



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON
PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACIÓN
DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000
AL KM 127+500**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A:

JOSÉ ANTONIO BECERRA GARCÍA

ASESOR:

MTRO. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA



MÉXCO

2012





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.

PARA MI ESPOSA E HIJO:

BERENICE Y EBER ANTONIO

Gracias por su amor, cariño, tiempo y comprensión. Contigo conocí un amor especial, el cual está lleno de paz, de sinceridad, de ternura, con el cual nos un niño maravilloso que hace aún más inmensa nuestra felicidad el cual le ha dado un nuevo rumbo a nuestras vidas y con el que estamos formando una gran familia...

...Gracias por tu paciencia y dedicación que tienes para nosotros.



PARA MIS PADRES:

JOEL Y ERNESTINA

Gracias por todo su amor, por sus consejos que me han brindado a lo largo de toda mi vida y que me han ayudado a salir adelante a ser una persona de bien. Y sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificios y esfuerzos, quiero que sientan que este objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo. Con cariño y admiración.



**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

PARA MIS HERMANOS:

ANABEL ARIANA Y JOEL

Gracias por su cariño, por su comprensión ya que ustedes siempre me motivaron a seguir adelante al no darme por vencido cuando el camino se ponía difícil y gracias por su apoyo que siempre me han brindado a lo largo de mi vida.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

A MI ASESOR:

M. MEJORADA MOTA JOSÉ PAULO

En testimonio de gratitud limitada por su apoyo, aliento y estímulo mismos que posibilitaron la conquista de esta meta:

Mi formación profesional con admiración y respeto.



**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

A MIS PROFESORES:

Ing. García Cuevas Pascual

Ing. Avalos Hernández José Mario

Son parte esencial de este logro, el cual comparto con ustedes por su dedicación y esfuerzo que me brindaron durante mi periodo como estudiante, es por eso que se ve reflejado en este trabajo.

PARA

ING. VICTOR MANUEL MINO GOMEZ

Gracias por sus consejos y motivación en este proceso, por haberme brindado su confianza dándome la oportunidad de aprender y crecer a su lado.

Sabiendo que no existirá forma alguna de agradecer todo su apoyo que me dio para haber podido llegar a esta etapa, deseo expresarle mi gratitud con respeto y admiración.

INDICE

Capitulo I.-Introducción.	1
Capitulo II.-Antecedentes.	4
II.1.-Comisión Nacional de Caminos.	5
II.2.-Expansión de la Red Carretera.	6
II.3.- Carreteras de altas especificaciones.	8
Capitulo III.-Carreteras.	11
III.1.- Definición.	12
III.2.- Etapas de una carretera.	13
III.3.- Terracerías.	15
Capitulo IV.- Datos generales.	17
IV.1.- Descripción del estado.	18
IV.2.- Características Geométricas.	18
IV.3.- Topografía.	19
IV.4.- Geología.	19
IV.5.- Orografía.	19
IV.6.- Hidrología.	20
IV.7.- Clima.	20
IV.8.- Temperatura.	21
IV.9.- Precipitación Pluvial.	21
IV.10.- Generalidades de aspectos económicos del estado y municipios en los que tiene cierta influencia la autopista.	22
IV.11.- Ubicación de la zona en estudio.	37

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Capítulo V.- Pavimentos.	39
V.1.- Definición	40
V.2.- Tipos de pavimentos.	40
V.2.1.- Pavimentos flexibles.	40
V.2.1.1.-Fallas en pavimentos flexibles.	49
V.2.1.2.-Deterioros más comunes en pavimento.	50
V.2.1.3.-Método para el diseño estructural de pavimentos asfálticos incluyendo carreteras de altas especificaciones versión 2.0 del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.	51
V.2.2.-Pavimentos rígidos.	61
V.2.2.1-Método AASHTO.	62
V.2.2.2.-Diseño de pavimento método AASHTO.	63
V.2.2.3.-Método PCA.	68
Capítulo VI.- Procedimiento constructivo.	70
VI.1.-Rehabilitación de pavimento del km 114+000 al km 127+500, ambos cuerpos y terceros carriles cuerpos “a y b”, autopista México – Puebla.	71
VI.2.-Ampliación a tercer carril del km 114+000 al km 127+500, cuerpos “A y B”, autopista México - Puebla.	73
Capítulo VII.- Evaluación Económica.	76
VII.1.-Introducción.	77
VII.2.- Indicadores económicos.	77
VII.3.-Relación Beneficio – Costo.	78
VII.4.- Costo del proyecto.	80
VII.5.- Calculo de costos de operación base.	83
VII.6.- Calculo de costo de proyecto.	87

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

VII.7.- Elección de la alternativa más conveniente.	93
VII.8.- Opciones de rehabilitación con estrategias de conservación.	93
Capitulo VIII.- Ventajas y desventajas del pavimento hidráulico y del pavimento flexible.	94
VIII.1.- Economía.	95
VIII.2.- Comportamiento.	96
VIII.3.- Diseño.	96
VIII.4.- Mantenimiento	97
VIII.5.- Construcción.	97
VIII.6.- Energía	98
VIII.7.- Seguridad.	98
Capitulo IX.- Conclusiones	100
Bibliografía	103



CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los presentes apuntes surgen ante la falta de contar con un libro que permita a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil desarrollar un proyecto de un desarrollo carretero y así poder decidir cuál es la mejor alternativa de pavimento, tomando en cuenta las características que se necesitan para aprobar un plan de rehabilitación y ampliación de una carretera.

El propósito del siguiente trabajo es analizar las alternativas, para la rehabilitación y ampliación con pavimento rígido comparándola con una alternativa de pavimento de tipo flexible, para elegir la alternativa más óptima. El análisis incluye el diseño de la estructura de pavimento rígido y de tipo flexible, el cálculo de los costos de construcción del proyecto y las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de pavimento.

En el capítulo II se hace referencia a los antecedentes históricos de los caminos en México desde la creación de Comisión Nacional de Caminos (CNC) hasta la los caminos de Altas Especificaciones que se construyen en la actualidad.

En el capítulo III se define lo que es una carretera y las diferentes clasificaciones que tiene un camino, además de las etapas de construcción de una carretera para su estudio y la construcción de las terracerías.

En el capítulo IV se describen los datos generales de la Ciudad de Puebla y en los municipios próximos a la autopista México – Puebla en el subtramo en estudio.

En el capítulo V se identifican los diferentes tipos de pavimento, además de mencionar algunos tipos de fallas que suelen presentarse en la estructura que integra el pavimento y de incluir el diseño de la misma.

En el capítulo VI se desarrolla el procedimiento constructivo de la rehabilitación de cuerpo de pavimento y la ampliación del tercer carril en la autopista México-Puebla.

En el capítulo VII se estudia la evaluación económica para conocer la viabilidad de este proyecto debe estar sustentada por los análisis económico y financiero que demuestren por medio de los indicadores de rentabilidad su factibilidad.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

En el capítulo VIII se realiza una comparativa entre las ventajas y desventajas que ofrecen tanto el pavimento el pavimento flexible como el pavimento rígido

Al término de estos apuntes se pretende que el lector identifique los principales tipos de pavimento, conocer sus los principales tipos de fallas, además de conocer las ventajas y desventajas de cada tipo de pavimento ya sea del tipo flexible o del tipo rígido y la estructuración de un proyecto de rehabilitación y ampliación de una carretera.

CAPITULO II. ANTECEDENTES

CAPITULO II.

ANTECEDENTES

II.1.-LA COMISION NACIONAL DE CAMINOS (CNC)

En 1925 en el gobierno del General Plutarco Elías Calles, se creó la Comisión Nacional de Caminos, lo que significó el punto de partida de la gran obra caminera con que contamos hoy en día. Poco después de iniciar su gestión, el Presidente obtuvo recursos para comenzar la tarea, implantando un impuesto sobre la venta de la gasolina y encargó a la nueva institución, la administración y aplicación de estos fondos.

Los técnicos empezaron a efectuar las tareas encomendadas por el presidente, ellos desconocían los problemas a que se enfrentarían, en virtud de que no contaban con la experiencia necesaria para la construcción de carreteras esto motivó que la Comisión contratara a una empresa extranjera para construir los primeros caminos de México a Pachuca y de **México a Puebla**, convenios que fueron rescindidos en 1926. A partir de esta fecha, la responsabilidad de la construcción ha sido íntegramente encomendada a técnicos mexicanos.

La Comisión, organismo originalmente autónomo, pasó a formar parte de la Secretaría de Comunicaciones y Otras Públicas, como Dirección Nacional de Caminos en 1931.

En 1935, durante el gobierno del General Lázaro Cárdenas, se terminó la carretera México a Nuevo Laredo, el cual fue un reto para la capacidad creadora del mexicano.

Los caminos y la agricultura.

En 1925 se inició el proceso de redistribución de la tierra. La agricultura del país pasaba un atraso general, casi sin generar productos para la exportación, carente de sistemas de riego y destinada principalmente a consumos regionales y locales. El crecimiento de red de caminos hizo posible el traslado de productos, fue posible utilizar transportes más funcionales, se abatieron costos y se provocó la especialización regional.

Los caminos y desarrollo urbano.

Para 1930 el país contaba con solo una ciudad de un millón de habitantes y

otra más de 50 mil. En ellas vivía el 16 por ciento de la población, en tanto que en las localidades pequeñas residía el 84 por ciento de los ciudadanos del país. Para esas fechas únicamente unas cuantas localidades tenían comunicación por carretera, tal era el caso de la ciudad de México y 11 ciudades medias.

El 1940 el territorio nacional era en lo fundamental de tipo rural y muy pocas regiones del país presentaban una fisonomía medianamente urbana: La capital y 13 poblaciones con más de 50 mil habitantes; en las pequeñas localidades se ubicaba el 72 por ciento del total de los pobladores del país.

El desarrollo de los transportes.

Por lo que respecta a la evolución de los transportes carreteros, gracias a la construcción de los caminos que se consideraron en esa época como los más importantes, se comunicaron con 3 áreas: La Ciudad de México con la de Pachuca, Puebla, Toluca y Acapulco; la de Mérida con el Puerto de Progreso y Valladolid, y la de Monterrey con Nuevo Laredo.

Los primeros vehículos que circularon por nuestro territorio tenían poca potencia y capacidad para la carga y pasajeros, la velocidad que desarrollaban no excedía los 40 km por hora.

Entre 1925 y 1930, cuando se realizaron los primeros 1,420 kilómetros de carretera que unían a los puntos arriba mencionados, en 1930 se había integrado al tráfico automovilístico el 1 por ciento del territorio nacional. En la siguiente década se agregaron a la red ocho mil 500 kilómetros, con lo cual quedaba comunicado el 9 por ciento del área de la República por el automóvil y el camión. En esos años se utilizaron los primeros autobuses para 20 pasajeros y se iniciaron los servicios regulares de México a Pachuca, de México a Texcoco y de México a Toluca.

II.2.-EXPANSION DE LA RED CAMINERA

Caminos en cooperación.

El 22 de diciembre de 1932 se originó la fórmula bipartita para la construcción de caminos y tomó cuerpo legal la creación de juntas locales, empresas de autotransportes y las Cámaras de Comercio, en las entidades federativas.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Construir caminos con la doble misión de propiciar la expansión socioeconómica y general de la Nación, y de otros que actúen como generadores de nuevas economías en regiones aisladas o mal comunicadas, representa uno de los problemas más complejos de la planeación, el problema; consiste en que el Estado no resuelva por sí solo las múltiples necesidades, tanto nacionales como regionales, que constantemente surgen de las demandas de construcción de caminos.

Resultó muy afortunado que el gobierno federal se percatara de la necesidad de combinar esfuerzos con los gobiernos de los estados y con la iniciativa privada para resolver las demandas, en razón de que la multiplicación de las necesidades, no es sino consecuencia del desarrollo general del País.

Cabe señalar que las labores técnicas para la integración de esfuerzos, desde el proyecto hasta la realización física de las obras, han estado siempre a cargo de la SCT; lo relevante de esta fórmula es que se ha contribuido a que los caminos sean considerados como propiedad de la sociedad.

Caminos vecinales.

El 12 de octubre de 1949 se decretó la creación del Comité Nacional de Caminos Vecinales, entidad con autonomía para adquirir legalmente bienes, administrarlos con personalidad jurídica propia, además de que podía invertir su patrimonio, realizar actos y contratos consiguientes.

El 4 de abril de 1956 se reestructuró el Comité, ampliando sus funciones a reconstrucción y mejoramiento de aeropuertos y telecomunicaciones, en medianas y pequeñas poblaciones, de acuerdo con la planificación del SCOP. Este nuevo organismo se denominó Comité Nacional de Comunicaciones Vecinales.

El 1º de julio de 1960 se modificó nuevamente la estructura del Comité y se creó la Comisión Nacional de Caminos Vecinales, encomendada a la Secretaría de Obras Públicas –SOP- y se le desligó del servicio de Telecomunicaciones Vecinales que fue transferido a la SCT.

El 19 de abril de 1967, desaparece la Comisión, dejando a cargo de la SOP la construcción de los caminos vecinales.

Posteriormente dentro de la propia SOP, se crea la Dirección General de Caminos de Mano de Obra.

Por sí solos, ni el Gobierno Federal ni los gobiernos locales, disponían de recursos económicos suficientes para construir caminos vecinales, por lo que

se hizo indispensable la cooperación del sector privado.

Así se originó en 1949 con la creación del Comité Nacional de Caminos Vecinales, una nueva fórmula de financiamiento: La tripartita, consistente en prorratear el costo de las obras por partes iguales, entre la Federación, los gobiernos estatales y los particulares. Esta fórmula ha funcionado como uno de los mejores criterios para impulsar el desarrollo del país y elevar el nivel de vida rural. Hasta 1967 se habían entregado seis mil 825 kilómetros de caminos construidos mediante este mecanismo.

Los sistemas de carreteras troncales y alimentadoras.

Con los caminos troncales se busca realizar el objetivo de utilizar racionalmente los bienes y servicios y estar en posibilidad de lograr un alto ritmo de crecimiento en el desarrollo económico general.

La red federal se complementa mediante la construcción de caminos alimentadores que determinadas localidades requieren para su desarrollo socioeconómico, ya sea para desplazar su producción agrícola, ganadera o de otra índole, así como para poder recibir los artículos de consumo necesarios además de que estos caminos propicien la más sana y fecunda evolución nacional.

La construcción de estas vías de comunicación pueden ser estatales, vecinales o de mano de obra y en ellas interviene la SCT, la cual determina las especificaciones que debe tener el camino.

Se planteó alcanzar un mínimo de crecimiento anual, reorientar la estructura productiva, desarrollar en forma acelerada el sector agropecuario y fortalecer la producción de bienes de capital. Esto significó que los principales sectores usuarios de los servicios de transportes y de comunicaciones, lograran un elevado dinamismo, que se tradujo en fuertes incrementos de tráfico y en mayores necesidades de los servicios.

II.3.-CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES

Cuando se determinó unir por medio de la red de carreteras la Capital de la República con las de los estados, ciudades fronterizas y puertos principales, ante el empuje de las fuerzas económicas y sociales, el crecimiento demográfico y la expansión de la industria automotriz, las carreteras se saturaron, motivando que el Gobierno Federal construyera en 1952 un nuevo

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

camino entre México y Cuernavaca el cual entregó para su operación a una sociedad anónima de participación estatal, la cual también administraba el tramo de Amacuzac a Iguala, mediante la percepción de cuotas para saldar la inversión. Posteriormente en 1954 se hizo lo mismo en el tramo de Cuernavaca a Amacuzac, así como el de México a Palmillas en 1958.

El 31 de julio de 1958, se creó el organismo descentralizado Caminos Federales de Ingresos cambiando posteriormente su nombre, el 27 de junio de 1963, por el de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, ampliando así su campo de acción con el de servicio de transbordadores.

Las carreteras de altas especificaciones que operan en la República Mexicana fueron proyectadas para mejorar los índices de seguridad, de velocidad y economía. Cuentan con mejores especificaciones geométricas de curvatura, mayor distancia de visibilidad, pendientes moderadas, señalamientos, mayores dimensiones de sus carriles y acotamientos, características que las convierten en mejores y más seguras.

El sistema de carreteras de altas especificaciones ha permitido solucionar problemas de congestionamiento en las vías libres, de las que son rutas alternas y alivian por medio de la cuota la presión financiera directa sobre el presupuesto gubernamental, además contribuye al crecimiento económico de las regiones del país, y se convierten en agentes del desarrollo, por lo que se justifica ampliamente la necesidad de su construcción.

Dentro de la estrategia de la Secretaria Comunicaciones y Transportes se han tomado en cuenta las políticas de los sectores de asentamientos humanos y de transporte, entre los que destacan la contribución al fortalecimiento y desenvolvimiento de nuevos polos de desarrollo, propiciando la creación de nuevos empleos; el aprovechamiento de recursos turísticos nacionales, que conllevan a la aportación de divisas; el apoyo a la infraestructura del transporte con el establecimiento de nuevas zonas industriales o su expansión, la reducción de costos de transporte y tiempos de recorrido para beneficio de la economía nacional; la reducción del índice de accidentes y mediante el sistema de cuotas, la modernización y expansión de la red de carreteras con especificaciones acordes a las necesidades del país.

Estas vías rápidas cuentan con ventajas importantes para el usuario, ya que ofrecen servicios médicos de urgencia, vigilancia, ayuda mecánica, información turística y expendios de combustibles, entre otros.

Como complemento de este sistema, es necesario mencionar los puentes, también de cuota, que proporcionan la comunicación directa y rápida a través

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

de ríos y accidentes orográficos.

El tramo de Amacuzac a Iguala, fue el primero que se construyó de este tipo en 1950 y le siguieron cronológicamente los de:

- De México a Cuernavaca en 1952
- De Cuernavaca a Amacuzac en 1954
- De México a Palmillas en 1958
- **De México a Puebla en 1962**
- De la Pera a Cuautla en 1965
- De Puebla a Córdoba en 1966
- De México a Tecámac en 1967
- De Entronque Morelos a Pirámides en 1967
- De Tijuana a Ensenada en 1967
- De Querétaro a Irapuato en 1968
- De Zapotlanejo a Guadalajara en 1969
- De Chapalilla a Compostela en 1973

Con la promoción de los gobiernos de los Estados ante la Federación, se han solicitado y construido un tipo de carreteras que aunque no son de cuota, reúnen altas especificaciones. Esto se ha hecho con base tanto en el aforo del tránsito, como tomando en cuenta las regiones o zonas de producción, consumo o distribución por donde atraviesan.

Este tipo de modernizaciones abarcan aumento de carriles, acotamientos, divisiones centrales, reducción de pendientes y grados de curvatura que propician mayor velocidad de recorrido y ahorro de tiempo.

CAPITULO III. CARRETERAS

CAPITULO III.

CARRETERAS

III.1.- DEFINICION

Una carretera es la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que cumple con condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento de vehículos. Los caminos se clasifican por su transitabilidad, por su aspecto administrativo y la clasificación técnica oficial.

Clasificación por transitabilidad.

La clasificación por transitabilidad se debe a las etapas de construcción del camino y estas pueden ser:

- Camino en terracerías: se construye hasta el nivel de la subrasante.
- Camino revestido: sobre la subrasante se han colocado una o varias capas de materias granular.
- Camino pavimentado: sobre la subrasante se ha construido el pavimento.

Clasificación administrativa.

Este tipo de clasificación se debe al aspecto administrativo de los caminos y esto son:

- Caminos Federales: Costeados y a cargo de la federación.
- Caminos Estatales: Cooperación 50% del Estado donde construye y 50% por la federación. Quedan a cargo de las Juntas Locales de Camino.
- Caminos Vecinales: Una tercera parte lo pagan los vecinos, otra tercera parte la paga la federación y el tercio restante el Estado.
- Caminos de Cuota: Quedan a cargo de la dependencia oficial descentralizada llamada Caminos y Puentes Federales, siendo la inversión recuperable.

Clasificación Técnica Oficial.

Este tipo de clasificación permite distinguir las condiciones físicas del camino, ya que lo que se toma en cuenta son los volúmenes de transito al final del

periodo económico del camino (por lo regular 15 años).

- Tipo A:
 - ✓ Tipo A2, para un TDPA de 3000 a 5000 vehículos.
 - ✓ Tipo A4, para un TDPA de 5000 a 20000 vehículos.
- Tipo B, para un TDPA de 1500 a 3000 vehículos.
- Tipo C, para un TDPA de 500 a 1500 vehículos.
- Tipo D, para un TDPA de 100 a 500 vehículos.
- Tipo E, para un TDPA de hasta 100 vehículos.

La capacidad práctica de trabajo de una carretera es el volumen máximo que alcanza antes de congestionarse o antes de perder la velocidad estipulada. La capacidad de una carretera se mide en vehículos por hora y por carril. Las capacidades prácticas son en condiciones ideales, en cuanto a sección, alineamiento y visibilidad. La capacidad de una carretera se ve afectada por el ancho de sección, la visibilidad, la pendiente, el ancho de los acotamientos y el porcentaje de los vehículos pesados en la vía.

III.2.-ETAPAS DE UNA CARRETERA.

Para poder estudiar una carretera, es necesario separarla en etapas como lo son: planeación, proyecto y construcción.

Planeación.

En la planeación se buscan los factores geográficos – físicos, económicos – sociales y políticos que caracterizan a la región. El estudio socio – económico busca valorar las características de la región, el aprovechamiento de los recursos naturales, rendimiento de las actividades y niveles de consumo. En lo que se refiere a la población se busca su crecimiento y su distribución.

Proyecto.

A partir de los datos de la planeación, se hace el proyecto en estudios topográficos, estudio de mecánica de suelos y estudio de estructuras.

Trazo preliminar.

Se lleva acabo el reconocimiento y se fijan puntos obligados para hacer el trazo preliminar. Es una poligonal abierta donde se clavan estacas a cada 20 metros. Este sirve de base para el trazo definitivo y para un presupuesto

preliminar. El procedimiento es el siguiente:

- Marcar el punto de partida.
- Establecer el azimut en el punto de partida.
- Determinar la cota del punto de partida.
- Establecer el kilometraje.
- Tomar las siguientes precauciones.
 - En la línea preliminar no se deben de forzar grandes tangentes.
 - Se colocan estacas cada 20 m. y en puntos accidentados.
 - No se debe perder el tiempo colocando las estacas con exactitud.
 - Evitar dañar sembradíos y frutales.
 - Hacer una doble lectura de los ángulos del P.I. anotar el ángulo simple y el ángulo doble en la libreta.
 - Hacer observaciones solares a cada 10 km.
- Hacer buenas anotaciones.
- Efectuar la nivelación de perfil de línea preliminar.
- Vaciar todos los datos de campo en un plano.

Línea definitiva.

Una vez que se tiene la línea preliminar, es necesario proyectar la línea definitiva que después será trazada en el terreno. Se calcula la abertura del compás para que al pasar entre dos curvas no exceda la pendiente deseada. Al brincar de una curva de nivel a otra y unir dos puntos se forma una línea llamada: "Línea a pelo de tierra". Esta línea es la base con las mayores tangentes posibles deberá apegarse a la línea de pelo de tierra. Para lograr esto, la línea definitiva debe compensar tanto a la izquierda como a la derecha la línea de pelo de tierra.

La línea de pelo de tierra tiene que ser de color azul, y en ella se deben anotar las longitudes, los rumbos, los kilometrajes del PC*, PI**y del PT***¹. En las curvas se debe anotar la deflexión, el grado de curvatura, el radio de la curva y la sub – tangente.

Los tramos rectos llamados tangentes, deben ser unidos mediante curvas. Se desea que la curva tenga el mayor radio que se pueda, ya que así su grado es

¹ *PC.- Punto en donde comienza la curva.

**PI.- Punto de Intersección de la prolongación de las tangentes.

***PT.-Punto en donde termina la curva.

menor.

Una vez que se tiene dibujada la línea definitiva con sus curvas y sus tangentes es necesario trazarla en el terreno.

La subrasante es el perfil del camino compuesto por líneas rectas, que son las pendientes que están unidas por arcos de curvas verticales. Esta debe compensar en medida que sea posible los cortes y terraplenes en el sentido longitudinal. Existen dos tipos de curvas verticales: las de cima en las cuales se sube y luego se baja y las de columpio donde se baja y luego se sube.

Curva masa o diagramas de masas.

Es importante ajustar el diseño del camino a las especificaciones sobre pendientes o curvas. Para economizar, es importante el movimiento de tierras, (excavar y rellenar solamente lo indispensable) y acarrear la menor distancia. Estos estudios de excavación, relleno, compensación y movimiento se ve en el diagrama de masas. En el cual, las ordenadas representan volúmenes acumulativos de terracerías y las abscisas el cadenamiento correspondiente.

Para determinar los volúmenes acumulados se deben considerar los cortes como positivos y los terraplenes como negativos y al realizar la suma, se obtiene el volumen.

Los objetivos de la curva masa son compensar el volumen, fijar el sentido de los movimientos del material, calcular los sobre – acarrees y controlar los prestamos y desperdicios.

III.3.-TERRACERIAS.

De acuerdo con Olivera, las terracerías son el volumen de material que se extrae o sirve de relleno para la construcción de una vía terrestre. Si se necesita extraer material fuera de línea de corte se tendrán zonas de préstamo. Si están entre 10 y 100 m. se les llama préstamo lateral. Si las zonas préstamo se encuentran a más de 100 m. se les denomina préstamo de banco.

Las terracerías en terraplén se dividen en dos zonas; el cuerpo del terraplén es la parte inferior, y la capa subrasante con un espesor mínimo de 30 cm. Esto funciona únicamente para caminos donde el tránsito vehicular es menor a 5000 vehículos. Cuando se tiene un camino para un tránsito superior a los 5000 vehículos; entre el cuerpo terraplén y la capa subrasante se forma una capa llamada subyacente de 50 cm. de espesor.

Cuerpo terraplén.

Su finalidad, es dar la altura necesaria para cumplir con las especificaciones geométricas. Resistir las cargas del tránsito que se transfieren por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transmitirlos al terreno natural (Olivera, 1994).

Según la SCT, los materiales utilizados para su construcción deben tener un tamaño máximo de 7.5 cm. y un límite líquido menor a 50%. El cuerpo del terraplén debe tener una expansión máxima de 5%, un VRS de 5% mínimo y un grado de compactación de 90%.

Capa subrasante.

Olivera (1994), menciona que el espesor mínimo de la capa debe ser de 30 cm. el tamaño máximo del material agregado debe ser de 7.6 cm. Su grado de compactación es del 95% del Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM). El valor relativo de soporte debe ser mínimo del 20%, la expansión máxima del material es menor a 2%, un límite líquido máximo de 40% y por último un índice plástico máximo de 12%.

Su finalidad es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento, transmitir y distribuir las cargas al cuerpo del terraplén, evitar que los materiales finos plásticos del cuerpo del terraplén contaminen el pavimento y economizar los espesores del pavimento.

La parte superior de la capa subrasante coincide con la línea subrasante del proyecto geométrico. Es indispensable tomar en cuenta las especificaciones de la pendiente longitudinal, la altura para las obras de drenaje para que el agua capilar no afecte el pavimento. Para su construcción se necesita compactar dos capas de 15 cm. de espesor mínimo.

CAPITULO IV. DATOS GENERALES

CAPITULO IV

DATOS GENERALES.

IV.1.- DESCRIPCION DEL ESTADO

El tramo en estudio se ubica en la Autopista: México – Puebla, del Km 114+000 al Km 127+500, en el Estado de Puebla.

El Estado de Puebla se localiza en el Centro de la República con coordenadas geográficas extremas: al Norte 20° 50'; al Sur 17° 52' de Latitud Norte; al Este 96° 43' y al Oeste 94° 04' de Longitud.

El Estado de Puebla los forman doscientos diecisiete (217) municipios con sus cabeceras municipales. El Estado de Puebla representa el uno punto siete (1.7) por ciento de la superficie del país. Sus colindancias son: al Norte con Hidalgo y Veracruz; al Este con Veracruz y Oaxaca; al Sur con Oaxaca y Guerrero y al Oeste con Guerrero, Morelos, Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo.

El tramo en estudio, fisiográficamente se ubica en la provincia del Eje Neovolcánico y en la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anahuac en el Subtramo: San Martín Texmelucan – Puebla, en los municipios de Cuautlancingo y Puebla.

La ciudad de Puebla geográficamente se ubica a 19° 03' Latitud Norte y a 98° 12' Longitud Oeste, a una altitud de 2,610 m.s.n.m.

IV.2.-CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.

La autopista México – Puebla, tiene una longitud de 110.5 Km. desde el Distribuidor Los Reyes – La Paz, ubicado entre la Ciudad de México y el Estado de México, hasta el Distribuidor Zaragoza e inicio de la Autopista: Puebla – Córdoba, en el Estado de Puebla.

En general la constituyen dos cuerpos que constan de dos carriles de circulación y un ancho de corona de 10.40 mts. por sentido; localizándose estos subtramos entre los Km 117+500 al Km 122+380 y del Km 123+780 al Km 126+300. Los subtramos de tres carriles comprendidos entre los Km 122+380 al Km 123+780 y del Km 126+300 al Km 127+500, la sección existente presenta tres carriles de circulación por cuerpo, en donde se tiene un

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

ancho de corona de 14.05 mts.; y se ubica el Viaducto Carmen Serdan y el Distribuidor Zaragoza respectivamente.

El subtramo en estudio, como ya se menciona va del Km. 114+000 al Km. 127+500, ambos cuerpos, donde se hará el estudio de rehabilitación del pavimento de los cuatro carriles existentes y se proyectara el tercer carril en ambos cuerpos.

La autopista tiene un grado de curvatura máxima de dos punto trece (2.13) grados; una pendiente longitudinal máxima de cinco punto quince (5.15) por ciento, las velocidades de operación máximas varían de acuerdo al tipo de terreno, curvatura y pendiente del terreno y si es en ascenso o descenso; pero la velocidad máxima permitida a desarrollar es de ciento diez kilómetros por hora (110 Km/h).

IV.3.-TOPOGRAFÍA.

El terreno que aloja el trazo de la autopista en general inicia con una planicie, que va cambiando de lomerío a montañoso, para después en el descenso nuevamente cambia a lomerío y terreno plano.

El subtramo en estudio es generalmente plano con muy poca presencia de lomerío suave y pequeños cortes; y da lugar a terraplenes y en algunos tramos con el trazo del eje prácticamente a nivel del terreno; este subtramo se localiza a una altitud media de 2160 M.S.N.M.

IV.4.-GEOLOGÍA.

En el valle del municipio de Puebla, donde se localiza el subtramo en estudio, se tienen formaciones de las eras Cenozoico y Mesozoico, de los períodos Cuaternario, Terciario y Cretacico: predominando suelos y rocas sedimentarias e ígneas extrusivas.

IV.5.-OROGRAFIA.

La fisiografía del estado de Puebla, es muy variada con regiones como: Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, El Eje Neovolcanico y La Sierra Madre del Sur, con subprovincias dentro de las mismas.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Por esta zona se tienen extensos valles y montañas con elevaciones importantes. El valle de Puebla por donde cruza la autopista contempla elevaciones como las siguientes:

- Volcán Citlaltepétl con 5610 MSNM.
- Volcán Popocatepétl con 5500 MSNM
- Volcán Iztacihuatl con 5220 MSNM
- Cerro la Negra con 4580 MSNM.
- Volcán Matlalcueyotl con 4420 MSNM.

La conformación orográfica influye en forma directa en la determinación del clima, el tipo de suelo, la vegetación, en la distribución de especies zoológicas y en los asentamientos humanos.

IV.6.-HIDROLOGIA.

En el estado de Puebla se localiza la influencia de cuatro regiones hidrológicas:

- RH18 Del Balsas.
- RH26 Del Pacífico.
- RH27 La Tuxpan – Nautla
- RH28 Del Papaloapan.

El valle de Puebla y el subtramo en estudio se localizan en la RH18, donde el principal afluente es el Río Atoyac y un cuerpo de agua importante es la presa Manuel Avila Camacho.

El Río Atoyac, cruza la autopista a la altura del km. 119+231 donde se ha construido la ampliación de la estructura existente, para dar cabida a la ampliación a tercer carril en ambos cuerpos.

IV.7.-CLIMA.

Según la clasificación mundial de tipo de clima de Wilhem Köppen modificada por Enriqueta García y con base en la carta de climas del Territorio Nacional elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía e Informática, los climas que se presentan en la zona del subtramo en estudio y en la porción del valle donde este se localiza, son: E (T) Frío; C (E)(W) Semifrío subhúmedo con lluvias en verano y C(W) Templado subhúmedo con lluvias en verano.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Esta clasificación toma en cuenta como variables climáticas determinantes y responsables del clima observado a la temperatura y la precipitación media mensual y anual utilizando la información correspondiente a estaciones y observaciones meteorológicas que tienen más de cinco años de estar funcionando con registros útiles; como las estaciones meteorológicas 21-023 Champulco y 21-034 Puebla.

IV.8.-TEMPERATURAS.

La temperatura media anual en la ciudad de Puebla en la estación 21-034 de 1944 a 1997, ha sido de 15.1°C y en la estación meteorológica 21-023 de 17.0°C.

Los meses más fríos son generalmente Diciembre, Enero y Febrero y los más calurosos los meses de Abril a Septiembre.

IV.9.-PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

El conocimiento adecuado del régimen pluviométrico y sus características es de fundamental importancia para el desarrollo de la obra en su etapa de construcción.

En el valle de Puebla, se tienen isoyetas de precipitación media anual comprendidas entre 800 y 1000 mm.

En la estación pluviométrica de Champulco, durante el período de 1943 a 1997, en promedio se ha tenido una precipitación total anual de 460.7 mm; con una precipitación en el año más caluroso de 657.0 mm, en la estación pluviométrica de Puebla(Echeverría); durante el periodo de 1944 al 1997 en promedio se ha tenido una precipitación total anual de 900.8 mm y en el año más lluvioso, se registraron 1305.2 mm.

En ambas estaciones en los meses de enero, febrero El período en que se presenta la menor o ninguna precipitación es durante los meses de marzo, abril y mayo y la máxima precipitación en los meses de julio, agosto y septiembre.

IV.10.-GENERALIDADES DE ASPECTOS ECONOMICOS DEL ESTADO Y MUNICIPIOS EN LOS QUE TIENE CIERTA INFLUENCIA LA AUTOPISTA.

La autopista México –Puebla es una de las más importantes de la Nación ya que une la capital de la República con el sureste del país, pasando por importantes ciudades, como lo es la ciudad de Puebla, capital del estado del mismo nombre.

La autopista México – Puebla tiene una influencia fundamental sobre varios municipios de los estados de México, Tlaxcala y Puebla, cercanos a la recta de la autopista.

El subtramo en estudio acrecienta su importancia ya que prácticamente se ubica en la zona urbana de la ciudad de Puebla, donde se tienen asentadas varias industrias de gran importancia económica para la región y el país, y confluyen vías de conexión y comunicación con otras ciudades y estados de la federación.

Población.

La población del estado de Puebla al año 2000 es de 5'076,686.00 habitantes de los cuales 2'448,801son hombres y 2'627,885.00 son mujeres.

Los municipios del estado de Puebla cercanos y sobre los que más influye la autopista en su función son: Puebla, San Pablo, Cholula, Atlixco y San Martín Texmelucan, en donde se encuentra el 33.2% de la población total del estado, hay otros municipios que también se ven favorecidos por la influencia de la autopista, pero son de menor importancia, tal es el caso de Huejotzingo, Coronango, Tlaltenango, Quecholac, etc.

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Puebla	1'346,916	644,480	702,436
San Pedro Cholula	99,794	47,980	51,814
Atlixco	117,111	54,667	62,444
San Martín Texmelucan	121,071	58,529	62,542
Huejotzingo	50,863	24,778	26,090
Coronango	27,575	13,449	14,126
San Andrés Cholula	56,066	27,298	28,768
Quecholac	36,649	18,847	19,802
Tlaltenango	5,370	2,668	2,702

Tabla IV.1.- Población en la ciudad Puebla y municipios cercanos al subtramo en estudio.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Vivienda

La vivienda es un reflejo de la importancia económica de la población, esta con la influencia de una buena vía de comunicación, da lugar a la instalación de industrias y centros de trabajo que generan empleos y necesidad de vivienda.

MUNICIPIO	VIVIENDAS HABITADAS			OCUPANTES		
	TOTAL	PARTICULARES	COLECTIVAS	TOTAL	PARTICULARES	COLECTIVAS
Puebla	315,891	315,737	154	1'346,916	1'341,593	5,323
San Pedro Cholula	20,514	20,509	5	99,794	99,422	372
Atlixco	25,273	25,262	11	117,111	116,826	285
San Martín Texmelucan	25,279	25,270	9	121,071	121,001	70
Huejotzingo	9,447	9,444	3	50,868	50,740	128
Coronango	4,724	4,723	1	27,575	27,567	8
Quecholac	7,156	7,156	0	38,649	38,649	0
Tlaltenango	1,070	1,070	0	5,370	5,370	0
San Andrés Cholula	10,890	10,878	12	56,066	55,018	1,048
En el Estado	1'065 882	1'065,379	503	5'076,686	5'061,390	15,296

Tabla IV.2.- Viviendas habitadas y sus ocupantes por municipio.

A continuación en la siguiente tabla se muestra las condiciones desde el punto de vista constructivo en el que se encuentran las casas en el estado.

MUNICIPIO	TOTAL	TERMINADO	PROGRESIVA	MEJORAMIENTO
En el estado	5,353	4,894	452	7
FOVISSSTE	462	10	452	0
INFONAVIT	4,891	4,884	0	7

Tabla IV.3.- Acciones de vivienda concluidas por el sector público.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

En la siguiente tabla se indican cuales son las fuentes de abastecimiento de agua y a su vez se indica cual es el volumen diario de extracción de agua en la Ciudad de Puebla.

MUNICIPIO.	FUENTES DE ABASTECIMIENTO.				VOLUMEN PROMEDIO, EXTRACCION DIARIO.			
	TOTAL	POZO PROF.	MANANTI AL	OTRAS	TOTAL	POZO PROF.	MANANTI AL	OTRAS
En el estado	3,160.0	1,063. 0	1,806.0	231.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Puebla	187.00	183.00	4.00	0.00	355.47	352.79	2.68	0.00
San Pedro Cholula	14.00	8.00	0.00	6.00	ND	18.469	0.00	ND
San Andrés Cholula	1.00	1.00	0.00	0.00	2.72	2.72	0.00	0.00
Atlixco	47.00	23.00	15.00	9.00	45.19	28.93	15.25	1.01
San Martín Texmelucan	15.00	15.00	0.00	0.00	29.92	29.92	0.00	0.00
Huejotzingo	15.00	7.00	8.00	0.00	8.26	5.18	3.08	0.00
Coronango	2.00	1.00	0.00	1.00	ND	0.30	0.00	ND
Quecholac	15.00	13.00	2.00	0.00	7.44	7.25	0.19	0.00
Tlaltenango	2.00	2.00	0.00	0.00	0.55	0.55	0.00	0.00

Tabla IV.4.- Fuentes de abastecimiento (miles de metros cúbicos).

Observación: Solo se mencionan los municipios que están cercanos al municipio de Puebla y del subtramo en estudio.

En tabla siguiente se muestra la distribución del sistema de agua potable, la cantidad de tomas domiciliarias de acuerdo a su uso.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

MUNICIPIO	SISTEMA DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS				LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCION
		TOTAL	DOMESTIC A	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
En el estado	2,270	757,209	697,791	57,424	1,994	2.201
Puebla	32	325,316	274,004	50,282	1,030	32
San Pedro Cholula	5	7,938	7,832	96	10	5
San Andrés Cholula	2	ND	ND	0	0	2
Atlixco	25	19,087	16,246	2,599	242	25
San Martín Texmelucan	15	9,255	8,303	936	16	14
Huejotzingo	16	4,621	4,517	98	6	16
Coronango	1	ND	ND	0	0	1
Quecholac	14	5,353	5,353	0	0	14
Tlaltenango	1	600	600	0	0	1

Tabla IV.5.- Sistemas, tomas domiciliarias, localidades con red de distribución de agua potable.

En la siguiente tabla se muestra a las poblaciones que cuentan con el sistema de drenaje y alcantarillado.

MUNICIPIO	SISTEMA DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO	LOCALIDADES CON SERVICIO
En el Estado	893	873
Puebla	22	20
San Pedro Cholula	11	11
San Andrés Cholula	9	8
Atlixco	26	26
San Martín Texmelucan	12	12
Huejotzingo	9	9
Coronango	5	4
Quecholac	13	11
Tlaltenango	1	1

Tabla IV.6.- Sistemas y localidades con servicio de drenaje y alcantarillado.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Los datos hasta ahora asentados son un panorama del número de habitantes, de la infraestructura de vivienda y de servicio de poblaciones cercanas al subtramo en estudio y que se sirven de la autopista.

Salud.

En el siguiente listado se muestra el tipo de derechohabiencia que se presenta en el estado de Puebla y en los municipios cercanos al tramo en estudio.

MUNICIPIO	TOTAL	DERECHO HABIEN-TE	DERECHO-HABIENTE					NO ESPECI FICADA
			SUBTO-TAL	IMSS	ISSSTE	PEMEX DEFENSA MARINA	OTRA INSTITU-CION	
En el estado	5'076,686	3'627,261	1'266,386	1'019,968	177,091	24,367	49,532	183,039
Puebla	1'346,916	635,531	656,337	545,548	70,348	12,431	30,671	55,048
San Pedro Cholula	99,794	66,254	30,789	26,311	3,289	227	1,059	2,751
San Andrés Cholula	56,066	38,994	13,930	12,433	1,111	113	313	3,142
Atlixco	117,111	81,409	31,485	23,652	6,126	936	956	4,217
San Martín Texmelucan	121,071	82,760	35,435	26,776	4,966	3166	600	2,876
Huejotzingo	50,868	39,551	9,599	7,469	1,775	128	237	1,718
Coronango	27,575	23,727	3,368	3,040	240	27	61	480
Quecholac	38,649	36,920	1,098	942	125	14	17	631
Tlaltenango	5,370	4,167	1,068	994	55	6	17	135

Tabla IV.7.- Población total y condición de derechohabiencia.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Educación.

El alfabetismo y el grado de escolaridad de la población así como la disponibilidad de centros de estudios, da una pauta en el aspecto económico de la entidad.

MUNICIPIO NIVEL	ALUMNOS INSCRITOS	PERSONAL DOCENTE	ESCUELAS	AULAS
En el estado	1'434,759	60,512	10,934	55,940
Preescolar	193,377	8,155	3,924	8,837
Primaria	829,045	26,641	4,478	31,745
Secundaria	276,542	15,206	1,791	10,384
Profesional medio	18,333	2,103	152	986
Bachillerato	117,462	8,407	589	3,988
Puebla	351,775	17,852	1,670	14,090
Sn. Pedro Cholula	30,491	1,310	134	1,168
Sn. Andrés Cholula	14,992	616	67	565
Atlixco	35,424	1,610	206	1,407
San Martín Texmelucan.	38,089	1,593	168	1,408
Huejotzingo	14,554	560	69	515
Coronango	7,467	262	31	247
Quecholac	9,514	276	55	270
Tlaltenango	1,447	49	6	51

Tabla IV.8.- Alumnos inscritos, personal docente, escuelas y aulas hasta bachillerato.

Observación. Solo se mencionan los municipios sobre los que puede tener influencia la autopista en el subtramo en estudio.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

En la siguiente tabla se muestra el sistema administrativo de la educación en el estado hasta el nivel de bachillerato o su equivalente.

SOSTENIMIENTO	ALUMNOS INSCRITOS	PERSONAL DOCENTE	ESCUELAS
Total del estado	1'458,211	61,856	11,089
Federal	38,302	2,544	1,148
Estatad	411,453	16,589	2,541
Autónomo	11,521	818	13
Federalizado	858,165	30,453	6,067
Particular	138,770	11,452	1,320

Tabla IV.9.- Alumnos inscritos, personal docente, escuelas y sostenimiento administrativo hasta nivel bachillerato

Como ya se mencionó con anterioridad la educación es un aspecto importante en la economía de un país o una región, por tal motivo a continuación se muestran a los alumnos que estudian una carrera a nivel profesional.

MUNICIPIO	CANTIDAD
En el estado	104,774
Cd. de Puebla	75,414
San Pedro Cholula	230
San Andrés Cholula	6,844
Atlixco	768
San Martín Texmelucan	818
Huejotzingo	1,526

Tabla IV.10.- Alumnos inscritos en instituciones de nivel superior, licenciaturas.

Observaciones: Como ya se ha mencionado solo se hace referencia a los municipios cercanos a la Ciudad de Puebla y próximos a la autopista en el subtramo en estudio.

Sin embargo, instituciones de nivel superior de licenciaturas se localizan en los municipios más importantes del estado.

En la ciudad de Puebla se ubican 74 instituciones a nivel licenciatura; lo que denota el nivel educativo en desarrollo tan alto que tiene.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Información económica agregada.

En la siguiente tabla se muestra la población económicamente activa, en la cual se indica por municipio y sexo.

	TOTAL	OCUPADA	DESOCUPADA	ACTIVA	NO ESPECIFICADA
En el estado	3'470,879	1'665,521	17,712	1'775,313	12,333
Hombres	1'637,087	1'162,685	13,632	454,020	6,750
Mujeres	1'833,792	502,836	4,080	1'321,293	5,583
POR MONUCIPIO.					
Atlixco					
Hombres	36,029	24,965	261	10,667	136
Mujeres	44,241	13,451	89	30,603	98
Coronango					
Hombres	8,900	6,394	70	2,395	41
Mujeres	9,689	1,402	10	8,220	57
Huejotzingo					
Hombres	16,683	12,105	125	4,369	84
Mujeres	18,197	4,452	35	13,644	66
Puebla					
Hombres	461,611	324,043	5,747	129,962	1,859
Mujeres	524,669	182,546	2,447	337,958	1,718
San Andrés Cholula					
Hombres	18,433	13,517	137	4,562	217
Mujeres	20,043	5,610	34	14,310	89
San Martín Texmelucan					
Hombres	40,586	29,818	400	10,223	145
Mujeres	44,964	13,101	120	31,643	100
San Pedro Cholula					
Hombres	33,118	24,134	314	8,526	146
Mujeres	37,234	10,958	132	26,051	93
Tlaltenango					
Hombres	1,800	1,254	12	525	9
Mujeres	1,905	350	4	1,550	1
Quecholac					
Hombres	11,901	8,579	161	3,096	65
Mujeres	12,927	2,056	16	10,806	49

Tabla IV.11.- Condición económica de la población en el Estado de Puebla y sus alrededores.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Agricultura.

Dentro de los cultivos cíclicos de acuerdo a su importancia se encuentran: maíz, frijol, cebada, cacahuete, haba seca, sorgo, elote. Avena forraje, trigo, tomate, papa, calabacita, zanahoria, cebolla, col, lechuga, alverjón, cilantro, jitomate, haba verde, chile verde, amaranto, gladiola, rabanito, coliflor, chile seco, ejote, brócoli, chícharo, etc.

Dentro de los cultivos perennes de acuerdo a su importancia se encuentran: café, naranja, alfalfa, caña de azúcar, manzana, limón, ciruela, aguacate, nopal, pera, durazno, pasto, tangerina, macadamia, toronja, plátano, tecojote, plantas de ornato, sabila, etc. En la tabla 4.12 se muestra la superficie sembrada, la superficie cosechada y su valor.

TIPO DE CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)	VALOR (miles de pesos)
Cultivos cíclicos.	847,629.50	669,982.00	4'023,244.70
Cultivos perennes.	144,653.80	138,965.90	1'745,775.50
Total.	992,283.30	808,947.90	5'769,020.20

Tabla IV.12.- Superficie sembrada y cosechada y valor de producción.

Ganadería.

Al igual que la agricultura la ganadería ocupa un lugar importante en el crecimiento económico de una región o de un país en la tabla 4.13 se muestra las principales actividades de ganadería en el tramo en estudio y el total de cabezas que integran dicho sector.

GANADERIA	TOTAL DE CABEZAS
Bovino	762,789
Porcino	1'620,266
Ovino	469,354
Caprino	859,624
Equino	401,578
Gallináceas	64'319,019
Guajolote	511,950
Colmenas	96,254

Tabla IV.13.- Población ganadera, avícola y de colmena en el estado

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

En la tabla IV.14 se muestra la producción de ganado en toneladas de la zona en estudio.

GANADERIA	PRODUCCION EN TONELADAS
Bovino	34,421.40
Porcino	68,043.80
Ovino	2,608.50
Caprino	2,769.50
Equino	989.30
Gallináceas	139,613.40
Guajolote	1,047.80

Tabla IV.14.-Volumen de la producción de carne en corral de ganado y aves en el estado.

A continuación se muestra el valor de la producción de carne en corral (miles de pesos) en el estado.

GANADERIA	PRODUCCION EN TONELADAS
Total	3'226,051.80
Bovino	755,635.90
Porcino	1'553,871.60
Ovino	78,200.80
Caprino	67,568.80
Equino	8,291.70
Gallináceas	732,022.20
Guajolote	30,460.80

Tabla IV 15.-Valor de la producción de carne.

Sin dejar de mencionar el volumen de la producción de otros productos pecuarios en el estado los cuales se muestran en la tabla 4.15 y su valor en miles de pesos.

PRODUCTO	Producción	Miles de pesos.
Leche de bovino	288,848.40 litros.	814,184.30
Leche de caprino	18,372.60 litros.	48,012.30
Lana sucia	1,833.80 ton.	5,947.40
Huevo para plato	400,116.39 ton.	3'046,769.10
Miel	3,355.30 ton.	65,962.80
Cera	93.40 ton.	2,776.70

Tabla IV.16.- Productos pecuarios en el estado de Puebla.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Silvicultura.

Producción forestal en el estado de Puebla y tipo de maderas que se mas se utilizan, los cuales se muestran en la tabla 4.17.

TOTAL	CONIFERAS			LATIFOLEADAS		PRECIOSAS	COMUNES TROPICALES
	PINOS	OYAMEL	OTRAS	ENCINO	OTRAS		
383,503	291,678	74,688	216.96	11,468	3,612.71	943.91	27.85
	1'826,046	467,586	1,358.27	71,798	22,442	11,333	174.35
MILES DE PESOS							

Tabla IV.17.-Volumen de la producción forestal maderable en el estado.

Pesca.

En la tabla 4.18 se muestra el volumen de captura de pescados en el estado y el valor económico que obtiene de dicha actividad.

VOLUMEN DE LA CAPTURA (en toneladas)				VALOR DE LA CAPTURA (miles de pesos)
Total	Social	Público	Privado	
5,116.10	4,688.30	8.70	419.10	94,794.40

Tabla IV.18.-Volumen y valor de la captura de acuicultura en el estado.

Industria manufacturera.

Características económicas de actividades manufactureras en el estado, como se indica a continuación.

Unidades Económicas	Personal ocupado	Remuneraciones (miles de pesos)	Producción Bruta Total (miles de pesos)	Insumos Totales (miles de pesos)	Valor Agregado Bruto (miles de pesos)
29,434	224,359	8'282,681	89'317,832	65'278,011	24'039,821

Tabla IV.19.- Actividades manufactureras.

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

Construcción.

Empresas constructoras, personal ocupado y valor de producción, establecidas en el estado de Puebla.

Concepto	Total	Micros	Pequeños	Medianas	Grandes	Gigantes
Empresas constructoras	156	141	5	4	3	3
Personal ocupado	4,615	2,221	231	691	244	1228
Valor de la producción (miles de pesos)	1'193,995	349,667	70,749	162,105	124,619	486,855
Valor de compra de materiales (miles de pesos)	621,882	201,653	45,429	82,270	64,842	227,688
Valor de consumo de materiales (miles de pesos)	591,286	192,049	39,505	77,772	60,382	221,578

Tabla IV.20.- Empresas constructoras en el estado.

Electricidad.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de servicio eléctrico se tiene en el Estado de Puebla de acuerdo a su uso.

Tipo de servicio	Usuarios	Volumen ventas (mega watts-hora)	Valor de ventas (miles de pesos)
Total	1'055,006	5'637,114	3'462,594
Industrial	4,306	3'658,061	1'954,977
Residencial	909,980	1'099,061	634,317
Comercial	134,458	404,163	545,492
Riego agrícola	3,458	248,838	76,126
Alumbrado publico	1,408	148,732	181,307
Aguas potables y negras	1,169	77,510	68,343
Temporal	231	803	2,032

Tabla IV.21.- Usos de la electricidad.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.

Longitud de la red carretera por tipo camino.

Tipo de camino	Longitud
Total en el estado	8,612.58 km
Troncal en el estado	1,444.98 km
Pavimentada	1,444.98 km
Alimentadoras estatales	3,318.80 km
Pavimentada	2,331.10 km
Revestida	987.70 km
Caminos rurales	3,694.40 km
Pavimentadas	170.70 km
Revestidas	3,523.70 km
Brechas mejoradas	154.40 km

Tabla IV.22.- Tipos de camino y su longitud.

Longitud de la red carretera de cuota.

Tipo	Longitud
Total	284.45 km
Federal	254.35 km
Particular	8.50 km
Gobierno del estado	21.60 km

Tabla IV.23.- Caminos de cuota en el estado.

En la siguiente tabla se muestra número de unidades del Servicio Público Federal que transitan por la zona en estudio.

Tipo y clase de vehículo	Total	Carga general	Carga especial
Total	5,791	5,731	60
Unidades motrices	4,132	4,084	48
Camión dos ejes	834	809	25
Camión tres ejes	1,526	1,512	14
Tracto camión dos ejes	69	69	0
Tracto camión tres ejes	1,703	1,694	9
Unidades de arrastres	1,659	1,647	12
Semirremolque un eje	3	3	0
Semirremolque dos ejes	632	627	5
Semirremolque tres ejes	990	985	5
Remolque dos ejes	24	22	2
Remolque tres ejes	10	10	0

Tabla IV.24.- Unidades vehiculares de carga del servicio federal.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Adicionalmente se indica el número de unidades de transporte público que circulan por el Estado.

Tipo de transporte y servicio	Unidades
Total	2,482
Pasaje	1,458
De lujo	122
Primera	121
Económico	1,166
De aeropuerto	49
Turismo	1,024
De lujo	159
Turístico	71
De excursión	789
Con guía	5

Tabla IV.25.- Unidades vehiculares de pasaje del Servicio Público Federal.

El Estado de Puebla cuenta con una red ferroviaria la cual se encuentra constituida del siguiente modo como se puede observar en la tabla IV.26.

Tipo	Longitud
Total en el estado	867,461 km
Troncales y ramales	719,867 km
Secundarias	106,707 km
Particulares	40,890 km

Tabla IV.26.- Longitud de la red ferroviaria.

Sistemas aeroportuarios y aeródromos que se ubican en el Estado se indican en la tabla IV.27.

Aeropuertos	2
Aeródromos	3

Tabla IV.27.- Aeropuertos y aeródromos.

Otro medio de comunicación con las que cuenta la población del tramo en estudio son las líneas telefónicas.

Tipo	Longitud
Total	498,922 km
Residenciales	380,706 km
No residenciales	118,216 km

Tabla IV.28.- Líneas telefónicas.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Estaciones de radio que tienen presencia en el Estado de Puebla.

Tipo de frecuencia	Total	Comercial	Cultural
Total	38	35	3
Amplitud modulada	22	21	1
Frecuencia modulada	16	14	2

Tabla IV.29.-Estaciones radiodifusoras.

Al igual que la radio, la televisión también ocupa un lugar importante entre los medios de comunicación en el Estado de Puebla.

Régimen	Total	Locales	Repetidoras
Total del estado	20	2	18
Concesionadas	18	1	17
Permisionadas	1	0	1
Señal restringida	1	1	0

Tabla IV.30.- Estaciones televisoras.

IV.11.- UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

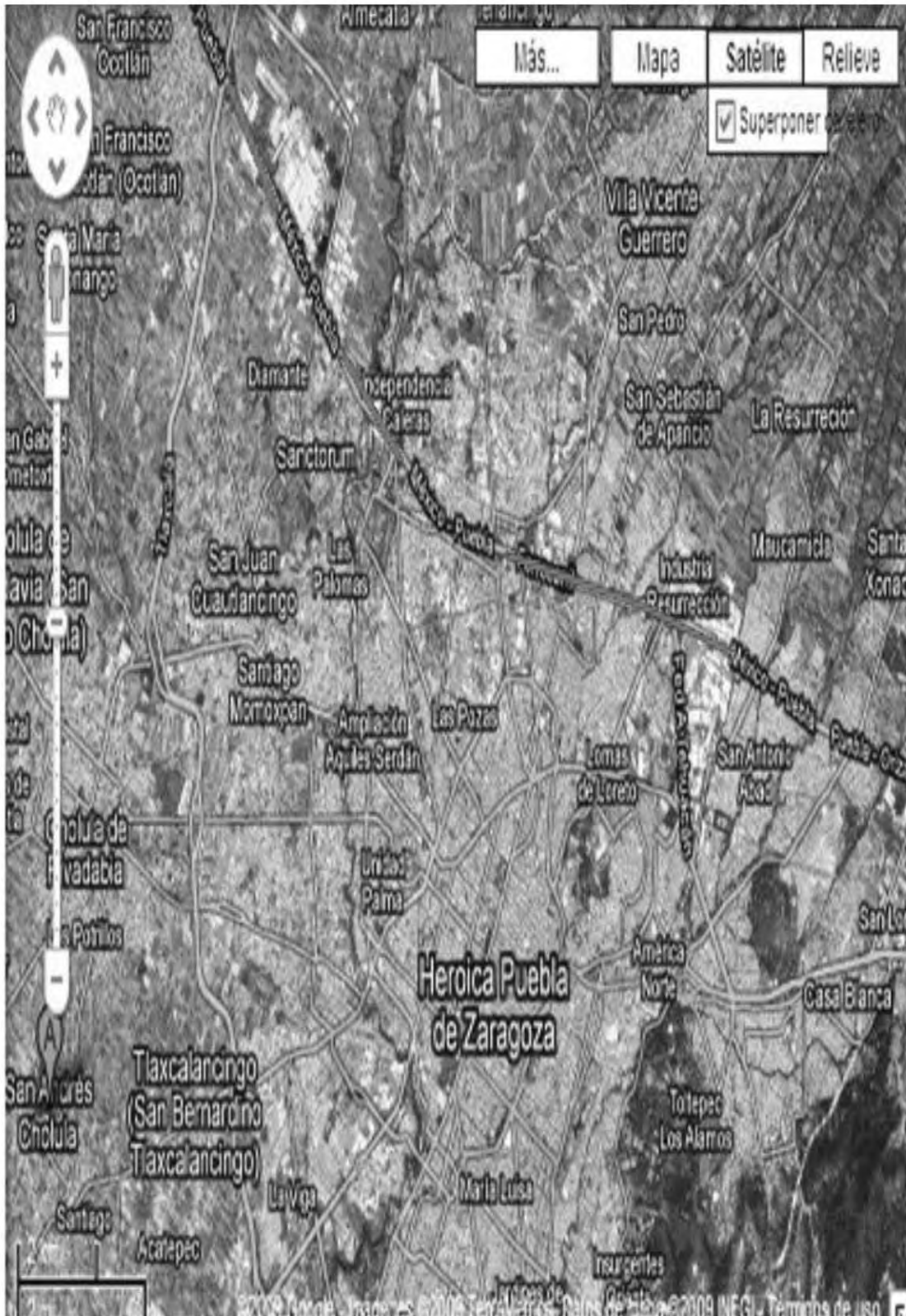


Figura IV.1.- Zona en estudio

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Los datos que se presentan fueron obtenidos mediante consulta al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática en su anuario estadístico edición 2002 del Estado de Puebla.

En general, se mencionan datos generales del Estado de Puebla y datos de algunos municipios en los que influye la autopista, en el subtramo en estudio.

El hecho de proporcionar todos estos datos económicos, es con el fin de resaltar la importancia de algunos municipios, lo activo de su economía y en consecuencia la imperante necesidad de ampliar la autopista, dar mantenimiento constantes a la misma, sobre todo en el tramo en estudio, que se localiza propiamente en la zona urbana de la ciudad capital del estado, zona donde se ubican las empresas e industrias mas importantes del estado y que generan un importante flujo de transito, además de ser esta vía el enlace principal y que da continuidad a la vía que une la Capital de la República con ciudades importantes de los estados del sureste, como son Oaxaca, Veracruz, Coahuila, Coahuila, Villahermosa, Campeche, Mérida, Chetumal, Cancún y Tuxtla Gutiérrez, entre otras; entidades que son altamente importantes en todos los aspectos económicos.

CAPITULO V. PAVIMENTOS

CAPITULO V.

PAVIMENTOS.

V.1.- DEFINICIÓN.

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua y debe tener una adecuada visibilidad.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

V.2.- TIPOS DE PAVIMENTOS.

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

V.2.1.- PAVIMENTOS FLEXIBLES

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

Sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que está compuesto por sub – base, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible debe proporcionar

una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales. Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia Estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de conservación.
- Comodidad.

Resistencia estructural.

Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes se tienen los producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.

Durabilidad.

La durabilidad está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se desee dar al camino, depende de la importancia de este. Hay veces que es más fácil hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

Requerimientos de conservación.

Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro gran factor es la intensidad del tránsito, ya que se debe prever el crecimiento futuro. Se debe tomar en cuenta el comportamiento futuro de las terracerías, deformaciones y derrumbes. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado. La falta de conservación sistemática hace que la vida útil de un pavimento de acorte.

Comodidad.

Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.

Base y sub-base.

Las bases y sub-bases tienen características semejantes, las sub-bases son de menor calidad. La sub-base es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y su función es:

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

- Reducir el costo de pavimento disminuyendo el espesor de la base.
- Proteger a la base aislándola de la terracería, ya que, si el material de la terracería se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base.
- Proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad.
- Transmitir y distribuir las cargas a las terracerías.

Las características de calidad que se buscan en los materiales se muestran en la siguiente tabla:

Materiales de Sub-base	
Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría
Límite Líquido Máximo	25%
Límite Plástico Máximo	6%
Compactación Mínima	100%
Valor Relativo de Soporte estándar saturado, en %	50 min
Equivalente de arena, en %	30 min

Tabla V.1.- Materiales de la sub-base. Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT

La base es la capa de material que se construye sobre la sub-base. Los materiales con los que se construye deben de ser mejor calidad que los de la sub-base, la función de la base es:

- Tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos.
- Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub-base.
- Aunque exista humedad la base no debe presentar cambios volumétricos perjudiciales.

Las características de calidad que se buscan en los materiales para la base se muestran en la tabla V.2:

Materiales de Base.

Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría
Límite Líquido, en % (máximo)	25%
Índice plástico máximo	6%
Partículas alargadas y lagueadas máximo	35%
Compactación	100%
Valor Relativo de Soporte estándar saturado, en %	100 min
Equivalente de arena, en %	50 min
Índice de durabilidad, en %	40 min

Tabla V.2: Materiales de Base. Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Las zonas en la cuales puede estar el material de acuerdo a su granulometría tanto para la sub-base como para la base se muestran en la figura 5.1.

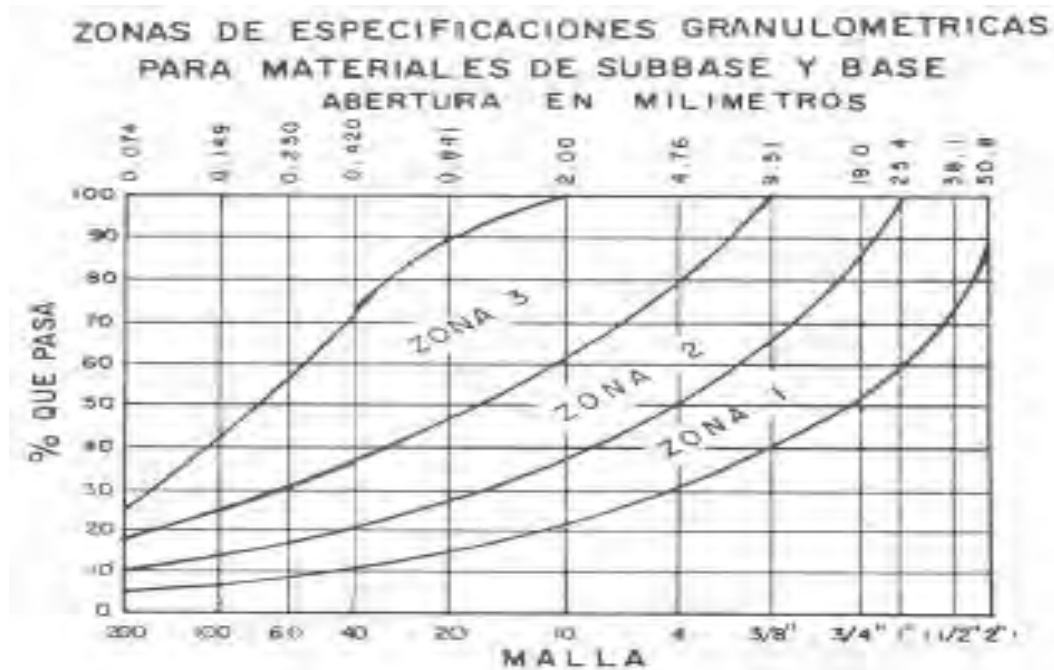


Figura V.1: Zona de especificaciones granulométricas para materiales de sub-base y base. Fuente: Estructuración de Vías Terrestres, 1994.

Para construir bases y sub-bases, es necesario:

- Realizar una exploración de la zona para elegir los bancos.
- Analizar la calidad de los materiales que se encontraron.
- Extraer y acarrear los materiales.
- Hacer tratamientos previos como el cribado, trituración y en algunos casos estabilizar.
- Después de los tratamientos previos, es necesario que se acarreen a la obra y se le de un tratamiento que incluye estabilizaciones mecánicas, disgregados y mezclado con motoconformadora para homogenizar el material.
- Compactar el material para que alcance el 95 o 100% de su P.V.S.M.
- Por último se da un riego de impregnación. Este aplica después de dejar secar la base durante varios días. Se aplica el riego distribuyendo el asfalto. El riego sirve para tener una zona de transición entre la base y la carpeta asfáltica. El asfalto debe de penetrar en la base mínimo de 3 mm.

Carpeta asfáltica.

La carpeta asfáltica es la parte superior de los pavimentos flexibles. Es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base.

Los materiales son suelos inertes que se consiguen en ríos, arroyos o depósitos naturales. Para poder ser empleados en la carpeta asfáltica deben de cumplir con

ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos del intemperismo, para que el asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande por que se pierde resistencia y estabilidad.

Se recomienda que las partículas que se utilicen tengan forma esférica, ya que son las que son en forma de laja o de aguja pueden romperse muy fácilmente y afectar la granulometría.

Las funciones de la carpeta son las siguientes:

- Proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.
- Impedir la infiltración del agua de lluvia hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos.

Cemento asfáltico.

El asfalto, llamado cemento asfáltico, es el último residuo de destilación del petróleo. A temperaturas normales, es sólido y posee un color café oscuro.

Para poder mezclarlo con los materiales pétreos este debe tener una temperatura de 140°C (Estructuración de Vías Terrestres, 1994).

Rebajados asfálticos.

Los rebajados asfálticos se utilizan para fluidificar el cemento asfáltico y poderlo trabajar a menores temperaturas. Para fabricar los rebajados asfálticos, se diluye el concreto asfáltico con gasolina, tractolina, diesel o aceites ligeros. Los que son diluidos en gasolina forman rebajados de fraguado rápido (FR). Los que se diluyen en tractolina son de fraguado medio (FM) y los que se diluyen en diesel o aceites ligeros son de fraguado lento (FL). Los tres fraguados FR, FM y FL se pueden utilizar en diferentes proporciones de cemento asfáltico y solventes.

Emulsiones asfálticas.

Las emulsiones asfálticas tienen grandes ventajas ya que son fáciles de emplear. La finalidad de las emulsiones es trabajar a temperatura ambiente con el asfalto que a esta temperatura no es manejable debido que es semi-sólido. Las emulsiones asfálticas son líquidos de color chocolate casi tan fluidos como el agua y de la cual contienen entre el 40 y el 50%.

Si se usan emulsiones, pueden existir un problema de adherencia entre el material pétreo y el cemento asfáltico ya que contienen gran cantidad de agua. Las cargas eléctricas que recubren a las gotas de cemento asfáltico pueden favorecer a dicha adherencia si existe diferencia de signos entre los áridos y las gotas de cemento.

Las emulsiones catiónicas o ácidas están cargadas positivamente, por lo que sentirán gran afinidad por materiales pétreos negativos. Cuando las partículas de cemento asfáltico son atraídas por la superficie del material pétreo, la emulsión deja de mantenerse estable y rompe, quedando el cemento asfáltico incorporado en forma de película fina al material pétreo y el agua queda libre para evaporarse. Las catiónicas resisten mayor humedad en los pétreos. Las aniónicas rompen por la deshidratación por lo que en las temperaturas frías o húmedas el tiempo de curado se prolonga mucho. Las emulsiones pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento dependiendo del porcentaje de cemento asfáltico.

Carpetas asfálticas de uno, dos y tres riegos.

Sobre la base impregnada, se pone una serie de capas sucesivas de productos asfálticos y pétreos. Los materiales pétreos que se utilizan deben tener una granulometría uniforme, es decir que su gama de tamaños sea corta.

De acuerdo con Olivera (1994), el procedimiento para construir las es el siguiente; sobre la base impregnada se da un riego de producto asfáltico que se cubre con un riego del material pétreo más grueso que se vaya a utilizar. Se pasa una compactadora de rodillo liso de 10 toneladas. Se le da un acomodo cubriendo tres veces la superficie. Por lo regular, después de hacer este procedimiento, se tiene que esperar una semana para que fragüe el producto asfáltico. Una vez que ha transcurrido la semana se necesita barrer para retirar el material que no esté adherido a la estructura.

Se pueden crear carpetas de un riego en donde se lleva acabo este procedimiento una vez. Se da una riego de producto asfáltico a razón de 0.6 a 1.0 L/m², e inmediatamente se cubre con material pétreo número 3, a razón de 8 a 11 L/m². Esta carpeta es aconsejable para un tránsito inferior a los 200 vehículos por día.

Según Olivera (1994), existen también carpetas de dos riegos, donde el procedimiento se tiene que llevar acabo dos veces. Para la primer capa se da un riego de producto asfáltico a razón de 0.6 a 1.0 L/m², el material pétreo es del número 2 a razón de 8 a 12 L/m². Para construir la segunda capa, se debe esperar de 2 a 3 días. El producto asfáltico se riega a razón de 0.8 a 1.1 L/m², el material pétreo es número 3 a razón de 6 a 8 L/m². Este tipo de carpeta es aconsejable para un tránsito inferior a los 600 vehículos por día.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

En las carpetas de tres riegos, el procedimiento se tiene que ejecutar tres veces. Para primer capa se utiliza producto asfáltico a razón de 0.6 a 1.1 L/m², material pétreo número 1. A razón de 20 a 25 L/m². Dos o tres días después se coloca la segunda capa con producto asfáltico a razón de 1.1 a 1.4 L/m², material pétreo número 2. A razón de 8 a 12 L/m². Para la última capa se utiliza producto asfáltico a razón de 0.7 a 2.0 L/m², material pétreo número 3. A razón de 6 a 8 L/m². Este tipo de carpetas puede resistir hasta 1000 vehículos por día (Olivera, 1994).

En la tabla V.3 se muestran las especificaciones para materiales pétreos que se emplean en carpetas asfálticas por el sistema de una, dos y tres riegos.

Especificaciones granulométricas para materiales pétreos.									
Denominación del material pétreo	Porciento que pasa la malla								
	32.0 mm	25.4 mm	19.0 mm	12.7 mm	9.51 mm	6.35 mm	4.76 mm	2.38 mm	0.420 mm
	1 ¼"	1"	¾"	½"	3/8"	¼"	Núm. 4	Núm. 8	Núm. 40
1	100	95 mín.		5 máx.		0			
2			100	95 mín.		5 máx.		0	
3-A				100	95 mín.			5 máx.	0
3-B					100	95 mín.		5 máx.	0

Tabla V.3.-Especificaciones granulométricas para materiales pétreos. Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT.

Para hacer una carpeta por riegos se utilizan rebajados asfálticos y emulsiones de rompimiento medio.

Carpetas asfálticas de mezclas en el lugar o en frío.

La granulometría del material pétreo utilizado debe ser continua. El material pétreo se mezcla a temperatura ambiente con motoconformadoras. Generalmente se usan rebajados asfálticos o emulsiones de rompimiento medio.

Para poder construir mezclas en el lugar o en frío se tiene que hacer lo siguiente:

- Se hace una exploración de la zona para elegir los bancos.
- Extraer el material de los bancos.
- Hacer tratamientos previos como el cribado y el triturado.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

- Transporta el material a la obra y con motoconformadora acamellonarlo y calcular la cantidad de producto asfáltico que se requiere.
- Abrir el material con la motoconformadora y regar asfalto con la petrolizadora, esto se debe hacer las veces que sea necesario hasta tener incorporado todo el asfalto. Posteriormente con la motoconformadora mezclar el material pétreo y el asfalto poniéndolos a un lado de la corona hasta que se encuentre completamente homogenizado.
- Sobre la base impregnada y barrida, se da un riego de liga con rebajado asfáltico y de inmediato se extiende la mezcla.
- Compactar con rodillos lisos o neumáticos con peso entre 8 y 15 toneladas hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M.

Si la permeabilidad de la carpeta, es mayor al 10% se dará un sello que también sirve para mejorar la fricción.

Carpetas de concreto asfáltico.

Olivera (1994), define a las carpetas de concreto asfáltico como mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico. Como el cemento asfáltico es sólido a la temperatura ambiente, es necesario calentarlo. Este aumento en la temperatura, se tiene que hacer en planta, ya que la temperatura del cemento necesita llegar a 140°C y la temperatura de los materiales pétreos necesita llegar a 160°C.

Este tipo de carpetas, deben estar construidas sobre bases hidráulicas o sobre bases asfálticas impregnadas. Si llega a construir sobre bases naturales con módulos de elasticidad bajos, sufrirá deformaciones ante las cargas del tránsito, la resistencia no será la deseada y su ruptura será frágil.

En las carpetas de concreto asfáltico, las normas granulométricas son muy exigentes, ya que solo hay una zona como se muestra en la figura V.2. Para conocer el contenido óptimo de concreto asfáltico se utiliza la prueba Marshall.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.



Figura V.2.-Zona de especificación granulométrica para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos. Fuente: Estructuración de Vías Terrestres. (1994).

Para poder construir las carpetas de concreto asfáltico, se deben seguir los siguientes pasos:

- Elegir los bancos de material pétreo y llevarlos al laboratorio para poder elegir el banco adecuado.
- Hacer el proyecto granulométrico en el laboratorio para encontrar el contenido óptimo de cemento asfáltico.
- Extraer el material.
- Proporcionar materiales pétreos en frío a la planta de mezclado.
- Transportar el material al cilindro de calentamiento y secado donde alcanzará una temperatura entre los 150 °C y 170 °C.
- Alcanzada la temperatura deseada, el material pétreo se sube a la unidad de mezclado, donde se mezcla con el cemento asfáltico que se encuentra entre los 130 °C y 140 °C.
- Llevar la mezcla al tramo con una temperatura mínima entre los 110 °C y los 120 °C. La mezcla debe descargarse sobre la finisher que se encarga de extenderlo y darle una ligera compactación.
- La compactación debe iniciarse a una temperatura mayor a los 90 °C. con un rodillo de 7 toneladas para dar un primer armado y evitar desplazamiento de la mezcla. Después con uno de 15 toneladas, el grado mínimo de compactación es de 95% del peso volumétrico de proyecto.

Olivera (1994), dice que una carpeta asfáltica debe ser impermeable, de no ser así, se debe dar un riego de sello. El riego de sello sirve como superficie de desgaste

para mejorar el coeficiente de rugosidad. Se utiliza material pétreo del número 3 y rebajados o emulsiones de rompimiento medio.

Una carpeta que tiene menos asfalto del necesario, se degradara, en caso contrario, el asfalto brotará a la superficie haciéndola lisa y resbaladiza.

V.2.1.1.-FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

La tecnología que se ha desarrollado para pavimentos, tiene como meta evitar deterioros y fallas. Se han logrado establecer relaciones de causa – efecto, para desarrollar normas de criterio de proyecto y conservación. En pavimentos, la palabra falla se utiliza tanto para verdaderos colapsos como deterioros simples. El concepto de deterioro o falla está asociado al nivel de servicio que depende de la exigencia del consumidor. Una falla es algo que se aparta de lo que se consideró perfecto. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos:

- Fallas por insuficiencia estructural.
- Fallas por defectos constructivos.
- Fallas por fatiga.

Fallas por insuficiencia estructural.

Pavimentos contruidos con material inapropiado en cuanto a su resistencia. Se pueden utilizar materiales con buena calidad pero con espesores insuficientes. Esta falla se produce por la combinación de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores.

Fallas por defectos constructivos.

Pavimentos bien proporcionados y con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores.

Fallas por fatiga.

Pavimentos que originalmente estuvieron bien proporcionados y contruidos, con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.

Aparte de estos de estos tres grupos, también se agrupan por su origen, es decir por el modo en el que suceden y se manifiestan. Se separan en tres nuevos grupos: por su fracturamiento, por deformación y por su desintegración. Se relacionan con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y el apoyo que proporciona la terracería.

Las fallas por insuficiencia, defecto constructivo o fatiga pueden ser a fin de cuentas causadas por el fracturamiento, la deformación y la desintegración.

V.2.1.2.-DETERIOROS MÁS COMUNES EN PAVIMENTOS.

Existen distintos tipos de deterioros en los pavimentos, entre ellos, se encuentra el agrietamiento en “piel de cocodrilo”, deformación permanente en la superficie del pavimento, fallas por cortante, agrietamiento longitudinal, consolidación del terreno de cimentación.

Fallas agrietamiento en “piel de cocodrilo”.

Es un agrietamiento que se extiende sobre toda la superficie de rodamiento. Se da por el movimiento excesivo de una o más capas del pavimento o por fatiga de la carpeta. Es común en pavimentos construidos en terracerías resilientes. Este típico de bases débiles o insuficientemente compactadas. Puede formarse en lugares donde existe el congelamiento o en lugares donde se requiere subdrenaje. Este fenómeno puede ser progresivo generando la destrucción del pavimento, que comienza por desprenderse de la carpeta y la remoción de los materiales granulares expuestos. Es importante la causa, ya que si es por fatiga el progreso es muy lento, en cambio si es por deficiencia estructural o por exceso de agua el progreso es muy rápido.

Deformación permanente en la superficie del pavimento.

De acuerdo con Rico y del Castillo (1984), la deformación permanente en la superficie del pavimento está asociada al aumento de compacidad en la capas de bases o sub-bases, debida a cargas excesivas, cargas repetidas o rotura de granos. También puede darse por consolidación de la subrasante. Por lo general, el ancho del surco es mayor al ancho de la llanta.

Fallas por cortante.

Se debe a la falta de resistencia al esfuerzo cortante de la base o sub-base. Generalmente se hacen surcos profundos y bien marcados cuyo ancho no excede al de llanta (Rico y del Castillo 1984).

Agrietamiento longitudinal.

Grietas longitudinales de una abertura aproximada de 0.5 cm. en el área de circulación de las cargas más pesadas. Se deben a movimientos en las capas del pavimento en la dirección horizontal. Este fenómeno, se da en la base, en la sub-base y con regularidad en la subrasante. El fenómeno se da por congelamiento, deshielo o por cambios volumétricos en la variación del agua en la subrasante.

Consolidación del terreno por cimentación.

La consolidación del terreno de cimentación produce distorsión del pavimento independientemente de los espesores o de su condición estructural. Se pueden producir agrietamientos longitudinales y agrietamientos con trayectoria circular.

V.2.1.3.-METODO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS ASFALTICOS INCLUYENDO CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES VERSIÓN 2.0 DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

El método está basado en el extenso programa de investigación patrocinado por la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, y el Instituto de Ingeniería, UNAM. Los conceptos generales, desarrollados en las investigaciones realizadas de 1965 a la fecha (informes 325 y 444) son compatibles con el nuevo método de diseño, que incluye tanto carreteras de altas especificaciones como carreteras normales.

El método comprende los dos modelos mecanicistas establecidos en el informe 325: (a) deformación permanente y (b) fatiga. En lo que se refiere a fatiga de las capas asfálticas se considera la investigación internacional así como la realizada en el Instituto, de 1985 a la fecha, en la cual se basan las ecuaciones de fatiga.

Se permite:

1. Diseñar de acuerdo con los lineamientos fijados.
2. Revisar diseños específicos que proponga el proyectista

OPCION 1

Se tienen dos opciones de diseño, según el tipo de camino.

1. Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).

2. Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

OPCION 1

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas).

Tiene dos opciones:

1. Si se conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente.
2. Calcularlo a partir del tránsito mezclado.

OPCION 2

Se introducen los siguientes datos:

TDPA en el carril de proyecto (en vehículos): 39284

Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %): 4

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Período de proyecto, en años: 30

Se necesita conocer el tipo de camino

1. Tipo A o B
2. Tipo C
3. Tipo D

Se requiere conocer la composición del tránsito, se introduce el porcentaje de cada tipo de vehículo el cual se muestra en la tabla V.4.

Tipo de vehículo	Porcentaje
Automóvil (A2)	69.7
Autobús (B2)	9.2
Autobús (B3)	0
Camión Unitario (C2)	8.9
Camión Unitario (C3)	3.2
Camión Remolque (C2-R2)	0
Camión Remolque (C2-R3)	0
Camión Remolque (C3-R3)	0
Tractocamión articulado (T2-S1)	0
Tractocamión articulado (T2-S2)	0
Tractocamión articulado (T3-S2)	5.1
Tractocamión articulado (T3-S3)	1.7
Tractocamión doblemente articulado (T2-S1-R2)	2.0
Tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R2)	0
Tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R3)	0
Tractocamión doblemente articulado (T2-S2-R4)	0.2

Tabla V.4.- Composición vehicular

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados.

Los autobuses y vehículos de carga (tipos B, C y T), pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

1. Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).
2. Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.

OPCION 1

En ausencia de información más confiable se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%, (entre 40 y 20% de camiones vacíos).

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Se propone la proporción de camiones cargados que juzgue correcta (%): 80

En la tabla V.5 se muestra la cantidad de ejes y la presión que ejercen un Autobús B2

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	6.5	11.0
Presión**	7.0	7.0

Tabla V.5.- Número de ejes para un autobús

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los datos para un Camión tipo C2

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	6.5	11.0
Presión**	7.0	7.0

Tabla V.6.- Número de ejes para un Camión tipo C2.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

En la tabla V.7 se indican los datos para un Camión tipo C3..

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	6.5	19.5
Presión**	7.0	7.0

Tabla V.7.- Número de ejes para un Camión tipo C3.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo).

A continuación se describen los datos para un Camión tipo T3-S2.

Eje	1	2	3
Tipo	Sencillo	Doble	Doble
Carga*	6.5	19.5	18.0
Presión**	7.0	7.0	7.0

Tabla V.8.- Número de ejes para un Camión tipo T3-S2.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). En la tabla V.9 se pueden observar los datos para un Camión T3-S3

Eje	1	2	3
Tipo	Sencillo	Doble	Doble
Carga*	6.5	19.5	22.5
Presión**	7.0	7.0	7.0

Tabla V.9.- Número de ejes para un Camión tipo T3-S3.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo).

En la tabla V.10 se muestran los datos para un Camión T3-S2-R2

Eje	1	2	3	4	5
Tipo	Sencillo	Doble	Doble	Sencillo	Sencillo
Carga*	6.1	18.4	17.0	9.5	9.5
Presión**	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

Tabla V.10.- Número de ejes para un Camión tipo T3-S2-R2.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

Datos para un Camión T3-S2-R4 se muestran en la tabla V.11.

Eje	1	2	3	4	5
Tipo	Sencillo	Doble	Doble	Doble	Doble
Carga*	5.7	17.1	15.7	8.8	15.7
Presión**	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

Tabla V.11.- Número de ejes para un Camión tipo T3-S2-R4.

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo).

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Autobús B2

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.53	0.95	0.44	0.31	0.29	0.28
2	2.98	3.69	4.55	5.06	5.19	5.24
TOTAL	5.51	4.64	4.99	5.37	5.48	5.52

Tabla V.12.-Coeficientes de equivalencia para un autobús.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión C2

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.53	0.95	0.44	0.31	0.29	0.28
2	2.98	3.69	4.55	5.06	5.19	5.24
TOTAL	5.51	4.64	4.99	5.37	5.48	5.52

Tabla V.13.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo C2.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión C3

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.53	0.95	0.44	0.31	0.29	0.28
2	5.80	5.62	4.27	4.67	4.77	4.81
TOTAL	8.33	6.57	4.71	4.98	5.06	5.09

Tabla V.14.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo C3.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión T3-S2

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.53	0.95	0.44	0.31	0.29	0.28
2	5.80	5.62	4.27	4.67	4.77	4.81
3	5.67	4.63	3.04	3.07	3.08	3.08
TOTAL	14.00	11.20	7.75	8.05	8.14	8.17

Tabla V.15.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo T3-S2.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión T3-S3

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.53	0.95	0.44	0.31	0.29	0.28
2	5.80	5.62	4.27	4.67	4.77	4.81
3	8.03	4.31	3.04	3.07	3.08	3.08
TOTAL	16.36	10.88	7.74	8.05	8.14	8.17

Tabla V.16.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo T3-S3.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión T3-S2-R2

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.46	0.79	0.33	0.22	0.20	0.19
2	5.71	4.89	3.34	3.45	3.47	3.48
3	5.58	4.01	2.38	2.27	2.25	2.24
4	2.88	2.64	2.44	2.35	2.32	2.32
5	2.88	2.64	2.44	2.35	2.32	2.32
TOTAL	19.51	14.97	10.92	10.63	10.57	10.55

Tabla V.17.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo T3-S2-R2.

Coefficientes de equivalencia del vehículo cargado para un Camión T3-S2-R4

Eje	Profundidad (cm)					
	5	15	30	60	90	120
1	2.38	0.64	0.24	0.15	0.14	0.13
2	5.59	4.07	2.44	2.34	2.32	2.32
3	5.44	3.25	1.68	1.49	1.45	1.44
4	4.10	0.53	0.11	0.07	0.06	0.06
5	5.44	3.25	1.68	1.49	1.45	1.44
TOTAL	22.95	7.30	6.14	5.54	5.42	5.38

Tabla V.18.-Coeficientes de equivalencia para un camión tipo T3-S2-R4.

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
118.4	89.4	75.6	79.3	80.3	80.8

Tabla V.19.- Tránsito a una profundidad promedio.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente.

El tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar, es:

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas: 89.4
- (b) Por deformación en capas no estabilizadas: 80.3

Se analizan pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas).

1. Carpeta
2. Base Estabilizada
3. Sub-base
4. Subrasante
5. Terracería

Se considera el número de capas de que consta el pavimento: 5

Capa	VRSz	VRSp	Módulo de Rigidez
Carpeta			
Base Estabilizada	80		
Sub-base	60		
Subrasante	15		
Terracería	5		

Tabla V.20.-Numero de capas de la estructura de pavimento.

Se proporciona el VRSz de las capas no estabilizadas (en por ciento):

Capa	VRSz	VRSp	Módulo de Rigidez
Carpeta			
Base Estabilizada	80	80	
Sub-base	60	30	
Subrasante	15	15	
Terracería	5	5	

Tabla V.21.-Introduccion de VRSz de capas NO estabilizadas.

Por razones de estructuración, se establecen VRSp de proyecto (mínimos y máximos) en las capas no asfálticas. Si el $VRSz < VRSp$ el diseño no puede efectuarse; y si $VRSz > VRSp$ el diseño se hace con VRSp.

Se requiere el módulo de rigidez de la carpeta; si no tiene estimado su valor debe terminar esta corrida para hacerlo. En ese caso apriete solo la tecla de entrada.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Capa	VRSz	VRSp	Módulo de Rigidez
Carpeta			18000
Base Estabilizada	80	80	15000
Sub-base	60	30	2284
Subrasante	15	15	865
Terracería	5	5	401

Tabla V.22.-Introduccion del Módulo de Rigidez.

También se necesitan los módulos de rigidez de las capas no asfálticas. Si tiene una estimación de su valor, introdúzcalo; en caso contrario apriete la tecla de entrada y el programa le sugerirá un valor basado en el VRSz (crítico) del material.

Capa	VRSz	VRSp	Módulo de Rigidez	Módulo de Poisson
Carpeta			18000	0.35
Base Estabilizada	80	80	15000	0.35
Sub-base	60	30	2284	0.45
Subrasante	15	15	865	0.45
Terracería	5	5	401	0.45

Tabla V.23.-Introducción del Módulo de Poisson.

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede emplear otro nivel (entre 50 y 99%).

Se proporciona el nivel de confianza que prefiere ($50 \leq NIV \leq 99$): 95

Diseño por deformación para un camino de altas especificaciones, con un nivel de confianza de 95 %

Para un tránsito de proyecto de 80.3 millones de ejes estándar.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Capa	Espesor Calculado (cm)	Espesor de Proyecto (cm)
Carpeta	17.6	17.6
Base Estabilizada	24.2	24.2
Sub-base	24.7	24.7
Subrasante	60.6	60.36

Tabla V.24.-Comparativa de espesores.

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto.

El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

A continuación debe revisarlo para prevenir el agrietamiento por fatiga, a menos que esté empleando un tratamiento superficial.

Datos y resultados del diseño

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 95 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida Previsible	
	cm	%	Kg/cm ²		Deformación	Fatiga
Carpeta	17.6		18000	0.35		> 150
Base Estabilizada	24.2	80.0	15000	0.35	80.3	
Sub-base	24.7	60.0	2284	0.45	80.3	
Subrasante	60.6	15.0	865	0.45	80.3	
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	80.3	

Tabla V.25.- Resultados del diseño

	Vida Previsible	Tránsito de proyecto
Deformación	80.3	80.3
Fatiga	>150	89.4

Tabla V.26.- Comprobación de resultados

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

¿Quiere explorar otras alternativas? (s/n) S-

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 95 %

Capa	H	VRSz	E	V
	Cm	%	Kg/cm ²	
Carpeta	10		18000	0.35
Base Asfáltica	10		10000	0.35
Base Granular	20	80.0	15000	0.35
Sub-base	15.7	60.0	2284	0.45
Subrasante	40.0	15.0	865	0.45

Tabla V.27.- Inicio del diseño con nuevas variables.

Modificar el espesor de alguna de las capas restantes

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 95 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida Previsible	
	Cm	%	Kg/cm ²		Deformación	Fatiga
Carpeta	10.0		30000	0.35		> 150
Base Asfáltica	20.0		29000	0.35		> 150
Base Granular	25.0	80.0	15000	0.45	> 150	
Sub-base	60.0	60.0	2284	0.45	> 150	
Subrasante	Semi-inf	15.0	865	0.45	> 150	

Tabla V.28.- Modificación de los datos de diseño con nuevas variables.

En la siguiente tabla se muestran los resultados finales del programa

	Vida Previsible	Tránsito de proyecto
Deformación	>150	80.3
Fatiga	>150	89.4

Tabla V.28.- Comprobación de resultados

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.

Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

V.2.2.-PAVIMENTO RIGIDO

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas

Los pavimentos típicamente rígidos, son los de concreto. Estos pavimentos difieren mucho de los de tipo flexible. Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten a un área de la sub-rasante. La losa por su alta rigidez y alto módulo elástico, tiene un comportamiento de elemento estructural de viga. Ella absorbe prácticamente toda la carga. Estos pavimentos han tenido un desarrollo bastante dinámico. De acuerdo al adelanto tecnológico y científico correspondiente a la estructura de concreto.

Diferentes pavimentos de concreto.

- A) Pavimentos de concreto simple, sin gravilla pasajuntas.
- B) Pavimentos de concreto simple, con gravillas pasajuntas.
- C) Pavimentos de concreto reforzado (refuerzo continuo)
- D) Pavimentos de concreto preesforzado.
- E) Pavimentos de concreto reforzado con fibras cortas de acero.

El caso más común y corriente, es el "A", de pavimentos de concreto simple sin varillas pasajuntas.

Estos son los pavimentos que aquí se presentarán y se les llamará simplemente, pavimentos de concreto.

El talón de Aquiles de los pavimentos de concreto, son las juntas que tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por cambios temperatura. Los pavimentos de refuerzo continuo y los preesforzados, se diseñan y construyen sin juntas transversales de contracción y expansión excepto al llegar a un cruce o a una estructura fija. Sólo se construyen juntas de construcción. Estos pavimentos son muy y de tecnología muy avanzada.

Los pavimentos de concreto son muy adecuados para calles de ciudades o plantas industriales.

El diseño estructural de pavimentos de concreto es eminente racional, a diferencia de los de tipo flexible, que es empírico. En los de concreto, se aplica la teoría de elasticidad.

Técnicamente, los pavimentos de concreto deben diseñarse y controlarse para una

resistencia a la flexión del concreto usado. Se han obtenido en nuestro país algunas correlaciones entre las resistencias a la compresión la resistencia a la flexión.

Introducción a métodos de diseño.

Los dos métodos de diseño descritos en este Sistema de Diseño de Pavimentos de Concreto, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA) corresponden a los métodos de diseño de espesores de pavimentos más ampliamente usados a nivel mundial. Por este motivo se ha decidido incluir ambos métodos en el Sistema Pavimentos de Concreto.

V.2.2.1-METODO AASHTO

Prueba de pavimentación AASHTO

El método de diseño de espesores de pavimentos rígidos está basado en los resultados obtenidos de la prueba de carreteras concebida y promovida gracias a la organización que ahora conocemos como AASHTO para estudiar el comportamiento de estructuras de pavimento de espesores conocidos, bajo cargas móviles de magnitudes y frecuencias conocidas y bajo el efecto del medio ambiente en secciones conocidas de pavimentos rígidos y flexibles. La planeación empezó en 1951, la construcción del proyecto comenzó en 1956 muy cerca de Ottawa, Illinois. El tráfico controlado de la prueba se aplicó de octubre de 1958 a noviembre de 1960 y el método estuvo listo para 1961.

Formulación del método de diseño

El objetivo principal de las pruebas consistía en determinar relaciones significativas entre el comportamiento de varias secciones de pavimento y las cargas aplicadas sobre ellas, o bien para determinar las relaciones significativas entre un número de repeticiones de ejes con cargas, de diferente magnitud y disposición, y el comportamiento de diferente espesores de pavimentos, conformados con bases y sub-bases, colocados en suelos de características conocidas.

En total se examinaron 368 secciones de pavimento rígido y 468 secciones de pavimento flexible.

Las mediciones físicas de las secciones de prueba se transfirieron a fórmulas que podían dar nuevamente valores numéricos de capacidad de servicio. Estos valores graficados contra las aplicaciones de carga forman una historia de comportamiento

para cada sección de prueba que permiten la evaluación de cada uno de los diversos diseños.

Evolución de la guía AASHTO

Aproximadamente después de un año de terminar la prueba AASHO para 1961 salió publicada la primer "Guía AASHO para Diseño de Pavimentos Rígidos y Flexibles". Posteriormente para 1972 se realizó una revisión y se publicó como la "Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento - 1972". Para 1981 se hizo una Revisión al Capítulo III, correspondiente al Diseño de Pavimentos de Concreto con Cemento Portland. Para 1986 se publicó una revisión de la "Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento". En 1993 se realizó una Revisión del Diseño de Sobrecarpetas de pavimento. Para 1998 se publicó un método alternativo para diseño de pavimentos, que corresponde a un "Suplemento a la guía de diseño de estructuras de pavimento".

Variables del método de diseño

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es necesario conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

Variables de diseño de Pavimentos Rígidos:

Espesor.

Índice de servicio (inicial y final).

Tráfico (ejes equivalentes).

Transferencia de carga.

Propiedades del concreto (módulos de ruptura y elasticidad).

Resistencia de la subrasante (módulo de reacción).

Drenaje.

Confiabilidad (confiabilidad y desviación estándar).

V.2.2.2.-DISEÑO DE PAVIMENTO MÉTODO AASHTO.

PROYECTO: Autopista México - Puebla

UBICACION: km 114+000 al km 127+500, Puebla - Puebla

FECHA: 5/15/2010 2:36:32 PM

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

DISEÑADO: José Antonio Becerra García

DATOS DEL TRAFICO

FACTOR DE SENTIDO (FS): 0.5
 FACTOR DE CARRIL (FC): 0.6
 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA): 39284

Se considera que el pavimento cuenta con barras pasajuntas para la transferencia de carga, además de también considerar que el pavimento cuenta con soporte lateral.

RESULTADOS:

EJES SENCILLOS EQS. DE 18 KIPS: **268802277** ESALS

Nº	Tipo de Eje	Peso del Eje	Repeticiones al año	Repeticiones en la Vida Útil	ESALS
1	Sencillo	2.2	5821783	326514337	87140
2	Sencillo	4.9	18239	1022933	4610
3	Sencillo	5.1	18239	1022933	5378
4	Sencillo	6.6	76654	4299135	62412
5	Sencillo	7.7	155632	8728611	236617
6	Sencillo	8.8	123542	6928845	325568
7	Sencillo	12.1	1043740	58538093	10512493
8	Sencillo	15.4	78977	4429420	2245338
9	Sencillo	22	841393	47189474	113908192
10	Tandem	7.04	1377	77229	257
11	Tandem	7.26	1377	77229	288
12	Tandem	7.7	19615	1100106	5075
13	Tandem	8.8	102980	5775627	43769
14	Tandem	9.9	27702	1553665	18430
15	Tandem	39.6	539248	30243691	115904467
16	Tandem	39.7	72955	4091677	15854839
17	Tridem	11	14367	805772	5357
18	Tridem	49.5	57469	3223145	9582047

ESPEJOR DEL PAVIMENTO: 13.73 in (34.87 cms = 35.00cm).

**COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA
REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.**

MODULACION DE LOSAS

De acuerdo al Espesor encontrado y siguiendo el criterio AASHTO, se le recomienda la siguiente modulaci3n de losas:

SEPARACION MAXIMA DE JUNTAS TRANSVERSALES:	5 metros
RANGO DE SEPARACION DE JUNTAS LONGITUDINALES:	3.0 a 4.5 metros

PASAJUNTAS Y BARRAS DE AMARRE

PASAJUNTAS

Diámetro:	1.5 in (3.81 cms)
Longitud:	20 in (50.8 cms)
Separaci3n:	15 in (38.1 cm)

BARRAS DE AMARRE

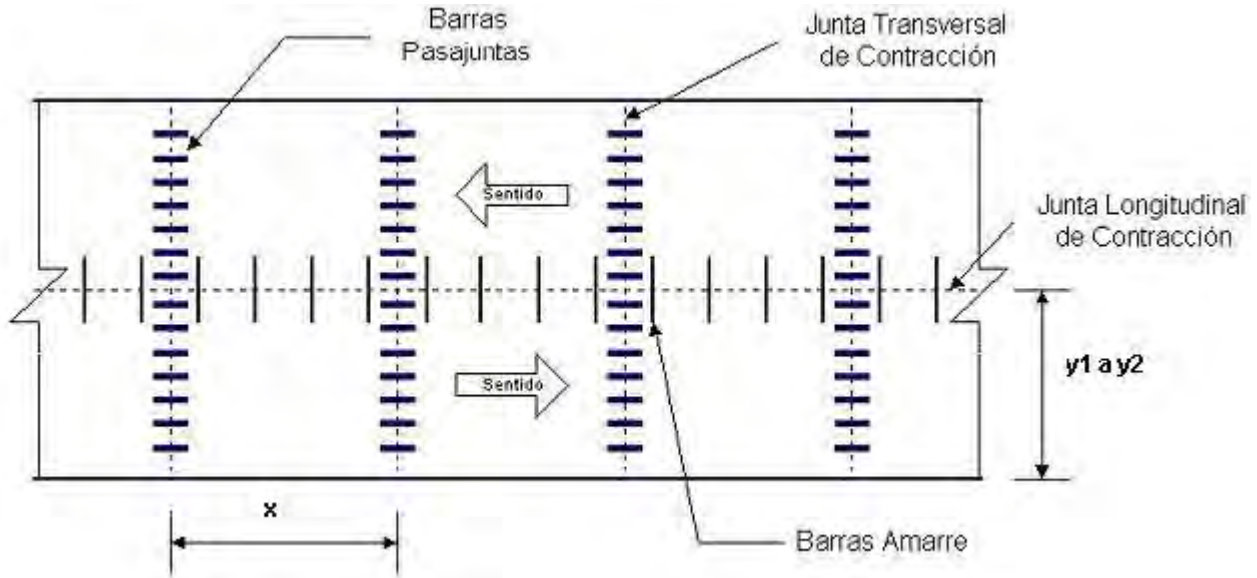
Separaci3n en cm, seg3n la distancia al extremo libre.

Espesor Pavimento (cm)	Diámetro (in)	Longitud (cm)	Distancia al Extremo Libre (m)			
			3.05 m	3.66 m	4.27 m	7.32 m
hasta 14	1/2	64	76	76	76	64
hasta 18	1/2	71	76	76	76	51
hasta 21.6	1/2	79	76	76	71	41
hasta 25.4	5/8	81	91	91	91	56
hasta 30.5	5/8	91	91	91	79	46

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

CROQUIS ESQUEMATICO

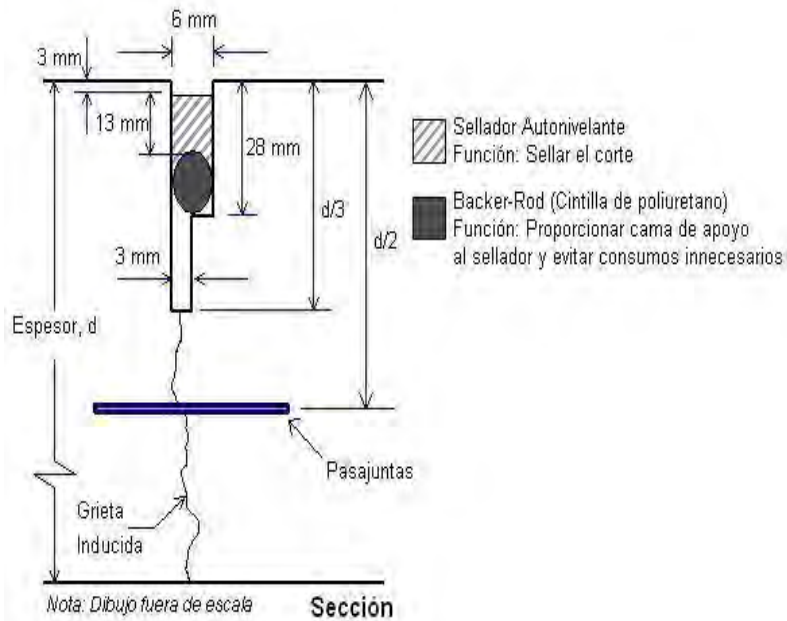
x = 5 metros y1 = 3.0 metros y2 = 4.5 metros *



* La relación largo/ancho de las losas debe estar entre 0.71 y 1.40

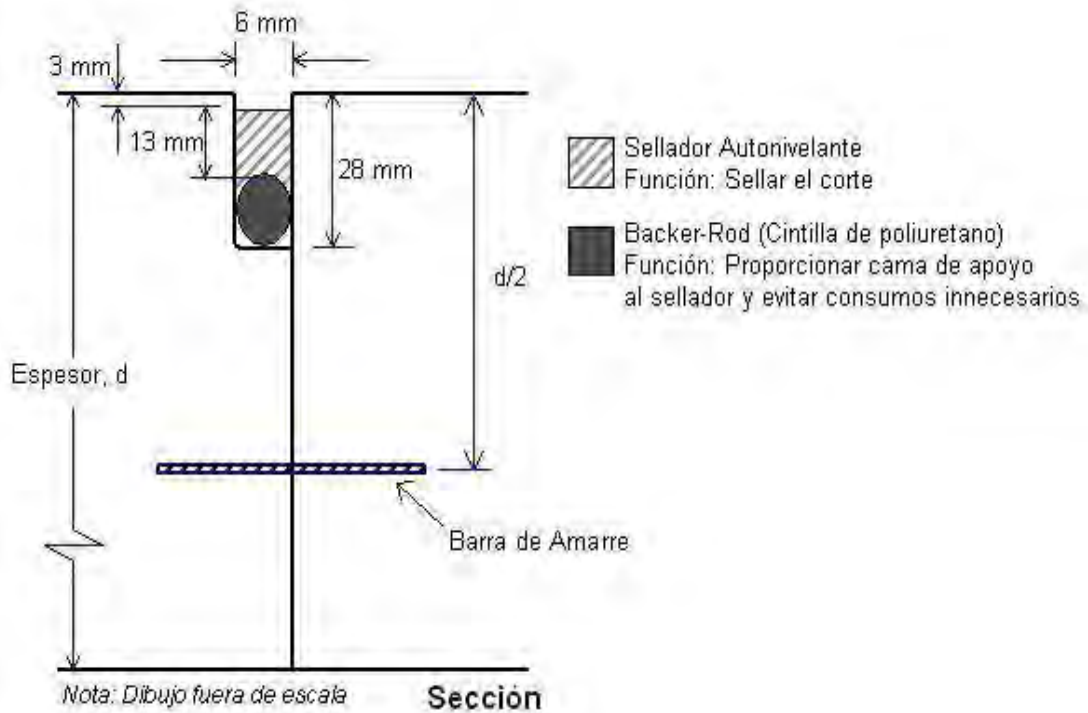
DETALLES DE JUNTAS:

- 1) DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCION TRANSVERSAL ASERRADA CON DISCO DE DIAMANTE DE 1/8" DE ESPESOR

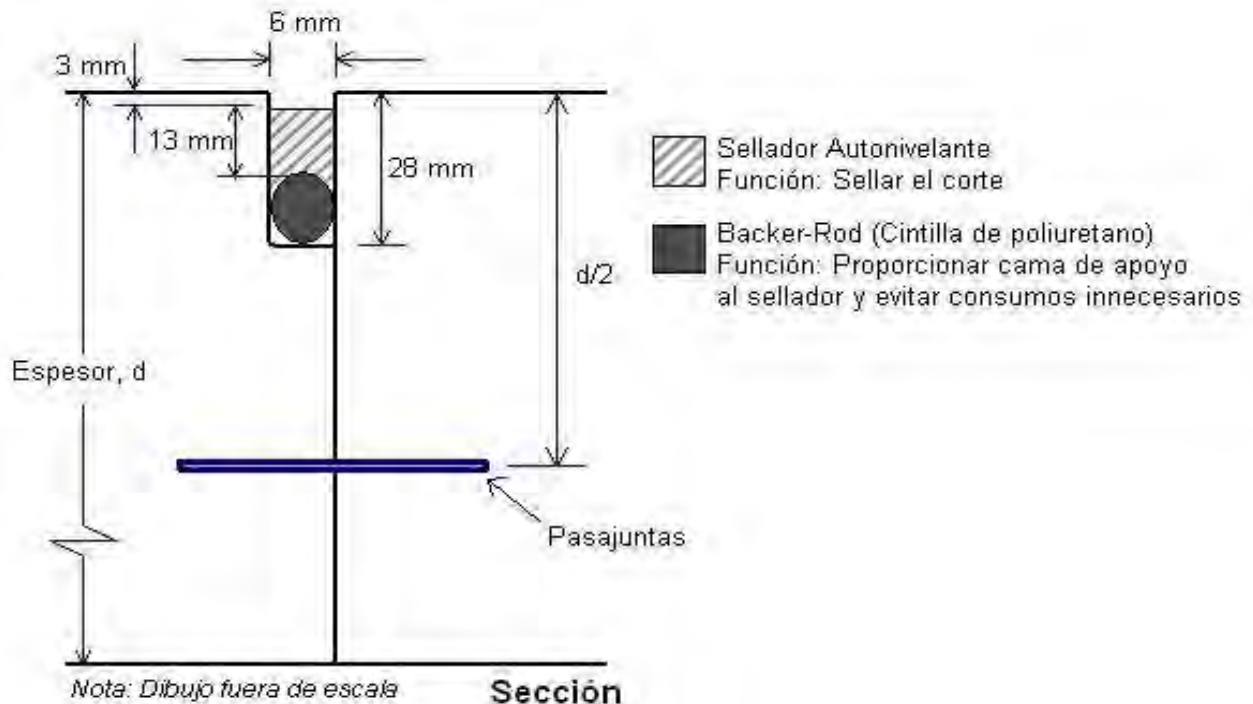


COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION



V.2.2.3.-MÉTODO PCA

Formulación del método

El método de diseño de la Portland Cement Association es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto.

Teniendo como base el conocimiento de varias teorías de pavimentos como Westergaard, Picket and Ray así como de elementos finitos. También la experiencia en el comportamiento de varias pruebas e investigaciones como la Arlington Test y diversos proyectos de la misma PCA. Y derivado de lo anterior se generó finalmente este método de diseño.

Parte del método fue desarrollado interpretando los resultados del modelo de elementos finitos basados en el comportamiento de una losa de espesor variable y dimensiones finitas (180 x 144 pulgadas) a la cual se le aplicaron cargas al centro, de borde y de esquina, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte.

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de evaluación en el procedimiento de diseño, el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y la fatiga del pavimento de concreto.

El criterio de erosión reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo, erosión del terreno de soporte y diferencias de elevaciones en las juntas. El criterio del esfuerzo de fatiga reconoce que el pavimento pueda fallar, presentando agrietamiento derivado de excesivas repeticiones de carga.

A diferencia del método AASHTO el método de diseño PCA, consideró un valor fijo de módulo de elasticidad del Concreto (E_c) = 4'000,000 psi que no lo hizo variar en relación con la resistencia a la flexión del concreto (MR), así como tampoco varió el coeficiente de Poisson de 0.15.

Este método considera algunas limitaciones en los valores de módulo de reacción K del suelo, en donde el rango de valores para los que el método fue desarrollado oscila entre los 50 y 700 pci.

Una ventaja que se debe reconocer en el método del PCA es que toma el tráfico real que estima circulará sobre el pavimento, sin convertirlo Ejes Sencillos Equivalentes.

b. Variables

Las variables que intervienen en el diseño son:

Espesor Inicial del Pavimento.

Módulo de Reacción K del suelo.

Tráfico.

Transferencia de Carga y Soporte Lateral.

Propiedades del Concreto.

Módulo de Ruptura (Considera una reducción del 15% por seguridad).

Módulo de Elasticidad Fijo = 4,000,000 psi.

Módulo de Poisson Fijo = 0.15.

Comparativa entre los métodos de diseño

Ambos métodos de diseño son apropiados para el diseño de espesores de pavimentos rígidos en cualquier tipo de proyecto, sin embargo el método AASHTO hace intervenir un mayor número de variables que nos ayudan a modelar de mejor manera las condiciones del proyecto al momento de estar diseñando su espesor. Los resultados del método de la PCA son adecuados para cualquier tipo de proyecto a pesar de que no se puedan tomar en cuenta algunos factores importantes como lo son el índice de servicio inicial y final. En cambio considera de una manera más real la contribución del tráfico en la formulación.

CAPITULO VI. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

CAPITULO VI.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

VI.1.-REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DEL KM 114+000 AL KM 127+500, AMBOS CUERPOS Y TERCEROS CARRILES CUERPOS “A Y B”, AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA.

RECUPERACIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE.

Se procederá a fresar el pavimento existente en un espesor de veinte (20) a veinticinco (25) centímetros que comprenden la capa de Open Graded, la carpeta asfáltica y la base asfáltica, hasta encontrar la capa de base estabilizada con cemento Pórtland, el material se disgregará hasta obtener un tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, el corte y la extracción del producto obtenido, deberá efectuarse en frío, iniciándose la actividad en el carril de baja velocidad y posteriormente cuando corresponda en el carril de alta.

Una vez que el material ha sido disgregado, se procederá a incorporar el cemento portland ordinario sobre el material recuperado, el cemento se aplicará con un dispositivo que permita dosificar de manera adecuada y uniforme sobre los materiales recuperados el porcentaje necesario para obtener una resistencia mínima de veintiseis kilogramos por centímetros cuadrado (26 Kg/cm²), obtenido de la prueba de compresión sin confinar a siete días.

Enseguida, con una maquina recuperadora/estabilizadora se procederá a mezclar in sitio y en seco, el cemento con los agregados recuperados, después de este mezclado, se procederá a incorporar el agua con el mismo equipo, pasando nuevamente sobre la mezcla de cemento-agregados para obtener una mezcla uniforme y homogénea de espesor compacto de veinte (20) centímetros. La capa se compactará inmediatamente después de tendida hasta alcanzar el cien (100) por ciento de su peso volumétrico seco máximo obtenido por la prueba AASHTO modificada 5 capas.

Riego de liga.

La superficie se limpiará con aire a presión y se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECR-65) en proporción de cero punto ocho (0.8) litros por metro cuadrado con una petrolizadora con los aspersores en buenas condiciones de por metro cuadrado, con los aspersores en buenas

condiciones de operación, de tal manera que el riego sea uniforme sobre la superficie tratada.

Carpeta asfáltica.

Sobre la superficie ligada, se construirá una carpeta asfáltica de diez (10) centímetros de espesor elaborada en planta fija con materiales pétreos de veinticinco (25) milímetros de tamaño máximo y cemento asfáltico AC-20, modificado con polímeros Tipo I, compactando la capa al noventa y cinco (95) por ciento de su Peso Específico determinado mediante la Prueba Marshall.

Riego de liga.

Sobre la carpeta asfáltica se aplicará una membrana de emulsión de asfalto modificado con polímeros, con dosificación de 0.7 a 1.5 lt/m².

Los ajustes de campo en dosificación deberán ser determinados basados en las condiciones de la superficie de pavimento con el objetivo de lograr una completa impermeabilización.

Carpeta superficial altamente adherida.

Sobre la carpeta asfáltica, se construirá la superficie de rodamiento en los carriles de circulación, una carpeta altamente adherida elaborada en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 9.5 mm y cemento asfáltico modificado con polímeros, la carpeta tendrá un espesor mínimo de 20 mm. y será diseñada bajo el concepto de "Alta Fricción Interna" ó S.M.A. (Stone Mastic Asphaltic).

RIEGO DE SELLO EN ACOTAMIENTO.

Sobre la carpeta asfáltica se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica modificada con polímeros Tipo I en proporción de 1.1 a 1.3 litros por metro cuadrado y sobre este se aplicará un riego de sello con material pétreo Tipo 3E obtenido de material de tezontle color rojo en proporción de 12 litros por metro cuadrado.

VI.2.-AMPLIACIÓN A TERCER CARRIL DEL KM 114+000 AL KM 127+500, CUERPOS “A Y B”, AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA.

Terracerías.

Desmonte.

Sobre la superficie limitada por la línea de cerros, se realizará el desmonte, cortando los árboles y arbustos, retirando la maleza, hierba o residuos de siembras, sacando los troncos o tocones con o sin raíces, el producto del desmonte será retirado al banco de desperdicios para su disposición final.

Despalme.

Estos trabajos se ejecutarán sobre el talud del terraplén o talud del corte existente, retirando todo el material orgánico superficial en una profundidad de veinte (20) centímetros, almacenando el material obtenido dentro del derecho de vía, sin obstaculizar el funcionamiento de las obras de drenaje, ya que este material será utilizado posteriormente para recubrimiento o arroje de los taludes del nuevo cuerpo de terraplén

Excavaciones.

La excavación en caja, se efectuará después de haber despalmado la zona donde se construirá y conformará la sección del tercer carril, siendo la profundidad hasta el nivel superior de la capa de transición o subrasante; la superficie descubierta se escarificará y se le agregará el agua necesaria para compactarla al noventa y cinco (95) por ciento de su P.V.S.M. y humedad óptima, mediante la prueba AASHTO Estándar, proporcionando a la sección la pendiente requerida, tanto horizontal como vertical, y el material producto del corte, podrá ser utilizado en la formación del cuerpo de terraplén.

Formación y compactación de terraplenes.

Una vez que se ha despalmado el talud del terraplén, se iniciará la formación de terraplenes, excavando escalones sobre el talud con una altura de treinta (30) centímetros, aprovechando el material existente y complementándolo con material de banco o con material producto de los cortes. Se construirán capas de treinta (30) centímetros de espesor compactadas al noventa y cinco (95) por ciento de su peso volumétrico seco máximo, obtenido por la prueba AASHTO Estándar. La formación y compactación de terraplenes.

Formación y compactación de la capa subrasante.

Después de la ampliación del cuerpo de terraplén, se procederá a construir la capa subrasante en un espesor de cuarenta (40) centímetros en dos (2) capas, compactadas al cien (100) por ciento de su peso volumétrico seco máximo, obtenido por la prueba AASHTO Estándar. Para la construcción de esta capa, se utilizará el material producto del fresado de la carpeta y base existentes en el acotamiento actual hasta el nivel indicado en el proyecto y se complementará con material de banco hasta alcanzar el espesor indicado

PAVIMENTOS.

Sub-base hidráulica.

Sobre la subrasante terminada, se tenderá la sub-base con material de banco con un espesor de treinta (30) centímetros y compactada al cien (100) por ciento de su peso volumétrico seco máximo y humedad óptima, determinado mediante la prueba AASHTO modificada cinco (5) capas, dándole a la superficie terminada el bombeo o la sobreelevación de proyecto.

Base estabilizada.

Sobre la capa de sub-base recibida, se tenderá la capa de base estabilizada, mezclada en planta, con cemento Pórtland y material de banco, esta mezcla deberá alcanzar una resistencia mínima de veintinueve kilogramos por centímetro cuadrado (29Kg/cm²), obtenida mediante la prueba de compresión sin confinar a 7 días.

El material se extenderá con una máquina terminadora de manera que se obtenga una capa uniforme de espesor compacto de treinta y cinco (35) centímetros. La capa se compactará inmediatamente después de tendida, hasta alcanzar el cien (100) por ciento de su peso volumétrico seco máximo obtenido por la prueba AASHTO modificada 5 capas. Se dará a la superficie terminada el bombeo o la sobreelevación de proyecto, así como las cuñas de sobreelevación, cuidando que la superficie terminada este dentro de los rango de tolerancia que especifica en las Normas S.C.T.

Riego de liga.

Previo a la construcción de la carpeta asfáltica, la superficie se limpiará con aire a presión y se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECR-65) en proporción de cero punto ocho (0.8) litros por metro cuadrado con una

petrolizadora con los aspersores en buenas condiciones de operación, de tal manera que el riego sea uniforme sobre la superficie tratada.

Carpeta asfáltica.

Inmediatamente después de la aplicación del riego de liga, se procederá a construir la carpeta asfáltica con un espesor de diez (10) centímetros, compactada al noventa y cinco (95%) por ciento de su peso volumétrico obtenido del Diseño Marshall. La mezcla asfáltica será elaborada con material pétreo triturado con tamaño máximo de diecinueve (19) milímetros y cemento asfáltico AC-20, modificado con polímeros Tipo I. La mezcla será elaborada en caliente en planta estacionaria y será tendida con una máquina pavimentadora que cuente con dispositivo electrónico para el control de espesores y niveles.

Riego de liga.

Sobre la carpeta asfáltica se aplicará una membrana de emulsión de asfalto modificado con polímeros, con dosificación de 0.7 a 1.5 lt/m².

Los ajustes de campo en dosificación deberán ser determinados basados en las condiciones de la superficie de pavimento con el objetivo de lograr una completa impermeabilización.

Carpeta superficial altamente adherida.

Sobre la carpeta asfáltica, se construirá la superficie de rodamiento en los carriles de circulación, una carpeta altamente adherida elaborada en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 9.5 mm y cemento asfáltico modificado con polímeros, la carpeta tendrá un espesor mínimo de 20 mm. y será diseñada bajo el concepto de "Alta Fricción Interna" ó S.M.A. (Stone Mastic Asphaltic).

RIEGO DE SELLO EN ACOTAMIENTO.

Sobre la carpeta asfáltica se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica modificada con polímeros Tipo I en proporción de 1.1 a 1.3 litros por metro cuadrado y sobre este se aplicará un riego de sello con material pétreo Tipo 3E obtenido de material de tezontle color rojo en proporción de 12 litros por metro cuadrado.

CAPITULO VII. EVALUACION ECONOMICA

CAPITULO VII.

EVALUACIÓN ECONOMICA

VII.1.-INTRODUCCIÓN.

La ejecución de los proyectos de infraestructura carretera, ofrecen la alternativa de una transportación más eficiente de personas, productos y materias primas.

La viabilidad de estos proyectos debe estar sustentada por los análisis económico y financiero que demuestren por medio de los indicadores de rentabilidad su factibilidad.

VII.2.- INDICADORES ECONOMICOS.

Valor Actual Neto ó Valor Presente Neto, es el valor actual de un proyecto que se obtiene al sumar sus beneficios o utilidades netas actualizadas a una determinada tasa.

$$VAN = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{BN_j}{(1+j)^j}$$

SI $VAN > 0 \Rightarrow$ Proyecto Conveniente.

SI $VAN = 0 \Rightarrow$ Proyecto Indiferente.

SI $VAN < 0 \Rightarrow$ Proyecto Inconveniente.

Donde:

VAN = Valor Actual Neto ó Valor Presente Neto.

I = Costos de Inversión.

BN = Beneficios o utilidades netas.

Tasa Interna de Retorno ó Rentabilidad Media, es aquella que hace nulo el VAN.

Puede calcularse utilizando solamente los datos correspondientes al proyecto, prescindiendo hasta cierto punto de la Tasa de Actualización que representa el costo de oportunidad del capital.

$$TIR = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{BJ_j}{(1+a)^j} = 0$$

Donde

$$a = TIR$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Retorno ó Rentabilidad Media

VII.3.- RELACION BENEFICIO – COSTO.

Es la determinación de la factibilidad de proyectos de infraestructura.

SI $B \div C > 1 \Rightarrow$ Proyecto Viable.

SI $B \div C = 1 \Rightarrow$ Proyecto Indiferente.

SI $B \div C < 1 \Rightarrow$ Proyecto no Viable.

Este método hace énfasis en los beneficios recibidos en vez de la utilidad, y porque éstos se proporcionan a grupos que no son inversionistas.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=0}^{j=n} \frac{BB_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^{j=n} \frac{I_j}{(1+i)^j} + \sum_{j=0}^{j=n} \frac{CO_j}{(1+i)^j}}$$

Donde:

- BB = Beneficios Brutos.
- I = Costos de Inversión.
- n = Vida Útil del Proyecto.
- CO = Costos de Operación.
- i = Tasa de Actualización.

En general, los beneficios obtenidos por la puesta en operación de proyectos carreteros son los siguientes:

- a).- Ahorros por menores costos de operación de vehículos.
- b).- Ahorros por menores tiempos de recorridos de los usuarios.
- c).- Reducción del número y costo de accidentes.

Ahorros por Menores Costos de Operación de Vehículos.

Dependen del tipo de vehículo, el nivel de servicio, tipo de terreno y de las características de la carretera.

El ahorro total se obtiene con la siguiente expresión.

$$Ar_j = Cr_{js} - Cr_{jc}$$

Donde:

- Ar_j = Ahorro en los costos de operación en el año j.
- Cr_{js} = Costos de operación sin proyecto en el año j.
- Cr_{jc} = Costos de operación con proyecto en el año j.

Para obtener los costos de operación anuales con y sin proyecto se utiliza la siguiente expresión:

$$C_{ij} = (TDPA) (\%i) (365) (C_i) (L)$$

Donde:

- C_{ij} = Costos de operación anual de los vehículos i en el año j.
- TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual en el año j.
- C_i = Costos por kilómetro de recorrido del vehículo i a la velocidad proyectada en el año j.
- L = Longitud de la carretera.

Ahorros por Menores Tiempos de Recorridos de los Usuarios.

Se cuantifica de la siguiente manera:

$$At_j = At_{ja} + At_{jb}$$

Donde:

- At_j = Ahorro monetario debido a la disminución de tiempos de recorrido en el año j.
- At_{ja} y At_{jb} = Ahorros monetarios debido a la disminución de tiempos de recorrido de Automóviles y autobuses en el año j.

$$At_{ja} = (TDPA) (\%a) [(l_{oa} + (N_a) (l_{pa})] (T_{aj}) (365)$$

$$At_{jb} = (TDPA) (\%b) (\%t) (N_b) (l_{pb}) (T_{bj}) (365)$$

Donde:

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

- At_{ja} y At_{jb} = Ahorros monetarios debido a la disminución de tiempo para el vehículo a y b en el año j.
 $\%a - \%b$ = Porcentaje de vehículos tipo a y b.
 $\%t$ = Porcentaje de personas que viajan por razones de trabajo.
 $lpa - lpb$ = Ingreso horario de los pasajeros de los vehículos a y b.
 loa = Ingreso horario del operador del vehículo a.
 $Na - Nb$ = Número de ocupantes que en promedio viajan en los vehículos a y b.
 $Taj - Tbj$ = Ahorros en tiempos de los vehículos a y b.

Reducción del Número y Costo de Accidentes.

Dentro del marco de la seguridad vial se ha encontrado que las principales causas de accidentes son el exceso de velocidad, el alcoholismo y no respetar las señales de tránsito, el estado de la superficie de rodamiento (deformaciones, asentamientos, baches, falta de acotamientos, etc.), señalamiento deficiente, escasa visibilidad, etc.

La estimación de ahorros por accidentes, en los análisis económicos no es muy consistente. La información hasta ahora disponible únicamente es obtenida en el momento del siniestro.

VII.4.-COSTOS DEL PROYECTO.

Costos.- La cuantificación de los costos de inversión necesarios para la evaluación económica de proyectos de carreteras, implica identificar los costos involucrados en la construcción, conservación, operación y reconstrucción de la situación con y sin proyecto (excluyendo construcción), con el objeto de calcular las diferencias de ahorro.

$$C_j = [(\%j) \text{ Constr.} + (\text{Conser. } j \text{ c} + \text{Oper. } j \text{ c} + \text{Reconstr. } j \text{ c}) (Lc)] - [(\text{Conser. } j \text{ s} + \text{Oper. } j \text{ s} + \text{Reconstr. } j \text{ s}) (Ls)]$$

Donde:

- C_j = Costos atribuibles a la modernización de la carretera en el año j.
Constr.= Costo total de la construcción de la carretera.
 $\%j$ = Porcentaje del costo total de la construcción que se aplica en el año j.
 $\text{Conserv. } j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Conservación por kilómetro de la carretera con y sin Proyecto en el año j.
 $Lc - Ls$ = Longitud de la carretera con y sin proyecto.
 $\text{Reconstr. } j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Reconstrucción por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

Oper. j c – j s= Costo de Operación por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

Una vez calculados los beneficios y los costos anuales se genera la matriz de factibilidad económica aplicando la tasa de actualización, actualizados los costos y beneficios se calcula la relación Beneficio / Costo.

Este procedimiento se ha utilizado tradicionalmente para definir la rentabilidad de la modernización de un tramo ya existente.

Ahorros por Menores Costos de Operación de Vehículos.

El Instituto Mexicano del Transporte realizó un estudio titulado Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras, el estudio se hizo a cinco tipos de vehículos:

Ligero	A ₂
Camión ligero	A ₂
Autobús	B ₂
Camión de dos ejes	C ₂
Camión articulado	T ₃ – S ₃

En este estudio se elaboraron gráficas para determinar factores de costo de operación base en función del índice de servicio o el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Actualmente los valores de IRI promedio son de dos punto cero ocho (2.08) metros por kilómetro, sin embargo, existen tramos con valores entre dos punto ochenta y uno (2.81) metros por kilómetro y cuatro punto siete (4.7) metros por kilómetro, con promedio de tres punto cinco (3.5) metros por kilómetro y algunos valores mayores de cuatro punto siete (4.7) metros por kilómetro, estos últimos no se tomarán en cuenta por ser aislados, para nuestro estudio, consideramos que el valor promedio de IRI es de dos punto cinco (2.5) metros por kilómetro, con la puesta en operación del proyecto, el valor de IRI deberá tener un valor máximo de dos punto cero (2.0) metros por kilómetro, con estos valores entraremos a las gráficas mencionadas. El tramo en estudio es sensiblemente plano.

Primero se calculan los costos de operación base y con estos y los factores que se obtienen de las gráficas, se determinan los costos de operación para diferentes características del estado superficial del camino en estudio.

Ahorros por Menores Tiempos de Recorridos de los Usuarios.

Actualmente, por tratarse de un camino de dos (2) carriles y con el intenso tráfico de la zona, los vehículos viajan a menor velocidad por precaución y por lo mismo, los tiempos de recorrido son mayores.

Con la puesta en operación del proyecto, se espera que los vehículos tipo “A” puedan circular a ciento diez (110) kilómetros por hora, ya que actualmente viajan a una velocidad promedio de noventa (90) kilómetros por hora en la zona de estudio, los vehículos tipo “B” podrán circular a noventa y cinco (95) kilómetros por hora con mayor seguridad, de lo contrario, seguirán circulando entre ochenta (80) y noventa (90) kilómetros por hora máximo.

Reducción del Número y Costo de Accidentes.

El Instituto Mexicano del Transporte elaboró el Sistema de Administración de la Información de Accidentes en Carreteras Federales (SAIACF).

De esta publicación se obtuvieron los siguientes datos:

En el Estado de Puebla, se produjeron dos mil doscientos cincuenta y siete (2,257) accidentes con un costo total de 29.4×10^6 Dólares.

$$\$/\text{accid.} = 2.94 \times 10^7 \div 2,257 = 13,026 \text{ dólares/accid.} = 130,261 \text{ pesos/accid.}$$

De los dos mil doscientos cincuenta y siete (2,257) accidentes, solo se registraron treinta y dos (32) accidentes atribuibles al Camino en el Estado, es decir, son causados por las condiciones del camino.

En los caminos de cuota se registraron un total de accidentes y costos siguientes:

RUTA	ACCIDENTES	DOLARES / AÑO	\$ / ACC.
150 México - Puebla	965	13,285,805	137,677
150 Puebla - Córdoba	487	5,767,461	118,428

Tabla VII.1.-Costo de accidentes en la Ciudad de Puebla.

El costo total por accidente es en promedio de \$ 128,000 /accidente.

Para el tramo que nos ocupa, en el período comprendido del 01 de enero al 30 de junio de 2003, se registraron un total de ciento cincuenta y cinco (155) accidentes, por lo que se estima un total de trescientos (300) accidentes al año. Con la puesta en operación del proyecto, se espera reducir en un cincuenta (50) por ciento el número de accidentes y por lo tanto generar un ahorro por este concepto de aproximadamente \$ 19,200,000.00.

Costos del Proyecto.

Con la puesta en operación del proyecto, los costos de conservación, reconstrucción y operación, solo se aplicarán a riegos de sello premezclado cada dos (2) años.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Sin la puesta en operación del proyecto, los costos de conservación y operación serán los generados por fresado y reposición de diez (10) centímetros de carpeta asfáltica cada cinco (5) años y riego de sello premezclado cada dos (2) años.

VII.5.-CALCULO DE COSTOS DE OPERACIÓN BASE

Vehículo ligero.

Panel (Cobi) Volkswagen con motor de 75 HP

Llantas normales

- Consumo por cada 1,000 vehículos – Km

Consumo de Combustible	litros	180.63
Uso de Lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	No. llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	11.01
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.10
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.14
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.53
Intereses (Tasa 16%)	% precio vehículo nuevo	0.25

Tabla VII.2.-Costo de operación para un vehículo ligero.

- Costos Unitarios (miles de pesos)

Precio de vehículo nuevo	\$	90,000.00
Costo de combustible	\$ / litro	5.95
Costo de lubricantes	\$ / litro	18.00
Costos de llanta nueva	\$ / llanta	500.00
Tiempo de operador	\$ / hora	48.09
Mano de obra de mantenimiento	\$ / hora	15.09
Tasa de interés anual	%	16.00
Costos indirectos por vehículo-Km	\$	0.02

Tabla VII.3.-Costos unitarios por vehículo ligero.

- Costos de Operación por vehículo – Km 2,547.21

Consumo de combustible	\$ 1,074.75
Uso de lubricantes	\$ 33.30
Consumo de llantas	\$ 30.00
Tiempo de operador	\$ 529.47
Mano de obra mantenimiento	\$ 31.69
Refacciones	\$ 126.00
Depreciación	\$ 477.00

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Intereses	\$ 225.00
Costos indirectos	\$ 20.00

Tabla VII.4.- Costos de operación vehículo-km.

AUTOBÚS FORÁNEO.

Autobús integral foráneo MASA 2030-F con motor diesel 6V92 TA sin aire acondicionado.

Llantas 11.00 x 22 normales

- Consumo por cada 1,000 vehículos – Km

Consumo de Combustible	Litros	400.31
Uso de Lubricantes	Litros	3.37
Consumo de llantas	No. llantas nuevas equivalentes	0.23
Tiempo de operador	Horas	10.47
Mano de obra de mantenimiento	Horas	10.79
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.13
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (Tasa 16%)	% precio vehículo nuevo	0.04

Tabla VII.5.-Costo de operación para un autobús.

- Costos Unitarios (miles de pesos)

Precio de vehículo nuevo	\$	1'314,900.00
Costo de combustible	\$ / litro	4.26
Costo de lubricantes	\$ / litro	18.00
Costos de llanta nueva	\$ / llanta	500.00
Tiempo de operador	\$ / hora	48.09
Mano de obra de mantenimiento	\$ / hora	45.80
Tasa de interés anual	%	16.00
Costos indirectos por vehículo-Km	\$	0.13

TablaVII.6.-Costos unitarios por autobús.

- Costos de Operación por vehículo – Km 6,292.83

Consumo de combustible	\$ 1,705.32
Uso de lubricantes	\$ 60.66
Consumo de llantas	\$ 374.90
Tiempo de operador	\$ 503.50
Mano de obra mantenimiento	\$ 494.18
Refacciones	\$ 1,709.37
Depreciación	\$ 788.94
Intereses	\$ 525.96
Costos indirectos	\$ 130.00

Tabla VII.7.- Costos de operación vehículo-km.

CAMION DE DOS EJES.

Camión pesado dos ejes DINA S-551 con motor Perkins T6-3544HT, carrocería de “estacas”

2.44 x 1.80 x 22 pies, llantas 11.00 x 20 normal

- Consumo por cada 1,000 vehículos – Km

Consumo de Combustible	litros	317.96
Uso de Lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	No. llantas nuevas equivalentes	0.13
Tiempo de operador	horas	14.34
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.47
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.16
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.09
Intereses (Tasa 16%)	% precio vehículo nuevo	0.06

Tabla VII.8.-Costo de operación para un camión de dos ejes.

- Costos Unitarios (miles de pesos)

Precio de vehículo nuevo	\$	458,790.00
Costo de combustible	\$ / litro	4.26
Costo de lubricantes	\$ / litro	18.00
Costos de llanta nueva	\$ / llanta	1,630.50
Tiempo de operador	\$ / hora	48.09
Mano de obra de mantenimiento	\$ / hora	35.83
Tasa de interés anual	%	16.00
Costos indirectos por vehículo-Km	\$	0.10

Tabla V.9.-Costos unitarios por camión de dos ejes.

- Costos de Operación por vehículo – Km 4,142.47

Consumo de combustible	\$ 1,354.51
Uso de lubricantes	\$ 60.66
Consumo de llantas	\$ 211.97
Tiempo de operador	\$ 689.61
Mano de obra mantenimiento	\$ 303.48
Refacciones	\$ 734.06
Depreciación	\$ 412.91
Intereses	\$ 275.27
Costos indirectos	\$ 100.00

Tabla VII.10.- Costos de operación vehículo-km.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

CAMION ARTICULADO.

Tracto camión de tres ejes DINA 861 con motor Cummins NTC350 semirremolque de tres ejes tipo caja de aluminio de 40 pies, llantas 11.00 x 22-12 normal

- Consumo por cada 1,000 vehículo – Km

Consumo de Combustible	litros	749.88
Uso de Lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	No. llantas nuevas equivalentes	0.36
Tiempo de operador	horas	13.88
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (Tasa 16%)	% precio vehículo nuevo	0.05

Tabla VII.11.-Costo de operación para un camión articulado.

- Costos Unitarios (miles de pesos)

Precio de vehículo nuevo	\$	1'118,320.00
Costo de combustible	\$ / litro	4.26
Costo de lubricantes	\$ / litro	18.00
Costos de llanta nueva	\$ / llanta	5,500.00
Tiempo de operador	\$ / hora	48.09
Mano de obra de mantenimiento	\$ / hora	24.23
Tasa de interés anual	%	16.00
Costos indirectos por vehículo-Km	\$	0.20

Tabla VII.12.-Costos unitarios por camión articulado.

- Costos de Operación por vehículo – Km 11,128.22

Consumo de combustible	\$ 3,194.49
Uso de lubricantes	\$ 98.10
Consumo de llantas	\$ 1980.00
Tiempo de operador	\$ 667.49
Mano de obra mantenimiento	\$ 738.53
Refacciones	\$ 3,019.46
Depreciación	\$ 670.99
Intereses	\$ 559.16
Costos indirectos	\$ 200.00

Tabla VII.13.- Costos de operación vehículo-km.

VII.6.- CALCULO DE COSTOS DEL PROYECTO.

$$C_j = \frac{[(\%j) \text{ Constr.} + (\text{Conser. } j \text{ c} + \text{Oper. } j \text{ c} + \text{Reconstr. } j \text{ c}) (L_c)] - [(\text{Conser. } j \text{ s} + \text{Oper. } j \text{ s} + \text{Reconstr. } j \text{ s}) (L_s)]}{L_c - L_s}$$

Donde:

C_j = Costos atribuibles a la modernización de la carretera en el año j.

Construcción= Costo total de la construcción de la carretera.

$\%j$ = Porcentaje del costo total de la construcción que se aplica en el año j.

Conservación j c – j s= Costo de Conservación por kilómetro de la carretera con y sin Proyecto en el año j.

$L_c - L_s$ = Longitud de la carretera con y sin proyecto.

Reconstrucción j c – j s= Costo de Reconstrucción por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

Operación j c – j s= Costo de Operación por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

AÑO	Construcción	Conservación C	Reconstrucción C	Conservación S	L S – C	C_j
2003	11,443,680			19,011,969	13.5	-
2004	11,443,680				13.5	154,489,680
2005	11,443,680	2,209,958		2,209,958	13.5	154,489,680
2006	11,443,680				13.5	154,489,680
2007	11,443,680	2,209,958		19,011,969	13.5	-72,337,469
2008	11,443,680				13.5	154,489,680
2009	11,443,680	2,209,958		2,209,958	13.5	154,489,680
2010	11,443,680				13.5	154,489,680
2011	11,443,680	2,209,958		2,209,958	13.5	154,489,680
2012	11,443,680				13.5	154,489,680
2013	11,443,680	2,209,958		2,209,958	13.5	154,489,680

Tabla VII.14.- Costo del proyecto.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

MATRIZ DE FACTIBILIDAD ECONOMICA								
No.	AÑO	TDPA	BENEFICIOS POR MENORES COSTOS DE OPERACIÓN	BENEFICIOS POR MENORES TIEMPOS DE RECORRIDOS	BENEFICIOS POR MENOS ACCIDENTES	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS	$1/(1+i)^n$ i = 0.12
1	2003	39,284	0	0	0	0	-102,171,902	0,89286
2	2004	40,855	15,303,413	80,408,883	2,875,000	98,587,296	154,489,680	0,79719
3	2005	42,489	17,882,245	83,624,844	2,875,000	104,382,089	154,489,680	0,71178
4	2006	44,189	23,545,238	86,970,704	2,875,000	113,390,942	154,489,680	0,63552
5	2007	45,957	29,903,814	90,450,398	2,875,000	123,229,212	-72,337,469	0,56743
6	2008	47,795	56,211,023	94,067,863	2,875,000	153,153,886	154,489,680	0,50663
7	2009	49,707	60,463,236	97,830,971	2,875,000	161,169,207	154,489,680	0,45235
8	2010	51,695	64,347,125	101,743,659	2,875,000	168,965,784	154,489,680	0,40388
9	2011	53,763	72,779,637	105,813,798	2,875,000	181,468,435	154,489,680	0,36061
10	2012	55,914	83,035,358	110,047,295	2,875,000	195,957,653	154,489,680	0,32197
11	2013	58,151	132,181,039	114,450,053	2,875,000	249,506,092	154,489,680	0,28748

Tabla VII.15.-Matriz de factibilidad económica.

BENEFICIOS ACTUALIZADOS	COSTOS ACTUALIZADOS	VALOR PRESENTE NETO
0	-91,225,204	91,225,204
78,592,807	123,157,628	-44,564,822
74,297,083	109,962,664	-35,665,581
72,062,211	98,181,281	-26,119,070
69,923,952	-41,046,450	110,970,402
77,592,353	78,269,107	-676,753
72,904,891	69,883,407	3,021,484
68,241,901	62,395,292	5,846,609
65,439,332	55,710,524	9,728,809
63,092,486	49,741,042	13,351,443
71,728,011	44,412,693	27,315,318
713,875,027	559,441,984	154,433,043

Tabla VII.16.- Relación Beneficios - Costos – VPN

TASA INTERNA DE RETORNO				
BENEFICIOS NETOS	i= 1.0000		i=2.0000	
102,171,902	0,50000	-	0,33333	34,056,960
-55,902,384	0,25000	13,975,596	0,11111	-6,211,314
-50,107,591	0,12500	-6,263,449	0,03704	-1,855,985
-41,098,738	0,06250	-2,568,671	0,01235	-507,569
195,566,681	0,03125	6,111,459	0,00412	805,735
-1,335,794	0,01563	-20,879	0,00137	-1,830
6,679,527	0,00781	52,167	0,00046	3,073
14,476,104	0,00391	56,602	0,00015	2,171
26,978,755	0,00195	52,609	0,00005	1,349
41,467,973	0,00098	40,639	0,00002	829
95,016,412	0,00049	46,558	0,00001	950
		34,617,389		26,294,369

Tabla VII.17.- Tasa interna de retorno.

Con los beneficios y costos actualizados se obtiene el “V.P.N.” (Valor Presente Neto) y la relación de Factibilidad Beneficio–Costo.

V. P. N.	154,433,043
B / C	1,28
T I R	>100%

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

Costos del Proyecto. ALTERNATIVA II

$$C_j = [(\%j) \text{ Constr.} + (\text{Conser. } j \text{ c} + \text{Oper. } j \text{ c} + \text{Reconstr. } j \text{ c}) (L_c)] - [(\text{Conser. } j \text{ s} + \text{Oper. } j \text{ s} + \text{Reconstr. } j \text{ s}) (L_s)]$$

Donde:

- C_j = Costos atribuibles a la modernización de la carretera en el año j.
- Constr.= Costo total de la construcción de la carretera.
- $\%j$ = Porcentaje del costo total de la construcción que se aplica en el año j.
- Conserv. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Conservación por kilómetro de la carretera con y sin Proyecto en el año j.
- $L_c - L_s$ = Longitud de la carretera con y sin proyecto.
- Reconstr. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Reconstrucción por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.
- Oper. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Operación por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

AÑO	Constr.	Conser. C	Recons. C	Conser. S	L S – C	C_j
2003	13,544,640			19,011,969	13.5	-73,808,942
2004	13,544,640				13.5	182,852,640
2005	13,544,640	2,209,958		2,209,958	13.5	182,852,640
2006	13,544,640				13.5	182,852,640
2007	13,544,640	2,209,958		19,011,969	13.5	-43,974,509
2008	13,544,640				13.5	182,852,640
2009	13,544,640	2,209,958		2,209,958	13.5	182,852,640
2010	13,544,640				13.5	182,852,640
2011	13,544,640	2,209,958		2,209,958	13.5	182,852,640
2012	13,544,640				13.5	182,852,640
2013	13,544,640	2,209,958		2,209,958	13.5	182,852,640

Tabla VII.18.- Costo del proyecto alternativa 2.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

MATRIZ DE FACTIBILIDAD ECONOMICA								
No.	AÑO	TDPA	BENEFICIOS POR MENORES COSTOS DE OPERACIÓN	BENEFICIOS POR MENORES TIEMPOS DE RECORRIDOS	BENEFICIOS POR MENOS ACCIDENTES	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS	$1/(1+i)^n$ i = 0.12
1	2003	39,284	0	0	0	0	-73,808,942	0,89286
2	2004	40,855	15,303,413	80,408,883	2,875,000	98,587,296	182,852,640	0,79719
3	2005	42,489	17,882,245	83,624,844	2,875,000	104,382,089	182,852,640	0,71178
4	2006	44,189	23,545,238	86,970,704	2,875,000	113,390,942	182,852,640	0,63552
5	2007	45,957	29,903,814	90,450,398	2,875,000	123,229,212	-43,974,509	0,56743
6	2008	47,795	56,211,023	94,067,863	2,875,000	153,153,886	182,852,640	0,50663
7	2009	49,707	60,463,236	97,830,971	2,875,000	161,169,207	182,852,640	0,45235
8	2010	51,695	64,347,125	101,743,659	2,875,000	168,965,784	182,852,640	0,40388
9	2011	53,763	72,779,637	105,813,798	2,875,000	181,468,435	182,852,640	0,36061
10	2012	55,914	83,035,358	110,047,295	2,875,000	195,957,653	182,852,640	0,32197
11	2013	58,151	132,181,039	114,450,053	2,875,000	249,506,092	182,852,640	0,28748

Tabla VII.19.-Matriz de factibilidad económica.

BENEFICIOS ACTUALIZADOS	COSTOS ACTUALIZADOS	VALOR PRESENTE NETO
0	-65,901,052	65,901,052
78,592,807	145,768,296	67,175,490
74,297,083	130,150,852	55,853,769
72,062,211	116,206,510	44,144,298
69,923,952	-24,952,455	94,876,407
77,592,353	92,638,633	15,046,280
72,904,891	82,713,392	-9,808,501
68,241,901	73,850,524	-5,608,623
65,439,332	65,938,491	-499,158
63,092,486	58,873,065	4,219,421
71,728,011	52,566,477	19,161,534
713,875,027	727,852,732	13,977,705

Tabla VII.20.- Relación Beneficios - Costos – VPN

BENEFICIOS NETOS	TASA INTERNA DE RETORNO			
	i= 0.6987		i=0.6980	
73,808,942	0,58868	43,449,848	0,58893	43,468,300
-84,265,344	0,34655	29,202,155	0,34684	29,226,592
-78,470,551	0,20401	16,008,777	0,20426	16,028,395
-69,461,698	0,12009	-8,341,655	0,12030	-8,356,242
167,203,721	0,07070	11,821,303	0,07085	11,846,384
-29,698,754	0,04162	-1,236,062	0,04172	-1,239,032
-21,683,433	0,02450	-531,244	0,02457	-532,762
-13,886,856	0,01442	-200,249	0,01447	-200,943
-1,384,205	0,00849	-11,752	0,00852	-11,793
13,105,013	0,00500	65,525	0,00502	65,787
66,653,452	0,00294	195,961	0,00296	197,294
		743		-17,994

Tabla VII.21.- Tasa interna de retorno.

Con los beneficios y costos actualizados se obtiene el “V.P.N.” (Valor Presente Neto) y la relación de Factibilidad Beneficio–Costo.

V. P. N.	-13,977,705
B / C	0,98
TIR	69.87%

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

ALTERNATIVA III

$$C_j = [(\%j) \text{ Constr.} + (\text{Conser. } j \text{ c} + \text{Oper. } j \text{ c} + \text{Reconstr. } j \text{ c}) (L_c)] - [(\text{Conser. } j \text{ s} + \text{Oper. } j \text{ s} + \text{Reconstr. } j \text{ s}) (L_s)]$$

Donde:

- C_j = Costos atribuibles a la modernización de la carretera en el año j.
- Constr.= Costo total de la construcción de la carretera.
- $\%j$ = Porcentaje del costo total de la construcción que se aplica en el año j.
- Conserv. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Conservación por kilómetro de la carretera con y sin Proyecto en el año j.
- $L_c - L_s$ = Longitud de la carretera con y sin proyecto.
- Reconstr. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Reconstrucción por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.
- Oper. $j \text{ c} - j \text{ s}$ = Costo de Operación por kilómetro de la carretera con y sin proyecto.

AÑO	Constr.	Conser. C	Recons. C	Conser. S	L S – C	C_j
2003	11,528,975			19,011,969	13.5	-101,020,419
2004	11,528,975				13.5	155,641,163
2005	11,528,975	2,209,958		2,209,958	13.5	155,641,163
2006	11,528,975				13.5	155,641,163
2007	11,528,975	2,209,958		19,011,969	13.5	-71,185,986
2008	11,528,975				13.5	155,641,163
2009	11,528,975	2,209,958		2,209,958	13.5	155,641,163
2010	11,528,975				13.5	155,641,163
2011	11,528,975	2,209,958		2,209,958	13.5	155,641,163
2012	11,528,975				13.5	155,641,163
2013	11,528,975	2,209,958		2,209,958	13.5	155,641,163

Tabla VII.22.- Costo del proyecto alternativa 3.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

MATRIZ DE FACTIBILIDAD ECONOMICA								
No.	AÑO	TDPA	BENEFICIOS POR MENORES COSTOS DE OPERACIÓN	BENEFICIOS POR MENORES TIEMPOS DE RECORRIDOS	BENEFICIOS POR MENOS ACCIDENTES	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS	$1/(1+i)^n$ i = 0.12
1	2003	39,284	0	0	0	0	101,020,419	0,89286
2	2004	40,855	15,303,413	80,408,883	2,875,000	98,587,296	155,641,163	0,79719
3	2005	42,489	17,882,245	83,624,844	2,875,000	104,382,089	155,641,163	0,71178
4	2006	44,189	23,545,238	86,970,704	2,875,000	113,390,942	155,641,163	0,63552
5	2007	45,957	29,903,814	90,450,398	2,875,000	123,229,212	-71,185,986	0,56743
6	2008	47,795	56,211,023	94,067,863	2,875,000	153,153,886	155,641,163	0,50663
7	2009	49,707	60,463,236	97,830,971	2,875,000	161,169,207	155,641,163	0,45235
8	2010	51,695	64,347,125	101,743,659	2,875,000	168,965,784	155,641,163	0,40388
9	2011	53,763	72,779,637	105,813,798	2,875,000	181,468,435	155,641,163	0,36061
10	2012	55,914	83,035,358	110,047,295	2,875,000	195,957,653	155,641,163	0,32197
11	2013	58,151	132,181,039	114,450,053	2,875,000	249,506,092	155,641,163	0,28748

Tabla VII.23.-Matriz de factibilidad económica.

BENEFICIOS ACTUALIZADOS	COSTOS ACTUALIZADOS	VALOR PRESENTE NETO
0	-90,197,091	90,197,091
78,592,807	124,075,578	-45,482,772
74,297,083	110,782,267	-36,485,183
72,062,211	98,913,072	-26,850,860
69,923,952	-40,393,064	110,317,016
77,592,353	78,852,482	-1,260,129
72,904,891	70,404,280	2,500,611
68,241,901	62,860,353	5,381,548
65,439,332	56,125,760	9,313,573
63,092,486	50,111,785	12,980,700
71,728,011	44,743,721	26,984,290
713,875,027	566,279,142	147,595,885

Tabla VII.24.- Relación Beneficios - Costos – VPN

TASA INTERNA DE RETORNO				
BENEFICIOS NETOS	i=1.0000		i=2.0000	
101,020,419	0,50000	50,510,210	0,33333	33,673,136
-57,053,867	0,25000	-14,263,467	0,11111	-6,339,255
-51,259,074	0,12500	-6,407,384	0,03704	-1,898,636
-42,250,221	0,06250	-2,640,639	0,01235	-521,790
194,415,198	0,03125	6,075,475	0,00412	800,991
-2,487,277	0,01563	-38,876	0,00137	-3,408
5,528,045	0,00781	43,174	0,00046	2,543
13,324,622	0,00391	52,099	0,00015	1,999
25,827,273	0,00195	50,363	0,00005	1,291
40,316,491	0,00098	39,510	0,00002	806
93,864,930	0,00049	45,994	0,00001	939
		33,466,459		25,718,616

Tabla VII.25.- Tasa interna de retorno.

Con los beneficios y costos actualizados se obtiene el “V.P.N.” (Valor Presente Neto) y la relación de Factibilidad Beneficio–Costo.

V. P. N.	147,595,885
B / C	1,26
T I R	>100%

VII.7.-ELECCIÓN DE LA OPCION MÁS CONVENIENTE

Del análisis de factibilidad económica se obtuvieron los siguientes resultados:

ALTERNATIVA	VALOR PRESENTE NETO	BENEFICIO / COSTO	T I R %
I	154'433,043	1.28	>100
II	-13,977,705	0.98	69.87
III	147,595,885	1.26	>100

Como puede observarse, económicamente la Alternativa I es la que tiene mejores resultados, por lo que se considera la alternativa más viable.

VII.8.- OPCIONES DE REHABILITACIÓN CON ESTRATEGIAS DE CONSERVACION

La alternativa propuesta para la rehabilitación del pavimento, consiste en recuperar el pavimento existente en un espesor de veinte (20) a veinticinco (25) centímetros y formar una base estabilizada con cemento Pórtland, sobre esta capa se construirá la carpeta asfáltica y finalmente una carpeta de graduación abierta como superficie de rodamiento.

Para esta propuesta se considera que cada dos (2) años se aplique un riego de sello premezclado sobre la superficie de rodamiento y cada cinco (5) años se restituya la carpeta asfáltica, mediante fresado de la carpeta existente y tendido de una nueva carpeta asfáltica.

La segunda alternativa de rehabilitación, consiste en recuperar el pavimento existente y formar una base asfáltica y sobre ésta se construirá la carpeta asfáltica y finalmente una carpeta de graduación abierta.

La estrategia de conservación para esta alternativa es la misma que para la alternativa de rehabilitación I.

La tercera alternativa de rehabilitación es la siguiente:

Se fresará la carpeta existente y se retira el material, aprovechándolo para arroje de taludes, después se tiende una carpeta asfáltica de quince (15) centímetros de espesor y finalmente se tiende una carpeta de graduación abierta como superficie de rodamiento.

Para esta tercera opción, se considera la siguiente estrategia de conservación:

Cada dos (2) años, un riego de sello premezclado y a los cinco (5) años una sobrecarpeta de cinco (5) centímetros de espesor.

CAPITULO VIII.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PAVIMENTO RIGIDO Y DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

CAPITULO VIII.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PAVIMENTO RIGIDO Y DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

Con el fin de hacer un análisis comparativo entre los pavimentos de asfalto y el hidráulico, es necesario mencionar sus ventajas o desventajas de acuerdo a criterios de comparación prestablecidos; en el caso, se establecerán los siguientes criterios significativos:

- 1) Economía
- 2) Comportamiento
- 3) Diseño
- 4) Mantenimiento
- 5) Construcción
- 6) Energía
- 7) Seguridad

A continuación se desglosan algunas de sus ventajas y desventajas, atendiendo a los criterios de comparación anteriores.

VIII.1.- ECONOMIA

Pavimentos de concreto

- a) Costo inicial competitivo.
- b) El concreto necesita muy poco mantenimiento.
- c) Amplia disponibilidad de plantas de concreto premezclado.
- d) Se requiere menor costo de iluminación (costo de alumbrado).
- e) Mayor vida útil. Más barato por año de vida útil.
- f) Se reduce el costo de reparación de automóviles.

Pavimentos de asfalto

- a) El costo fluctúa con los precios del petróleo.
- b) Se requiere mantenimiento continuo y costosas reparaciones.
- c) Escasa disponibilidad de plantas de asfalto.
- d) Se requiere una mayor iluminación (costo de alumbrado).
- e) Menor vida útil. Más caro por año de vida útil.
- f) Surcos y baches en el pavimento causan mayor daño a los automóviles.

VIII.2.-COMPORTAMIENTO.

Pavimentos de concreto.

- a) Mayor vida útil y mejores condiciones de servicio.
- b) Pueden diseñarse para resistir el ataque químico, aceites, intemperismo, etc.
- c) Pueden soportar mejor las sobrecargas de vehículos, pocas limitaciones de peso (toneladas).
- d) Distribuye más eficientemente las cargas de las llantas requiriéndose así menores espesores de capas subyacentes y/o especificaciones menos rígidas de materiales.
- e) Soportan el calor y no se reblandecen ni se vuelven “pegajosos”.
- f) Mejor respuesta en áreas difíciles donde son comunes cargas pesadas, y en sitios donde hay semáforos.

Pavimentos de asfalto.

- a) Limitada vida útil antes de requerirse reparación.
- b) Son afectados por aceites, agentes químicos, clima, etc.
- c) Vehículos pesados dañan capas subyacentes.
- d) Las cargas transmitidas por llantas de camiones pueden provocar falla del pavimento.
- e) En climas calientes las temperaturas altas provocan “reblandecimiento” del pavimento, superficies “pegajosas”, pérdida de materiales, etc.
- f) Usualmente fallan en áreas difíciles: calles inclinadas, sitios de semáforos, etc.

VIII.3.- DISEÑO.

Pavimentos de concreto.

- a) Se requiere un excavación mínima; usualmente pueden desplantarse sobre la misma terracería o sobre una sub-base de 10 a 15cm de espesor de suelo granular.
- b) Se pueden diseñar para cualquier magnitud de carga esperada.
- c) Su resistencia aumenta con el tiempo.
- d) Menores normas de iluminación.
- e) Diseño integral de pavimento y guarniciones (aumentando velocidad de construcción).

Pavimentos de asfalto

- a) Se requiere una mayor excavación para alojar las capas del pavimento, así como mayores volúmenes de acarreo de materiales seleccionados.
- b) Incertidumbre en su respuesta ante cargas pesadas
- c) Su resistencia no aumenta con el tiempo, por el contrario sufre efectos de envejecimiento u oxidación de asfalto.
- d) Mayores normas de iluminación.
- e) Diseño separado de pavimento y guarniciones.

VIII.4.- MANTENIMIENTO

Pavimentos de concreto

- a) Bajo costo anual, no se requieren presupuestos altos para relleno de juntas.
- b) Se requiere poco trabajo de limpieza.
- c) Las separaciones son uniformes, limpias y fácilmente terminadas.
- d) Se requiere menos mano de obra y equipo para las reparaciones.

Pavimento de asfalto

- a) Se requiere bacheo “rutinario” y la colocación de riegos de sello.
- b) Es necesario un bacheo enérgico, por la acumulación de polvo en las depresiones del pavimento.
- c) Las reparaciones son irregulares, necesitándose selladores a base de asfalto líquido.
- d) Se requiere más mano de obra y equipo para hacer las reparaciones.

VIII.5.- CONSTRUCCION

Pavimentos de concreto.

- a) Se terminan en una “pasada”.
- b) Se concluyen los trabajos más rápido; se dispone de plantas premezcladoras en casi cualquier lado.
- c) Facilidad de construcción; pueden colocarse de una manera simple.
- d) Pueden colocarse en climas calientes o fríos.

Pavimentos de asfalto.

- a) Sistemas multicapa que requieren varias “pasadas” del equipo de colocación y compactación.
- b) Escasez de plantas de asfalto.
- c) Muchos pasos constructivos; pocos contratistas están equipados.
- d) Pueden colocarse únicamente en temporadas de clima cálido.

VIII.6.- ENERGIA

Pavimentos de concreto.

- a) Se colocan con materiales locales.
- b) Cualquier reparación se hace con materiales locales.
- c) No se requiere calentamiento de la mezcla.
- d) Se consume menos energía para iluminación.

Pavimentos de asfalto.

- a) Se fabrica con materiales transportados desde grandes distancias.
- b) Se repara con el mismo tipo de materiales anteriores.
- c) Los materiales deben de colocarse antes de su colocación.
- d) Mayor consumo de energía para la iluminación debido al color negro.

VIII.-7.-SEGURIDAD

Pavimentos de concreto.

- a) Excelente reflexión de la luz, mayor visibilidad.
- b) Mayor resistencia al derrape o deslizamiento en condiciones húmedas o secas.

Pavimentos de asfalto.

- a) Pobre reflexión de la luz debido a su color oscuro.
- b) Superficie resbaladiza cuando se humedecen.

Observaciones.

Además del análisis comparativo anterior pueden establecerse las siguientes observaciones generales.

- 1) El precio del asfalto se ha elevado tanto que la pavimentación con este material tiene ahora el mismo costo inicial que la pavimentación con concreto, cuando ambos pavimentos están sujetos a tráfico similar.
- 2) Los pavimentos de concreto tienen una probada vida útil mayor que los pavimentos de asfalto sujetos a un tráfico similar; por ello el costo anual de los pavimentos de concreto es menor. Se ha observado una vida útil de los pavimentos de concreto de 35 a 50 años.
- 3) Los métodos modernos, con equipos de alto rendimiento, permiten lograr ahorros significativos en la construcción de pavimentos de concreto. La construcción de guarniciones integrales, también permite reducir costos en mano de obra y equipo.

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MEXICO –PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

- 4) Los pavimentos de asfalto requieren periódicamente de bacheo, sellado superficial y re-encarpetado. El concreto no requiere de tales reparaciones.
- 5) Usar concreto en lugar de asfalto significa menores problemas e inconvenientes causadas por el cierre de calles y avenidas, debido a reparaciones y/o mantenimiento periódico.
- 6) Se requiere menor consumo de energía para pavimentar con concreto. Se requiere menor alumbrado para iluminar pavimentos de concreto.

CAPITULO IX. CONCLUSIONES

CAPITULO IX.

CONCLUSIONES

La importancia de la rehabilitación y ampliación del tercer carril de la Autopista México-Puebla, del km 114+000 al km 127+500 ya que une al sur del país con la Ciudad de México, además de la ubicación geográfica del estado ya que se ubica al centro de República Mexicana.

Al realizar la comparativa de pavimentos del tipo flexible y del tipo rígido se observó que el pavimento del tipo flexible es más económico al momento de su construcción pero como va pasado el tiempo este tipo de pavimento requiere mayor y constante mantenimiento lo que al final de la vida útil del pavimento hace que su costo se eleve demasiado.

En el caso de los pavimentos rígidos su costos inicial es mayor pero conforme va transcurriendo su vida útil necesita menor mantenimiento y su costo final sea menor que si se utilizara pavimentos de tipo flexible.

Además de realizar la comparativa en cuanto a lo estructural en lo que se refiere a la economía el concreto tiene un precio competitivo y más estable ya que el precio del asfalto varía conforme a los precios del petróleo y son escasas las plantas asfálticas.

Considero que como sea demostrado en este proyecto la utilización de pavimentos rígido debería ser con más frecuencia en proyectos carreteros ya que presentan una vida útil mayor a los pavimento flexibles que tienen una vida útil de 15 a 20 años, en México antes de la eficiencia estructural de un proyecto lo que influye en la decisión final del tipo de pavimento a utilizar se toma en cuenta el costo inicial del proyecto y no se considera los gastos de mantenimiento que se van a tener durante la vida útil del tramo carretero.

En conclusión, se puede determinar que la obra va brindar un mayor auge a la zona debido a la fluidez y rapidez con la que se van a desplazar los vehículos en esta zona carretera. Después de revisar el diseño del tramo en estudio se

COMPARATIVA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PAVIMENTO RIGIDO PARA LA REHABILITACION DE LA AUTOPISTA MEXICO –PUEBLA DEL KM 114+000 AL KM 127+500.

comprobó que el diseño era el adecuado para cumplir con la calidad adecuada para cumplir con la calidad deseada al menor costo posible. Al asegurar la calidad de los materiales, de diseño de la estructura de pavimento, del personal y los procedimientos constructivos se logrará un camino seguro y adecuado para los requerimientos de los usuarios que por esta autopista transiten.

Al ser analizado el diseño de la estructura de pavimento de la Autopista México-Puebla se concluye que fue realizado de manera correcta y que cumple con los requisitos de calidad especificadas. Al cumplirlas, se logró satisfacer las necesidades generadas por el alto crecimiento poblacional mediante la rehabilitación y ampliación al tercer carril del tramo mencionado.

BIBLIOGRAFIA

- <http://www.mitecnologico.com/ic/Main/AntecedentesHistoricosDeLasCarreteras>
- http://www.ecomunicacionesytransportes.gob.mx/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=51&Itemid=101
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/sanchez_r_se/capitulo2.pdf
- <http://www.construaprende.com/t/07/T7pag01.php>
- http://www.cemexmexico.com/co/co_pa_dp.html
- www.ingenieracivil.com/2008/04/pavimentos-rigidos.html -
- Estructuración de Vías Terrestres. Olivera Bustamante Fernando. Editorial Continental, Cuarta reimpresión, México D.F. 1994.
- Manual técnico del constructor CEMEX.
- Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación y Ampliación de la autopista México-Puebla del km 114+000 al km 127+500