



UNIVERSIDAD
"DON VASCO, A.C."

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727 - 15 A la
Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DEL TRAMO:
"T ZINAPECUARO - MORELIA" DEL KM 141+000 AL KM 151+000
DE LA CARRETERA FEDERAL ATLACOMULCO - MORELIA.

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniero Civil

Presenta:

Carlos Eduardo Ortiz Anadón

ASESOR:

Ing. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 2008



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.

Dedico la elaboración de este trabajo a:

A Mayra: Por su cariño, apoyo y comprensión, como muestra de mi amor y en agradecimiento a todos estos años de estar juntos.

A Carlos, Arantxa y Estefanía: Mis más grandes tesoros y en espera de que un día sean ustedes los que sigan este camino.

A mis padres: Por darme la vida, por todo los sacrificios que hicieron para darme una educación profesional.

Agradezco la conclusión de este trabajo a:

A mis profesores y asesores: Por su valiosa asesoría y apoyo en la realización de este trabajo:

Ing. Anastacio Blanco Simeano

Ing. Guillermo Navarrete Calderón

Ing. Sandra Natalia Parra Macías

Lic. Juan Luís Moreno Hurtado

A mis compañeros de la SCT: Por brindarme la motivación y el ánimo para concluir con este escalón:

Ing. David Hernandez Mora

Ing. Armando Ballesteros Merlo

ÍNDICE.

Introducción.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Antecedentes. | 1 |
| Planteamiento del problema. | 4 |
| Objetivos. | 5 |
| Pregunta de investigación. | 6 |
| Justificación. | 7 |
| Delimitación. | 8 |
| Marco de referencia. | 9 |

Capítulo 1.- Vías terrestres.

| | |
|---|----|
| 1.1. Antecedentes. | 11 |
| 1.2. Inventario de caminos. | 16 |
| 1.3. Elementos más usados en la ingeniería de tránsito. | 18 |
| 1.3.1. Elementos del tránsito. | 18 |
| 1.4. Velocidad. | 20 |
| 1.4.1. Velocidad de proyecto. | 20 |
| 1.4.2. Velocidad de operación. | 21 |
| 1.4.3. Velocidad de punto. | 21 |
| 1.4.4. Velocidad efectiva global. | 21 |
| 1.5. Volumen de tránsito. | 21 |
| 1.5.1. Estudios de origen y destino. | 22 |
| 1.5.2. Muestreos de tránsito. | 22 |
| 1.5.3. Estaciones muestra. | 22 |
| 1.6. Densidad de tránsito. | 23 |
| 1.7. Derecho de vía. | 23 |
| 1.8. Capacidad y nivel de servicio. | 25 |
| 1.8.1. Capacidad. | 25 |
| 1.8.2. Nivel de servicio. | 25 |
| 1.8.3. Volumen de servicio. | 26 |

| | |
|--|----|
| 1.8.4. Objetivos de la capacidad. | 26 |
| 1.8.5. Operación del tránsito en la capacidad. | 26 |
| 1.8.6. La velocidad en la capacidad. | 26 |
| 1.8.7. Espaciamiento e intervalo entre vehículos. | 27 |
| 1.8.8. Relación entre velocidad. Volumen y densidad. | 27 |
| 1.8.9. Capacidad para condiciones de circulación continua. | 27 |
| 1.8.10. Niveles de servicio. | 28 |
| 1.8.11. Factores que afecta la capacidad y el volumen de servicio. | 28 |
| 1.8.12. Factores relativos al camino. | 28 |
| 1.8.13. Factores relativos al tránsito. | 29 |
| 1.8.14. Caminos de dos carriles. | 29 |
| 1.8.15. Caminos de varios carriles. | 29 |
| 1.8.16. Autopistas y otras vías rápidas. | 29 |
| 1.8.17. Rampas. | 30 |
| 1.8.18. Zonas de entrecruzamiento. | 30 |
| 1.8.19. Intersecciones a nivel controladas con semáforos. | 30 |
| 1.8.20. Arterias urbanas y suburbanas. | 30 |
| 1.9 Distancia de visibilidad. | 31 |
| 1.9.1. Distancia de visibilidad de parada. | 31 |
| 1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase. | 33 |
| 1.10 Mecánica de suelos | 34 |
| 1.10.1 Propiedades de los suelos. | 34 |
| 1.10.2. Tipos de suelo. | 35 |

Capítulo 2.- Características físicas de un camino.

| | |
|---------------------------------------|----|
| 2.1. Alineamiento vertical. | 37 |
| 2.1.1. Tangentes. | 37 |
| 2.1.2. Curvas verticales. | 38 |
| 2.2. Alineamiento horizontal. | 39 |
| 2.2.1. Tangentes. | 39 |
| 2.2.2. Curvas circulares. | 39 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3. Curvas de transición. | 40 |
| 2.3. Sección transversal. | 40 |
| 2.3.1 Corona. | 41 |
| 2.3.2. Subcorona. | 43 |
| 2.3.3. Cunetas y contracunetas. | 43 |
| 2.3.4. Taludes. | 45 |
| 2.3.5. Obras complementarias. | 45 |
| 2.4. Elementos que integran un pavimento. | 46 |
| 2.4.1. Terracerías. | 47 |
| 2.4.2. Sub-base. | 47 |
| 2.4.2.1. Procedimiento constructivo. | 48 |
| 2.4.2.2. Equipo a utilizar. | 49 |
| 2.4.3. Base hidráulica. | 49 |
| 2.4.3.1. Procedimiento constructivo. | 50 |
| 2.4.2.2. Equipo a utilizar. | 51 |
| 2.4.4. Carpetas asfálticas. | 51 |
| 2.4.4.1. Sistema de riegos. | 51 |
| 2.4.4.2. Carpetas de un riego. | 52 |
| 2.4.4.2. Carpetas de dos riegos. | 53 |
| 2.4.4.3. Carpetas de tres riegos. | 54 |
| 2.4.4.4. Carpetas asfálticas de mezcla en el lugar. | 56 |
| 2.4.4.5. Carpetas asfálticas de mezcla en caliente. | 56 |
| 2.5 Materiales asfálticos. | 57 |
| 2.5.1 Cementos asfálticos.. . . . | 58 |
| 2.5.2. Emulsiones asfálticas. | 60 |
| 2.5.3. Asfaltos rebajados. | 62 |
| 2.6. Compactación de los materiales utilizados en caminos. | 62 |
| 2.6.1 Compactación por amasado. | 63 |
| 2.6.2. Compactadotes por presión. | 63 |
| 2.6.3. Compactadotes por impacto. | 64 |
| 2.6.4. Compactadotes por vibración. | 64 |

| | |
|--|----|
| 2.7. Control de laboratorio. | 65 |
| 2.7.1. Pruebas en rocas. | 65 |
| 2.7.2. Pruebas a los agregados pétreos. | 65 |
| 2.7.3. Pruebas de compactación. | 66 |
| 2.7.4. Muestreos para materiales asfálticos, aditivos y mezclas. | 66 |

Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.

| | |
|--|----|
| 3.1. Generalidades. | 68 |
| 3.2. Ubicación geográfica. | 68 |
| 3.3. Características geográficas de la región. | 72 |
| 3.3.1. Morfología. | 72 |
| 3.3.2. Hidrología. | 75 |
| 3.3.3. Topografía. | 75 |
| 3.3.4. Climatología. | 75 |
| 3.4. Fases de estudio. | 76 |
| 3.5. Informe fotográfico. | 77 |
| 3.6. Estudio de tránsito. | 82 |
| 3.7. Propuesta de solución. | 83 |

Capítulo 4.- Metodología.

| | |
|--|----|
| 4.1. Método empleado. | 84 |
| 4.1.1. Método matemático. | 84 |
| 4.2. Enfoque de la investigación. | 85 |
| 4.2.1. Alcances. | 85 |
| 4.3. Diseño de la investigación. | 86 |
| 4.3.1. Investigación transversal o transeccional. | 86 |
| 4.4. Instrumentos de recopilación de datos. | 87 |
| 4.5. Descripción del procedimiento de investigación. | 89 |

Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.

| | |
|---|----|
| 5.1. Proceso constructivo de terracerías. | 90 |
| 5.2. Obras de Drenaje. | 93 |

| | |
|---|------------|
| 5.3. Pavimentos. | 94 |
| 5.3.1. Sub-base hidráulica. | 94 |
| 5.3.2. Base hidráulica. | 95 |
| 5.3.3. Riego de impregnación. | 96 |
| 5.3.4. Riego de liga. | 97 |
| 5.3.4. Carpeta de concreto asfáltico. | 98 |
| 5.3.5. Diseño del pavimento. | 99 |
| 5.4. Señalamiento. | 101 |
| 5.4.1. Señalamiento horizontal. | 102 |
| 5.4.1.1. Balizamiento (Marcas en el pavimento). | 102 |
| 5.4.1.2. Botones retrorreflejantes. | 104 |
| 5.4.2. Señalamiento vertical. | 105 |
| 5.4.2.1. Señales preventivas. | 105 |
| 5.4.2.2. Señales restrictivas. | 106 |
| 5.4.2.3. Señales Informativas. | 107 |
| 5.4.2.4. Inventario de señalamiento. | 109 |
| 5.4.3. Defensas metálicas.. . . . | 113 |
| 5.5. Presupuesto y programación de obra. | 114 |
| Conclusiones. | 118 |
| Bibliografía. | 121 |
| Anexos. | |

RESUMEN

El presente trabajo llamado : *Proceso constructivo para la ampliación del tramo: "T Zinapécuaro – Morelia" del km 141+000 al km 151+000 de la carretera federal Atlacomulco – Morelia*, es una investigación en donde el objetivo principal es proponer una ampliación del ancho de corona de 7.00 M que tiene actualmente a 9.00 M , mejorando a su vez sus características geométricas actuales con el propósito de mejorar el nivel de servicio que presenta en este momento el tramo.

Para la realización de esta investigación fue necesario hacer una breve reseña del desarrollo de las carreteras a través de la historia y cómo se encuentran actualmente en México, (ver capítulo 1), así mismo se mencionan los elementos más usados en la ingeniería de tránsito para la realización de un proyecto, tales como: velocidad de proyecto, volumen de tránsito, derecho de vía, capacidad y nivel de servicio, distancia de visibilidad, etc.

Dentro del capítulo 2 se definen los conceptos de alineamiento vertical y alineamiento horizontal, los elementos que los integran, los materiales utilizados así como el procedimiento constructivo que se debe llevar.

La macro y microlocalización del tramo en estudio se puede observar dentro del capítulo 3, en donde además se presentan una serie de imágenes representativas de las condiciones actuales del tramo en estudio.

La metodología de investigación, el método utilizado, sus enfoques, alcances, diseño, instrumentos y recopilación de datos para llevar acabo la presente tesis, se describe en el capítulo 4.

Finalmente, el capítulo 5 hace mención de los trabajos que se ejecutarán y el proceso constructivo para la elaboración de la obra. El propósito de esta tesis es aportar datos técnicos a estudiantes y técnicos afines a las vías terrestres.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La red caminera de México como todas las del mundo, tuvo su origen y encontró sus formas de evolución en factores comerciales, políticos, geográficos, tecnológicos, bélicos, religiosos, etc. Y han venido a ejercer un papel predominante en el desarrollo económico y social, en la difusión de la cultura, en la ordenación territorial y en la creación de polos de desenvolvimiento.

Es muy antigua la tradición caminera, como lo atestiguan algunos vestigios caminos construidos en épocas anteriores a la conquista por la que transitaban únicamente caravanas de comerciantes y voceros.

Las culturas antiguas de América, como la Maya, la Azteca y la Inca dejaron huella de una avanzada técnica de construcción de caminos, siendo notables los llamados “Caminos Blancos” de los Mayas, que estaban formados por uno o dos metros de elevación y cubierto en su superficie con piedra caliza denominada “Sascab” cuyos vestigios aún perduran actualmente en las cercanías de Uxmal en el estado de Yucatán.

Durante la colonia, la preocupación fundamental fue la de comunicar los cuerpos marítimos para facilitar el envío de mercancías a la metrópoli de los ricos y cuantiosos productos de la Nueva España iniciándose de esta manera la construcción de caminos, conservando y mejorando los existentes, ya que así mantenían mejor su dominio económico al pueblo Azteca.

El siglo XVIII marca la iniciación de la era moderna, el tránsito se incrementa con grandes dificultades debido al mal estado de los caminos por lo que se introducen los cobros de cuotas de pasaje para que se permita la conservación, reconstrucción y construcción de caminos.

Por otra parte, en las últimas décadas del siglo XIX hace su aparición el automóvil, lo que implica mejorar las curvas y pendientes de los caminos existentes. Debe señalarse que a fines de este siglo destacan dos hechos fundamentales: La continua preocupación del entonces presidente Benito Juárez de conservar y mantener durante su mandato la red carretera y la formación en 1891 por acuerdo del General Porfirio Díaz la creación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Sin embargo, el inicio de la industria automotriz encontró serios obstáculos debido a la falta de nuevas y mejores vías terrestres así como a leyes anacrónicas de tránsito.

El automóvil tiene su mayor auge en el siglo XX; si bien es cierto que el sistema carretero no evolucionó considerablemente, sino hasta la segunda mitad del siglo pasado, la primera preocupación del gobierno fue la de iniciar una red troncal básica que ligara eficientemente la capital de la República con la de los estados, con los principales centros de población y con los puertos marítimos y fronterizos. En esta época se comenzaron a construir caminos tan importantes como el México – Pachuca, Nuevo Laredo – Monterrey, México – Puebla, Tehuacan – Córdoba y México – Acapulco.

La política actual en materia de carreteras es la conservación de la red carretera existente, la terminación de obras en proceso, la construcción de obras que sirvan a grandes núcleos de población y propicie el desarrollo e incorporación de zonas económicas a la producción nacional y finalmente la construcción de obras que mejoren el sistema carretero.

Es por lo anterior expuesto que para mantener la tendencia del crecimiento de las carreteras, en los próximos años se requerirá la construcción de más de 100,000 Km así como la conservación, reconstrucción y modernización de los más de 45,000 Km de carreteras federales y 65,000 Km de carreteras estatales existentes, pues en ellas se mueve el 90% de carga terrestre y el crecimiento económico del país en el futuro requerirá en gran medida de contar con una infraestructura carretera adecuada.

Planteamiento del problema.

A través del tiempo, el hombre ha evolucionado y con el sus necesidades, ello lo ha conducido a desarrollar instrumentos, máquinas y tecnología que le permiten cubrir sus necesidades, avanzar en sus conocimientos y nuevos descubrimientos. La invención y desarrollo de vehículos, facilita la satisfacción de necesidades tales como la adquisición de bienes materiales, la comunicación con otros seres humanos y el desplazarse a sitios de trabajo, recreo, hogar, etc.; así mismo el desarrollo de vehículos ha obligado a la construcción y mejoramiento de caminos.

En México en los últimos cien años, la población ha crecido más de siete veces y pasó de ser rural a urbana. En 1900 el país tenía 13 millones de habitantes, en el presente esta cerca de los 102 millones. Con el incremento de la población aumenta la necesidad de transporte, de más y mejores carreteras.

Ante esta situación existe la necesidad de construir, conservar, y reconstruir las vías de comunicación existentes pues en su mayoría tienen muchos años de servicio, tal es el caso del tramo "T" Zinapécuaro – Morelia objeto del presente estudio y cuya construcción data de principios de la década de los setentas pues su nivel de servicio ha sido rebasado debido al incremento del volumen de tránsito y capacidad de carga vehicular que a diario circula por esta vía.

Objetivos.

Para desarrollar el presente estudio se tendrá que plantear dos objetivos principales:

Objetivo general:

Brindar una solución adecuada, la cual se apoyará en los resultados de estudios técnicos, topográficos, económicos y de tránsito de la ampliación del tramo “T Zinapécuaro – Morelia del Km 141+000 al Km 151+000”; además de continuar con el desarrollo económico dentro del estado de Michoacán, beneficiando directamente al municipio de Indaparapeo y Queréndaro ofreciendo caminos con mejores especificaciones técnicas con acceso a poblados importantes dentro de la región, además, de algunos poblados aledaños a la zona.

Objetivos Específicos:

- 1.- Identificar qué es una vía terrestre.
- 2.- Definición del concepto de “Proceso Constructivo”.
- 3.- Identificar el tramo en estudio.
- 4.- Definir las características geométricas del tramo.
- 5.- Identificar la estructura actual del pavimento y la superficie de rodamiento.

6.- Identificar los elementos del entorno que intervienen en el funcionamiento y operación del camino (entronques, señalamiento vertical, señalamiento horizontal, etc.).

7.- Obtener los análisis adecuados dando como resultados las recomendaciones y procedimientos constructivos necesarios para su implementación.

Pregunta de investigación.

Teniendo los objetivos antes definidos, es necesario la formulación de las siguientes preguntas de investigación mismas que deberán darse respuesta al concluir este análisis.

¿ Qué es una vía terrestre?.

¿ Qué se entiende por “Proceso Constructivo”?.

¿Cuál es la ubicación del tramo en estudio?.

¿ Cuáles son las características geométricas actuales del tramo?.

¿ En qué condiciones se encuentran actualmente la estructura y la superficie de rodamiento del tramo en cuestión?.

¿ Cuáles son los elementos que intervienen en el entorno del funcionamiento y operación del camino?.

¿Cuál será el procedimiento constructivo que se llevará a cabo en el camino?.

Justificación.

El estado de Michoacán cuenta con una red carretera, federal y estatal, caminos rurales y brechas, con una longitud de 12 mil 020 Km.

El tramo “T” Zinapécuaro – Morelia forma parte del la carretera No. 126 Atlacomulco – Morelia, las características geométricas actuales son de un camino tipo “C”, (pavimentado, con dos carriles de circulación), su construcción data de la década de los años setentas, es la vía libre entre la ciudad de México y Morelia, tiene un ancho de corona de 7.00 M, sin acotamientos y 23 curvas horizontales con grados de curvatura de entre 1° 30’ y 17°, tiene el paso por la zona urbana de la cabecera municipal de Indaparapeo, Michoacán.

Con las características geométricas y aforos vehiculares antes descritos, se puede dar cuenta de la necesidad de mejora en este tramo, pues la capacidad del nivel de servicio con cuenta actualmente ha sido ampliamente rebasado, lo que ha traído como consecuencia una cantidad considerable de accidentes viales, algunos de fatales consecuencias.

La alternativa de solución propone corregir las condiciones geométricas actuales para pasarlas de camino tipo “C” a un camino tipo “B” (Pavimentado con dos carriles de circulación y acotamientos revestidos), con ancho de corona de 9.00 M, incluyendo en el alineamiento horizontal las curvas compuestas con transiciones, sobre elevaciones y ampliaciones adecuadas de acuerdo a este tipo de carreteras.

Con este estudio se pretende dar una solución adecuada, apoyándose en los resultados de los estudios técnicos, topográficos, económicos y de tránsito en beneficio de los habitantes de los municipios de Queréndaro, Charo, Indaparapeo y Morelia.

También se tiene por objetivo que este material sirva de apoyo a la comunidad estudiantil aportando datos técnicos para futuras investigaciones.

Delimitación.

El origen del tramo en estudio comprende del Km 127+700 al Km 169+200, sin embargo, la presente investigación solo abarcará del Km 141+000 al Km 151+000, es aplicable para las condiciones geográficas, topográficas y geológicas actuales y solo se abordará los datos necesarios para el diseño geométrico, clasificación y aprovechamiento de suelos para el movimiento de tierras y procedimientos de construcción, además de proporcionar los datos del banco de materiales que será utilizado.

Marco de referencia.

El estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro – oeste de la República Mexicana, se localiza entre las coordenadas 20° 23'27" y 17° 53'50" de la altitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich.

La zona en estudio se localiza en el municipio de Queréndaro, al norte del estado, en las coordenadas 19°48'00" de latitud norte y 100° 53'00" de longitud oeste, con una altura de 1,840 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Santa Ana Maya y el estado de Guanajuato, al este con Zinapécuaro, al sur Ciudad Hidalgo y al oeste con Indaparapeo y Álvaro Obregón, su distancia a la capital del estado es de 35 Km.

De acuerdo con estudios realizados por INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) y la CONAPO (Consejo Nacional de la Población), indican que la población del municipio de Queréndaro es de 12,478 habitantes en el 2005 y representa el 0.36 % con relación a la población total del estado.

El municipio de Queréndaro se comunica por la carretera federal 126 México – Morelia, comunica a sus comunidades por caminos de terracería; cuenta con vía férrea ruta Acámbaro – Morelia, además de teléfono, telégrafo y servicios de autobuses foráneos.

En el 83 % del municipio es posible realizar agricultura y en pequeñas áreas pueden obtenerse dos ciclos agrícolas al año, así mismo la mayoría de los terrenos

es apta para actividades pecuarias, ya sea mediante el establecimiento de pastizales, o bien, aprovechando la vegetación natural, los bosques son de suma importancia ya que de la mayor parte de ellos se puede obtener madera y resinas y tienen condición y cobertura apropiada para ser utilizados comercialmente.

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario y policeno; corresponden principalmente a los del tipo podzólico y de pradera. Su uso es primordialmente agrícola y ganadero.

De acuerdo a un análisis realizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el aforo de vehículos por día es del orden de 9,257, con un porcentaje de camiones pesados en ambos sentidos de 14% y una tasa anual de crecimiento del 2%.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En esta capítulo se verá temas tales como los antecedentes de los caminos, inventario de los caminos y sus aplicaciones, la definición de algunos de los elementos mas usados en la ingeniería de tránsito, tales como, velocidad de proyecto, volumen de tránsito, densidad de tránsito, derecho de vía, capacidad y nivel de servicio, distancia de visibilidad de parada; por último se hablará de la importancia de la Mecánica de Suelos pues es parte medular de las vías terrestres.

1.1. Antecedentes.

Antes de iniciar este capítulo de vías terrestres es interesante e informativo trazar brevemente el desarrollo de las carreteras desde los primeros períodos.

Los grandes sistemas carreteros de nuestra civilización moderna tienen su origen en los inicios de la historia. Aún antes de la invención de la rueda, que se supone que ocurrió hace unos diez mil años, es indudable que hubo grandes movimientos individuales y en masa. Los primeros viajes se realizaron a pie; después se utilizaron los animales para transportar las cargas, se desarrollaron trineos muy primitivos y aparecieron los primeros vehículos de ruedas, aunque muy sencillos. Muchas de las migraciones en los primeros períodos históricos involucraron gran número de personas cubriendo así grandes distancias. Se desarrollaron rutas más o menos regulares y se extendieron hasta los límites del mundo hasta entonces conocido.

Conforme diferentes civilizaciones fueron alcanzando un nivel de desarrollo más alto, muchos pueblos antiguos tomaron conciencia de la importancia de mejorar los caminos. Las calles de la ciudad de Babilonia se pavimentaron hacia el año 2000 a. C. La historia también registra la construcción de un magnifico camino para ayudar a la construcción de la Gran Pirámide de Egipto, aproximadamente 3000 años a. C. En la isla de Creta se han encontrado restos de los primeros caminos, y se sabe que las civilizaciones primitivas: China, Cartaginesa, Maya e Inca, también se dedicaron exhaustivamente a la construcción de caminos.

Por mucho el sistema de caminos más avanzado del mundo antiguo fue el de Roma. Cuando la civilización romana alcanzaba el clímax, un gran sistema de caminos militares llegaba hasta los límites del imperio. Muchos de estos caminos fueron construidos de piedra y tenían 0.90 m o más de espesor. Restos de este magnífico sistema aún se encuentran en el continente europeo; de hecho, algunos de estos caminos todavía sirven como base de algunos tramos de las carreteras modernas.

Después de la caída del Imperio Romano, la construcción de caminos, cesaron por un período aproximado de mil años. Tanto así, que en la primera parte del siglo XVIII, las únicas formas para viajar entre las ciudades eran a pie o a caballo. Las diligencias aparecieron en el año de 1659, pero en la mayoría de las ocasiones, viajar en ellas presentaba excesivas dificultades debido a las pésimas condiciones de los caminos rurales.

En México, en 1925, el gobierno inicia la construcción de la red de carreteras, que llegaría a formar la estructura básica de la comunicación carretera del país y que fue financiada con recursos del gobierno federal. De esta forma, se construye el primer tramo de carretera moderna pavimentada, para ligar la ciudad de México con la entonces ciudad de Puebla y cuyo destino final era el puerto de Veracruz; es en ese año cuando se crea la Comisión Nacional de Caminos, con la cual se inicia la obra caminera en México.

Pocos meses después de iniciar su gobierno, el presidente Calles se allega de los recursos necesarios para iniciar la obra caminera, estableciendo el impuesto al consumo de la gasolina, 10 centavos por litro, cuya administración queda a cargo de la Comisión Nacional de Caminos.

Durante los primeros años de operación de dicha Comisión, además de construirse los caminos que se habían propuesto, se efectuaron otras acciones como la capacitación de los primeros técnicos nacionales; la introducción de maquinaria y equipo de alto rendimiento que hasta entonces eran desconocidos en el país, así como nuevas técnicas para la localización, proyecto y construcción de carreteras.

En este contexto, en 1925 se crea en la ciudad de México, el primer laboratorio para el estudio de los materiales utilizados en la construcción de caminos. Hasta este año, poco se hizo en materia de caminos, ya que solamente se construyeron mil kilómetros, principalmente para alimentar las estaciones de los ferrocarriles. Además, existían también, 28 mil kilómetros de brechas y caminos que con el paso del tiempo fueron formando los indígenas, los caballos, la diligencia y la carreta.

Con las primeras obras camineras del país, realizadas entre 1925 y 1930, se construyeron 1,420 kilómetros de carretera. Posteriormente en 1932, y a raíz de la emisión del Acuerdo sobre Construcción de Caminos en Cooperación que se convierte en Ley en 1934 y da origen al establecimiento de las Juntas Locales de

Caminos en las entidades federativas con carácter de organismos descentralizados, se empezaron a construir de manera simultánea, caminos estatales, que conforman la red principal de cada entidad federativa, y cuya construcción se llevó a cabo en forma bipartita, con la aportación del gobierno federal y estatal correspondiente, con lo que se incrementan los recursos destinados a la obra caminera.

Entre 1930 y 1940 se adicionaron a la red carretera 8,500 kilómetros, por lo que la red, hasta ese entonces, se constituía por 10 mil kilómetros que permitieron que una proporción considerable del país comenzara a surgir al desarrollo. En ese periodo, la Comisión Nacional de Caminos, se transforma en la Dirección General de Caminos y pasa a formar parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

En 1947, se detectó la necesidad de construir caminos locales o vecinales con el fin de lograr la penetración vial hacia los lugares más apartados, buscando que las comunidades beneficiadas contribuyeran en su realización. En ese año se crean los caminos vecinales por cooperación tripartita.

En este contexto, surge el Departamento de Planeación y Fomento de Carreteras Vecinales que en 1949 se transforma en el Comité Nacional de Caminos Vecinales con un patrimonio proveniente en un 20% de los ingresos por el impuesto especial sobre la venta de automotores y las aportaciones de estados, municipios y particulares.

Entre 1940 y 1950 se sumaron a la red carretera 12,530 kilómetros, lo que permitió que en 1950 se contara con 22 mil kilómetros de carreteras, uniéndose todas las poblaciones de más de 30 mil habitantes con que contaba el país.

Entre 1950 y 1960 se construyen 22,440 kilómetros más de carreteras, con lo que se duplica la red existente en 1950, alcanzando una longitud total de 44,890

kilómetros. En este periodo destaca el inicio de una extensa red de caminos menores.

En la década de 1960 a 1970 se suman a la red carretera nacional 26,630 kilómetros para culminar en 1970 con unas longitudes totales de 71,520 kilómetros, incluidas las federales, de cuota, estatales y vecinales, de los cuales 8,500 eran de terracerías, 21,100 revestidos y 41,920 pavimentados.

En 1970, surge el camino de mano de obra con especificaciones sencillas, en respuesta a la necesidad de comunicar casi 80 mil comunidades aisladas, vinculadas en forma temporal e intermitente por 300 mil kilómetros de antiguas brechas, que eran susceptibles de convertirse en caminos transitables todo el tiempo.

Para la ejecución de este programa, en 1972 nace la Dirección General de Caminos de Mano de Obra, la cual en 1975 se convierte en la Dirección General de Caminos Rurales, mientras que la red alimentadora es atendida por la Dirección General de Carreteras en Cooperación a través de las Juntas Locales de Caminos.

De 1971 a 1976 se agregaron a la red caminera 113,480 kilómetros, para culminar en 1975 con una red total de 185 mil kilómetros, se dio especial impulso a la construcción de caminos rurales y alimentadores.

En el siguiente periodo, 1977 – 1982 continuó la tendencia de hacer crecer la red nacional carretera, construyéndose 21,786 kilómetros, de los cuales 16,154 fueron caminos rurales.

Para el periodo 1983 – 1988 se llevó a cabo la construcción de 22,331 kilómetros de carretera con la siguiente distribución:

174 kilómetros de carreteras de cuota, 2,003 de carreteras federales, 6,944 kilómetros de carreteras alimentadoras, 9,340 de caminos rurales y alrededor de 3,870 kilómetros de brechas mejoradas. A finales de este periodo, se consolida la descentralización de las Juntas Locales de Caminos y la transferencia de la red alimentadora o estatal a los Gobiernos Estatales.

Durante el periodo 1989 – 1994, se construyeron 10,181 kilómetros de caminos que hicieron una longitud total de red rural de 151,351 kilómetros, además se realizaron trabajos de reconstrucción en 14,510 kilómetros. La red alimentadora tenía una longitud total 56,062 kilómetros.

Dentro de los trabajos de construcción, reconstrucción y modernización que se llevaron a cabo en la red rural y alimentadora en este periodo, 8,847 kilómetros se atendieron con recursos del Programa Nacional de Solidaridad, canalizados a la SCT por la SEDESOL.

En resumen, hasta 1994 la infraestructura carretera evolucionó de la siguiente manera:

1.2. Inventario de caminos.

Durante muchos años, diferentes organismos de carreteras han estado efectuando inventarios de caminos, recopilando información sobre el kilometraje, las características físicas, y las condiciones de todas las carreteras del sistema. Un inventario de caminos debe contener la siguiente información:

- a) La clase funcional del camino.
- b) La clasificación por tipo de pavimento.
- c) El tipo, dimensiones y condición de todas las estructuras.
- d) La ubicación de viviendas rurales, escuelas, iglesias y otros lugares de interés.

e) Las características de diseño físico incluyendo ancho del pavimento, pendientes, curvatura, distancia de visibilidad de parada, ubicación de obstáculos de los lados de las carreteras y otros obstáculos.

f).Planta, sección transversa, alineamiento horizontal y vertical.

Un método que se utiliza para la realización de un inventario de caminos es el “Método Odográfico – Giroscópico” pues combina de manera satisfactoria requisitos tales como precisión, rapidez y economía. Según Mier (1987), este tipo de levantamiento de la planta del camino es completado con un dibujo del perfil por medio de un sistema barométrico y anexando el levantamiento directo de los aspectos del camino que se consideren importantes.

Los datos que se debe de recopilar son:

- Planta del camino.
- Perfil.
- Itinerario.
- Configuración del terreno por el que se cruza.
- Características de la superficie de rozamiento.
- Sección transversal.
- Alineamiento horizontal y vertical.
- Visibilidad.
- Señalamiento.
- Obras de drenaje.
- Cruces y entronques con otras vías de comunicación.
- Características de los poblados por los que cruza el camino.
- Datos que se consideren de importancia.

Los inventarios de caminos son útiles para tener actualizada la red de caminos además de estar en posibilidad de detectar obras necesarias y prioritarias dentro de los programas de reconstrucción, conservación, modernización y construcción.

1.3. Elementos más usados en la ingeniería de tránsito en la realización de un proyecto.

De acuerdo con Mier (1987), la ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería encargada de estudiar el movimiento de personas y vehículos en calles y caminos con el objetivo de hacerlo de manera eficaz, libre, rápido y seguro.

El principal problema del tránsito es la gran diferencia que existe entre los vehículos pues estos cada día son más modernos, mientras que los caminos cada vez son más antiguos.

Según lo expuesto por Mier (1987) existen tres tipos de soluciones al problema del tránsito:

- a) Solución integral: Es la creación de una nueva vialidad que sirva al vehículo moderno.
- b) Solución parcial de alto costo: Es la reconstrucción de los caminos existentes como puede ser la ampliación de carriles, construcción de pasos a desnivel, mejoramiento de curvas verticales, etc. Cabe mencionar que este tipo de trabajos requiere de fuertes inversiones.
- c) Solución parcial de bajo costo: Esta solución consiste en aprovechar las condiciones existentes del camino con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito.

1.3.1 Elementos del tránsito.

Son tres los elementos que integran el tránsito:

El usuario: constituye la población en general pues son los usuarios de los caminos considerados como peatón o como conductor. El peatón es el sujeto más expuesto a sufrir accidentes, según estadísticas el 80% de los atropellados no sabe conducir y se caracteriza por su gran movilidad y capacidad de adaptarse a

las condiciones existentes del camino. El conductor es el encargado de controlar el vehículo y es el responsable de su adecuado manejo.

El vehículo: se entiende así a cualquier medio de locomoción y sus características geométricas están determinadas por sus dimensiones y por su radio de giro.

El camino: es la faja de terreno habilitada para que circulen los vehículos y de acuerdo a su transitabilidad pueden ser:

- a) Camino pavimentado: cuando sobre la sub rasante se ha construido totalmente el pavimento y puede ser de concreto hidráulico o de concreto asfáltico.
- b) Camino revestido: cuando sobre la sub rasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular.
- c) Camino de terracería: cuando se ha construido la sección de proyecto hasta el nivel de sub rasante y solo es transitable en tiempo de secas.

De acuerdo a las normas técnicas de la Secretaría de comunicaciones y Transportes, y citado por Chapa (2008) los caminos se clasifican de la siguiente manera:

TIPO “A”

Los caminos tipo “A” son los caminos pavimentados, con dos carriles de circulación, acotamientos revestidos, cuentan con control parcial de accesos y entronques a nivel. Está diseñado para recibir mayor tránsito pesado.

TIPO “B”

Los caminos tipo “B” son pavimentados, con dos carriles de circulación, y cuenta con acotamientos revestidos. Además con un control parcial de accesos entronques a nivel.

TIPO “C”

Son pavimentados, con dos carriles de circulación, generalmente están bajo jurisdicción de la administración estatal para su construcción y mantenimiento.

TIPO “D”

Son pavimentados con características geométricas muy modestas así como su pavimentación. Cuenta con una capa de revestimiento de material compactado de 20 cms. A 30 cms. de espesor.

TIPO “E”

Dentro de estos existen las llamadas brechas, y los caminos revestidos. Entendiendo por brechas a aquellas vías de comunicación improvisadas, habilitadas por los propios usuarios y no cuentan con obras de drenaje solo son transitables en algunos meses del año.

Los caminos revestidos cuentan con terracerías y las obras de drenaje elementales, el camino rural que cae dentro de esta clasificación contiene una capa de revestimiento de 20 cms. de material de granulometría gruesa.

1.4 Velocidad.

Se entiende por velocidad a la rapidez con que un vehículo se mueve de un punto a otro y es un factor fundamental para proyectar un camino pues su utilidad y buen funcionamiento dependen de esta.

Mier (1987) menciona que se distinguen cuatro tipos de velocidad:

1.4.1 Velocidad de Proyecto.

Es la velocidad máxima sostenida que ofrece seguridad al vehículo en un tramo a lo largo del camino y está influenciada primordialmente por la topografía, por el tipo de camino, por el volumen de tránsito y por el uso de la tierra.

1.4.2. Velocidad de operación.

Es la velocidad real con que transitan los vehículos e indica el grado de eficiencia que proporciona el camino al usuario, se puede definir como la velocidad sostenida en un tramo a lo largo del camino cuando el vehículo se encuentra e movimiento.

1.4.3. Velocidad de punto.

Es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino, se puede medir de diferentes maneras, en la actualidad se utilizan las pistolas de radar que funcionan mediante la emisión de un rayo láser y son muy utilizadas por la Policía Federal Preventiva.

1.4.4. Velocidad efectiva global.

Es el promedio de la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de un camino y se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado. Sirve para comparar la fluidez en ciertas rutas.

1.5. Volumen de tránsito.

De acuerdo con el “Manual de Proyecto Geométrico” de la secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974:97) el volumen de tránsito es el “número de vehículos que pasan por un tramo de la carretera en un intervalo de tiempo dado, siendo los más usuales la hora (TH) y el día (TD)”.

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera se utilizan los siguientes estudios:

1.5.1. Estudios de origen y destino.

El objetivo de este estudio es conocer el movimiento del tránsito de acuerdo al punto de partida y término del viaje, el método más eficiente es mediante entrevistas directas pues se obtiene de forma rápida y efectiva el origen y destino en un punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado. La duración de cada uno de estos estudios depende del grado de confianza requerido.

En este estudio se registran las rutas de los diferentes tipos de vehículos y los productos o pasajeros que transportan por cada sentido así como las longitudes de recorrido.

1.5.2. Muestreos del tránsito.

Consiste en la instalación de estaciones de aforo, procurando que estas capturen el tránsito representativo del tramo, obteniendo así el registro del tránsito promedio diario con base al periodo de una semana, dando como resultado un muestreo razonablemente cercano al tránsito promedio diario anual.

El conteo se realiza por medio de contadores manuales o electromecánicos, registrando estos volúmenes cada hora y los califica en vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados.

1.5.3. Estaciones muestra.

Son estaciones permanentes provistas de contadores automáticos cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento del tránsito durante todo el año, existen dos tipos de contadores utilizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes: los neumáticos que detectan el número de ejes que pasan y cuyas lecturas se llevan a cabo cada 24 horas y los eléctricos que

registran durante el lapso de una hora el número de vehículos que cruzan por la estación.

Las casetas de cobro de las autopistas de cuota son un ejemplo de este tipo de estaciones pues registran los volúmenes de tránsito así como sus características.

1.6. Densidad de tránsito.

Retomando a Mier (1987) la densidad de tránsito se define como el número de vehículos ubicados en un tramo de un camino en un momento dado y no se debe confundir con el volumen de tránsito pues este expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo, por ejemplo cuando un camino se encuentra saturado el volumen puede llegar a ser igual a cero mientras que la densidad resulta ser muy alta.

1.7. Derecho de vía.

“Se le llama derecho de vía a la franja de terreno de un ancho suficiente que se adquiere para arrojar una vía de comunicación y que es parte integral de la misma”. (Mier 1987:57).

En México se ha establecido que el derecho de vía no debe ser menor de cuarenta metros, es decir veinte metros a cada lado del eje del camino y este se puede reducir de acuerdo el ancho de las calles dentro de las zonas urbanas.

Es importante comprender el procedimiento y su reglamento para la adquisición de la propiedad del derecho de vía pues en muchas ocasiones la lentitud con la que se adquiere provoca retrasos y algunas veces la cancelación de las obras.

Existen leyes para la adquisición del derecho de vía y esta está contemplada en la “Ley de Vías Generales de Comunicación” decretada el 30 de diciembre de 1939, dentro de la cual se puede establecer lo siguiente:

ARTICULO 1° Son vías generales de comunicación:

En los caminos:

- Cuando se entronquen con alguna vía de país extranjero.
- Cuando comuniquen a dos o más entidades federativas entre sí.
- Cuando en su totalidad o en su mayor parte sean construidas por le federación.

En los puentes:

- Los ya construidos o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.
- Los ya construidos o que se construyan sobre las vías generales de comunicación.
- La construcción de puentes será previo permiso de las Secretarías de la Defensa Nacional y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ARTICULO 2° Son parte integrante de las vías generales de comunicación:

I.- Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas.

II.- Los terrenos y aguas que sean necesarios para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior.

Los trámites y pagos de las afectaciones derivadas de la liberación del derecho de vía se realiza por medio de la unidad de asuntos jurídicos el departamento de derecho de vía de la Secretaría de Comunicaciones y

Transportes, en donde se deben de presentar los documentos que avalen la legítima propiedad del afectado así como las afectaciones con precios unitarios establecidos por la propia Secretaría.

1.8 Capacidad y nivel de servicio.

1.8.1 Capacidad.

Continuando con Mier (1987) la capacidad es una medida de la eficiencia de una calle o un camino. Se entiende por capacidad de un camino como el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un periodo dado de tiempo. Las condiciones de un camino son principalmente el alineamiento horizontal y vertical, el número y ancho de carriles estas no se pueden cambiar a menos que se lleve a cabo una modernización del camino, en cambio las condiciones prevalecientes si pueden variar durante varios periodos del día. También se ve afectada por las condiciones ambientales como la claridad, el frío, la lluvia, nieve, smog, niebla, etc.

1.8.2. Nivel de servicio.

Se entiende por nivel de servicio a la serie de factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad, costos de operación, etc. estos factores determinan condiciones de operación diferentes en un camino cuando se presentan variaciones en el volumen de tránsito.

Un camino puede operar a varios niveles de servicio dependiendo de los volúmenes, del tránsito y de las velocidades.

1.8.3. Volumen de servicio.

Es el volumen de tránsito que corresponde a un determinado nivel de servicio y será igual a la capacidad cuando el volumen de servicio es máximo.

1.8.4. Objetivos de la capacidad.

Existen dos problemas básicos en la ingeniería de caminos que puede ser atendida con la capacidad de un camino:

- Cuando se trata del proyecto de una obra nueva, la capacidad influye de en las características geométricas del nuevo camino.
- Cuando se requiere saber las condiciones de operación de un camino existente.

1.8.5. Operación del tránsito en la capacidad.

Las características de operación de los vehículos determinan en gran parte la capacidad del camino, en casi todos los caminos la mayor afluencia de vehículos se presenta en un número reducido de horas al año, por lo que proyectar un camino tomando como base el volumen horario máximo resultaría antieconómico pues su capacidad estaría excedida durante la mayor parte de las horas al año.

1.8.6. La velocidad en la capacidad.

En gran parte la capacidad de un camino depende de la velocidad que operan los conductores, también se ha observado que la variación de la velocidad diurna es mayor que la nocturna. Por otra parte las velocidades de cada vehículo oscilan alrededor de la velocidad media.

1.8.7. Espaciamiento e intervalo entre vehículos.

El espaciamiento es la distancia entre frente y frente de vehículos sucesivos, el intervalo es el tiempo transcurrido entre el paso de dos vehículos sucesivos por un mismo punto.

El espaciamiento y el intervalo entre vehículos afecta el maño del conductor dándole un indicativo de fluidez o de congestión y están muy relacionados con el nivel de servicio.

1.8.8. Relaciones entre velocidad, volumen y densidad.

- a) Velocidad y volumen. Conforme el volumen del tránsito aumenta, la velocidad media de los vehículos disminuye.
- b) Velocidad y densidad. La velocidad disminuye conforme aumentan el volumen y la densidad.
- c) Volumen y densidad. A velocidad constante, un aumento en la densidad se traduce en un incremento proporcional del volumen.

1.8.9. Capacidad para condiciones de circulación continua.

Los volúmenes máximos y las características del tránsito, han servido para establecer valores numéricos de la capacidad para diferentes tipos de camino en condiciones ideales y estas se definen de la siguiente manera.

- a) Circulación continua.
- b) Solo vehículos ligeros
- c) Carriles de 6.5 m de ancho.
- d) Alineamiento horizontal y vertical.

1.8.10. Niveles de servicio.

Para que una carretera cuente con un nivel de servicio aceptable, es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad del camino. Los elementos que deben de considerarse en la evaluación del nivel de servicio son:

- a) Velocidad de operación y tiempo empleado durante el recorrido.
- b) Interrupción del tránsito, paradas, demoras, cambios de velocidad y restricciones durante el recorrido.
- c) Libertad para maniobrar a la velocidad deseada.
- d) Seguridad.
- e) Comodidad en el manejo.
- f) Economía en los costos de operación del vehículo en el camino.

1.8.11. Factores que afecta la capacidad y el volumen de servicio.

En la mayoría de los caminos se aplican factores de ajuste a la capacidad y al volumen de servicio en condiciones ideales y se dividen en dos categorías:

- Factores relativos al camino.
- Factores relativos al tránsito.

1.8.12. Factores relativos al camino.

Estos factores son:

- a) El ancho del carril.
- b) Obstáculos laterales.
- c) Combinación de ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.
- d) Acotamientos.

1.8.13. Factores relativos al tránsito.

Los factores principales que intervienen en la capacidad y volumen de servicio son:

- a) Camiones.
- b) Autobuses.
- c) Distribución del tránsito por carril.
- d) Variaciones en el volumen del tránsito.
- e) Interrupciones en el tránsito.

1.8.14. Caminos de dos carriles.

La operación del tránsito en este tipo de caminos tiene dos características básicas:

- La distribución del tránsito por sentidos no tiene efecto, los volúmenes de servicio se expresan en total de vehículos por hora.
- Las maniobras de rebase se efectúan en el carril utilizado para el tránsito que viene en sentido contrario.

1.8.15. Caminos de varios carriles.

La diferencia en la operación entre las autopistas y los caminos de carriles múltiples, se debe a la falta de la faja separadora central y al control de accesos, se considera que las velocidades de operación son más bajas en caminos de carriles múltiples que en las autopistas, sin embargo las condiciones ideales para caminos de carriles múltiples son muy similares a las de las autopistas.

1.8.16. Autopistas y otras vías rápidas.

El objetivo de estas carreteras es proporcionar un nivel de servicio alto por medio del movimiento rápido del tránsito evitando interferencias externas.

1.8.17. Rampas.

Una rampa es la que permite al tránsito cambiar de un camino a otro, las características de operación en los enlaces pueden afectar directamente la eficiencia del movimiento del tránsito en los carriles de una autopista por lo que la ubicación y diseño de esta es de gran importancia si el propósito que se busca es el de ofrecer una operación rápida.

1.8.18. Zonas de entrecruzamiento.

Es muy importante el estudio de la capacidad y nivel de servicio en zonas de entrecruzamiento pues se debe determinar la capacidad de un camino con los componentes antes descritos si es que se pretende lograr un proyecto balanceado.

1.8.19. Intersecciones a nivel controladas con semáforos.

Las intersecciones a nivel son uno de los elementos más importantes del sistema vial ya que limitan y en ocasiones interrumpe la circulación del tránsito; la cantidad de vehículos que pasan a través de una intersección depende de las características geométricas y operativas de los caminos, de las condiciones ambientales, de las acciones y experiencia del conductor, de las características del tránsito y de las medidas para su control.

1.8.20. Arterias urbanas y suburbanas.

Se consideran como avenidas que se localizan fuera de la zona comercial del centro de la ciudad y se caracterizan por la existencia de intersecciones controladas con semáforos, su capacidad depende de las intersecciones a nivel que se localizan a lo largo de la arteria, cuando se desea conocer el nivel de servicio debe investigarse el efecto que causa las interrupciones y las

intersecciones sobre la operación del tránsito, debiéndose analizar después la arteria en toda su longitud.

1.9 Distancia de visibilidad.

Las carreteras deberán diseñarse de manera que el conductor disponga de una distancia suficiente de clara visibilidad hacia delante para no chocar contra obstáculos inesperados y poder rebasar sin peligro vehículos que circulen más lentos.

Se entiende por distancia de visibilidad a la longitud de carretera visible hacia delante por el conductor de un vehículo. A continuación se definirán dos tipos de distancia de visibilidad que son importantes de identificar y que servirán para diseñar un camino.

1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es la distancia mínima requerida para que un vehículo que viaja a la velocidad de proyecto o muy cerca de ella pueda detenerse antes de alcanzar un objeto que obstruya su trayectoria. Deberá ser tan larga como sea posible y tiene como base la suma de dos distancias:

- La distancia recorrida desde el momento en que se distingue el objeto hasta el instante en que se aplican los frenos y depende de la velocidad del vehículo y de los tiempos de percepción y reacción del conductor para frenar.
- La distancia requerida para que el vehículo se detenga después de que se han aplicado los frenos y depende de la velocidad del vehículo, condición de frenos, llantas y superficie del camino, así como el alineamiento y pendiente de la misma.

Esta distancia de visibilidad de parada se puede expresar de la siguiente manera:

$$D_p = d + d'$$

Donde:

D_p = Distancia de visibilidad de parada.

d = Distancia de reacción.

d' = Distancia de frenado.

La distancia de reacción se calcula con la fórmula:

$$d = Kvt$$

Donde:

d = Distancia de reacción (m).

t = Tiempo de reacción (seg).

v = Velocidad del vehículo (Km/hr).

K = Factor de conversión de Km/hr a m/seg, que equivale a 0.278.

La distancia de frenado se calcula igualando la energía cinética del vehículo con el trabajo que realiza la fuerza para detenerlo:

$$\frac{1}{2}mV^2 = Wfd' + Wpd$$

Donde:

m = masa del vehículo ($m = W/g$).

V = Velocidad del vehículo (m/seg).

W = Peso del vehículo.

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

p = Pendiente de la carretera.

g = Aceleración de la gravedad ($g = 9.81$ m/seg).

d' = Distancia de frenado.

1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.

La mayor parte de las carreteras en México tienen dos carriles de tránsito en direcciones opuestas, para poder rebasar los vehículos que se mueven más lentamente es necesario usar el carril que se mueve en la dirección opuesta. Para poder rebasar con seguridad el conductor del vehículo debe poder ver hacia delante un tramo suficiente de carretera en el carril del tránsito opuesto que le permita tener tiempo necesario para rebasar y después regresar a su carril sin obstaculizar el vehículo rebasado antes de encontrarse con el tránsito que viene en sentido contrario. La distancia total requerida para ejecutar esta maniobra es la distancia de visibilidad de rebase.

En pendientes descendentes fuertes, la distancia de visibilidad de rebase generalmente es menor que en terreno plano, puesto que el vehículo que va a rebasar puede acelerar más rápidamente y reducir el tiempo de maniobra.

En pendientes ascendentes fuertes, la distancia de visibilidad de rebase es mayor que en terreno plano, debido a la reducción en el poder de aceleración de los vehículos que van a rebasar y a la mayor velocidad de los vehículos que vienen en sentido opuesto.

Para definir la distancia mínima de visibilidad de rebase, la AASHO formuló algunas hipótesis sobre el comportamiento de los conductores:

- El vehículo que va a ser rebasado circula a velocidad uniforme y magnitud semejante a la que adoptan los conductores en caminos con volúmenes de tránsito intermedio.
- El vehículo que va a rebasar alcanza al vehículo que va a ser rebasado y circulan a la misma velocidad, hasta que inicia la maniobra de rebase.

- Cuando se llega al tramo de rebase, el conductor del vehículo que va a rebasar después de un tiempo para recibir la nueva condición, reacciona acelerando su vehículo para iniciar el rebase.
- El rebase se realiza con una maniobra de arranque demorado y retorno apresurado.
- Cuando el vehículo que rebasa regresa a su carril, hay suficiente distancia entre él y el vehículo que viene en sentido contrario.

Mier (1987) comenta que generalmente resulta antieconómico proporcionar longitudes a lo largo de todo el camino con visibilidad suficiente para realizar las maniobras de rebase con seguridad, por lo que deben disponerse estas únicamente de tramo en tramo, siempre y cuando lo permita la topografía, el volumen de tránsito, la velocidad de proyecto y el tránsito. En caminos con gran volumen de tránsito es necesario que los tramos de paso sean largos y frecuentes, en cambio, en caminos con volúmenes medianos o pequeños estos no son indispensables aunque sí deben darse de tramo en tramo.

1.10 Mecánica de suelos

Se entiende como mecánica de suelos a la rama de la ingeniería civil que tiene como objetivo estudiar una serie de métodos que conducen de manera directa o indirecta al conocimiento del suelo y su comportamiento al recibir algún tipo de carga y sirve para determinar si es lo suficientemente capaz al ser sujeto de esfuerzos.

1.10.1 Propiedades de los suelos.

Las principales propiedades de los suelos que en mayor o menor grado afectan el comportamiento de las obras civiles, según Arias Rivera (1994) son:

- Compresibilidad.
- Resistencia al corte.

- Permeabilidad.

Suelo es el material formado por partículas minerales y vacíos que pueden o no estar ocupados por agua. Así mismo los procesos que dan lugar a la alteración de las rocas son:

a) Desintegración mecánica:

- Congelación del agua.
- Cambios de temperatura.
- Efecto de los organismos.
- Esfuerzos tectónicos.
- Efectos abrasivos del agua y el viento.
- Efecto telúricos.
- Efectos de gravedad.

b) Descomposición química:

- Ocurre en presencia de agua y otras sustancias naturales, dando lugar en general a suelos finos, algunos ejemplos pueden ser al reaccionar los diferentes minerales de algunas rocas con el ácido carbónico producido por el agua y el bióxido de carbono natural del aire, así mismo los materiales formados por hidróxido de hierro son consecuencia del intemperismo sobre rocas que contienen materiales de hierro.

1.10.2. Tipos de suelo.

a) Suelos residuales:

Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados y son generalmente buenos para resistir edificios sobre cimentaciones superficiales, estos suelos son provocados por alteraciones sobre las rocas en un grado avanzado de intemperismo dando origen a un suelo residual maduro.

b) Suelos transportados:

Son aquellos formados por los productos de alteraciones de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente a su lugar de origen, siendo los principales agentes de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad, etc.

Y pueden dividirse en:

- Suelos aluviales (el agente transportador es la lluvia).
- Suelos lacustres (transportados por ríos)
- Suelos cólicos (transportados por la acción del aire).
- Depósitos de pie de monte (formados por la acción de la gravedad).

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO

En el presente capítulo se definirán temas como el alineamiento vertical y horizontal, sección transversal, los diferentes elementos que conforman un proyecto, los materiales asfálticos que existen, la compactación de los materiales en los caminos, y el control de calidad, todo esto con el objetivo de brindar un panorama más amplio para comprender de manera adecuada cada uno de estos términos tan importantes en la composición de un camino.

2.1. Alineamiento vertical.

El Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), el alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona; y se le llama subrasante al eje de la subcorona.

Para poder diseñar el alineamiento vertical se requiere del perfil del camino ya que de este se obtiene las tangentes las curvas tanto en cresta como en columpio y se compone de tangentes y curvas.

2.1.1. Tangentes.

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de una curva anterior y el principio de la siguiente y se representa como T , la pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Pendiente gobernadora: Es la pendiente media, puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado y está en función del tránsito y la

configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

Pendiente máxima: Es la mayor pendiente permitida en el proyecto, determina el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno, esta pendiente se empleará cuando sea conveniente desde el punto de vista económico, para salvar obstáculos como cantiles, fallas y zonas inestables.

Pendiente mínima: Es fijada para permitir el drenaje; en terraplenes puede ser nula, en cortes se recomienda un 5% como mínimo para garantizar el adecuado funcionamiento de las cunetas.

Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical: Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido, los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica principalmente son el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

2.1.2. Curvas verticales.

Continuando con el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), las curvas verticales es son aquellas que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical para que en su longitud se realice gradualmente de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida y debe dar como resultado un camino de operación segura y confortable. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de esta, se representa como *PCV* y como *PTV* el punto común de 1 la tangente y la curva al final de ésta.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia abajo (en cresta) o hacia arriba (en columpio).

2.2. Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, los elementos que lo integran son:

2.2.1. Tangentes.

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen a las curvas. Se representa como *PI* el punto de la intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por *D*.

La longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad pues las tangentes largas son causa potencial de accidentes debido a que pueden causar somnolencia entre los conductores o bien por que favorecen el deslumbramiento en la noche. Por tales motivos es conveniente limitar la longitud de las tangentes.

2.2.2. Curvas circulares.

Las curvas circulares se definen por el radio de curvatura y son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas.

- A) Curvas circulares simples: Cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular y pueden ser derechas o izquierdas de acuerdo al sentido del cadenamiento.

- B) Curvas circulares compuestas: Son las formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y diferente radio o de diferente radio y cualquier sentido, pero siempre con un punto de

tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se les llama compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

2.2.3. Curvas de transición.

Las curvas de transición tiene como objeto proporcionar un cambio gradual de la sección tangente y la curva circular y viceversa, Las curvas espirales deberán utilizarse en todas las curvas excepto aquellas que son muy planas. La transición de un tramo en tangente a un tramo en curva con sobreelevación puede realizarse sin que la velocidad se reduzca de forma apreciable y de tal manera que se garantice la seguridad y la comodidad del conductor.

Para realizar el cambio, se verá fácilmente que la sección transversal normal de la carretera tendrá que inclinarse hasta llegar a la sección transversal sobreelevada, este giro se realiza usualmente rotando la sección alrededor del eje central; el efecto de esta rotación es bajar la orilla interna del pavimento y subir la exterior sin que cambie la pendiente longitudinal de la línea central.

2.3. Sección transversal.

El Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), define la sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste como un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman un camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natura.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son:

2.3.1 Corona.

Es la superficie del camino terminado comprendida entre los hombros del camino. Los elementos que definen la corona son:

A) Rasante: Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

B) Pendiente transversal: Es la pendiente que se da a la curva normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

1.- Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino.

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

3.- Transición del bombeo a la sobreelevación: Cuando en el alineamiento horizontal se pasa de una sección en tangente a otra en curva, se hace necesario cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación que corresponderá a la curva, de manera gradual en lo largo de la espiral de transición.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación se tienen tres procedimientos:

- Girar la sección sobre el eje de la corona,
- Girar la sección sobre la orilla interior de la corona.
- Girar la sección sobre la orilla exterior de la corona.

Siendo el primero el más conveniente, por requerirse menor longitud de transición.

C) Calzada: Es la parte de la corona destinada al tránsito de los vehículos y constituida por uno o más carriles, estando en el entendido que carril es la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Este ancho de calzada varía a lo largo del camino, depende mayormente de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente del vertical.

Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

1. Ancho de calzada en tangente: Se determina estableciendo el nivel de servicio deseado.
2. Ancho de calzada en curvas circulares (del alineamiento horizontal): Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente, por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto a la tangente. A este sobre ancho se le llama ampliación y debe darse tanto a la corona como a la calzada.

D) Acotamientos: Son las fajas contiguas a la calzada comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tiene las siguientes ventajas.

- 1.- Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, pudiendo estacionarse sobre ellos en un caso obligado.
- 2.- Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
- 3.- Mejorar la visibilidad en los tramos de curva.
- 4.- Facilitar los trabajos de conservación.

5.- Dar mejor apariencia al camino.

El ancho de los acotamientos está en función del volumen del tránsito y del nivel de servicio con el que vaya a funcionar el camino.

2.3.2. Subcorona.

Es la superficie que limita a las tercerías y sobre la que se apoyan las capas de pavimento, la definen la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

- A) Subrasante: Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.
- B) Pendiente transversal: Es la misma que la de la corona. Puede ser bombeo o sobreelevación, depende se la sección está en curva, en tangente o en transición.
- C) Ancho: Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte y está en función del ancho de corona.

2.3.3. Cunetas y contracunetas.

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que están incluidas en la sección transversal, a continuación se definirá cada uno de estos conceptos:

- A) Cunetas: Son zanjas construidas en los cortes a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros y su objetivo es recibir el agua que escurre por la corona y los taludes de corte, generalmente es de sección triangular con un ancho de 1.00 m y su talud de 3:1.



Fig. 2.1. Construcción de una cuneta

B) Contracunetas: Por lo general son zanjas de sección trapezoidal excavadas arriba de la línea de ceros de un corte y son utilizadas para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural, son construidas de manera perpendicular a la pendiente máxima del terreno a fin de lograr interceptar el escurrimiento laminar de manera eficiente.



Fig. 2.2. Construcción de una contra cuneta

2.3.4. Taludes.

Es la inclinación de los cortes o de los terraplenes y se fija de acuerdo a con se altura y la naturaleza del material que los forman, el valor comúnmente empleado para este es de 1.5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo de los materiales es recomendable un estudio para definir los taludes.

2.3.5. Obras complementarias.

Son elementos de la sección transversal con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino, tales elementos son:

- A) Guarniciones: Son elementos parcialmente enterrados, por lo general de concreto hidráulico que principalmente son empleados para limitar las banquetas, camellotes, isletas y delinear la orilla del pavimento.
- B) Bordillos: Son elementos que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes con la finalidad de encausar el agua que escurre por la corona y de esta manera evitar posibles erosiones en el talud del terraplén.
- C) Banquetas: Son fajas que se destinan para la circulación de los peatones a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas es parte integrante de la calle, en caminos rara vez son necesarias.
- D) Fajas separadoras: Son las que dividen los carriles de tránsito de otros de sentido opuesto (Fajas separadoras centrales) o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza (fajas separadoras laterales).

E) Camellones: Tienen la misma aplicación que las fajas separadoras. Son construidas por medio de guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior a la calzada, el ancho mínimo es de 1.20 m y se utilizan en caminos de cuatro o más carriles y en zonas urbanas y suburbanas para separar el tránsito directo del local en una calle lateral.

2.4. Elementos que integran un pavimento.

Un pavimento es la capa o conjunto de capas de diferentes materiales diseñados y apropiados para un pavimento, comprendido entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rozamiento, su principal función es proporcionar una superficie y textura uniforme, resistencia a la acción del tránsito y al intemperismo así como transmitir eficientemente los esfuerzos producidos por las cargas del tránsito a las terracerías.

La duración de un pavimento depende de las características de los materiales empleados para su construcción y a la calidad de los mismos. Los elementos que conforman un pavimento se presentan en la siguiente figura:

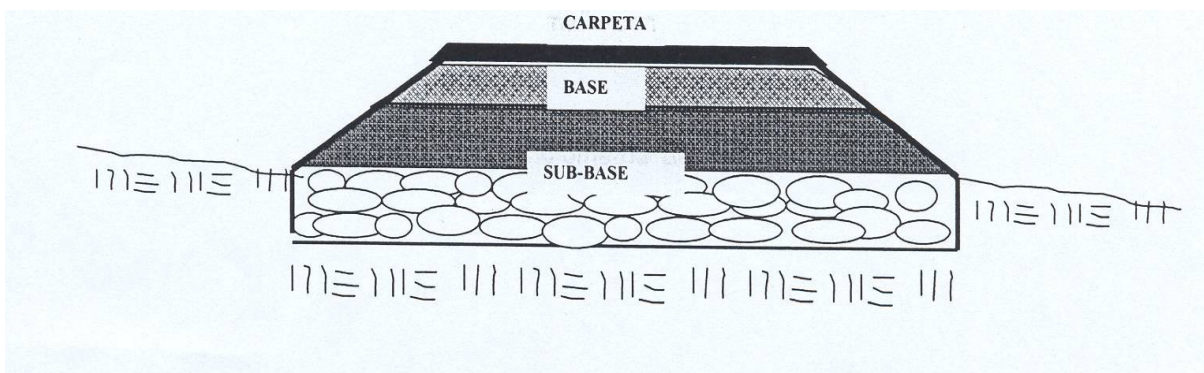


Fig. 2.3 Elementos que constituyen una carpeta.

2.4.1. Terracerías.

Es el conjunto de obras compuestas por cortes y terraplenes formadas por la sub rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente con materiales no seleccionados y forma parte de la estructura del pavimento.

Cuando se va a construir un camino cuyo flujo vehicular sea mayor a 5000 TPDA (tránsito promedio diario anual), es necesario colocar bajo la subrasante una capa de sub yacente que deberá tener un espesor no menor de 50 cm.

2.4.2. Sub-base.

De acuerdo con la formativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la sub-base es la capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la sub-rasante y su función es dar un buen apoyo uniforme a la capa de base de una carpeta asfáltica para resistir las cargas que le son transmitidas, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior para prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

El material con el cual se construyen las sub-bases debe cumplir con cierta granulometría y estará en función del tránsito y se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos, y deberán cumplir con las siguientes características:

- **Límites de consistencia:** El material que pasa por el tamiz No. 40 debe de tener un límite de plasticidad menor de 6 y un límite líquido menor de 25.
- **Desgaste:** El material al ser sometido al ensaye de abrasión en la máquina de los Ángeles, debe presentar un desgaste menor al 50%.
- **Equivalente de arena:** La fracción del material que pasa por el tamiz No. 4 debe presentar un equivalente de arena mayor del 20%.

- **Valor relativo de soporte (CBR):** Será mayor del 25% para una densidad seca mínima del 95% con relación a la máxima obtenida en la prueba de ensayo Proctor modificado.

Si por alguna razón la granulometría del material de banco no cumple, se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con los requisitos y así garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación , no será aceptada si se mezcla con finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

2.4.2.1. Procedimiento constructivo.

La construcción de la sub-base, según la página web www.arqhys.com consiste en el suministro, transporte, y colocación sobre la sub rasante definida en los planos de construcción, conformándola y teniendo una compactación del 95% con la prueba AASHTO de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular aprobado por la dependencia. El material para sub-base se conformará por fragmentos de roca, gravas, arenas y limos.

Para la construcción de la sub-base es necesario efectuar los siguientes procedimientos cuantas veces sea necesario con el objetivo de cumplir con la calidad deseada:

- Compactación y humedecimiento de una capa.
- Conformación de una capa.
- Compactación de una capa.
- Acabado.

De ninguna manera se podrá dar inicio a estos trabajos si no se tiene la aprobación de los materiales propuestos a utilizar para la sub-rasante, el bombeo, peralte y demás trabajos definitivo o provisional.

La sub-base se colocará en capas no mayores a 20 cm de espesor, medidos antes de la compactación y contenido de humedad óptimo para poder compactarse al 95 % de la densidad máxima obtenida con la prueba Proctor Modificado. Bajo ningún caso se debe aceptar la colocación de la segunda capa de sub-base si la primera no ha cumplido con los requisitos anteriores.

2.4.2.2. Equipo a utilizar.

El equipo mínimo necesario para la elaboración de la sub-base es:

- Motoconformadora: Deberá estar equipada con cuchilla y escarificador.
- PIPA de agua: Deberá permitir un riego uniforme sobre la superficie.
- Vibrocompactador: El espesor de la capa y el número de pasadas que deberá de darse, estará sujeto al tipo de equipo y material a compactar.

2.4.3. Base hidráulica.

De acuerdo con la norma que emite la Secretaría de Comunicaciones y Transportes N-CTR-CAR- -002/03 la base hidráulica es una capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la sub-base y su función es dar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica para resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior proporcionando a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

Mier (1974), señala que los materiales a utilizar en la construcción de la base deben ser los que a continuación se indican:

- Materiales que no requieren tratamiento, (poco cohesivos), limos, arenas y gravas.

- Materiales que requieren ser disgregados: (cohesivos) tezontles, tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, y que no contengan más del 5% de partículas mayores a 2”.
- Materiales que requieren ser cribados (poco o nada cohesivos), mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos queden sueltos y con contenido entre el 5% y el 25% de material mayor de 2”.
- Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados (poco o nada cohesivos) como mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos quedan sueltos y contienen más del 25% de partículas mayores de 2”, también pueden ser tezontles y materiales cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas que al extraerlos resulten con terrones que puedan disgregarse con equipo mecánico.
- Materiales que requieran trituración total y cribado a través de la malla 1 ½”, son los que provienen de rocas extraídas de mantos de roca, piedra de pepena, piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

2.4.3.1. Procedimiento constructivo.

Una vez acamellonado el material, éste se abre parcialmente con utilización de la motoconformadora y se humedece hasta llegar a su contenido de humedad óptima, este proceso comúnmente se realiza en tres etapas hasta lograr la homogenización del material.

Posteriormente, se extiende sobre la corona para formar la capa de espesor requerido y después se compacta con el vibrocompactador hasta lograr el grado de compactación indicado por la dependencia.

Por último, se aplica sobre la superficie limpia un riego de emulsión asfáltica de rompimiento lento al cual se le conoce como “riego de impregnación”, que servirá para impermeabilizar y estabilizar la base y protegerla de la intemperie, además de favorecer la adherencia con la futura carpeta.

2.4.2.2. Equipo a utilizar.

El equipo mínimo necesario para la elaboración de la sub-base es:

- Motoconformadora: Deberá estar equipada con cuchilla y escarificador.
- Pipa de agua: Deberá permitir un riego uniforme sobre la superficie.
- Vibrocompactador: El espesor de la capa y el número de pasadas que deberá de darse, estará sujeto al tipo de equipo y material a compactar.
- Petrolizadora: Equipada con espreas capaces de realizar de manera uniforme el riego de impregnación.

2.4.4. Carpetas asfálticas.

Las carpetas asfálticas deberán de cumplir con los siguientes requisitos:

- No desplazarse ni desintegrarse por la acción del tránsito.
- Buena resistencia al intemperismo.
- Soportar pequeñas deformaciones sin sufrir agrietamiento.
- Se debe cuidar que el espesor no sea menor a 3 cm compactos.
- Se debe utilizar cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido.

Las carpetas asfálticas se pueden realizar por cualquiera de las siguientes formas:

2.4.4.1. Sistema de riegos.

Se construyen mediante uno, dos o tres riegos de material asfáltico, cubierto con materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados. En la siguiente tabla se muestran los tipos de cemento asfáltico que se pueden utilizar para la elaboración de este tipo de carpetas.

| DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO | QUE PASA POR LA MALLA DE | Y SE RETENGA EN LA MALLA DE |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1" | 1/2" |
| 2 | 1/2" | 1/4" |
| 3-A | 3/8" | Num. 8 |
| 3-B | 1/4" | Num. 8 |
| 3-E | 3/8" | Num. 4 |

La granulometría que debe cumplir los materiales pétreos para la elaboración de carpetas por el sistema de riegos es:

| MALLAS | CONDICIONES | 1 | 2 | 3-A | 3-B | 3-E |
|---------|------------------------------|----------|----------------------|----------|----------|----------|
| 1 1/4" | Debe pasar | 100% | | | | |
| 1" | Debe pasar | 95% min. | | | | |
| 3/4" | Debe pasar | | 100% | | | |
| 1/2" | Debe pasar Debe retenerse | | 95% min. 95% min. | 100% | | 100% |
| 3/8" | Debe pasar | | | 95% min. | 100% | 95% min. |
| 1/4" | Debe pasar Debe retenerse | | 95% min | | 95% min. | |
| Num. 4 | Debe pasar | | | | | 95% min. |
| Num. 8 | Debe pasar | | 100% | 95% min. | 95% min. | 100% |
| Num. 40 | Debe pasar | | | 100% | 100% | |

2.4.4.2. Carpetas de un riego.

El procedimiento para realizar este tipo de carpetas consiste en:

1.- Como primer paso en barrer la superficie de la base impregnada dejándola completamente libre de cualquier partícula.

2.- Se realiza un riego de material asfáltico con la cantidad determinada por el laboratorio y cubriéndola enseguida con material pétreo tipo 3-A o 3-E en la cantidad de acuerdo con el proyecto.

3.- Se rastrea y se compacta el material pétreo.

Después de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se haya adherido al material asfáltico.

2.4.4.2. Carpetas de dos riegos.

Para la ejecución de este sistema se deben seguir los pasos siguientes:

1.- Como primer paso en barrer la superficie de la base impregnada dejándola completamente libre de cualquier partícula.

2.- La superficie se riega con material asfáltico en la cantidad determinada por el laboratorio, en seguida se cubre con material pétreo tipo 3-A o 3-E con la dosificación de acuerdo al proyecto.

3.- Se rastrea y se compacta el material.

4.- Se realiza un segundo riego de material asfáltico en la cantidad determinada por el laboratorio y cubriéndola enseguida con material pétreo tipo 3-B con la dosificación de acuerdo al proyecto.

5.- Se rastrea y se compacta el material pétreo.

Después de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se haya adherido al material asfáltico.

La dosificación de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos riegos es la que se muestra en la siguiente tabla:

| CONCEPTO | DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO | |
|--------------------------------------|---|-----------------|
| I. Material pétreo | 1er. Riego | 2° Riego |
| 1) Granulometría | Número 2 | Número 3-B |
| a) Que pasa por la malla de | ½" | ¼" |
| b) Que quede retenido en la malla de | ¼" | Número 8 |
| 2) Dosificaciones (Lt/m2) | 8 - 12 | 6 - 8 |
| II. Material asfáltico | | |
| 1) Cemento asfáltico (Lt/m2) | 0.6 – 1.1 | 0.8 – 1.1 |
| 2) FR-3 | 0.8 – 1.5 | 1.1 – 1.5 |
| 3) FR 4 | 0.8 – 1.4 | 1.0 – 1.4 |
| 4) Emulsión catiónica o aniónica. | 0.8 – 1.0 | 1.0 – 1.5 |

2.4.4.3. Carpetas de tres riegos.

El procedimiento para la elaboración de este tipo de carpetas es similar a los descritos anteriormente, sin embargo, se dará una descripción de los pasos a seguir:

- 1.- Como primer paso en barrer la superficie de la base impregnada dejándola completamente libre de cualquier partícula.
- 2.- La superficie se riega con material asfáltico en la cantidad determinada por el laboratorio y cubriéndola enseguida con material pétreo número 1 con la dosificación de acuerdo con el proyecto.
- 3.- Se rastrea y se compacta dándole una pasada al material.
- 4.- Nuevamente se riega con material asfáltico con la cantidad determinada por el laboratorio y cubriéndola enseguida con material pétreo número 2 con la dosificación de acuerdo con el proyecto.
- 5.- Se rastrea y se compacta dándole dos pasadas al material.
- 6.- Pasadas seis horas se puede abrir el tramo al tránsito vehicular por no más de dos semanas.
- 7.- Una vez pasado este tiempo se procede a barrer la superficie.

8.- Se da un último riego con material asfáltico con la cantidad determinada por el laboratorio y cubriéndola enseguida con material pétreo tipo 3-B con la dosificación de acuerdo con el proyecto.

9.- Se rastrea y se compacta el material.

10.- Después de tres días se barre la superficie recolectando el material que no se haya adherido a la superficie.

Las dosificaciones que se tienen para este tipo de carpetas son:

| CONCEPTO | DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO | | |
|---|----------------------------------|---------------|------------|
| | 1er. Riego | 2° Riego | 3er. Riego |
| I. Material pétreo | | | |
| 1) Granulometría | Número 1 | Número 3 | Número 3-B |
| a) Que pasa por la malla de | 1" | ½" | ¼" |
| b) Que quede retenido en la malla de | ½" | ¼" | Número 8 |
| 2) Dosificaciones (Lt/m ²) | 20 -25 | 8 - 12 | 6 - 8 |
| II. Material asfáltico | | | |
| 1) Cemento asfáltico (Lt/m ²) | 0.6 – 1.1 | 1.0 – 1.4 | 0.7 – 1.0 |
| 2) FR-3 | 0.8 – 1.5 | 2.0 1.3 – 1.9 | 0.9 – 1.3 |
| 3) FR 4 | 0.8 – 1.4 | 1.2 – 1.8 | 0.9 – 1.2 |
| 4) Emulsión catiónica o aniónica. | 0.8 – 1.0 | 1.0 – 1.5 | 1.0 – 1.5 |

Es muy importante señalar que la compactación de las carpetas de debe realizar de las orillas hacia el centro del eje del camino en tangentes y del lado interior al exterior en curvas.

Para que una carpeta elaborada por el sistema de riegos se de por terminada es indispensable cumplir con las tolerancias siguientes.

| | |
|--|--------|
| Ancho de la carpeta del eje a la orilla. | + 5 cm |
| Pendiente transversal. | + - ½% |
| Profundidad de presiones observadas colocando una regla de 3 m de longitud paralela y normal al eje. | 1 cm |

2.4.4.4. Carpetas asfálticas de mezcla en el lugar.

Este tipo de carpetas se construyen mediante un mezclado, tendido y compactado de materiales pétreos y un material asfáltico, estos materiales son rebajados de fraguado rápido o medio, emulsiones de rompimiento medio o lento y en los riegos de liga son cementos asfálticos y rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

Para su compactación se empleará un computador neumático con un mínimo de 95% de su peso volumétrico máximo, posteriormente se empleará un compactador liso para borrar las huellas provocadas por el primero. Una vez terminada la carpeta se realiza un riego de sello cuando la permeabilidad resulte 10% mayor a la permitida.

En la actualidad el uso de este tipo de carpetas es ya poco usual en caminos debido a su corta duración, sin embargo son muy comunes en calles y estacionamientos.

2.4.4.5. Carpetas asfálticas de mezcla en caliente.

Se elaboran por medio de plantas estacionarias utilizando cementos asfálticos en caliente, estas plantas deben de tener:

- Secador de inclinación ajustable, colocado antes de las cribas, a la salida debe de tener un pirógrafo, cribas, así como dispositivos para dosificar los pétreos.
- Tolvas para almacenar material pétreo y protegerlo de la lluvia y del polvo.
- Equipo para calentar el cemento asfáltico, dosificarlo y mezclarlo así como un recolector de polvo.

El material pétreo debe calentarse y secarse para que su humedad sea inferior al 1%, así mismo la temperatura del material debe ser de entre 120° C y

160°C al momento de incorporarle el cemento asfáltico y esta misma temperatura se debe mantener al salir la mezcla de la planta.

Para el tendido de la mezcla la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda, la temperatura de la mezcla no debe ser inferior a 110°C al inicio del tendido y 85°C al término.

La mezcla debe extenderse sobre superficies secas y previamente impregnadas, sólo deberán colocarse y compactarse cuando la temperatura ambiental sea por lo menos de 10°C, sin bruma y sin lluvia.

Una vez tendido el material la compactación se inicia utilizando un rodillo tándem de dos rodillos de acero, de las orillas hacia el centro del eje del camino en tangentes y del interior hacia el exterior en curvas con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador. Es muy importante mantener húmedos los rodillos del compactador para evitar que se les adhiera del material.

La segunda compactación debe seguir tan cerca como sea posible a la primera compactación y mientras la mezcla esté aún a una temperatura tal que permita alcanzar la máxima densidad, preferentemente se realiza con rodillo neumático que alcance un mínimo de 95% del peso volumétrico máximo.

Una última compactación debe realizarse con rodillo liso tipo tándem de dos ruedas mientras el material sea suficientemente trabajable para eliminar las huellas de los rodillos neumáticos. La compactación de la mezcla debe terminarse a una temperatura de 75°C.

2.5 Materiales asfálticos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes indica en su norma N-CMT-4-05-001/05 los materiales asfálticos son los materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semi sólidos o líquidos utilizados en

estabilizaciones, riegos de impregnación, de liga y de sello, en la elaboración de carpetas asfálticas y morteros. Los materiales asfálticos se clasifican en: (ver tabla anexa).

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

| Material asfáltico | Vehículo para su aplicación | Usos más comunes |
|---------------------------|------------------------------------|--|
| Cemento asfáltico | Calor | Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elemento base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados. |
| Emulsión asfáltica | Agua | Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones |
| Asfalto rebajado | Solventes | Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas y para la impregnación de sub bases y bases hidráulicas. |

2.5.1 Cementos asfálticos.

Son asfaltos que obtenidos del proceso de destilación del petróleo, su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos pues al ser calentados se licuan lo que les permite cubrir todas las partículas del material pétreo.

Para su aplicación es necesario que se encuentren a una temperatura adecuada y son utilizados para la elaboración de carpetas de mezcla en caliente, en morteros y estabilizaciones. Es también un elemento base para la elaboración de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

A continuación se presenta una tabla de clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C.

| Clasificación | Viscosidad a 60°C Pa·s (P [1]) | Usos más comunes |
|----------------------|---|---|
| AC-5 | 50±10 (500 ± 100) | <ul style="list-style-type: none"> • En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona1. • En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones. |
| AC-10 | 100 ± 20 (1 000 ± 200) | <ul style="list-style-type: none"> • En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2. • En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen encarpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1. |
| AC-20 | 200 ± 40 (2 000 ± 400) | <ul style="list-style-type: none"> • En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona3. • En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2. |
| AC-30 | 300 ± 60 (3 000 ± 600) | <ul style="list-style-type: none"> • En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona4. • En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen encarpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4. • En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación. |

En la siguiente figura se presentan las regiones geográficas para la utilización de asfaltos clasificados según su viscosidad dinámica a 60°C (Ver tabla anterior).



2.5.2. Emulsiones asfálticas.

Están formadas por dos fases no miscibles en las que la fase continua de la emulsión está integrada por agua y la discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico.

- Emulsiones asfálticas aniónicas: Son en las que el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos.
- Emulsiones asfálticas catiónicas: Son en las que el agente emulsificante confiere polaridad electropositiva a los glóbulos.

Para su aplicación se necesita agua y son utilizadas en la elaboración de carpetas con mezcla en frío, morteros, riegos y estabilizaciones.

Las emulsiones pueden ser:

- a) Emulsiones de rompimiento rápido: Son empleadas para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos.

- b) Emulsiones de rompimiento medio: Se emplean para la elaboración de mezclas en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es menor al 2%, también son utilizadas en trabajos de conservación como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.
- c) Emulsiones de rompimiento lento: Se emplean para la elaboración de mezclas en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- d) Emulsiones superestables: Principalmente son empleadas en estabilizaciones de materiales y trabajos de recuperación de pavimentos.

La tabla siguiente muestra una clasificación de emulsiones asfálticas:

| Clasificación | Contenido de cemento asfáltico en masa (%) | Tipo | Polaridad | |
|----------------------|---|--------------------|-------------------|-------------------|
| EAR-55 | 55 | ROMPIMIENTO RAPIDO | | |
| EAR-60 | 60 | | | |
| EAM-60 | 60 | | | |
| EAM-65 | 65 | ROMPIMIENTO MEDIO | | |
| EAL-55 | 55 | ROMPIMIENTO LENTO | | |
| EAL-60 | 60 | | | |
| EAI-60 | 60 | | | PARA IMPREGNACION |
| ECR-60 | 60 | ROMPIMIENTO RAPIDO | | CATIONICA |
| ECR-65 | 65 | | | |
| ECR-70 | 70 | | | |
| ECM-65 | 65 | | ROMPIMIENTO MEDIO | |
| ECL-65 | 65 | | ROMPIMIENTO LENTO | |
| ECI-60 | 60 | | PARA IMPREGNACION | |
| ECS-60 | 60 | | SOBREESTABILIZADA | |

2.5.3. Asfaltos rebajados.

Los asfaltos rebajados son materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente y son utilizados para la elaboración de carpetas en frío y para impregnar bases y sub-bases.

Este tipo de asfaltos nunca se deben de aplicar cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, ni cuando se presente amenaza de lluvia o cuando el viento impida la aplicación del material.

Clasificación de los asfaltos rebajados:

| Clasificación | Velocidad de fraguado | Tipo de solvente |
|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| FR-3 | Rápida | Nafta, gasolina |
| FM-1 | Media | Queroseno |

2.6. Compactación de los materiales utilizados en caminos.

Mier (1987), define la compactación como el proceso mecánico que busca el mejoramiento de la resistencia, compresibilidad, y esfuerzo-deformación de los suelos. El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo que mantenga el comportamiento mecánico adecuado durante la vida útil del camino.

El contenido de agua en un suelo es de vital importancia para la compactación, pues es indispensable mantener la relación adecuada entre la humedad producida y el peso volumétrico máximo.

Existen cuatro maneras de obtener la compactación de los materiales en el campo:

2.6.1 Compactación por amasado.

En este tipo de compactación son utilizados los rodillos pata de cabra pues concentran su peso sobre la pequeña superficie de todo el conjunto de puntas lo que hace que ejerza presiones estáticas muy grandes en los puntos en donde penetra el suelo, la superficie queda deformada pero se corrige con la siguiente capa de compactación.

Es importante tener las siguientes consideraciones cuando se compacta con este tipo de equipos:

- La acción que el rodillo ejerce sobre el suelo provoca que la compactación se realice de abajo hacia arriba.
- El espesor de la capa a compactar no debe ser mucho mayor que la longitud del vástago, comúnmente esta longitud varía entre 20 cm y 25 cm y son utilizados para compactar capas de 30 cm.
- Se tiene resultados buenos de compactación en suelos finos.

2.6.2 Compactadores por presión.

Esta compactación se puede realizar por medio de rodillo liso o rodillo neumático.

A) Rodillos lisos:

- Rodillos remolcados: Están formados por dos tambores montados en un marco al que se sujetan los ejes, su peso varía entre 14 ton. Y 20 ton.
- Rodillos autopropulsados: Constan de una rueda delantera y una o dos traseras, su peso varía de 3 ton. A 13 ton, puede circular directamente o en reversa.

Estos rodillos son utilizados para la compactación de sub-rasantes, bases y carpetas de mezcla asfáltica, el efecto de su compactación se produce de arriba hacia abajo y el espesor suelto de la capa de material a compactar varía de 10 cm a 20 cm.

B) Rodillos neumáticos: Pueden ser remolcados o autopropulsados. La compactación tiene lugar por la presión que es transmitida a la capa de suelo tendida produciendo un efecto de amasado y se utilizan principalmente en suelos arenosos y limos poco plásticos.

2.6.3. Compactadotes por impacto.

Esta compactación es efectuada mediante pizones o bailarinas y su utilización es en áreas pequeñas como zanjas, desplante de cimentaciones, alcantarillas o en estribos de puentes y en donde no es posible la utilización de equipos de mayores dimensiones por razones de espacio o de peso excesivo.

2.6.4. Compactadotes por vibración.

La frecuencia de la vibración influye de gran manera en el proceso de compactación. La ventaja principal en la vibración está en la posibilidad de trabajar en capas de mayor espesor que con otro tipo de compactadotes pues se pueden compactar capas de hasta 1.20 m con la utilización de rodillos muy pesados.

La recomendación principal para tener una buena compactación es conocer el tipo de material a compactar realizando un buen recorrido por la línea del tramo y realizando muestreos o el análisis de los bancos de materiales empleados para la construcción del camino, debiendo hacer las pruebas de laboratorio necesarias tales como la humedad del suelo en el campo, las curvas de compactación, las características de expansión y contracción por secado del suelo.

2.7. Control de laboratorio.

De acuerdo con las formativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la verificación de la calidad durante la construcción de un camino es el conjunto de actividades que permiten corroborar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones del proyecto, ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno y comprobar el programa detallado de control de calidad, así como tener una buena verificación de los materiales y equipos de instalación permanentes utilizados en la ejecución comparándolas con las especificadas en el proyecto y determinar si el procedimiento de producción o el proceso constructivo se está realizando correctamente. Estas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, etc.

Antes de iniciar la obra se tendrá que contar en campo con un programa de control de calidad técnicamente factible, aceptable y congruente con la ejecución de los trabajos y deberán realizarse diariamente y posteriormente un resumen mensual de estas actividades. Las pruebas más comunes que se realizan son:

2.7.1. Pruebas en rocas.

Se deben realizar pruebas en las rocas como son:

- Humedad actual.
- Peso volumétrico.
- Absorción.
- Gravedad específica.
- Compresión simple.

2.7.2. Pruebas a los agregados pétreos.

La norma referente a la calidad (CAL) de la SCT señala como pruebas más comunes a efectuar a los agregados pétreos las siguientes:

- Cuarteo de gravas y arenas.
- Contenido total de humedad por secado.
- Masa específica y absorción de agua del agregado fino.
- Masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
- Modulo de finura de los agregados.
- Resistencia a la abrasión del agregado grueso o desgaste de los Ángeles.

2.7.3. Pruebas de compactación.

Las pruebas mínimas necesarias son:

- Prueba Proctor estándar.
- Pruebe Proctor modificada.
- Prueba Porter.

2.7.4. Muestreos para materiales asfálticos, aditivos y mezclas.

La norma M-MMP-4-05-006/04 de la SCT señala las pruebas a realizar en estos materiales y son:

- Viscosidad.
- Penetración.
- Punto de inflamación (prueba Cleveland).
- Solubilidad.
- Punto de reblandecimiento.
- Ductilidad.
- Destilación.
- Cubrimiento de agregados.
- Miscibilidad.
- Carga eléctrica de las partículas.
- Demulsibilidad.

Al final de la ejecución de la obra se realizará un informe final que contendrá como mínimo los objetivos, alcances y descripción de los trabajos ejecutados desde el inicio para el control de calidad, las cartas de control para las mediciones y pruebas realizadas, los resultados de otros análisis estadísticos efectuados para toda la obra, el dictamen que certifique que la obra se ejecutó de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de medición permanente, de los acabados y tolerancias geométricas especificadas en el proyecto así como un informe fotográfico de los aspectos más relevantes de la obra terminada.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental el obtener toda la información referente a la ubicación, características geométricas del lugar, la estructura actual del pavimento y la superficie de rodamiento, así como de los elementos del entorno que intervienen en el funcionamiento y operación del camino en cuestión.

3.1. Generalidades.

Una vez obtenida la información antes descrita se procederá al análisis dando como resultado las recomendaciones y procedimientos constructivos necesarios para su implementación, con el propósito de brindar un camino más seguro a los usuarios que a diario transitan por este tramo.

3.2. Ubicación geográfica.

El estado de Michoacán de Ocampo se sitúa hacia la porción centro – oeste de la República mexicana, se localiza entre las coordenadas 20° 03´ 32” y 17° 53´ 50” de la latitud norte y entre 100° 03´ 32” y 103° 44´ 49” de longitud oeste del meridiano de Greenwich, la superficie territorial del estado es de 58,585 Km², que representa el 3% de la superficie total del país lo que le da el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México.

Limita al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero. (Ver fig. 3.1)



Fig. 3.1. Mapa de la República Mexicana

La capital del estado de Michoacán de Ocampo es Morelia, su división política consta de ciento trece municipios.

La zona en estudio se localiza en el municipio de Queréndaro al norte del estado, en las coordenadas $19^{\circ} 48' 00''$ de latitud norte y $100^{\circ} 53' 00''$ de longitud oeste, con una altura de 1, 840 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con el municipio de Santa Ana Maya y el estado de Guanajuato, al este con el municipio de Zinapécuaro, al sur con al municipio de Ciudad Hidalgo, y al Oeste con Indaparapeo y Álvaro Obregón.

El municipio de Queréndaro se comunica por la carretera federal libre de peaje número 126, su distancia a la capital del estado es de 35 Km, , comunica a sus comunidades por caminos de terracería. (Ver fig. 3.2)



Fig. 3.2 Mapa del estado de Michoacán.

De acuerdo a la ruta número 126, el tramo “T” Zinapécuaro – Morelia, objeto del presente estudio se localiza del km 141+000 al km 151+000, conforme con la clasificación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de acuerdo sus condiciones geométricas actuales se trata de un camino tipo “C” con un ancho de corona de 7.00 m y fue proyectado para una velocidad de 60 Km/hr

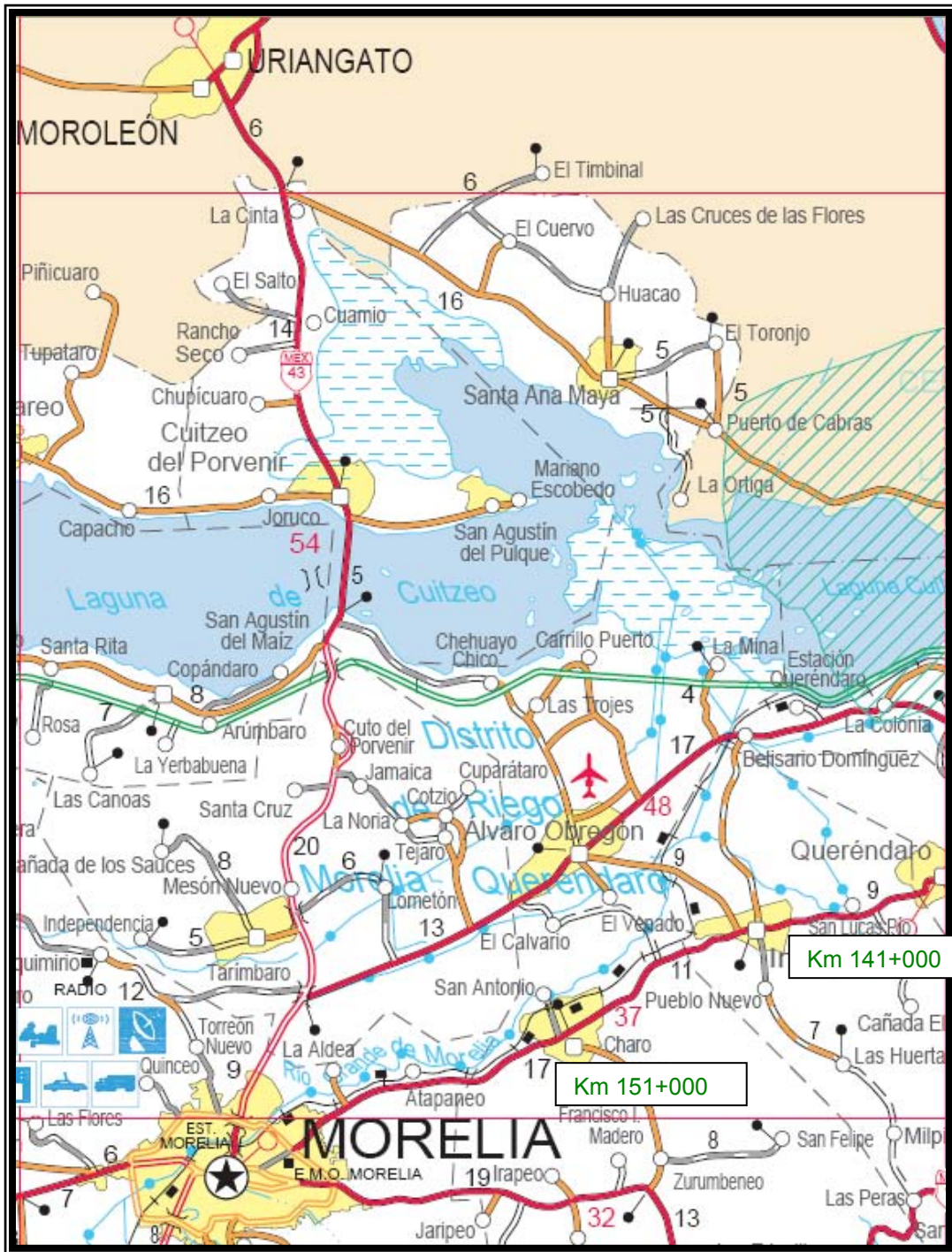


Fig. 3.3 Ubicación del tramo “T” Zinapécuaro- Morelia, del Km 141+000 al Km 151+000.

3.3. Características geográficas de la región.

3.3.1. Morfología.

La morfología estudia los rasgos propios de la superficie, de esta manera podemos definir y analiza las principales características del tramo en estudio.

- **Estratigrafía:** Las rocas más antiguas identificadas en esta provincia corresponden a una secuencia de rocas volcánicas andesíticas, sedimentarias, calcáreo – arcillosas y areniscas. Algunos depósitos lacustres del Plioceno – Cuaternario han sido parcialmente cubiertos por derrames de roca basálticas, producto de la actividad volcánica reciente.
- **Geología económica:** Los distritos mineros más importantes que tiene Michoacán en esta provincia se localizan en Angangueo y Tlalpujahua, éste actualmente está inactivo pero llegó a ser junto con El Oro, en el estado de México el máximo productor aurífero del país.

En esta misma región se localiza el potencial geotérmico, destacándose el campo de Los Azufres. Los sistemas geotérmicos permiten el escape temporal de fluidos calientes a lo largo de planos de falla, producidos por diversos movimientos tectónicos.

Así mismo, en la parte oriente del lago de Cuitzeo y en las localidades de Araró y Queréndaro, se encuentran manifestaciones hidrotermales de consideración, en su mayoría, localizados cerca de la traza de la falla regional que pasa por Queréndaro, san Bartolomé, Coro y Zimirao.

- **Características y uso del suelo:** Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario y plioceno, corresponden principalmente a los tipos podzódico y de pradera. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero. (Ver Fig. 3.3.1.a)

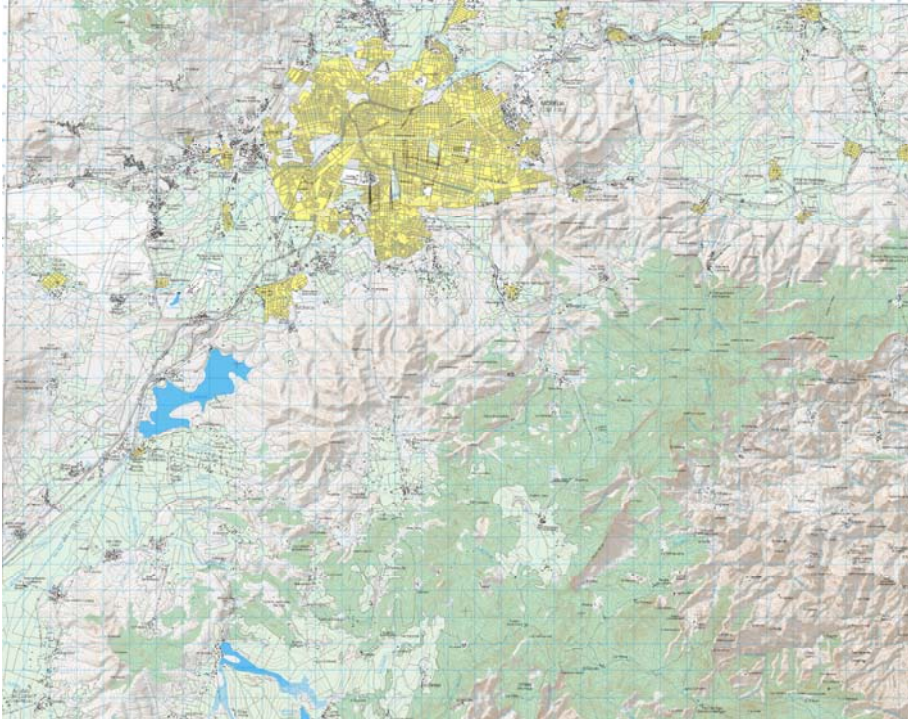


Fig. 3.4 Mapa tectónico de la zona Morelia y Queréndaro

Es importante señalar que con estas características morfológicas de la zona se tiene la existencia de un banco de materiales ubicado aproximadamente a 4.6 Km lado izquierdo de acuerdo al sentido del cadenamiento del tramo (ver fig. 3.3.1.b) y con base a estudios realizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es adecuado para la formación del cuerpo del terraplén, capas de sub-yacente y sub-rasante, base y sub-base, pues se trata de un material de grava limosa no plástica de compacta a muy compacta, poco húmeda y de color café amarillento (GM).



BANCO LOS NARANJOS, UBICACIÓN: CARRETERA “ZINAPÉCUARO - MORELIA”, Km 141+600 DESVIACIÓN IZQUIERDA = 4600 M.

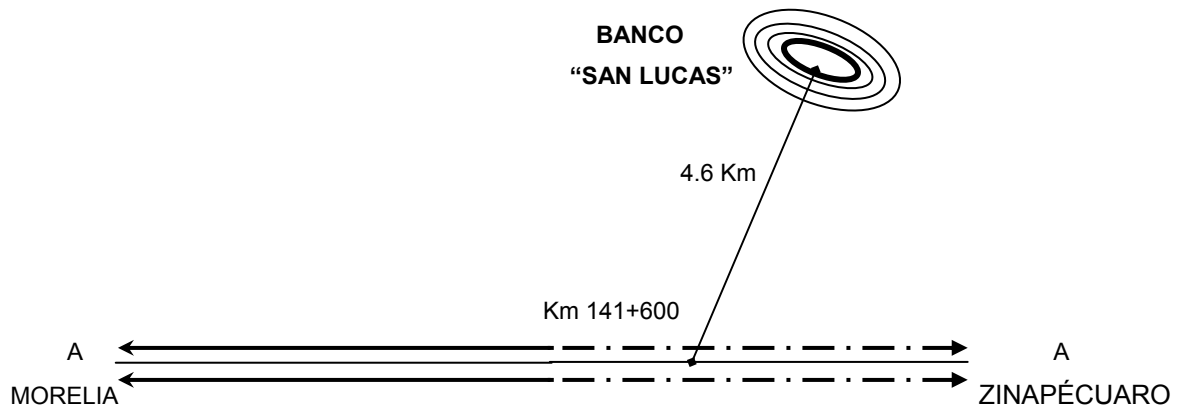


Fig. 3.5

3.3.2. Hidrología.

En el estado de Michoacán se presenta una red fluvial de gran consideración, que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas; por otra parte los ríos de la región de Arteaga y Coalcomán no tienen ninguno principal ya que desembocan directamente en el Océano Pacífico y por último la pequeña red interna representada por los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.

Tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica del Norte, Centro y Sur, además del sistema fluvial costanero, son los que se encuentran en la entidad.

El tramo en estudio se localiza en la región hidrológica Lerma – Santiago, dentro de la cuenca Lago de Pátzcuaro – Cuitzeo y Laguna de Yuriria.

La hidrografía del municipio de Queréndaro se constituye por los ríos Queréndaro y Otzumatlán, la laguna de Cuitzeo y los arroyos El Peral, Pocitos y Las Pilas. Además forma parte del distrito de riego Morelia – Queréndaro.

3.3.3. Topografía.

A lo largo del trazo del camino encontramos terreno montañoso, dentro del municipio de Queréndaro el relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, la sierra de Otzumatlán o Mil Cumbres, los cerros Blanco, Peña, Rajada y Calvario y los valles de Queréndaro.

3.3.4. Climatología.

La distribución climática en Michoacán está estrechamente relacionada a tres factores geográficos que son: los contrastes altimétricos del relieve, la presencia de una serie de cadenas montañosas que se alinean paralelas a la costa y que actúan como barrera orográfica, y su cercanía al mar, la cual se deja sentir en forma de vientos húmedos que penetran al continente y provocan abundantes precipitaciones.

En la entidad se registran una gama de climas que incluye desde los más cálidos del país, en la región de Tepalcatepec, hasta los semifríos de las zonas altas de la Meseta Tarasca y de Mil Cumbres. Aunque se presentan climas secos, semisecos y templados relativamente húmedos, el régimen de humedad predominante es el sub – húmedo con lluvias en verano y una estación invernal seca bien definida.

En el municipio de Queréndaro el clima es templado, con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,165 mm y temperaturas que oscilan de 4.9° a 37 °C.

3.4. Fases de estudio.

El objetivo del tramo en estudio es presentar de la alternativa de solución más viable que permita el desarrollo económico del municipio de Queréndaro, además de brindar caminos con mejores especificaciones técnicas ofreciendo acceso a poblados importantes dentro de la región, para esto se efectuó el reconocimiento del camino, obteniendo los datos más relevantes que se encontraron en el tramo y apoyándose en planos, datos de construcción y documentos de la licitación de obra, como son el catálogo de conceptos, el programa de ejecución, trabajos por ejecutar, aforos vehiculares y especificaciones técnicas, algunos de ellos son datos que ha proporcionado la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Así mismo se han consultado normas técnicas, para proyecto de obras, construcción, ejecución, calidad de los materiales, etc. y manuales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

También ha sido necesaria la aplicación de programas de software como Excel, Word, Autocad, Opus, sobre los cuales se ha concentrado toda la información requerida y necesaria para la integración de la presente investigación.

3.5. Informe fotográfico.

En este capítulo se dará un panorama descriptivo por medio de fotografías mediante las cuales se ilustra las condiciones actuales del camino, tomando en cuenta la superficie de rodamiento, el señalamiento vertical y horizontal, las obras de drenaje, tipos de vehículos que transitan, la vegetación existente, etc.



En esta fotografía se aprecia las condiciones actuales del pavimento el cual se observa en buenas condiciones, no así el señalamiento horizontal y vertical, el ancho de corona es reducido, el tipo de vegetación es pastizal y no se visualiza la existencia de alguna obra de drenaje.

Fig. 3.6 Km 141+000 vista hacia Morelia.

Fig. 3.7 Km 144+500 vista hacia Morelia.

En esta imagen se aprecia que la superficie de rodamiento es aceptable, en cambio el señalamiento horizontal y vertical es deficiente, existe presencia de agua debido a la falta de cunetas, la vegetación puede ocasionar una mala



visibilidad, el grado de curvatura no representa mayor problema para la conducción de los vehículos que transitan, así mismo se observa que existen poblaciones a lo largo del tramo en estudio.



Al igual que las imágenes anteriores, la carpeta asfáltica es adecuada pero al ancho de corona es limitado. El señalamiento horizontal no existe, en cambio el vertical es apropiado, no existen cunetas y la vegetación no causa problema alguno.

Fig. 3.8 Km 151+000 vista hacia Zinapécuaro.

Fig. 3.9 Km 150+500 vista hacia Morelia.

La sección estructural del camino está integrada por sub-base hidráulica de 15 cm, base hidráulica de 15 cm y una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm, elementos necesarios para la conformación de una vía terrestre, con lo cual se puede dar una idea de que el problema en este tramo no es la superficie de rodamiento sino el ancho de corona, que actualmente es de 7.00 m, pues resulta insuficiente para los camiones de carga y lento para los vehículos ligeros que a diario transitan por esta rúa.



Fig. 3.10 Km 150+100 vista hacia Zinapécuaro.



Fig. 3.11 Km 146+600 vista hacia Morelia.



Fig 3.12 Km 142+300 vista hacia Morelia.

En las fotografías 3.10, 3.11 y 3.12, se aprecia el tipo de obras drenaje que existen a lo largo del tramo en estudio como son: cunetas, alcantarillas y puentes, se puede decir que se encuentran en buenas condiciones y que cumplen con el objetivo para lo cual fueron diseñados, aunque en el caso de las primeras resultan un tanto insuficientes pues en algunos puntos importantes del camino no existen, tal y como se puede observar en las imágenes 3.7 y 3.8.



Fig. 3.13 Km 144+550 vista hacia Zinapécuaro.



Fig. 3.14 Km 144+650 vista hacia Morelia.



Fig. 3.15 Km 148+400 vista hacia Zinapécuaro.

Las imágenes 3.13, 3.14 y 3.15, muestran el tipo de tránsito que circula por esta vía lo que nos da una visión más clara del flujo vehicular que tiene que soportar el camino, por otra parte también se observa que existen algunos obstáculos tales como reductores de velocidad que en vez de dar fluidez ocasiona congestionamiento y peligro pues pueden provocar algún accidente vial por alcance.

3.6. Estudio de tránsito.

De acuerdo con estudios realizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el año 2007, el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) se presenta conforme a los aforos obtenidos durante los meses de febrero - abril y se muestran en la siguiente tabla:

| TIPO DE VEHICULO | DENOMINACIÓN | PERIODO | | |
|----------------------|---|---------|-------|-------|
| | | FEBRERO | MARZO | ABRIL |
| A 2 | Automóvil | 7986 | 7396 | 8347 |
| A'2 Y C 2 | Camión ligero y Camión de 2 ejes | 564 | 623 | 514 |
| B 2 | Autobús de 2 ejes | 328 | 302 | 274 |
| C 3 | Camión de 3 ejes | 228 | 273 | 337 |
| T3 - S2 | Tractor de 3 ejes con semiremolque | 168 | 181 | 173 |
| T3 - S2 - R3 | Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque | 14 | 38 | 24 |
| T O T A L E S | | 9288 | 8813 | 9669 |

Con estos datos es fácil apreciar que el aforo es considerable y que el nivel de servicio del camino ha sido rebasado resultando insuficiente para los vehículos que transitan a diario por la zona, lo que ocasiona incomodidad e inseguridad para los usuarios, por tal motivo es indispensable la realización del presente proyecto.

3.7. Propuestas de solución.

- a) **Alternativa I:** En esta propuesta se propone llevar a cabo una mejora sustancial en cuanto a los señalamientos horizontal vertical así como a las condiciones geométricas que presenta actualmente el tramo en estudio como son el mejoramiento geométrico de los entronques ubicados en los Km 142+940, 143+600 y 144+480, de tal forma que estos entronques se integren con un camellón de 5.00 M de ancho con lo cual se canalizarían de manera ordenada los movimientos vehiculares más importantes.

- b) **Alternativa II:** En esta alternativa se propone corregir las condiciones geométricas actuales para que de un camino tipo “C” de 7.00 M de ancho de corona como se encuentra actualmente pase a un tipo “B” con un ancho de corona de 9.00 M, la ampliación se propone llevar a cabo del Km 141+000 al Km 144+800 hacia el lado derecho y del Km 144+480 al Km 151+000 efectuarla del lado izquierdo, incluyendo el alineamiento horizontal, las curvas compuestas con transiciones, sobreelevaciones y ampliaciones adecuadas.

- c) **Alternativa III:** Esta propuesta será bajo las mismas condiciones que la Alternativa II, la diferencia estriba en el ancho de corona que para este caso se recomienda de 12.00 M.

De acuerdo con las alternativas sugeridas y de conformidad con el tipo de camino y a cuestiones económicas, la propuesta de solución más adecuada es la Alternativa II.

En cuestión del pavimento la alternativa de solución surge del diseño de los espesores del refuerzo del pavimento, para una vida útil de 15 años, mediante la aplicación del método AASHTO 1993, el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Método del Instituto Norteamericano del Asfalto.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se explicará la metodología de investigación, el método utilizado, sus enfoques, alcances, diseño, instrumentos y recopilación de datos sobre la cual se basa el desarrollo de esta tesis.

4.1. Método empleado.

De acuerdo con Hernández Sampieri (2005), existen varios métodos de investigación, sin embargo, y de acuerdo con el tipo de trabajo realizado en la presente tesis, el método utilizado para este caso es el método matemático cuantitativo el cual se analizará brevemente en este capítulo.

4.1.1. Método matemático.

Mendieta Alatorre (2005), explica que el método matemático es el genético que indica el origen del objeto. Las investigaciones en las cuales se advierten matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de unos factores por otros.

En la vida diaria podemos ver la aplicación de métodos matemáticos, por ejemplo, en la dosificación de algún medicamento, en la distribución de impuestos, en la aplicación de penas judiciales, etc.

4.2. Enfoque de la investigación.

La presente investigación se ha analizado mediante un enfoque cuantitativo, pues nos ofrece la posibilidad de generar resultados, así mismo brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos además de que facilita la comparación entre estudios similares. Estos métodos han sido los más usados por las llamadas ciencias exactas.

El método cuantitativo permite llevar acabo el presente estudio, pues se presentan cálculos matemáticos para analizar el proceso constructivo, comparándose con trabajos similares realizados en otros proyectos, mismo que han analizado datos estadísticos sobre el volumen de vehículos que transitan sobre el tramo en estudio y, por último, se ha enriquecido con la experiencia de ingenieros civiles afines a las vías terrestres por medio de sus trabajos realizados y plasmados en textos.

4.2.1. Alcances.

El alcance de esta investigación es descriptiva, pues el propósito principal consiste en describir situaciones, eventos y hechos, es decir, cómo se manifiestan y determinan ciertos fenómenos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y perfiles importantes de cualquier fenómeno que se someta a un análisis, miden evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

En la presente tesis se ha partido de un proyecto ya definido de acuerdo con normas y especificaciones bien fundamentadas con el objetivo de analizar la correcta ejecución de los trabajos y sacar conclusiones, análisis y comparar estos con obras similares.

Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

4.3. Diseño de la investigación.

Basándose en Sampieri (2004), el diseño de una investigación, la presente tesis se puede clasificar como *no experimental* y de diseño *transversal* o *transaccional*, pues se centra en los siguientes puntos:

- a) Analizar el nivel o estadio de una o diversas variables dadas.
- b) Evaluar una situación, evento, fenómeno o contexto en un tiempo.
- c) Determinar la relación entre un conjunto de variables en un momento.

Por otro lado, existen otro tipo de investigaciones llamadas longitudinal cuando se centra en:

- a) Estudiar la evolución de una o más variables.
- b) Analizar los cambios a través del tiempo.

4.3.1. Investigación transversal o transeccional.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación se clasifica como transversal, pues recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, describiendo variables y analizando su incidencia e interrelación en un momento dado; es decir, que es como tomar una fotografía de algo que sucede, tal es el caso de evaluar el estado actual del tramo: “T” Zinapécuaro – Morelia.

Los diseños transversales se dividen en tres:

- Exploratorios.
- Descriptivos.
- Correlacionales casuales.
-

En este caso se trata de un *diseño transeccional descriptivo*, pues tiene como objetivo indagar de una o mas variables, proporcionar una visión de una comunidad, un evento, un contexto, un fenómeno o una situación, en general el procedimiento consiste en medir o ubicar fenómenos dentro de un concepto y proporcionar su descripción. También son estudios descriptivos cuando se establecen hipótesis.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

Continuando con Sampieri (2004), Cada día es más común realizar estudios donde se utilizan distintos métodos de recolección de datos, como es el caso de los estudios cuantitativos, pues frecuentemente incluyen al mismo tiempo cuestionarios, pruebas estandarizadas y recopilación de contenidos para análisis estadísticos.

La recolección de datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos de instrumentos disponibles o desarrollarlos, tanto cuantitativos como cualitativos.
- b) Aplicar los instrumentos.
- c) Preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para su análisis.

En el enfoque cuantitativo, recolectar datos es equivalente a medir, medir es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, mediante la clasificación o cuantificación de las variables contenidas en la hipótesis.

Cualquier instrumento de recolección de datos debe cubrir dos requisitos:

- a) Confiabilidad cuantitativa, se refiere en que la aplicación repetida de un instrumento de medición produce iguales resultados.
- b) La validez cuantitativa que se refiere al grado en que un instrumento mide.

No hay medición perfecta, pero debe reducirse a límites permisibles. Los pasos para la elaboración de un instrumento de medición son:

- a) Listar la variable a seguir.
- b) Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
- c) Elegir uno ya desarrollado o construir uno propio.
- d) Indicar niveles de medición de las variables.
- e) Indicar como se codificarán los datos.
- f) Aplicar prueba piloto.
- g) Construir su versión definitiva.

Las respuestas a un instrumento de medición se codifican e implica:

- a) Codificar los instrumentos no codificados.
- b) Elaborar el libro de códigos.
- c) Efectuar físicamente la recolección.
- d) Grabar y guardar los datos en un archivo permanente.

Bajo estos términos en la investigación realizada es necesario la recopilación de datos cuantitativos confiables para su correcta aplicación, así como el apoyo de programas computacionales tales como Autocad, Excel, Word, Opus para obtener el resultado al que se pretende llegar.

4.5. Descripción del procedimiento de investigación.

Para la realización de la investigación es necesario describir brevemente e como se llevó acabo el procedimiento para su integración:

- a) Selección del tema de investigación.
- b) Ubicación del tramo objeto de estudio.
- c) Recopilación de datos teóricos y prácticos.
- d) Establecimiento del tipo de metodología de investigación a utilizar.
- e) Captura de datos con apoyo de programas de computo.
- f) Revisión de datos obtenidos.

Estos pasos han sido muy importantes para no desviar la investigación hacia otro rumbo y llegar a los resultados que en un principio se han planteado con el firme objetivo de realizar un trabajo adecuado y que sirva como material de apoyo para futuros proyectos similares al presente.

Como resumen a este capítulo se puede decir que la presente investigación se ha realizado por el *método científico – matemático*, mediante un *enfoque cuantitativo*, con un *alcance descriptivo*, de diseño *no experimental transeccional* y los instrumentos para la recopilación de datos fueron las *observaciones, investigaciones documentales y de campo* así como el uso de *programas computacionales* para realizar los cálculos respectivos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las obras objeto de este proyecto comprenden la construcción de terracerías, pavimentos, drenaje y limpieza de las obras de drenaje existentes, colocación del señalamiento horizontal y vertical necesario, siguiendo las normas y lineamientos que establece la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, que en términos generales se describen más adelante.

Así mismo y con objeto de no interrumpir la circulación de los vehículos que transitan por esta vialidad, se deberá trabajar por alas en forma alternada, colocando señalamiento vertical de protección de obra para encausar el tráfico de manera adecuada evitando al máximo cualquier incidente y de acuerdo a lo indicado en la norma N.CTR.CAR.1.07.016/00 referente al señalamiento y dispositivos para protección de obras.

Todos los procedimientos aquí propuestos, especificaciones, y normas a que se hace referencia, corresponden a la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, N.CTR.CAR.1.01, N.CTR.CAR.1.02, N.CTR.CAR.1.03, N.CTR.CAR.1.04, y N.CTR.CAR.1.07.

5.1. Proceso constructivo de terracerías.

En las zonas en donde exista ampliación de la corona, se recortarán escalones de liga con ancho de 3.0 M y altura máxima de 1.0 M. Posteriormente se procederá a efectuar el relleno con material de banco para terracerías, en capas no mayores de 30 CM, compactadas al 90% hasta el nivel de cuerpo de terraplén y al 95% de su P.V.S.M. (Peso Volumétrico Seco Medio) de la prueba AASHTO estándar para la capa subrasante, de manera que se logre obtener una buena liga entre el material que se utilice y el terraplén existente.

Los trabajos de la construcción de las terracerías en los subtramos de modificación del trazo serán indicados con el desmonte en el área limitada por los ceros de las secciones de construcción, talando los árboles y retirando los tocones. En una franja de 1.0 M adyacente a la línea de ceros es necesario talar los árboles sin retirar los tocones.

Se despalmará el área comprendida entre la línea de ceros, con los espesores variables, el material producto de despalme se colocará fuera de la línea de ceros, de manera que pueda ser utilizado en el arroje de taludes.



Fig. 5.1 Despалme y desmonte del terreno

La superficie descubierta se compactará al 90% como mínimo, en un espesor menor de 30 cm y de acuerdo a su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar.

El cuerpo del terraplén se construirá de acuerdo con lo indicado en los diagramas de curva masa representados en los planos correspondientes, sea con material producto de los cortes o con material producto de préstamo de banco para terracerías, formándose con capas horizontales y de espesor adecuado al equipo de construcción, de manera que se logre el 90% de compactación de su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar.



Fig. 5.2 Formación del cuerpo del terraplén

Sobre la superficie del cuerpo de terraplén, debidamente afinado y tratado, se construirá la capa subrasante con material producto de los cortes o con material de préstamo de banco, en capas con un espesor de 30 cm de manera que se logre el 95% de compactación de su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar, formadas con partículas no mayores 75 mm eliminando por papeo las que sí sean mayores.

Para dar por terminada la construcción del terraplén, se verificará su tendido y conformación de acuerdo a lo establecido en la cláusula G.3 de la norma N.CTR.CAR.1.01.009/00.



Fig. 5.3 Formación de la capa subrasante.

5.2. Obras de Drenaje.

Anticipadamente a la ejecución de los trabajos correspondientes a las terracerías, se prolongarán, reconstruirán y/o construirán los elementos de las obras de drenaje que se indican a continuación, de acuerdo con lo que fije el proyecto.

La excavación podrá realizarse a mano o con maquinaria. El ancho de la excavación será igual al claro o diámetro de la obra más 0.25 M.

Para el caso de los tubos de concreto o de lámina cuando la profundidad de la excavación alcance el nivel requerido, una vez afinados los taludes, se colocará la cama de arena con un espesor de 10 cm.

La instalación del tubo o de la losa, se hará de aguas abajo hacia aguas arriba, al colocarse los tubos deberán sellarse las juntas con mortero de cemento-arena en proporción 1:5, para formar ductos firmes y sin filtraciones y con superficie interior lisa y uniforme.

Se deberán tomar todas las precauciones en la fabricación, manejo y colocación de los tubos para evitar que estos sean dañados.

No deberán colocarse tubos agrietados o aquellos despostillados que a juicio de la Dependencia no permita la unión de una exacta de una junta.

Para el caso de las losas construidas mediante estribos de mampostería y losas de concreto armado, no deberán colocarse varillas oxidadas o aquellas que a juicio de la Dependencia no permita la construcción adecuada de estas.

El relleno de la cepa se hará con material producto de la excavación en capas no mayores de 30 cm colocando la primera capa a mano y compactando cuidadosamente.



Fig. 5.4 Construcción de alcantarilla tipo losa.

El material sobrante producto de la excavación que no sea utilizado en el relleno, será retirado de la obra en el lugar que la Dependencia lo señale.

5.3. Pavimentos.

Una vez concluidos los trabajos de terracerías y las obras de drenaje menor en la ampliación del cuerpo actual, se construirá las capas que integran el pavimento, como a continuación se indica:

5.3.1. Sub-base hidráulica.

Concluida la construcción de la capa subrasante y previa autorización de la Dependencia en todo lo ancho de la ampliación y de acuerdo con la sección de proyecto, se construirá la capa de sub-base hidráulica con materiales del banco “Los Naranjos”, ubicación: carretera “Zinapécuaro - Morelia”, km 141+600 desviación izquierda = 4,600 M, con un espesor de 15 cm.



Fig. 5.5 Formación y compactación de la sub-base

Iniciado el tendido de la sub-base, se darán riegos suficientes de agua durante el tiempo que dure la compactación con objeto de compensar la pérdida de humedad por evaporación teniendo especial cuidado en los equipos de compactación con el fin de obtener el 95% de su P.V.S.M. de la prueba AASHTO modificada.

5.3.2. Base hidráulica.

Concluida la construcción de la capa sub-base hidráulica y previa autorización de la Dependencia, se iniciará la construcción de la base hidráulica de acuerdo con la norma N-CTR-1-04-002/00 en todo lo ancho de la ampliación y de acuerdo con la sección de proyecto con materiales del banco “Los Naranjos”, con un espesor de 15 cm, utilizando agregados pétreos con tamaños máximos de 38 mm (1 ½”) compactada al 100% de su P.V.S.M. de la prueba AASHTO modificada debiendo incorporar agua suficiente por medio de riegos hasta alcanzar la humedad óptima necesaria para su compactación, cuidando que no se separe el material fino del grueso para evitar la clasificación de este.

Es importante mencionar que la compactación se realizará con rodillo vibratorio, en tangentes el proceso se realiza de la orilla del camino hacia el centro mientras que en curvas de la parte interior hacia la parte exterior. Una vez

terminada la operación de construcción de la base hidráulica a satisfacción de la Dependencia, se procederá a ejecutar el barrido de la superficie en todo lo ancho.



Fig. 5.6 Base hidráulica terminada.

5.3.3. Riego de impregnación.

Concluida la realización de la base hidráulica y aceptada por la Dependencia, se realizará el riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento ECI-45 en proporción de 1.8 lt/m². y de acuerdo con la norma N-CTR-1-04-002/00 con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre la base hidráulica y la carpeta asfáltica. Este proceso deberá realizarse antes de que se deteriore la superficie o pierda humedad por evaporación debiendo estar limpia y libre de polvo, grasa o encharcamientos, sin irregularidades ni baches.

El riego de impregnación no se aplicará cuando la superficie se encuentre mojada ni cuando exista la amenaza de lluvia, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de la emulsión sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar esté por debajo de los 15°C.

La impregnación sobre la base hidráulica deberá penetrar 4 mm y si por necesidades de circulación de vehículos es necesario el paso de estos sobre la

superficie se deberá realizar un poreo de arena fina después de haber fraguado la emulsión a razón de 3 a 5 lt/m².



Fig. 5.7 Elaboración del riego de impregnación.

5.3.4. Riego de liga.

El riego de liga se aplicará previa autorización de la Dependencia, de acuerdo con la norma N-CTR-1-04-005/00 y una vez fraguado el riego de impregnación que permite la adherencia adecuada entre el suelo de la base y la carpeta, procediendo antes al barrido de la superficie con la finalidad de eliminar el polvo y materias extrañas y con emulsión catiónica de rompimiento rápido ECR-60, en una proporción de 0.05 lt/m²

El riego de liga no se aplicará cuando la superficie se encuentre mojada ni cuando exista la amenaza de lluvia, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de la emulsión sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar esté por debajo de los 15°C.



Fig. 5.8 Elaboración del riego de liga.

5.3.4. Carpeta de concreto asfáltico.

Una vez que el producto asfáltico del riego de liga tenga la consistencia debida, y previa autorización de la Dependencia, se procederá a la construcción de la carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor conforme a lo indicado en la norma N-CTR-1-04-006/00, iniciando previamente con el barrido de la superficie y compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado por el laboratorio con la prueba Marshall. El concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando producto AC-20 a una temperatura entre 130°C y 160°C .

El material pétreo a utilizar para la elaboración de la carpeta asfáltica será triturado de tamaño máximo de 19 mm (3/4”) con material procedente del banco denominado como “Trituraciones SUPRA” (Ver croquis de localización anexo).

La mezcla asfáltica deberá llegar al lugar a una temperatura de entre 115°C y 125°C, una vez aplicado el riego de liga y en cuanto el proceso de rompimiento de la emulsión haya concluido, se extenderá con máquina finisher , teniendo el volumen necesario de concreto asfáltico elaborado en caliente, se deberá contar además con una cuadrilla de rastrilleros que aseguren una textura conveniente en la superficie y que borren las juntas longitudinales entre franjas.

Terminado el tendido de la carpeta se iniciará una vez que la mezcla tenga una temperatura del orden de 110°C el proceso de compactación siendo de las orillas hacia adentro en tangentes y del interior al exterior en curvas, teniendo un traslape de la mitad del ancho del compactador en cada pasada con un rodillo liso ligero tipo tandem de 4 a 6 toneladas para lograr el acomodo de las partículas; posteriormente se compactará con el compactador neumático y finalmente con rodillo liso tipo tándem con un peso de entre 8 y 10 toneladas que borrarán las huellas dejadas por el neumático.

Al terminar el proceso de compactación, la mezcla debe tener cuando menos una temperatura de 70°C y un espesor de 5 cm. En ningún momento se tenderá la carpeta asfáltica sobre charcos de agua, ni se programará cuando exista amenaza de lluvia ni cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 15°C.



Fig.5.9 Elaboración y tendido de la carpeta asfáltica con finisher.

5.3.5. Diseño del pavimento.

De acuerdo con el aforo de variación horaria realizado en el tramo en estudio, los manuales de datos viales y el método de la UNAM para el diseño de pavimentos, se consideraron los siguientes parámetros:

$$\text{TDPA} = 9,442 \text{ veh/día}$$

Tasa de crecimiento anual (i) = 2.00 %

| Clasificación Vehicular | |
|--|--------|
| Automóviles A) | 78.95% |
| Autobuses (B) | 7.10% |
| Camión dos ejes (C2) | 4.05% |
| Camión tres ejes (C3) | 3.90% |
| Articulado cinco ejes (T3-S2) | 1.35% |
| Articulado seis ejes (T3-S3) | 2.30% |
| Articulado doble ocho ejes (T3-S2-R3) | 1.90% |
| Articulado doble nueve ejes (T3-S2-R4) | 0.45% |

Método U.N.A.M.

El método busca el número de aplicaciones de carga estándar de acuerdo con los ejes equivalentes de diseño (8.2 ton por eje).

Este método considera datos básicos como:

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de carretera | : A2 |
| Número de carriles | : 2 |
| Vida útil de proyecto | : 15 años |
| Tránsito diario promedio anual | : 9,442 veh/día |
| Tasa de crecimiento anual | : 2.00% |
| Clasificación vehicular | : A = 78.95%, B = 7.10%, C = 13.95% |

Con las calidades de los materiales de los bancos de préstamo de tercercerías y pavimento se calcula el VRSc lo mismo para en terreno natural.

En el proyecto se utilizaron $VRS_c = 109.71$ para subrasante y $VRS_c = 108.23$ para base hidráulica.

C_D número de vehículos en el carril de proyecto = **0.50**

C_T coeficiente de acumulación del tránsito = **6,312**

Con estos datos se obtiene un total de ejes equivalentes de:

| Carpeta | Base | Sub-base | Subrasante |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\Sigma L = 22,086,072$ | $\Sigma L = 17,966,410$ | $\Sigma L = 18,413,190$ | $\Sigma L = 22,148,630$ |

Ayudándonos con la gráfica para el diseño estructural de carreteras con un nivel de confianza de $Q_u = 0.90$ y con la ecuación:

$$VRS_z \geq VRS_o [1.5]^{\log \Sigma L} [1 - (z^3 / ((15^2 + z^2)^{3/2}))]; z \text{ en cm.}$$

Obtenemos los siguientes espesores:

| Capa | Espesores |
|---------------------|-----------|
| Carpeta asfáltica | 10 cm |
| Base hidráulica | 15 cm |
| Sub-base hidráulica | 18 cm |
| Subrasante | 30 cm |

5.4. Señalamiento.

El proyecto de señalamiento para calles, carreteras y autopistas, comprende desde la ejecución de la ingeniería de detalle necesaria para diseñar el señalamiento que permita regular el uso de la vialidad, facilitando a los usuarios su utilización segura y eficiente, hasta la elaboración de los planos, especificaciones y otros documentos en los que se establezcan las características geométricas,

estructurales, de materiales y de acabados del señalamiento, para proporcionar al constructor los datos que le permitan su correcta ejecución.

Según su propósito y ubicación, el señalamiento se clasifica en horizontal y vertical :

5.4.1. Señalamiento horizontal.

El señalamiento horizontal es el conjunto de marcas que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos, letras o dispositivos, que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vialidades.

5.4.1.1. Balizamiento (marcas en el pavimento).

Las marcas en el pavimento son el conjunto de rayas, símbolos y letras, que se pintan o colocan sobre el pavimento, que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades con el regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información visual o auditivamente a los usuarios.

La aplicación de la pintura en el pavimento deberá realizarse por medio de una maquina pintarrayas autopropulsada, con dispositivos que permitan ajustar la cantidad de pintura y el ancho de película que se aplique, con mecanismos que regulen automáticamente la intermitencia de rayas y la dosificación de microesferas retrorreflejantes.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se aplicarán o colocarán las marcas estará seca y exenta de materias extrañas, polvo

o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o una barredora. No se permitirá la aplicación o colocación de marcas sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

Cuando se trate de rayas, previo a su aplicación o colocación, se indicará su ubicación mediante un premarcado sobre el pavimento en los lugares señalados en el proyecto, marcando puntos de referencia, con la ayuda de equipo topográfico y un hilo guía.

Las marcas en el pavimento se aplicarán conforme a las dimensiones, características y colores establecidos en el proyecto, siendo de color amarillo para la línea central y de color blanco a las orillas de la calzada, debiendo tener un ancho de 15 cm. La dosificación mínima de pintura será de 50 Lt por Km.

En tangentes la línea central se pintará con guiones, es decir, 5 m pintados y 10 m sin pintar, mientras que en curvas verticales y horizontales deberá de ser continua.



Fig. 5.10 Aplicación de marcas en el pavimento.

Sobre la película de pintura fresca se colocarán microesferas retrorreflejantes. La incorporación de las microesferas se hará en forma automática al momento de la aplicación de la pintura. La dosificación será de 0.75 Kg de microesfera por cada litro de pintura para proporcionar el coeficiente de retrorreflexión mínimo establecido en el proyecto.

5.4.1.2. Botones retrorreflejantes.

Los botones retrorreflejantes son dispositivos que tienen elementos reflejantes, dispuestos de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso. Se colocan sobre la superficie de rodamiento o sobre estructuras, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se instalarán las vialetas o botones estará seca y exenta de materias extrañas, polvo o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o un cepillo de raíz. No se permitirá la instalación de vialetas o botones sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

Cuando para la fijación de botones, el proyecto indique la utilización de resinas epóxicas de aplicación en frío y secado inmediato o la Secretaría apruebe su uso, los elementos que integran la resina se mezclarán en la cantidad suficiente de acuerdo con el volumen de obra por ejecutar, considerando el tiempo de manejabilidad de la mezcla elaborada y las recomendaciones del fabricante.

La resina epóxica se colocará en la parte inferior del botón, ya sea en su superficie o en las ranuras, en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

En función del color de la raya debe ser el color del botón retrorreflejante, que para el caso de la raya central será de color amarillo a una separación de 15 m en tangentes y 30 m en curvas horizontales y verticales, para el caso de las rayas laterales el botón será de color blanco a cada 30 m. La colocación de los botones puede ser a tres bolillo, del lado exterior al lado interior de la marca siempre y cuando no disminuya el ancho de carril efectivo a menos de 3.0 m.



Fig. 5.11 Instalación de botones retrorreflejantes.

5.4.2. Señalamiento vertical.

El señalamiento vertical es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas y/o símbolos que tienen por objeto regular el uso de la vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la calle, carretera o autopista. Y se clasifican en tres grupos: Señales preventivas, señales restrictivas y señales informativas.

5.4.2.1. Señales preventivas.

Las señales preventivas son de color amarillo que tienen un símbolo, tienen por objeto prevenir a los conductores de la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza. Ejemplo de ello es la siguiente:



Fig. 5.12 Señal preventiva (SP-6 curva derecha)

5.4.2.2. Señales restrictivas.

Son señales de color blanco con un aro de color rojo y que tienen por objeto indicar la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito, como ejemplo se presenta la siguiente figura:



Fig. 5.13 Señal restrictiva (SR-9 velocidad máxima)

5.4.2.3. Señales Informativas.

Son señales con leyendas y/o símbolos, que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar; estas se clasifican en:

a) **De identificación:** Tienen por objeto identificar las carreteras según su número de ruta y kilometraje.



Fig. 5.14 Señal de identificación (SII-14)

b) **De destino:** Tienen por objeto informar a los usuarios sobre nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Su aplicación es primordial en las intersecciones donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.



Fig. 5.15 Señal informativa de destino (SID-11)

c) **De recomendación y de información general:** El objetivo de estas señales es informar determinadas disposiciones y recomendaciones de seguridad que conviene observar, así como cierta información general que conviene conocer.



Fig. 5.16 Señal de recomendación y de información general (SIR)

d) **De servicios y turística:** Tienen por objeto informar de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo.



Fig. 5.17 Señal de servicios y turística (SIS-19)

Previo a la instalación de las señales, se marcará la localización y disposición de las señales en los lugares establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Una vez ubicados los sitios donde se instalarán las señales, se realizará la excavación para la colocación de la estructura, conforme a las dimensiones establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

La estructura de las señales bajas se instalará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales.

Los tableros de las señales se instalarán en las estructuras de soporte de tal manera que queden perpendiculares a la dirección del tránsito, utilizando los dispositivos establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Los postes de soporte de las señales quedarán ahogados en la excavación, para lo que se rellenará con el material producto de la excavación a una profundidad mínima de 70 cm y con concreto hidráulico de $f'c=200$ Kg/cm².

Las señales deberán ser fabricadas con película en fondo reflejante color amarillo tipo "A" alta intensidad o tipo "B" muy alta intensidad según lo especifique la dependencia, la película reflejante se aplicará por medios mecánicos (no manuales) mediante la utilización del equipo adecuado, no debiendo presentar burbujas de aire entre la lámina y el reflejante. Deberán cumplir además de lo antes descrito con la norma NCMT.5.03.001/05, en los símbolos, caracteres y filetes se deberá utilizar pintura serigráfica calidad 3M ó equivalente y contarán con aditivo U.V. (Ultra Violeta) debiendo garantizarse por escrito por un período de 5 años contra decoloración de las tintas, las cuales formaran una capa uniforme no debiendo presentar desvanecimientos, manchas o rayas y cumpliendo estrictamente con las especificaciones que marque la Dependencia.

5.4.2.4. Inventario de señalamiento.

A continuación se muestra la relación del señalamiento vertical por reponer, en donde se presenta el tipo de señal y su ubicación.

**UNIVERSIDAD DON VASCO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

RELACIÓN DE SEÑALAMIENTO VERTICAL A REPONER

HOJA 1/1

CARRETERA: Atlacomulco-Morelia
TRAMO: "T" Zinapécuaro-Morelia
KM: 141+000-151+000
RTA: 126

SENTIDO DIRECTO

| UBICACIÓN (Km) | CLAVE | MEDIDA (cm) | LADO DERECHO | LADO IZQUIERDO | OBSERVACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|----------------|------------|-------------|--------------|----------------|-------------|--|
| 141 + 000 | S I I - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 141 |
| 141 + 100 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 141 + 350 | S I S - 19 | 86 X 86 | X | | | |
| 141 + 800 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 142 + 100 | SR - 18 | 86 X 86 | X | | | |
| 142 + 350 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 142 + 600 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 142 + 900 | SP - 32 | 86 X 86 | X | | | |
| 142 + 980 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 143 + 000 | S I I - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 143 |
| 143 + 100 | S I G - 7 | 40 X 178 | X | | | INDAPARAPEO |
| 143 + 350 | S I R | 56 X 178 | X | | | PARADERO DE AUTOBUSES A 200 m |
| 143 + 400 | S P - 33 | 86 X 86 | X | | | |
| 143 + 450 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 143 + 500 | S P - | 86 X 86 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD |
| 143 + 600 | S I D - 10 | 40 X 178 | X | | | ← I N DAPARAPEO COL. EL TRIUNFO → COL. TEPACUA → |
| 143 + 870 | S I S - 11 | 86 X 86 | X | | | GASOLINERA |
| 143 + 900 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 143 + 950 | SR - 18 | 86 X 86 | X | | | |
| 144 + 250 | S P - 8 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ DER |
| 144 + 300 | S I R | 40 X 178 | X | | | DISMINUYA SU VELOCIDAD |
| 144 + 450 | SP - 12 | 86 X 86 | X | | | ENTRONQUE EN CRUZ |
| 144 + 450 | S P - | 86 X 86 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD |
| 144 + 480 | S I D - 9 | 40 X 178 | X | | | LAS PALMAS → |

| | | | | | | |
|-----------|----------|----------|---|---|--------|---------------------------------------|
| | | | | | | ALVARO OBREGON → |
| 144 + 600 | SP - | 86 X 86 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD |
| 144 + 650 | SIG - 7 | 40 X 178 | X | | | COL. MIGUEL HIDALGO |
| 144 + 700 | SP - 32 | 86 X 86 | X | | | |
| 144 + 750 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 144 + 800 | SR - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 144 + 850 | SP - 10 | 86 X 86 | X | | | SINUOSO IZQ |
| 144 + 900 | SP - 33 | 86 X 86 | X | | | |
| 144 + 950 | OD - 12 | 60 X 76 | X | X | 6 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 145 + 000 | SII - 14 | 30 X 122 | X | | | R (126) KM 145 + 000 |
| 145 + 500 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 300 m |
| 145 + 600 | SR - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 145 + 750 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 145 + 900 | SP - 9 | 86 X 86 | X | | | CODO IZQ DER |
| 146 + 000 | OD - 12 | 60 X 76 | X | X | 10 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 146 + 050 | SIR | 40 X 178 | X | | | ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS A 200 m |
| 146 + 250 | SP - 12 | 86 X 86 | X | | | ENTRONQUE LATERAL IZQ |
| 146 + 300 | SID - 8 | 40 X 178 | X | | | ← BALNEARIO LA HERRADURA |
| 146 + 400 | SIS - 19 | 86 X 86 | X | | | |
| 146 + 600 | SP - 34 | 86 X 86 | X | | | |
| 146 + 900 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 147 + 000 | SII - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 147 |
| 147 + 400 | SR - 18 | 86 X 86 | X | | | |
| 147 + 500 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 147 + 700 | SIG - 9 | 56 X 178 | X | | | TERMINA MUNICIPIO DE IN DAPARAPEO |
| 147 + 850 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 |
| 147 + 900 | SP - 9 | 86 X 86 | X | | | CODO DER IZQ |
| 148 + 300 | OD - 12 | 60 X 76 | X | X | 10 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 148 + 450 | SP - 6 | 86 X 86 | | | | CURVA IZQ |
| 148 + 800 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 149 + 000 | SII - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 149 |
| 149 + 050 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 149 + 400 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 149 + 900 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 150 + 000 | SII - 14 | 30 X 122 | X | | | R (126) KM 150 + 000 |
| 150 + 200 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 300 m |
| 150 + 350 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 150 + 380 | SR - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 150 400 | SP - 7 | 86 X 86 | X | | | CODO DER |
| 150 + 850 | SP - 7 | 86 X 86 | X | | | CODO IZQ |
| 150 + 900 | SR - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 151 + 980 | OD - 12 | 60 X 76 | X | | 10 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 151 + 000 | SII - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 151 |

SENTIDO INVERSO

| | | | | | | |
|-----------|--------|----------|---|--|--|-------------------------|
| 150 + 800 | SR - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 150 + 600 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |

| | | | | | | |
|-----------|------------|----------|---|---|-------|---|
| 150 + 500 | S P - 7 | 86 X 86 | X | | | CODO IZQ |
| 150 + 400 | OD - 12 | 60 X 76 | X | X | 8 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 150 + 200 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 150 + 000 | SII - 14 | 30 X 122 | X | | | R (126) KM 150 + 000 |
| 149 + 600 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 149 + 450 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 148 + 900 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 148 + 600 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 148 + 500 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 148 + 450 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 148 + 350 | S P - 9 | 86 X 86 | X | | | CODO DER IZQ |
| 148 + 010 | OD - 12 | 60 X 76 | X | | 8 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 148 + 000 | SII - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 148 |
| 147 + 700 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 147 + 550 | SIG - 9 | 56 X 178 | X | | | PRINCIPIA MUNICIPIO DE INDAPARAPEO |
| 147 + 500 | S P - 34 | 86 X 86 | X | | | |
| 147 + 200 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 146 + 700 | S I R | 56 X 178 | X | | | ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS |
| 146 + 650 | SID - 8 | 40 X 178 | X | | | BALNEARIO LA HERRADURA → |
| 146 + 600 | S I T - 3 | 86 X 86 | X | | | BALNEARIO |
| 146 + 550 | S P - 12 | 86 X 86 | X | | | ENTRONQUE LATERAL DER |
| 146 + 500 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 146 + 480 | S I S - 19 | 86 X 86 | X | | | |
| 146 + 450 | S P - 9 | 86 X 86 | X | | | CODO IZQ DER |
| 146 + 000 | S I I - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 146 |
| 145 + 900 | SIR | 40 X 178 | X | | | DISMINUYA SU VELOCIDAD |
| 145 + 750 | S P 10 | 86 X 86 | X | | | SINUOSO DER |
| 145 + 700 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 300 m |
| 145 + 550 | SIR | 56 X 178 | X | | | CURVA PELIGROSA A 150 m |
| 145 + 500 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 145 + 450 | S P - 9 | 86 X 86 | X | | | CODO IZQ DER |
| 145 + 300 | OD - 12 | 60 X 76 | X | X | 6 PZS | INDICADOR DE CURVA PELIGROSA |
| 145 + 200 | S P - 33 | 86 X 86 | X | | | |
| 145 + 000 | S I I - 14 | 30 X 122 | X | | | R (126) KM 145 + 000 |
| 144 + 950 | S I G | 40 X 178 | X | | | COLONIA MIGUEL HIDALGO |
| 144 + 800 | S I R | 56 X 178 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD A 200 m |
| 144 + 750 | S I S - 19 | 86 X 86 | X | | | |
| 144 + 700 | S P - 8 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ DER |
| 144 + 650 | SP- | 86 X 86 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD |
| 144 + 500 | S P - 14 | 86 X 86 | X | | | ENTRONQUE EN CRUZ |
| 144 + 400 | SID - 10 | 40 X 178 | X | | | ← LAS PALMAS ← ALVARO OBREGON INDAPARAPEO → |
| 144 + 350 | SP- | 86 X 86 | X | | | REDUCTOR DE VELOCIDAD |
| 144 + 100 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 144 + 050 | S P - 32 | 86 X 86 | X | | | |

| | | | | | | |
|-----------|------------|----------|---|--|--|---|
| 144 + 000 | S II - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 144 |
| 143 + 900 | SP - 6 | 71 X 71 | X | | | CURVA DER |
| 143 + 870 | S I R | 56 X 178 | X | | | PARADERO DE AUTOBUSES A 200 m |
| 143 + 800 | S I G - 7 | 40 X 178 | X | | | INAPARAPEO |
| 143 + 700 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 143 + 500 | SID - 10 | 40 X 178 | X | | | <p>← COL EL TRIUNFO</p> <p>← COL TEPACUA</p> <p>INDAPARAPEO →</p> |
| 143 + 400 | S P | 86 X 86 | X | | | REDOCTOR DE VELOCIDAD |
| 143 + 200 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 142 + 980 | S P - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA IZQ |
| 142 + 600 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 142 + 500 | S P -36 | 86 X 86 | X | | | |
| 142 + 200 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 142 + 000 | SII - 15 | 30 X 76 | X | | | POSTE KM 142 |
| 141 + 900 | SP - 6 | 86 X 86 | X | | | CURVA DER |
| 141 + 600 | S I S - 19 | 86 X 86 | X | | | |
| 141 + 350 | SIR | 40 X 178 | X | | | DISMINUYA SU VELOCIDAD |
| 141 +300 | S R - 9 | 86 X 86 | X | | | 50 K / H |
| 141 + 200 | SIG - 7 | 40 X 178 | X | | | SAN LUCAS PIO |
| 141 + 150 | S P - 33 | 86 X 86 | X | | | |
| 141 + 100 | S I S - 19 | 86 X 86 | X | | | |

5.4.3. Defensas metálicas.

Las defensas metálicas son dispositivos de seguridad que se instalan como barreras de protección en la carreteras en lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del camino, la altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encausando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Se forman con vigas acanaladas de acero galvanizado de dos o tres crestas, que se empalman longitudinalmente sujetándolas con tornillos y tuercas en elementos separadores soportados en postes metálicos.



Fig.5.18 Instalación de defensas metálicas.

5.5. Presupuesto y programación de obra.

En este punto se presenta el presupuesto de la obra, que se integra tomando en cuenta los costos directos (materiales, mano de obra, maquinaria y equipo) y los costos indirectos (financiamiento, etc.), los volúmenes por ejecutar (forma E-7 según la SCT) así como el programa de la obra calendarizado mensualmente (forma E-6 según SCT), considerando que la ejecución de la obra será de cuatro meses y basados en formatos emitidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por medio de los cuales se obliga a cualquier empresa contratista a presentarlos en licitaciones de obra que emite la dependencia antes mencionada.

CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

| O B R A C O N C E P T O S | | | CANTIDAD DE OBRA | | UNIDAD | | P R E C I O U N I T A R I O | | | CONCURSO N° |
|---|----|--|--|-----------|--------|-----------------|-----------------------------|-----------------|---|---------------------|
| | | | | | | | | C O N L E T R A | CON NUMERO | IMPORTES EN \$ |
| | N° | NORMA DE OBRA PUBLICA O ESPECIFICACION | D E S C R I P C I O N | DE OBRA | UNIDAD | C O N L E T R A | | | | |
| TERRACERIAS P.U.O.T. | | | | | | | | | | |
| | 1 | N-CTR-CAR-1.01.002/00 | DESALMES PARA AMPLIACION DE CORONA | 4500.000 | M3 | | | | 20.49 | 92,205.00 |
| | 2 | N-CTR-CAR-1.01.003/00 | CORTES PARA AMPLIACION DE CORONA | 27940.000 | M3 | | | | 20.49 | 572,490.60 |
| | 3 | N-CTR-CAR-1.01.009/00 | TERRAPLENES PARA AMPLIACION DE CORONA | 13500.000 | M3 | | | | 74.19 | 1,001,565.00 |
| PAVIMENTOS P.U.O.T. | | | | | | | | | | |
| | 4 | | FORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE HIDRAULICA | 4365.000 | M3 | | | | 168.50 | 735,502.50 |
| | 5 | N-CTR-CAR-1.04.002/03 | FORMACION Y COMPACTACION DE BASE HIDRAULICA (NCLUYE RIEGO DE IMPREGNACION). | 4035.000 | M3 | | | | 244.60 | 986,961.00 |
| | 6 | N-CTR-CAR-1.04.006/06 | CARPETA ASFALTICA CON MEZCLA EN CALIENTE ESPESOR DE 5 cm (INCLUYE RIEGO DE LIGA). | 1430.000 | M3 | | | | 1,533.52 | 2,192,933.60 |
| SEÑALAMIENTO HORIZONTAL P.U.O.T. | | | | | | | | | | |
| | 7 | N-PRY-CAR-1.01.002/05 | SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA AMARILLA EN RAYA CENTRAL DE 15 CM DE ANCHO. | 8000.000 | M | | | | 3.10 | 24,800.00 |
| | 8 | N-PRY-CAR-1.01.002/05 | SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA BLANCA EN RAYA LATERAL DE 15 CM DE ANCHO. | 20000.000 | M | | | | 3.10 | 62,000.00 |
| | 9 | N-PRY-CAR-1.01.002/05 | BOTON RETRORREFLEJANTE EN AMBAS CARAS COLOR AMBAR. | 666.000 | PZA. | | | | 29.50 | 19,647.00 |
| | 10 | N-PRY-CAR-1.01.002/05 | BOTON RETRORREFLEJANTE EN AMBAS CARAS COLOR BLANCO. | 1332.000 | PZA. | | | | 29.50 | 39,294.00 |
| SEÑALAMIENTO VERTICAL P.U.O.T. | | | | | | | | | | |
| | 11 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL PREVENTIVA (SP) DE 86x86 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 57.000 | PZA. | | | | 1,157.00 | 65,949.00 |
| | 12 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL RESTRICTIVA (SR) DE 86x86 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 15.000 | PZA. | | | | 1,157.00 | 17,355.00 |
| | 13 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM (UN TABLERO), FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 2.000 | PZA. | | | | 1,602.00 | 3,204.00 |
| | 14 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM (DOS TABLEROS), FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 1.000 | PZA. | | | | 2,560.00 | 2,560.00 |
| | 15 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM (TRES TABLEROS), FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 3.000 | PZA. | | | | 3,520.00 | 10,560.00 |
| | 16 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE INFORMACION GENERAL (SIG) DE 40x178 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 9.000 | PZA. | | | | 1,220.00 | 10,980.00 |
| | 17 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE RECOMENDACION (SIG) DE 56x178 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD | 17.000 | PZA. | | | | 1,437.00 | 24,429.00 |
| | 18 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INDICADORA DE CURVA PELIGROSA (OD-12) DE 60X76 CM, FONDO GRADO DIAMANTE. | 58.000 | PZA. | | | | 865.00 | 50,170.00 |
| | 19 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE IDENTIFICACION (SII-14) DE 30X122 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | 4.000 | PZA. | | | | 752.00 | 3,008.00 |
| | 20 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE IDENTIFICACION (SII-15) DE 30X76 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | 9.000 | PZA. | | | | 588.00 | 5,292.00 |
| | 21 | N-CTR-CAR-1.07.005/05 | SEÑAL INFORMATIVA DE SERVICIOS O TURISTICA (SIS O SIT) DE 86X86 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | 8.000 | PZA. | | | | 1,157.00 | 9,256.00 |
| | 22 | N-CTR-CAR-1.07.005/00 | DEFENSA METALICA DE DOS CRESTAS (OD-5) | 800.000 | M | | | | 398.00 | 318,400.00 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | S U M A \$ | 6,248,561.70 |
| | | | | | | | | | I. V. A. \$ | 937,284.26 |
| | | | | | | | | | MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION \$ | 7,185,845.96 |

| | | |
|--|--------------------|--|
| NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA _____ | FIRMA _____ | NOMBRE Y CARGO DEL SIGNATARIO _____ |
|--|--------------------|--|

| | | | |
|--|--|--|---|
| UNIVERSIDAD DON VASCO ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL | PROGRAMA DE EROGACIONES CALENDARIZADO DE EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS | CARRETERA : Atacomulco -Morelia TRAMO : "T" Zinapécuaro - Morelia OBRA : Proceso constructivo para la ampliación del tramo: "T" Zinapécuaro - Morelia, del Km 141+000 al Km 151+000 de la carretera federal Atacomulco - Morelia. | FORMA E-6 LICITACION NUM. _____ FECHA : _____ HOJA No. _____ DE _____ |
|--|--|--|---|

| No. | PARTIDAS Y SUBPARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | AÑO MES | PROGRAMA DE EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----|--|-----------|--------|------------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|
| | | | | | 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | |
| | TERRACERIAS P.U.O.T. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | DESPALMES PARA AMPLIACION DE CORONA | 4500.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | CORTES PARA AMPLIACION DE CORONA | 27940.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | TERRAPLENES PARA AMPLIACION DE CORONA | 13500.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | PAVIMENTOS P.U.O.T. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | FORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE HIDRAULICA CON MATERIAL PRODUCTO DE BANCO COMPACTADO AL 100%. | 4365.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | FORMACION Y COMPACTACION DE BASE HIDRAULICA CON MATERIAL PRODUCTO DE BANCO COMPACTADO AL 100%. INCLUYE RIEGO DE IMPREGNACION. | 4035.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | CARPETA ASFALTICA CON MEZCLA EN CALIENTE ESPESOR DE 5 cm COMPACTADA AL 95% INCLUYE RIEGO DE LIGA. | 1430.000 | M3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | SEÑALAMIENTO HORIZONTAL P.U.O.T. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | MARCAS EN EL PAVIMENTO, SUMINISTRO APLICACIÓN DE PINTURA EN RAYA CENTRAL SEPARADORA DE CARRILES, CONTINUA Y DISCONTINUA DE COLOR AMARILLO TRAFICO DE 15 CM DE ANCHO. | 8000.000 | M | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | MARCAS EN EL PAVIMENTO, SUMINISTRO APLICACIÓN DE PINTURA EN RAYA LATERAL EN LA ORILLA DE LA CALZADA, CONTINUA DE COLOR BLANCO TRAFICO DE 15 CM DE ANCHO. | 20000.000 | M | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | BOTONES RETRORREFLEJANTES EN RAYA CENTRAL DE COLOR AMBAR EN AMBAS CARAS DE 10x10 CM | 666.000 | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | BOTONES RETRORREFLEJANTES EN RAYA LATERAL DE COLOR BLANCO EN AMBAS CARAS DE 10x10 CM | 1332.000 | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | SEÑALAMIENTO VERTICAL P.U.O.T. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | SEÑAL PREVENTIVA (SP) DE 86x86 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | SEÑAL RESTRICTIVA (SR) DE 86x86 CM, FONDO EN ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM, (UN TABLERO) FONDO EN ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |

NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA

NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE QUE FIRMA

| | | | |
|--|--|---|--|
| UNIVERSIDAD DON VASCO ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL | PROGRAMA DE EROGACIONES CALENDARIZADO DE EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS | CARRETERA : ATLACOMULCO - MORELIA | FORMA E-6 |
| | | TRAMO : "T" ZINAPECUARO - MORELIA | |
| | | OBRA: PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DEL TRAMO: "T ZINAPÉCUARO – MORELIA", DEL KM 141+000 AL KM 151+000 DE LA CARRETERA FEDERAL ATLACOMULCO - MORELIA. | LICITACION NUM. FECHA: HOJA No. DE |

| No. | PARTIDAS Y SUBPARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | AÑO MES | PROGRAMA DE EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----|---|----------|--------|------------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|-------|
| | | | | | 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | |
| 14 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM, (DOS TABLEROS) FONDO EN ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO (SID) DE 40x178 CM, (TRES TABLEROS) FONDO EN ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | SEÑAL INFORMATIVA DE INFORMACION GENERAL (SIG) DE 40x178 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | SEÑAL INFORMATIVA DE RECOMENDACIÓN (SIR) DE 56x178 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | | PZA. | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | SEÑAL INDICADORA DE CURVA PELIGROSA (OD-1) DE 60x76 CM, FONDO GRADO DIAMANTE. | 800.000 | M | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | SEÑAL INFORMATIVA DE IDENTIFICACION (SII-14) DE 30X122 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | SEÑAL INFORMATIVA DE IDENTIFICACION (SII-15) DE 30X76 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD. | 800.000 | M | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | SEÑAL INFORMATIVA DE SERVICIOS O TURISTICA (SIS O SIT) DE 86X86 CM, FONDO ALTA INTENSIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | DEFENSA METALICA DE DOS CRESTAS (OD-5) | 800.000 | M | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA

NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE QUE FIRMA

CONCLUSIONES

El país cuenta con una importante infraestructura carretera, sin embargo, no es suficiente para el desarrollo económico del mismo; es bien sabido que contar con caminos adecuados y de altas especificaciones es reflejo de naciones desarrolladas.

En México es necesario incrementar las carreteras, pero no sólo eso, también es primordial mantener, conservar y modernizar las existentes mediante la inversión de recursos suficientes para cumplir con este objetivo para así estar en condiciones de competitividad ante países en mejores condiciones económicas que las nuestras.

Dentro de la competencia global, las vías terrestres juegan un papel protagónico, pues ha sido precisamente el desarrollo de sistemas de transporte modernos, cada vez más eficientes y seguros, lo que ha sustentado la globalización de los mercados. La economía de los transportes es, así, piedra medular en la competitividad del país.

La economía del transporte se centra en la economía de su operación y la economía de la operación depende fuertemente de la infraestructura, excepto en aquellas obras cuya finalidad es la comunicación y sólo sirven a una comunidad, sin la aspiración de ser rentables económicamente.

Es de suma importancia la calidad en la construcción para que de las vías terrestres opere con eficacia, se requiere el total apoyo de los más altos niveles directivos de la administración pública, del convencimiento de su rentabilidad por parte de los constructores, una organización correctamente planeada, orientada y compleja, adecuadamente equipada en todas sus partes, así como de la alta capacitación de todos los participantes, para un debido entendimiento del papel que a cada uno corresponde desempeñar.

La creación de la infraestructura para el transporte puede también considerarse un conjunto de procesos, que partiendo de las demandas sociales a resolver constituyen los requisitos del usuario dentro de un ambiente físico, social, económico y cultural determinado, modifica la naturaleza para permitir la operación de los vehículos, lo que satisface las necesidades de transporte de las personas, ofreciéndoles accesibilidad, comodidad, seguridad, economía y conectividad.

A lo largo de este extenso y complejo proceso, en todas las etapas es necesario alcanzar los resultados que permiten acoplar las partes sucesivas que se van creando, mediante procesos individuales más pequeños, desde el proyecto hasta la operación de manera que, al final, el usuario reciba un servicio de calidad.

Para la realización del proceso, se efectúan acciones de menor alcance, pero que debidamente integradas permiten llegar al producto deseado como objetivo del proceso en su conjunto. En cada una de estas acciones se repite un mismo ciclo de actividades, partiendo siempre de:

- **Planeación:** Se ponen a punto todos los insumos necesarios, se verifica el procedimiento de trabajo y se asegura la capacitación del persona.
- **Ejecución:** Se realizan o hacen los trabajos previstos y se obtiene un producto.
- **Evaluación:** Los resultados se comparan contra las especificaciones del proyecto y las políticas y objetivos establecidos.
- **Verificación:** Se acepta o se rechaza los procesos.

Estas cuatro actividades son realizadas siempre bajo la vigilancia de un supervisor, que desde fuera de las actividades sustantivas del proceso, promueve el correcto funcionamiento de todas sus partes, teniendo siempre en mente que no

alcanzar los estándares de calidad en cualquiera de estas actividades, repercutirá al final del proceso afectando la calidad del producto.

La ausencia de cualquiera de estas actividades impide asegurar que se alcancen las características de unidad y homogeneidad necesarias para el logro del fin propuesto, o dicho en otras palabras, impide asegurar la conformidad del producto.

El hilo conductor que conecta a los elementos principales, de todo el proceso, son las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que reflejan su política de calidad. Estas normas sirven de guía al proyectista, que al adoptarlas en su diseño hace obligatorio su cumplimiento, por lo que se convierte en especificaciones.

De esta manera se “*asegura*” disponer de todos los elementos para cumplir con las especificaciones del proyecto, se “*controla*” el proceso constructivo para que se alcancen resultados conformes con la especificaciones del proyecto y se “*aprueba*” el resultado siempre y cuando exista esa conformidad o cumplimiento de las especificaciones.

Para asegurarse del cumplimiento de las normas durante la ejecución de los trabajos, el personal responsable de estos dará seguimiento de cada una de las obras que intervienen en el proceso, permitiendo su validación o en su caso hacen ver la conveniencia de modificarlas, dando lugar así al mejoramiento de las normas y al desarrollo tecnológico.

De esta manera se llega al fin último de la construcción del camino y de su calidad. Por ello es aceptable asegurar que la máxima bajo la cual opera la gestión de la calidad es que la construcción de una vía terrestre debe hacerse de cuerdo con el proyecto y sus especificaciones, y no de otra manera que resulte conveniente a los participantes, constructores, residentes o supervisores de obra.

Al inicio de la elaboración del presente trabajo de tesis fueron planteadas varias preguntas de investigación las cuales se han tratado de solventar directa o indirectamente, tales como:

¿Qué es una vía terrestre?, Entendemos como “Vía terrestre” a cualquier camino por el que se pueda transitar ya sea a pie o por un medio motriz, pueden ser veredas, terracerías, carreteras, autopistas, vías férreas, etc.

En cuanto a ¿qué se entiende por proceso constructivo?, se puede citar que se llegó a determinar que es la manera en que se realiza cualquier tipo de obra, siguiendo siempre un proyecto y complementándolo con normas, especificaciones y controles de calidad adecuados con el fin realizar un trabajo de altas especificaciones técnicas.

Ahora bien, día con día la tecnología automotriz avanza, generando automóviles más veloces y transportes de carga con mayores dimensiones y capacidad de carga, sin embargo, no ocurre lo mismo con los caminos con que se cuentan en México, pues como se ha mencionado con anterioridad estos cuentan con varias décadas de vida y han sido rebasado el nivel de servicio con que se diseñaron en un principio.

Finalmente, luego de revisar la teoría contenida en esta investigación, se puede establecer que el objetivo general del presente trabajo de investigación se ha cumplido, pues el tramo “T” Zinapécuaro – Morelia, requiere de una modernización integral, como se ha propuesto con la ampliación de 7.00 M de ancho de corona como el que se tiene actualmente, a 9.00 M, del Km 141+000 al Km 151+000, mejorando además su diseño geométrico con curvas verticales más suaves, ya que en este subtramo es en donde ocurre el mayor índice de accidentes; cabe mencionar que es recomendable la ampliación a todo lo largo del tramo, que contempla del Km 127+700 al Km 164+300, pues el nivel de servicio de este camino ya ha sido rebasado debido al incremento del tránsito vehicular y siempre en beneficio de los usuarios.

Así mismo, en cuanto al propósito de esta investigación, de aportar datos técnicos a estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, así como a cualquier persona técnica o profesional involucrado en el campo de las vías terrestres, se considera que se ha logrado cabalmente, ya que podrá servir como referencia en cuanto a realización de un proyecto de ampliación de un tramo carretero, en donde se involucran datos técnicos y normas de construcción utilizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera G. Carlos (1984)

Cuaderno de Comportamiento de Suelos

Facultad de Ingeniería UNAM

Escalante Sauri Cedric I. (2006)

La Conservación de Carreteras en México

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la Investigación

Ed. Mc Graw Hill, México

Jurado Rojas Yolanda (2005)

Técnicas de Investigación Documental.

Ed. Thompson, México

Mendieta Alatorre Angeles (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico

Ed. Porrúa, México.

Olivera Bustamante Fernando (2006)

Estructuración de Vías Terrestres

Compañía Editorial Continental, México

Quintana Ic Daniel (2000)

Lo Que Todo Residente de Carreteras Debe Saber

Centro SCT Yucatán

Wright Paul H., Paquette Radnor J.
Ingeniería de Carreteras (1993)
Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974)
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974)
Manual de Dispositivos <http://uicdr.sct.gob.mx>

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

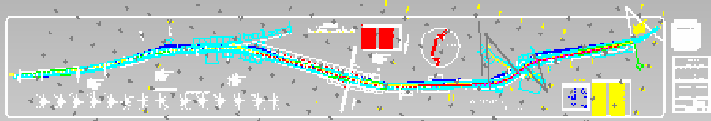
<http://uicdr.sct.gob.mx>

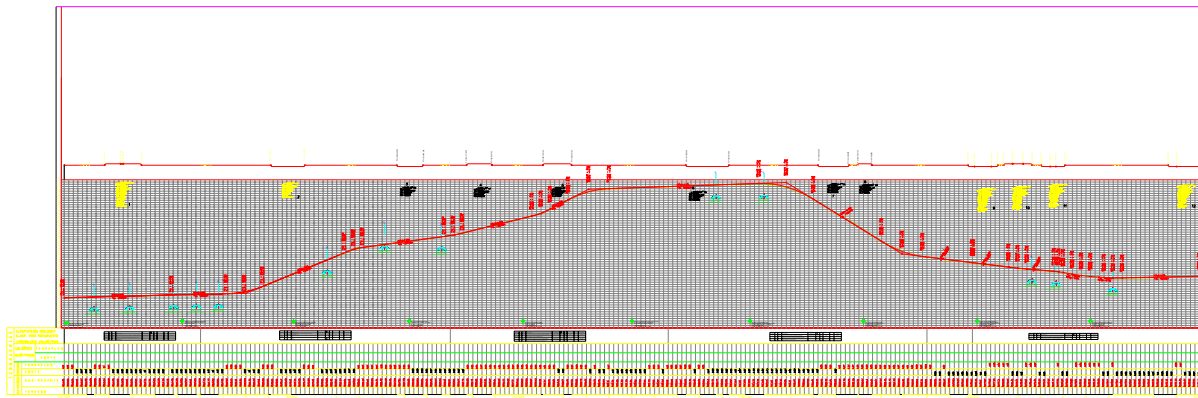
<http://es.encarta.msn.com/encyclopedia>

<http://googleheart.com>

<http://uicdr.inegi.gob.mx>

Normativa Para la Infraestructura del Transporte (Normas SCT)





| PROJEKTOVAZNA DOKUMENTACIJA | |
|---------------------------------------|--|
| IZVEDBENI PROJEKT | |
| IZVEDBA | |
| Ime objekta: | |
| Ime izvođača: | |
| Ime projektanta: | |
| Ime nadzornika: | |
| Ime stručnjaka: | |
| Ime inženjera: | |
| Ime arhitekta: | |
| Ime geodeta: | |
| Ime inženjera građevinarstva: | |
| Ime inženjera elektrotehnike: | |
| Ime inženjera maštinstva: | |
| Ime inženjera staništarstva: | |
| Ime inženjera prometne inženjeringa: | |
| Ime inženjera hidroinženjeringa: | |
| Ime inženjera geodetske inženjeringa: | |
| Ime inženjera građevinske mehanike: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |

| IZVEDBA | |
|---------------------------------------|--|
| IZVEDBA | |
| Ime objekta: | |
| Ime izvođača: | |
| Ime projektanta: | |
| Ime nadzornika: | |
| Ime stručnjaka: | |
| Ime inženjera: | |
| Ime arhitekta: | |
| Ime geodeta: | |
| Ime inženjera građevinarstva: | |
| Ime inženjera elektrotehnike: | |
| Ime inženjera maštinstva: | |
| Ime inženjera staništarstva: | |
| Ime inženjera prometne inženjeringa: | |
| Ime inženjera hidroinženjeringa: | |
| Ime inženjera geodetske inženjeringa: | |
| Ime inženjera građevinske mehanike: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |

| IZVEDBA | |
|---------------------------------------|--|
| IZVEDBA | |
| Ime objekta: | |
| Ime izvođača: | |
| Ime projektanta: | |
| Ime nadzornika: | |
| Ime stručnjaka: | |
| Ime inženjera: | |
| Ime arhitekta: | |
| Ime geodeta: | |
| Ime inženjera građevinarstva: | |
| Ime inženjera elektrotehnike: | |
| Ime inženjera maštinstva: | |
| Ime inženjera staništarstva: | |
| Ime inženjera prometne inženjeringa: | |
| Ime inženjera hidroinženjeringa: | |
| Ime inženjera geodetske inženjeringa: | |
| Ime inženjera građevinske mehanike: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |
| Ime inženjera građevinske fizike: | |
| Ime inženjera građevinske biologije: | |
| Ime inženjera građevinske kemije: | |

