se deben a una calidad insuficiente en la base, a carpetas con contenido de asfalto menor que el óptimo o por colocar una carpeta sobre otra agrietada y calaverada, que se refleja en la nueva.

- Baches. Se deben a la desintegración de la carpeta y de la base por la mala calidad de los materiales inferiores, incluidas las terracerías con alto contenido de agua.
- Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo o mapeo. Se debe a una carpeta de mala calidad o calocada sobre una base con rebote.
- Corrimiento de la carpeta asfáltica. Ocurre cuando la mezcla es de baja estabilidad, ya sea por exceso de asfalto blando en zonas de alta temperatura.
- Descarnado de la carpeta. Resulta de usar aditivos inadecuados en las mezclas y se presenta en zonas de grandes esfuerzos horizontales provocados por el tránsito, como en la zona de arranque y frenado, en avenidas o calles de ciudades.
- Deformaciones fuertes de la superficie de pavimento. Se deben a un espesor insuficiente o a la mala calidad de los materiales del pavimento y de las terracerías.
- Deformaciones de la corona junto a las cunetas. Las provoca un exceso de humedad en el terreno natural cuando no existen cunetas revestidas y a falta del subdrenaje.

REPARACIÓN DE PAVIMENTOS.

La construcción de las vías terrestres debe ser tal que soporten el tránsito con una conservación normal y las rehabilitaciones programadas, durante el tiempo considerado de vida útil; los tramos no deben deformarse en forma apreciable ni presentar grietas.

Si al principio de la operación de la obra aparecen baches muy aislados, debidos a pequeños problemas durante la construcción, deberán tratarse de manera adecuada, al abrir una caja hasta donde sea necesario y rellenarla con materiales de buena calidad, compactándolos hasta el grado conveniente. La carpeta asfáltica que se reponga, debe ser del mismo tipo que la que se colocó en el resto del tramo.

Si la carpeta presentó agrietamientos por algún motivo; pero la superficie está firme, no se debe colocar otra capa asfáltica sobre ella, pues las grietas se reflejan en poco tiempo. En este caso, se levanta la carpeta y se desecha o incorpora a la base, previa escarificación, para colocar la nueva carpeta después de compactarla e impregnarla.

MANTENIMIENTO NORMAL O PREVENTIVO.

El mantenimiento normal se proporciona en los tramos que no presentan deformaciones ni agrietamientos fuertes; se lleva a cabo por medio de riegos de sello, los cuales en promedio deben durar tres años, si se utilizan materiales pétreos adecuados.

Si la superficie de rodamiento está lisa, sobre todo si existe una capa de asfalto considerable (2 o 3 mm), se debe raspar con motoconformadora y, si es posible, la superficie se calienta con anticipación por medio de sopletes acoplados a un camión. Dentro de este tipo de conservación rutinaria o normal, se encuentran todos los trabajos de bacheo y renivelaciones.

Otro trabajo que cae en este tipo de conservación es el señalamiento, sobre todo el de las rayas que se pintan en la superficie de rodamientos para marcar los carriles e indicar las zonas donde se permite el rebase de vehículos.

RECONSTRUCCIONES AISLADAS.

Las reconstrucciones aisladas se realizan en los tramos dañados, pero que están relativamente distantes unos de otros; es decir, no hay una falla generalizada del camino. Estos tramos pueden tener longitudes de 50 a 300 m y se pueden reconstruir mediante renivelaciones con mezcla asfáltica, sobrecarpetamientos, trabajos en las capas de terracerías u otras labores de las capas superiores.

REHABILITACIÓN O RECONSTRUCCIÓN.

Cuando en un tramo importante de 5, 10 o más Km hay fallas generalizadas donde predominan grandes deformaciones y agrietamientos, se requiere rehabilitar el camino. En general, se debe retirar la carpeta asfáltica que se puede incorporar al material de base al desintegrarla de modo conveniente una vez escarificada.

TRAMO CARRETERO SAN ROBERTO --- ALLENDE
CUADRO 6.6 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR, MENOR Y OPERACIÓN

AÑO	MANTENIMIENTO MENOR		MANTENIMIENTO MAYOR		MANTENIMIENTO TOTAL	OPERACIÓN	IMPORTE TOTAL
	ACTIVIDAD	IMPORTE	ACTIVIDAD	IMPORTE			
2001	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2002	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2003	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2004	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2005	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2006	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2007	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2008	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2009	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	SOBRECARPETA Y SELLO	20,618.37	32,178.48	15,725.47	47,903.96
2010	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2011	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2012	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2013	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2014	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2015	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2016	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2017	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2018	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	SOBRECARPETA Y SELLO	20,618.37	32,178.48	15,725.47	47,903.96
2019	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2020	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2021	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2022	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2023	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2024	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2025	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2026	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	RECONSTRUCCIÓN	4,058.12	15,618.22	15,725.47	31,343.70
2027	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11	SOBRECARPETA Y SELLO	20,618.37	32,178.48	15,725.47	47,903.96
2028	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2029	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
2030	MANT. MENOR Y BACHEO	11,560.11			11,560.11	15,725.47	27,285.58
	SUMA	346,803.28		86,203.82	433,007.10	471,764.18	904,771.28
	PROMEDIO ANUAL	17,340.16		4,310.19	21,650.36	23,588.21	45,238.56
	PROMEDIO MENSUAL	963.34		359.18	1,804.20	1,965.68	3,769.88

Nota: Costos en miles de pesos a precios de enero del 2000

7.- ANÁLISIS FINANCIERO.



ANÁLISIS FINANCIERO.

EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La evaluación de proyectos pretende en lo general, relacionar los efectos principales de la inversión con los costos totales asociados a un proyecto, ambos cuantificados a lo largo de un periodo usualmente llamado horizonte económico.

Los proyectos de carreteras tienen distintos efectos y funciones dominantes; unos se destinan al servicio de las zonas desarrolladas buscando promover bajas en los costos de transporte; otros, denominados de penetración económica, se proponen para el fomento de las economías de mercado, para desalentar situaciones de autoconsumo y para propiciar el uso de áreas agropecuarias potenciales; los terceros de orden social, se construyen con el objeto de llevar a las zonas del país aún no comunicadas, los servicios asistenciales que requiere la sociedad en conjunto.

FINALIDAD DE LAS OBRAS DE INGENIERÍA

Las obras de ingeniería deben realizarse en la forma más económica posible, pero cumpliendo cabalmente con las finalidades para las cuales fueron proyectadas. Se dice que una obra es económica cuando los costos de construcción, conservación y operación son mínimos en relación con otras alternativas. La misión de un ingeniero es proyectar y construir obras con el mejor costo posible y que cumplan con los objetivos para los cuales se concibieron.

INFRAESTRUCTURA

Las vías terrestres forman parte de la infraestructura de un país; son aquellas obras que por lo general están a cargo del gobierno y contribuyen al desarrollo. Entre las obras de infraestructura se encuentran las de irrigación, instalación de energía eléctrica, introducción de agua potable y drenaje, entre otras. Se ha dicho

que los caminos son la infraestructura de la infraestructura, pues una vez que se construye uno de ellos, es más fácil proporcionar el resto de los servicios.

RIESGOS DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO.

Para realizar los proyectos de las obras de ingeniería deben tomarse en cuenta los riesgos posibles de alguna falla, y sobre esta base se toman los factores de seguridad

EL FACTOR ECONÓMICO EN LAS NORMAS DE PROYECTO.

De acuerdo con la demanda de tránsito, las obras se deben clasificar conforme las especificaciones para que las características geométricas que marquen a cada una, sean acordes a las necesidades y los costos de operación. Para carreteras, el factor económico rige las características de pendiente, curvatura, número de carriles o vías paralelas, las cuales están en íntima relación con el volumen de carga y el tipo de maquinaria utilizado (ver el cuadro 7.1).

En carreteras, la posición de la rasante económica con respecto al terreno natural debe estudiarse con cuidado, tomando en cuenta las especificaciones; la topografía; las dimensiones y necesidades de las obras de drenaje; y las condiciones geotécnicas de la zona en cuanto a terrenos blandos, nivel freático y puntos de inundación. Así mismo, es preciso estudiar las secciones críticas con el fin de decidir hasta qué grado es conveniente mover el centro de línea en el proyecto horizontal y hasta donde conviene construir muros de contención.

TIPOS DE CAMINOS DE ACUERDO CON SU UTILIDAD SOCIOECONÓMICA

Los caminos se pueden clasificar, de acuerdo con utilidad, en: los de integración nacional, los de tipo social, los que propician el desarrollo y los caminos entre zonas desarrolladas.

- ***Caminos de integración nacional***

Los caminos de integración nacional son aquellos que principalmente sirven para unir el territorio de un país. La evaluación para programar la construcción de estos caminos queda a criterio de los gobernantes, que en su carácter de estadistas, deciden el monto de inversión y las obras que se deben realizar.

- ***Caminos de tipo social***

Los caminos de tipo social son aquellos cuyo fin principal es incorporar al desarrollo nacional a los núcleos poblacionales que han permanecido marginados por falta de comunicación. Estos caminos se evalúan con base en el costo por habitante servido que se calcula al dividir el costo de la obra entre el número de ciudadanos residentes en la zona de influencia del camino.

- ***Caminos para el desarrollo***

Los caminos que propician el desarrollo de una zona son aquellos que fomentan principalmente las actividades agrícolas, ganaderas, industriales o turísticas de la zona de influencia, y su evaluación económica se realiza de acuerdo con el índice de productividad, que se obtiene al dividir los beneficios entre el costo de la obra; los primeros son la suma de los costos de la producción generada durante cierto tiempo, casi siempre cinco años.

- ***Caminos entre zonas desarrolladas***

Los caminos que comunican las zonas desarrolladas y se construyen para disminuir los costos de operación del usuario, además de mejorar el tránsito en los caminos regionales. Estos caminos tiene como objeto comunicar sólo los puntos que han alcanzado mayor desarrollo; son directos, con lo que se reducen las distancias de

recorrido y el servicio mejora respecto al del resto de los caminos, por lo que su operación es segura y cómoda. Estos caminos se evalúan a través de la relación beneficio - costo, denominada índice de recuperación, que se calcula al dividir los ahorros que se tendrán cuando la nueva obra entre en funcionamiento, entre el costo de construcción.

Programación de caminos

Para programar los diferentes tipos de caminos, no es posible clasificarlos en una sola categoría, pues cada uno se evalúa de manera diferente y la elección de su construcción ha quedado hasta ahora a criterio de las autoridades. Se evalúan de acuerdo con factores de beneficio - costo para proporcionar o alentar el desarrollo nacional. Para reducir las inversiones iniciales, las obras se pueden programar por etapas, principalmente cuando se trata de caminos de desarrollo, donde el número de vehículos es muy reducido en el momento de abrirlos al tránsito.

EVALUACIÓN ECONÓMICA CON EL CRITERIO DE RENTABILIDAD.

La evaluación indicará si es conveniente o no, llevar a cabo una inversión en la construcción, reconstrucción, conservación o modernización de una obra. Cuando se desea realizar algunas de las funciones mencionadas, los beneficios se reflejan en los usuarios y en la colectividad, principalmente en aquella que se encuentra en la zona de influencia de la obra.

Para poder emplear el criterio de rentabilidad, los beneficios y los costos deberán referirse a un año base, para lo cual se actualizarán a ese año, utilizando para ello una tasa de actualización, misma que puede interpretarse como la mínima rentabilidad que puede tener un proyecto para ser aceptado. Por lo tanto se considera una tasa del 12% para los estudios de evaluación, ya que esa es la tasa de interés a que presta el F.M.I. (Fondo Monetario Internacional), el Banco Mundial y otros Bancos al Gobierno Federal.

En este criterio, la inversión en una carretera será conveniente si la suma de beneficios actualizados es mayor o igual que la suma de los costos actualizados.

De acuerdo con lo expuesto con anterioridad, para que una inversión sea factible, el índice de rentabilidad deberá ser mayor o igual a uno.

Esto es

$$\frac{\sum_{r=j-1}^{n-1} B_j(1+i)^{-r}}{\sum_{r=j-1}^{n-1} C_j(1+i)^{-r}} \geq 1$$

En donde:

- n Horizonte económico de la carretera en años.
- i Tasa anual de actualización.
- B_j Beneficios correspondientes a la construcción o modernización de la carretera en el año (j).
- C_j Costos concernientes a la construcción o modernización, así como los correspondientes a la conservación y reconstrucción de la carretera en el año (j).

Los beneficios a determinar para incorporarlos al cálculo anterior se refieren principalmente a los directos, que en esencia son las ventajas cuantificables resultantes de la modernización o mejoramiento de las características geométricas de una carretera, que se reflejan especialmente en los costos de transporte, bajo la forma de reducción del costo operacional, del tiempo de recorrido y del número de accidentes. También pueden referirse a los beneficios indirectos, que representan en sí las ventajas que se estima se derivarán de la modernización de la carretera, las cuales se reflejan en la colectividad en términos de desarrollo económico en la zona de influencia de la carretera.

Como alternativa se considera inconveniente de que si se tiene un aumento en el costo de construcción la obra no sería factible, ya que su índice de rentabilidad bajaría de acuerdo a las actualizaciones que se vayan presentando hasta que la obra quede totalmente terminada.

$$IR = \frac{Cuotas}{C.Obra + C.Mant. + C.Op.} = \frac{5,815,227,450}{3,730,381,278} = 1.55$$

Una propuesta para la construcción de la autopista, bajo un esquema de concesión es de acuerdo con los siguientes puntos:

PREMISAS FINANCIERAS:

- Longitud 92 km.
- Tráfico promedio diario anual 5,857
- Tasa de crecimiento media anual 3.3%
- Costo de construcción 2,825.61 Millones de pesos
- Proyecto y derecho de vía (3%) 84.79 Millones de pesos
- Supervisión (2%) 56.53 Millones de pesos
- Costo de operación 23.58 Millones de pesos/año
- Costo de mantenimiento 21.65 Millones de pesos/año
- Tarifa automóvil 0.75 \$/km.

RESULTADOS:

- Periodo de concesión 30 años
- Mezcla y tarifa vehicular

Tipo A	82%	\$69.00
Tipo B	3%	\$121.00
Tipo C	15%	\$203.00
- Crédito 60%
- Accionistas 35%
- Gobierno del Estado 5%

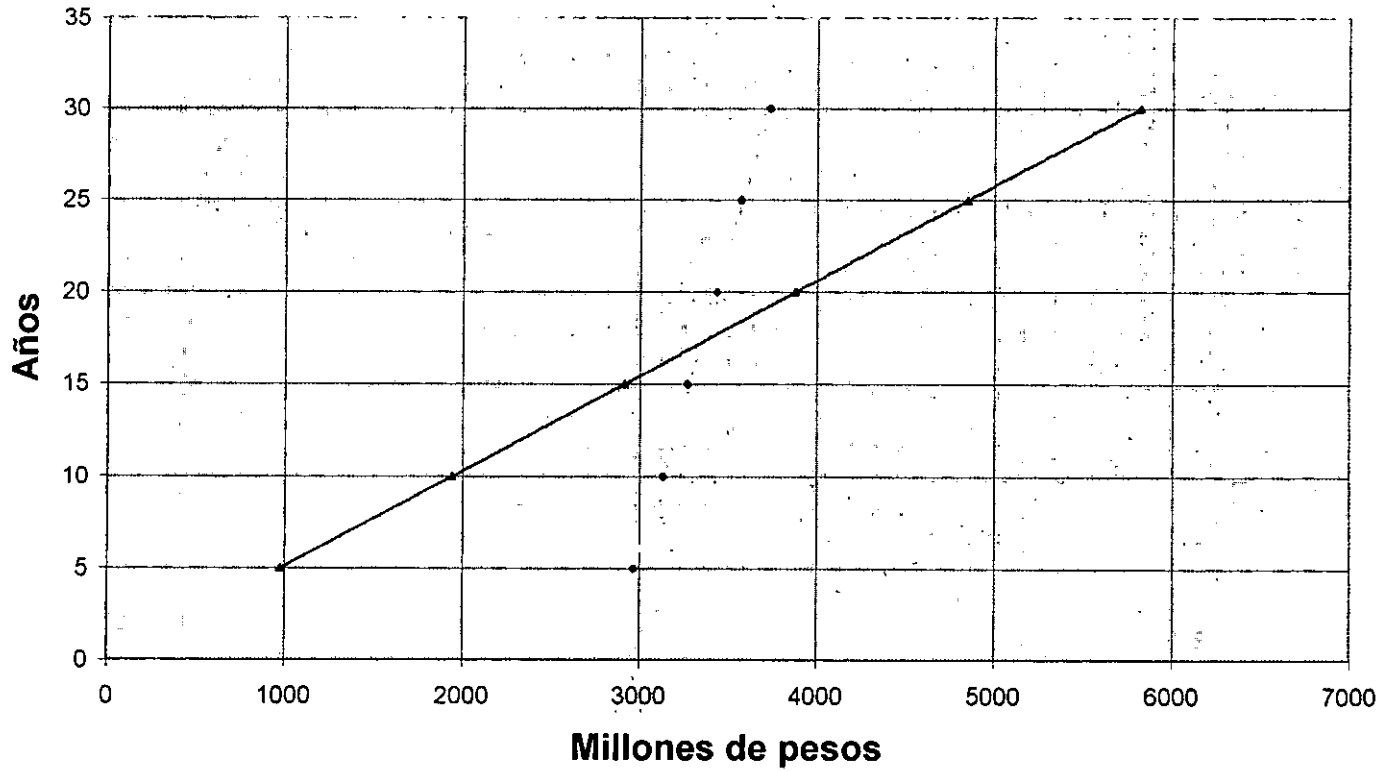
A continuación se presenta una tabla (cuadro 7.2) y su gráfica, de la forma en que se recuperaría la inversión de una manera general.

	5 años	10 años	15 años	20 años	25 años	30 años
C. Obra	2825.61	2825.61	2825.61	2826.61	2825.61	2825.61
C. Ma. y op.	136.41	301.59	439.01	603.18	743.66	904.77
Costo Total	2962.02	3127.10	3264.62	3429.79	3569.27	3730.38
Cuota	969	1938	2908	3877	4846	5815

Cantidades en millones de pesos.

Cuadro 7.2. Recuperación de la inversión

BENEFICIO - COSTO



8.- CONCLUSIONES.



CONCLUSIONES.

La construcción de la carretera San Roberto - Allende corresponde a la política de desarrollo del país en materia de vías de comunicación. Dicha obra contribuye al fortalecimiento de los lazos de intercambio entre las dos ciudades. Esto significará un ahorro en los costos de transporte, lo que se reflejará en las actividades comerciales y de servicios de la región. Además, la puesta en marcha del proyecto implica beneficios a la población por la generación directa de aproximadamente 1500 empleos temporales y algunos que otros permanentes. En suma, la carretera responde a las necesidades de comunicación para estos tiempos de cambios y movimientos rápidos.

Además, es posible que existan vestigios prehispánicos. Esto cobra importancia ya que requiere coordinación entre los encargados de la obra y las autoridades responsables de los estudios antropológicos, para ubicar, de existir, zonas arqueológicas y en su caso hacer los arreglos necesarios para su conservación. Así mismo, se debe poner especial atención durante el desarrollo de la obra y reportar cualquier hallazgo.

Esta vía que es más rápida entre las poblaciones de Allende y San Roberto, permitiría una conexión más ágil entre el sur del Estado y la Ciudad de Monterrey. Por lo que se dará un mayor auge a las poblaciones en pleno desarrollo. Se proporcionará una nueva y corta ruta para desplazarse a la principal Ciudad del Estado. Se permitirá que la Ciudad de Monterrey cuente con una vía corta de altas especificaciones que fortalecerá el intercambio comercial entre el centro del país y la frontera con Texas.

La ruta actual se reducirá en 30 Km. de distancia y media hora de tiempo de recorrido, lo cual proporciona mayor seguridad y confort al usuario con un importante ahorro en los costos de operación y mantenimiento de los vehículos. Esto permitirá que se estimule el desarrollo de un corredor industrial entre Allende y San Roberto con la posible instalación de fábricas que aprovecharán las ventajas competitivas que les proporcione esta vía de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

Aburto Valdez, Rafael: Movimiento de tierras. Impresión, fundación para la enseñanza de la construcción. Vol. 1 y 2.

Cal Y Mayor, Rafael (1978): Ingeniería de tránsito. Quinta edición. México. Asociación mexicana de caminos. Representaciones y servicios de ingeniería. Pg. 314.

Crespo Villalaz, Carlos (1989): Obras de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos y puertos. Segunda edición. México. Limusa. Pg. 706.

Etcharren Gutiérrez, Rene (1952): Manual de caminos vecinales: Normas y recomendaciones para el proyecto del eje y drenaje del camino. México. Secretaría de comunicaciones y obras públicas. Pg. 366.

García Cano, Ricardo (1991): Criterios utilizados en la evaluación económico financiera de autopistas de altas especificaciones, concesionadas para su construcción, operación y mantenimiento.

Guizar Lua, Héctor (1983): Terracería y superestructura de una carretera.

Hernández López, Alejandro (1986): Carretera México – Toluca tramo la Venta la Marquesa.

Hernández Olguín Fernando (1989): Proceso constructivo de la carretera Atlacomulco – Maravatio.

Jeufroy, Georges (1972): Proyecto y construcción de carreteras. Barcelona. Técnicos Asociados. Vol. 1 y 2.

Montfort Mayorquín, Luis Alfonso (1987): Mantenimiento de vías terrestres.

Nava Martínez, Juan Luis (1987): Evaluación económica de la carretera Carapan – Zamora – La Varca.

Navacerrada Farias, Gonzalo De (1974): Firmes de carreteras y autopistas. Segunda edición. Impresión Barcelona: editores técnicos asociados. Pg. 444.

Oglesby, Clarkson (1969): Ingeniería de carreteras, calles viaductos y pasos a desnivel. México continental. Pg. 858.

Ramírez Sabag, Jetzabeth (1980): Proyecto de la carretera Tihuatlan – Alamo – Alazan.

Rico Rodríguez, Alfonso (1974): La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y autopistas. México Limusa.

Romero González Víctor (1992): Descripción del proyecto de la autopista México-Toluca.