

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No.8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

ALTERNATIVA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO PARA EL REENCARPETAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO DESDE EL ENTRONQUE, HASTA LA ENTRADA AL CAMPAMENTO DE LA C.H. EL CÓBANO.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jorge Alberto Mora Sandoval

Asesor: Ing. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad de vivir y superarme cada día espiritual y profesionalmente.

Dedico esta tesis a toda mi familia que siempre ha creído en mí, por brindarme su total apoyo en todos los aspectos, principalmente a mis padres, ya que todo lo que soy ahora se los debo a ellos.

Dedico también mi esfuerzo a mi esposa e hijo, mi nueva familia, quienes sostienen y motivan mi fe y responsabilidad.

De igual manera doy las gracias a mis maestros y compañeros de estudio, con los que compartí años de preparación y aprendizaje. A mis amigos y personas que siempre han rodeado mi vida.

A todos ellos, eternamente gracias.

Í N D I C E

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema	3
Objetivos	4
Pregunta de investigación	4
Justificación	6
Delimitación	7
Marco de Referencia	8

Capítulo 1. Vías Terrestres.

1.1 Antecedentes de los caminos	9
1.2 Inventario de caminos	11
1.3 Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto	17
1.4 Velocidad.	22
1.5 Volumen de tránsito	23
1.6 Densidad de tránsito	27
1.7 Derecho de vía	28
1.8 Capacidad y nivel de servicio	28
1.9 Distancia de visibilidad	29
1.10 Mecánica de suelos	29

Capítulo 2. Características físicas de un camino.

2.1 Terracerías	33
2.2 Pavimentos	36
2.3 Alineamiento vertical	40
2.4 Alineamiento horizontal	42
2.5 Sección transversal	44
2.6 Compactación de los materiales en el camino	47
2.7 Materiales de construcción	50
2.8 Conservación de caminos	51
2.9 Reconstrucción de caminos	52

Capítulo 3. Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.

3.1 Generalidades	55
3.2 Entorno Geográfico	57
3.2.1 Macrolocalización	
3.2.2 Microlocalización	
3.2.3 Topografía	
3.2.4 Geología	
3.2.5 Clima	
3.2.6 Hidrología	
3.2.7 Uso del suelo y actividades económicas	
3.3 Resumen ejecutivo	61
3.4 Informe fotográfico	62
3.5 Estudio de tránsito	63
3.6 Alternativa de solución	64

Capítulo 4. Metodología.

4.1 Método empleado	65
4.2 Enfoque de la investigación	67
4.3 Diseño de la investigación	68
4.4 Instrumentos de recopilación de datos	68
4.5 Descripción del procedimiento de investigación	69

Capítulo 5. Análisis e interpretación de resultados.

5.1 Suministro y colocación de carpeta con mezcla asfáltica en caliente	71
5.2 Suministro y colocación de letreros de señalización	73
5.3 Suministro y aplicación de pintura para raya central y laterales	75
5.4 Suministro y colocación de vialetas bidireccionales	76
5.5 Presupuesto total, análisis de precios unitarios y programa de obra	77

Conclusiones	83
-------------------------------	-----------

Bibliografía	85
-------------------------------	-----------

RESUMEN

La siguiente tesis se realizó con el objetivo principal de desarrollar una alternativa del proceso constructivo para el reencarpetamiento con mezcla asfáltica del camino de acceso, que va desde el entronque de la carretera Lombardía-Santa Casilda a la entrada al campamento de la C.H. El Cóbano, como medida de mantenimiento para mejorar las condiciones de tránsito vehicular del camino.

En el capítulo 1 se estudió el tema de vías terrestres, definiendo lo que es un camino y abarcando desde sus orígenes hasta los principales elementos que lo conforman. En el capítulo 2 se analizaron los tipos de caminos que existen así como las características físicas de éstos, que influyen de manera determinante en la elaboración de los proyectos.

Enseguida se hizo un resumen de las generalidades y datos geográficos de la zona donde se ubica el tramo en estudio, agregando fotografías del lugar, estudio de tránsito y la alternativa propuesta, lo que conforma el capítulo 3. El capítulo 4 explica el método que se utilizó, así como el enfoque y el diseño de la investigación, complementado con los instrumentos para recopilar los datos, y el procedimiento utilizado.

En el capítulo 5 se presentó la teoría del proceso constructivo y el análisis de costos del proyecto, incluido el programa de obra, con lo cual se logró cumplir con el objetivo principal. Finalmente en las conclusiones se manifiesta que la alternativa propuesta resultó adecuada, y se respondió a la pregunta de investigación planteada al principio.

Este documento será de gran utilidad para toda la gente involucrada en la Ingeniería civil, principalmente los estudiantes, así como profesionistas, maestros e inversionistas interesados en el tema de vías terrestres para el desarrollo de futuros proyectos. En general, se beneficia la sociedad en general y se incrementa el campo de la Ingeniería por una aportación más que se realiza.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Según la página electrónica www.eumed.net (2008), los caminos surgieron cuando los humanos fijaron su residencia a causa de la revolución agraria del Neolítico, y sólo eran senderos marcados por el uso. En el antiguo Imperio Persa existían vías terrestres que comunicaban a las principales ciudades, al igual que en Egipto. Estos caminos sólo eran transitables durante la temporada de secas, y algunas cambiaban su trazo de un año a otro.

La construcción de caminos como tal, comienza cuando se crean los vehículos con ruedas en los países del Mediterráneo oriental y central entre el Neolítico Inferior y la Edad de Bronce durante el desarrollo de la civilización urbana. Alrededor del año 1100 a.C., los chinos contaban con un sistema de comunicación terrestre desarrollado. Varios siglos después, los persas pavimentaron sus carreteras en muchos tramos y tenían vigilantes en ellas. Se dice que los fenicios y cartagineses usaron por primera vez losas de piedra para construir carreteras para el comercio. Los romanos por su parte construían sus caminos con un fin económico y político, ahorrando curvas y con pendientes accesibles.

Hasta mediados del siglo XVIII, los caminos tuvieron el mismo aspecto pero más dañado, en comparación de lo que era durante el Imperio Romano. A partir del siglo XVI, los italianos iniciaron el estudio de técnicas de construcción de carreteras.

Desde 1599 muchos caminos se pavimentaban con bloques de piedra que soportaban el paso de vehículos con mayor carga. En el siglo XIX, en Europa se construyeron muchos caminos y se mejoraron los existentes, tendencia que se adoptaría en América por los países independizados. Durante el siglo XX se pavimentaba el firme con la técnica de piedras trituradas, y después de la II Guerra Mundial, los países desarrollados hicieron grandes inversiones en obras de mejoras de sus vías terrestres.

En la actualidad existen dentro de la Universidad Don Vasco A.C. varias tesis que abordan el tema de vías terrestres, entre ellas se encuentra la de Luis Ramos Ávila, del año 2008, cuyo estudio tiene como objetivo determinar el diseño del proceso constructivo de la rampa de emergencia ubicada en el Km 84+380 del tramo Pátzcuaro – Uruapan, la cual concluye al final que se cumplió dicho objetivo, ya que se construye de acuerdo a la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con un presupuesto razonable, además de ser de buena calidad y confiable para los usuarios.

También se encuentra la de Ricardo Estrada Hurtado, del mismo año, que plantea como objetivo proponer el proceso constructivo de la estructura de pavimento del camino que conduce de Los Fresnos a Uringuitiro en el Municipio de Tancítaro Michoacán; así como la de Reyes Jorge Portugal, del año 2003, la cual se titula “Proyecto ejecutivo de una rampa para frenado de emergencia, ubicada en el Km 86+480 Pátzcuaro - Uruapan”.

Planteamiento del Problema.

Se considera importante realizar el análisis adecuado del proceso constructivo que se aplicará dentro de cualquier obra civil, para tener la certeza de que se está proponiendo la mejor opción que garantice el menor tiempo de realización, obtener el máximo beneficio, y además cuidando el aspecto económico.

Si esto no se hace, o si se realiza erróneamente, pueden existir pérdidas en las inversiones de los constructores debido a que requiera mayor cantidad de mano de obra, maquinaria o materiales de los que realmente se necesitaban. Así mismo puede haber una duración menor de su vida útil, o bien, requerir de mantenimiento mayor en un corto lapso de tiempo.

Tratándose de un camino carretero que es para el servicio de toda la sociedad, esto se magnifica, ya que además de lo que se ha mencionado anteriormente, debe tomarse en cuenta la seguridad física y material de los usuarios que transiten por dicha obra.

Por todo esto, se debe analizar ¿cuál es la mejor alternativa posible para realizar el proceso constructivo del reencarpetamiento de un camino carretero de asfalto?.

Objetivos

Objetivo general:

El principal objetivo de este proyecto es proponer la mejor alternativa posible del proceso constructivo que debe seguirse, para dar un mantenimiento de reencarpetamiento de un camino carretero asfáltico, tomando en cuenta principalmente el aspecto económico, el tiempo de realización y el beneficio que se obtendrá al término de los trabajos.

Objetivos específicos:

Además, en conjunto se persiguen varios objetivos específicos adicionales que se mencionan a continuación:

a) Comprender claramente qué son las vías terrestres y como han evolucionado a lo largo de la historia.

b) Analizar las características físicas de los caminos, y particularmente el entorno del tramo carretero que se estudia.

Pregunta de Investigación

En este trabajo se pretende dar una clara y confiable respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

1- ¿Cuál es la mejor alternativa posible para realizar el proceso constructivo del reencarpentamiento asfáltico del camino de acceso desde el entronque hasta la entrada al campamento de la C.H. Cóbano?

2- ¿Cuáles son las variables económicas que se deben tomar en cuenta al momento de hacer el estudio del proceso constructivo?

3- ¿Existen otros factores no económicos que pueden intervenir en el análisis y por lo tanto en el resultado de la propuesta?

5- ¿Qué son las vías terrestres y cómo ha sido su evolución a lo largo de la historia?

6- ¿Qué es un proceso constructivo y por qué es tan importante dentro de cualquier obra civil?

7- ¿Dónde se ubica el tramo carretero que se estudiará y qué poblados a su alrededor son los de mayor importancia?

8- ¿Cuáles son las características sociales y físicas del lugar donde se pretende realizar el proyecto de investigación?

Justificación

El presente documento tiene trascendencia debido a que trata un aspecto fundamental que debe cuidarse dentro de cualquier obra civil, esto es el análisis del proceso constructivo que conduzca a la decisión más costeable tanto económica como funcionalmente.

Si se siguen los procedimientos y análisis que se muestran a continuación, se tiene un alto nivel de confiabilidad para tomar una determinación en el modo de llevar a cabo un trabajo, en este caso un mantenimiento de un tramo carretero, tanto en términos de dinero como en el beneficio que se obtendrá.

Este estudio será de gran beneficio primeramente para el investigador, ya que además de poner en práctica sus conocimientos, aprenderá nuevos conceptos de la Ingeniería Civil que le serán de gran utilidad durante su trayectoria profesional. Igualmente para todos los egresados y estudiantes de la carrera, ya que les podrá servir como base de desarrollo de sus propias investigaciones.

En general, es un documento para la sociedad en general interesada en el tema, como inversionistas, constructores, maestros o simples curiosos. Además de todos ellos se puede decir que la Ingeniería Civil será la gran beneficiada, ya que servirá como un nuevo aporte a su gran campo de estudio.

Delimitación

En esta investigación se hará una propuesta alternativa de análisis del proceso constructivo para el mantenimiento de un camino asfáltico, el cual incluye hacer el reencarpetamiento o renivelación del mismo, la aplicación de pintura para las rayas central y laterales, colocación de vialetas, y letreros de señalización.

Este tramo se localiza en el municipio de Gabriel Zamora, en el estado de Michoacán, desde el entronque de la carretera a Santa Casilda hasta la entrada al campamento de la Central Hidroeléctrica El Cóbano. Y tiene una longitud aproximada de 0.9 kilómetros.

Los factores económicos que se tomarán en cuenta para dicho estudio incluyen los costos de material, mano de obra, maquinaria, costos indirectos y utilidad del contratista.

Todo el estudio se basará en la consulta de diversos autores, revisión de catálogos de costos de materiales, y programas computacionales para procesar la información y elaborar del proyecto.

Marco de Referencia

El tramo carretero que se estudiará a continuación se localiza del entronque de la carretera Gabriel Zamora – Santa Casilda, hasta la entrada al campamento de la Central Hidroeléctrica El Cóbano, y tiene una longitud aproximada de 0.9 Km. El tránsito vehicular que circula en esa zona no es muy numeroso, aunque se distinguen desde carros ligeros hasta camiones de gran peso.

De acuerdo con la Enciclopedia de los municipios de Michoacán (2000), el municipio de Gabriel Zamora se llama así en memoria del líder agrarista del mismo nombre. La principal actividad económica de esa zona es la agricultura y la ganadería, gracias a las grandes obras hidráulicas que existen en sus ejidos.

Se localiza al suroeste del estado de Michoacán a una altura de 640 metros sobre el nivel del mar. Su orografía presenta relieves correspondientes al sistema volcánico transversal y a la depresión del Balsas. Su clima es tropical con lluvias en verano, y al centro es seco estepario con lluvias en verano, y su temperatura está entre los 17 y 35 grados centígrados.

La cabecera municipal es Lombardía, y entre sus principales localidades se encuentran Charapendo, Santa Casilda, El Capire y Los Cajones.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En este primer capítulo se estudiará el tema de vías terrestres partiendo desde su historia y evolución a través del tiempo en el mundo y particularmente en México, así como el análisis de sus principales elementos y componentes como velocidad, volumen y densidad de tránsito, el derecho de vía, capacidad y nivel de servicio y distancia de visibilidad.

Como lo señala la página electrónica es.wikipedia.org (2008), un camino o carretera es una vía de dominio y uso público que se proyecta y se construye principalmente para el paso de vehículos automóviles de transporte

1.1 Antecedentes de los caminos.

Según Mier (1987), la rueda se inventó hace aproximadamente 5000 años en Asia Menor, lo cual originó la idea de contar con superficies capaces de dar paso a las carretas de cuatro ruedas. Años después los egipcios y los asirios iniciaron el desarrollo de sus propios caminos. Alrededor de 500 años a.C., los cartagineses habían construido caminos de piedra en la costa sur del Mediterráneo, actividad que los romanos imitaron.

El Imperio Romano comenzó a construir los caminos de una manera científica, y lograron su desarrollo debido a éstos les permitieron acortar distancias. Posteriormente, durante el feudalismo desapareció la comunicación entre los pueblos, y los caminos por lo tanto ya no se conservaban en buen estado.

En México se inició la construcción de su red de caminos en el año 1925. A la llegada de los españoles no se usaba la rueda en vehículos de transporte, pero a pesar de ello se contaba con bastantes calzadas de piedra, caminos, veredas y senderos. Los mayas y los aztecas hacían éstos para llevar a cabo sus actividades comerciales, religiosas y bélicas. Estos caminos fueron utilizados para la conquista, que posteriormente con la colonización se mejoraron los existentes y se construyeron muchos más.

Las modificaciones de los caminos se hicieron a consecuencia del uso de animales de tiro y carga, carretas, y por la necesidad de comunicarse con los puertos marítimos. Durante la guerra de independencia no se crearon nuevos caminos. Los regímenes fundaron la Dirección General de Colonización e Industria, la cual se encargaba de la conservación y construcción de caminos con el impuesto del peaje.

Como Presidentes de México, en 1867 el Lic. Benito Juárez implantó un impuesto exclusivo para la conservación de caminos, mientras que en 1891 fundó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas el Gral. Porfirio Díaz.

La revolución mexicana detuvo por varios años los intentos de construir. A raíz de la llegada del automóvil a México en 1906, el avance de los caminos se da con más importancia para satisfacer la demanda, principalmente entre los años 1918 y 1920.

En 1925 se fundó la Comisión Nacional de Caminos, por el entonces Presidente de la República, el Gral. Plutarco Elías Calles, dedicada a la construcción de nuevos caminos y al mejoramiento y mantenimiento de los que ya existían, por lo que se implementó un impuesto sobre la gasolina. En 1958, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se dividió en Secretaría de Obras Públicas, y en Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y ésta última a partir de 1982 se dedica a atender los asuntos relacionados con los caminos.

1.2 Inventario de caminos.

De acuerdo con Mier (1987), existen varios métodos para realizar el inventario de un camino, desde los más sencillos hasta llegar a los que tienen más precisión.

El método Odógrafo–Giróscopo–Barométrico combina rapidez, economía y precisión, y con él se obtienen los siguientes datos: Planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal y vertical, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías, características de los poblados por los que se pasa, uso de la tierra a los lados del camino.

Se requiere un vehículo de transporte para instalar el equipo. El kilometraje se mide mediante el odómetro, mientras que la distancia y dirección con el odógrafo. El barómetro o altímetro se utiliza para sacar el perfil del camino y a partir de esto se define el alineamiento vertical, y el horizontal es obtenido con los datos de los registros de curvatura. Una vez que se tienen los datos y las coordenadas se procede a trazar el eje del camino para compararlo con el que registra el odógrafo, y poder así determinar los errores y corregirlos.

Todo esto sirve para establecer la capacidad del camino, donde influyen principalmente las siguientes características geométricas: "sección transversal, comprendiendo ancho de carriles; distancia a obstáculos laterales; ancho y estado de los acotamientos; alineamiento horizontal; alineamiento vertical, y distancia de visibilidad de rebase". (Mier; 1987: 7)

Al realizar una estimación de los volúmenes de tránsito se pueden llevar a cabo labores de mejoras necesarias en tramos afectados. Un inventario también sirve para marcar las obras que se consideran necesarias y su grado de importancia en los programas de mantenimiento y construcción. Cuando se ha terminado un inventario de un camino, éste debe mantenerse actualizado.

Desde 1925, México se vio en la necesidad de contar con vías terrestres de comunicación, que desde el comienzo evolucionaron naturalmente, pero con el aumento de los caminos se fue complicando por el hecho de establecer prioridades de los proyectos.

Las políticas que implantaron los últimos gobiernos del país, han marcado lo siguiente: “conservar en buen estado la red de caminos existente, terminar las obras iniciadas a un buen ritmo buscando la oportuna obtención de beneficios previstos, construir nuevas carreteras que sirvan a poblaciones incomunicadas, construir ampliaciones, acortamientos y autopistas para mejorar el sistema vial actual dependiendo de la demanda de tránsito”. (Mier; 1987: 9)

La conservación debe darse principalmente en aquellos caminos que vienen aumentando su uso. Para llevar a cabo nuevos proyectos, se deben realizar análisis de los enlaces carreteros tomando en cuenta las actividades que practican los pobladores, éstos se explican a continuación:

1) Existe el análisis llamado Político-Social-Administrativo, el cual establece como prioridad que la capital del país se una a las capitales de los estados, seguido de esto que se enlace con los puertos marítimos y las ciudades fronterizas, y finalmente la conexión entre las capitales de los estados con los puertos marítimos y las fronteras.

2) Otro análisis es el Económico, el cual pretende enlazar los polos de concentración y distribución de la producción entre los consumidores, considerando la agricultura, ganadería, pesca, turismo, cultura e industria. Para ello, se hacen mapas de la red de caminos que resulta del análisis de las actividades económicas, remarcando las carreteras existentes y las que se proponen, y finalmente se hace una síntesis de los análisis Político-social-administrativo y económico.

En cada estudio deben incluirse las obras que están en construcción y todos los caminos de interés. Todas las propuestas resultantes son sometidas a una evaluación para definir el orden de importancia de cada una, utilizando alguno de los siguientes métodos:

1. Método del costo anual, que consiste en comparar el costo anual de varias obras.

2. Método del valor presente, que presenta la suma económica necesaria para cubrir los costos; estos dos primeros métodos varían considerablemente dependiendo de la tasa de interés.

3. El siguiente se conoce como método a la tasa de retorno que encuentra la tasa de interés.

4. Y finalmente el Método de la relación beneficio-costos, que se considera el más efectivo.

Los caminos actuales también pueden clasificarse de la siguiente manera según el destino que persiguen:

- a) Carreteras de función social, que son aquellas que se encuentran en zonas con poco potencial económico, con importantes núcleos de población, que por lo tanto facilitan el acceso de los servicios de educación, sanitarios, asistenciales y para el desarrollo en general. El criterio que se maneja para construir un camino de este tipo es relacionar la inversión con la cantidad de habitantes beneficiados.

La planeación del costo se hace tomando en cuenta especificaciones mínimas. La cantidad de gente servida se calcula solo en la zona de influencia, y el costo por habitante se obtiene dividiendo el costo total entre los habitantes.

b) Otra clasificación son las carreteras de penetración económica en las zonas aisladas que tienen recursos naturales con potencial de ser explotados. Los beneficios que se manifiestan en este tipo son el aumento de la producción en las actividades primarias, así como en las actividades de transformación y de servicio.

Para llevar a cabo su estudio, primero se debe establecer la zona de influencia sin tomar las áreas que ya están servidas. Luego se estima el potencial de acuerdo a las tierras con las que se cuenta para usos agrícola, ganadero y forestal, calculando la producción y el rendimiento probable de cada producto. El beneficio que se obtendrá lo indica el valor de la producción, por lo tanto debe mantenerse actualizado así como el costo de la obra.

c) También se encuentran las carreteras en regiones desarrolladas, que normalmente son las primeras que se construyeron y que ahora soportan mayores volúmenes de tránsito que al principio, por lo que requieren modificaciones o bien, nuevas carreteras para acortar las distancias. Como parámetro de selección se maneja la rentabilidad, ya que las inversiones traen como consecuencia ahorro del costo de transporte, y estos pueden calcularse ya que se manifiestan en el aumento de la productividad, lo que origina mayor desarrollo y para generar recursos que permitan las necesidades de inversión.

Cada estudio considera la circulación actual y establece hipótesis sobre su evolución, y marca el ahorro que obtendrán los usuarios dependiendo del tipo de vehículo, aplicando el siguiente método:

1. Se hace una estimación del número de usuarios, realizando un análisis de la circulación “en función de las características geométricas, de la velocidad de operación, del cruce con poblaciones y de la composición del tránsito” (Mier; 1987: 16). Se procede a realizar un cálculo a futuro del tránsito probable, basándose en un conteo del actual.

2. A continuación viene una estimación de los beneficios unitarios, tomando en cuenta cuatro elementos: Ahorro en tracción, tomando en cuenta los costos de operación por kilómetro. Ahorro en tiempo, en función de la hora ganada por usuario y por máquina. Ahorro en riesgo, aunque es muy difícil de evaluar y no representa mucho. Y ahorro por eliminación del congestionamiento.

3. Luego se hace una estimación de los beneficios totales que se registran cada año, al igual que una estimación de los costos de todas las inversiones que se deben hacer. Finalmente se lleva a cabo un balance actual de la relación beneficio-costos, transformando los gastos e ingresos futuros en valores de hoy., lo que nos permite establecer los índices de rentabilidad.

d) Las que se conocen como brechas, caminos rurales o de mano de obra, que tienen mayor interés en las poblaciones pequeñas o alejadas económica y socialmente, y se construyen gracias a que son muy económicos.

Dentro de los principales beneficios de estos caminos se encuentran: oportunidad para el progreso de la mayoría de la población, mejor distribución del ingreso nacional incluyendo las zonas rurales, permiten el acceso a todo el territorio nacional, lo que permite aprovechar mejor los recursos.

Entre sus características principales están: tienen especificaciones geométricas y constructivas que permiten el tránsito constante de vehículos ligeros, y sus costos de conservación son bajos; además de que pueden evolucionar a ser mejores caminos cuando se requiera, y deben cumplir con el trazo de un camino tipo C o D. Su costo es aproximadamente 40% menor que uno con especificaciones mínimas, y para su construcción intervienen principalmente la gente interesada que proporcionan los medios necesarios para mantenerlos en servicio.

Para tener la integración de los programas de inversiones se deben fijar los objetivos y medios para conseguirlos, relacionándolos de manera lógica, tomando en cuenta diversos factores como el incremento anual de la economía y el porcentaje del producto nacional que debe destinarse a este tipo de obras.

1.3 Elementos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto.

Como lo explica Mier (1987), la Ingeniería de tránsito se dedica a estudiar el movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos, con el fin de hacerlo más rápido y seguro, así como libre y funcional.

El principal problema del tránsito está en la diferencia que existe entre los vehículos que cada día se hacen más modernos, y los caminos en que circulan que son extemporáneos a ellos, ya que la mayoría son sólo mejoramientos de las rutas construidas anteriormente.

Otros de los principales problemas del tránsito son: la existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, caminos inadecuados para su circulación, falta de planificación en el tránsito, falta de educación vial y carencia de leyes y reglamentos. Todos estos factores ocasionan pérdidas de tiempo y de vidas.

Para contrarrestar estos problemas existen tres tipos de soluciones que se explican a continuación:

a) La primera es la solución integral, con la que se pretende crear un nuevo camino que sea útil a los vehículos modernos, previsto en un lapso de tiempo razonable.

b) La segunda es la llamada solución parcial de alto costo, la cual consiste en hacer fuertes inversiones a los caminos actuales, llevando a cabo las modificaciones requeridas.

c) Y la última es la Solución parcial de bajo costo, en la que se aprovechan al máximo las condiciones actuales, haciendo la mínima inversión posible. Cualquier opción que se desee aplicar, requiere cumplir de tres elementos: Ingeniería de tránsito, educación vial, y legislación y vigilancia de la policía.

Existen tres elementos que constituyen el tránsito y los cuales se analizan a continuación:

a) El primero que estudiaremos es el usuario, que se refiere a toda la población en general, tanto conductores como peatones. El peatón es aquella persona que circula por la banqueta, y se caracteriza por tener gran elasticidad de movimiento y capacidad de adaptación a las condiciones existentes. Es el sujeto que se encuentra más propenso a sufrir los accidentes.

Los conductores son las personas responsables del buen manejo de los vehículos. Tiene dos limitaciones para ello: la visibilidad, que está sujeta a la capacidad de sus ojos, y el tiempo de reacción que pueden ser de dos tipos:

1. La reacción física o condicionada es la que sucede inconscientemente ya que son consecuencia de los hábitos del conductor.

2. Y la reacción psicológica es “el producto de un proceso intelectual que principia con la percepción de un estímulo, un juicio y la ejecución de una orden” (Mier; 1987: 24).

Para cuidar estas reacciones, es importante mantener uniformidad en la señalización de tránsito, y cuando sea necesario hacer algún cambio, éste debe ser anunciado con anterioridad para no causar confusión o sorpresa, mediante campañas de preparación.

b) El segundo elemento es el vehículo, el cual se entiende que es el medio de transporte en el cual se mueven los conductores.

Con el paso del tiempo, la potencia de los vehículos ha venido en aumento, ocasionando que puedan alcanzar velocidades muy superiores a las que están permitidas por el tránsito en los caminos actuales, incluso en los camiones se ha permitido que tengan mayor velocidad y capacidad de carga.

Existen dos características geométricas que distinguen a los diferentes tipos de vehículos:

1. Una de ellas es la dimensión, que para efecto de llevar a cabo un proyecto, debe hacerse un promedio de todos los vehículos que se han construido, determinando las tendencias que se vienen creando hacia el futuro, para que los nuevos caminos sirvan a las próximas generaciones.

2. La otra característica es el radio de giro, que es el radio de circunferencia que se traza por la trayectoria de la rueda delantera del vehículo al momento de realizar un giro.

Se puede clasificar a los vehículos en dos grupos: los ligeros, llamados del grupo A, que son todos aquellos que tienen dos ejes y cuatro ruedas, como por ejemplo los autos y las camionetas; y los pesados, donde entran los del grupo B (autobuses) y grupo C (camiones de carga), ya que son todos aquellos que cuentan con dos o más ejes y tienen seis o más llantas.

Se puede manejar otra clasificación especial de vehículos en la que entran las bicicletas, tractores y maquinaria agrícola, remolques para maquinaria pesada, autos deportivos, entre otros.

Las características de operación de los vehículos se determinan por su peso cuando están cargados, y por la potencia de su motor. La relación peso/potencia está relacionada con el tiempo de recorrido de un usuario.

La aceleración es un movimiento producido por la fuerza tractiva que genera el motor de un vehículo, que resulta mayor a las fuerzas resistentes al movimiento, mientras que la desaceleración es lo contrario. Y si ambas son iguales, entonces el vehículo se mueve a velocidad constante, llamada de régimen. Las resistencias que se mencionan son las siguientes:

La resistencia al rodamiento, que se produce por la fricción entre la llanta del vehículo y el pavimento, que incluso ocasiona la deformación de la llanta. Otra es la resistencia por fricción en el frenado producida entre las llantas y el pavimento, que está en función del peso del vehículo y por el coeficiente de fricción longitudinal.

La resistencia por pendiente, que se refiere cuando se circula a través de un camino ascendente provocando resistencia al movimiento del vehículo, contrario a cuando es descendente que se favorece. Y la última es la resistencia producida por el aire, la cual puede ignorarse cuando la velocidad es pequeña.

c) El tercer y último elemento del tránsito es el camino, que se define como la faja de terreno que se acondiciona para permitir el paso de los vehículos, y se pueden clasificar de acuerdo a:

1. Su transitabilidad, que se divide en caminos pavimentados y revestidos (transitables todo el año), y caminos de terracería (transitables en tiempo de secas).

2. Su capacidad, en autopistas (cuatro o más carriles), carreteras de dos carriles, y brechas.

3. Clasificación administrativa dividida en caminos federales (proyectos construidos y conservados por la Federación), caminos de cooperación bipartita, caminos de cooperación tripartita y caminos de cuota.

1.4 Velocidad.

Se trata de un elemento importante para el proyecto de un camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se mide a través de la rapidez y velocidad con que los usuarios circulan en él. Según Mier (1987), existen cuatro tipos de velocidad:

1. La velocidad de proyecto se refiere a la máxima permitida en un tramo del camino para garantizar seguridad, y define las características geométricas de la obra. Está definida por la topografía, tipo de camino, volumen de tránsito y uso de la tierra. Se recomienda proyectar todo el camino con una sola velocidad de proyecto, aunque en ocasiones deban hacerse cambios graduales donde se requiera. Las velocidades recomendadas van de 30 a 110 km/hr.

2. La velocidad de operación es la que realmente utilizan los vehículos, y sirve para medir el grado de eficiencia del camino. Se puede determinar dividiendo la distancia entre el tiempo de recorrido solo cuando el vehículo está en movimiento. Este tipo de velocidad varía considerablemente por el volumen de tránsito.

3. La velocidad de punto es aquella que presenta un vehículo cuando pasa por un punto determinado del camino. En tramos pequeños puede considerarse como representativa, siempre y cuando las características de operación varíen poco. Se puede medir utilizando el Enoscopio.

4. Y por último está la velocidad efectiva global, que se trata de un promedio de velocidad de un vehículo en todo el camino, y se obtiene dividiendo la distancia total entre el tiempo de recorrido, incluyendo paradas y retrasos por diversos factores. Se utiliza para comparar la fluidez en ciertas rutas cuando se han llevado a cabo cambios y se necesitan medir los efectos.

1.5 Volumen de tránsito.

Se entiende como volumen de tránsito al “número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo, los más usuales son la hora y el día”. (Mier; 1987:45)

El volumen promedio diario anual es el número total de vehículos que pasan por un punto determinado de un camino durante un año, dividido entre 365. No se recomienda para hacer el proyecto de un camino porque no indica las variaciones que existen en los diferentes meses del año, días de la semana, ni las horas del día.

El volumen máximo horario anual se define como el mayor volumen horario para un determinado año, y aunque es el más cercano para determinar las condiciones de operación, otorga proyectos de obras sobradas. No se recomienda que esto suceda muy seguido, y para evitar esto se sugieren hacer gráficas que muestren las variaciones de volumen horario en el año.

Para el proyecto de caminos rurales de dos carriles, basta con conocer el volumen horario en ambas direcciones de la circulación, mientras que en caminos que cuentan con más de dos carriles y aquellos de dos carriles de mayor importancia, se debe saber el volumen horario para cada dirección.

Cuando se diseñan intersecciones se deben conocer los volúmenes de todos los movimientos que ocurren simultáneamente, para la máxima hora de la mañana y de la noche, ya que pueden existir marcadas diferencias.

Los volúmenes se pueden sacar de datos estadísticos o bien pueden tomarse por conteos, conocido como muestreo, que es una manera fácil y económica, aunque son considerados como imperfectos ya que presentan variaciones del tránsito. Los datos que se obtienen se pueden expresar gráficamente en magnitud y en dirección.

Para llevar a cabo este conteo manual, los vehículos se pueden clasificar de acuerdo a su peso en:

- a) Vehículos ligeros del tipo A (menos de 2.5 toneladas),
- b) y pesados tipo B y C (más de 2.5 toneladas).

Otra manera de obtener los volúmenes es por medio de conteos mecánicos, realizados con la ayuda de diversos dispositivos que serán presentados y descritos a continuación:

1) Los contadores neumáticos se instalan transversalmente al camino, y al paso de un vehículo el exceso de presión producido en el aire encerrado en el tubo hacia la membrana, ocasiona que ésta actúe sobre el contador mediante un circuito eléctrico. Entre las desventajas que tiene es que sólo registra un vehículo cuando pasan dos al mismo tiempo y no otorga la clasificación del tipo de cada uno de éstos.

2) También se manejan los contadores electromagnéticos y los de presión-contacto. Éstos últimos se utilizan en los caminos de cuota principalmente, y con la información que se obtiene y con la ayuda de procesos estadísticos, se puede conocer el volumen promedio diario anual, el máximo horario anual, la productividad de la zona, el movimiento de los productos, entre otras ventajas.

Los estudios de origen y destino sirven para conocer el volumen de tránsito, tipo, modelo y marca de los vehículos, clasificación por direcciones, origen y destino de cada viaje, tipo de carga y tonelaje, cantidad de pasajeros, productos que se transportan, y dificultades en los recorridos.

Deben realizarse en cruces de caminos donde existen grandes volúmenes de tránsito. Todo esto es de gran ayuda para saber que demanda existe en una población para usar un cierto camino, establecer nuevas rutas dentro de las ciudades para desviar a los turistas y vehículos de carga, establecer la ubicación de una nueva carretera y justificar su construcción, así como para mejorar las que ya existen. Estos estudios se pueden realizar de cuatro maneras diferentes que se enuncian a continuación:

a) por medio de entrevistas directas al conductor (recomendado en las zonas rurales y considerado el más exacto y verídico),

b) proporcionando encuestas a los usuarios en una estación de aforo del mismo camino,

c) haciendo entrevistas personales en las casas de los usuarios a manera de muestreo estadístico (recomendable en zonas urbana por la dificultad que representa la gran cantidad de vehículos),

d) y finalmente se puede hacer observando las placas de cada vehículo en varios puntos.

Al hacer un proyecto de un camino nuevo o la conservación de uno existente, se debe hacer el análisis con volúmenes de tránsito a futuro, estimados a 15 o 20 años, tomando en cuenta los siguientes elementos:

1. El tránsito actual, que es “el volumen de tránsito que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación”. (Mier; 1987: 52)

2. El incremento del tránsito normal que se genera por el aumento de usuarios y vehículos.

3. El tránsito generado, compuesto por los que se hacían a un destino diferente y por nuevos viajes que no se habían hecho, y desarrollado durante los dos primeros años de servicio; varía notablemente en un camino mejorado dependiendo del grado de modernización, estado de otros caminos y uso de la tierra, y es aquel que compone casi la totalidad del tránsito de un nuevo camino.

4. El tránsito también aumenta por el mejoramiento que se da a las tierras adyacentes al camino, es por esto que cuando se ha determinado el uso futuro del camino, se debe hacer la estimación de los nuevos viajes que resultarán para cada tipo de desarrollo así como las proporciones de estos viajes entre las diversas alternativas de origen y destino.

5. El siguiente elemento es el factor de previsión del tránsito, que consiste en relacionar el tránsito futuro o actual en términos de por ciento decimal.

1.6 Densidad de tránsito.

“Es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado” (Mier; 1987: 55). Esto significa que cuando un camino está muy congestionado, la densidad es demasiado alta.

1.7 Derecho de vía.

Es “la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma” (Mier; 1987: 57). Se establece tomando en cuenta la seguridad, utilidad y eficiencia del servicio, requeridas para satisfacer las vías.

En México, la amplitud mínima del ancho de vía se ha establecido de 40 metros, 20 metros hacia cada lado del eje, aunque en ocasiones pueda aumentarse o disminuirse de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

1.8 Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad se define como la medida de eficiencia de una calle o un camino, según lo afirma Mier (1987), es decir, es el número máximo de vehículos que pueden circular bajo las condiciones prevalecientes, en un determinado tiempo. La capacidad se puede ver afectada por las condiciones ambientales, pero esto no se toma en cuenta.

El volumen de servicio es el volumen de tránsito que corresponde a un determinado nivel de servicio, y el máximo es igual a la capacidad. Mientras que el nivel de servicio ayuda a determinar las condiciones de operación que los usuarios experimentan en cada ruta, cuando el volumen de tránsito es menor a la capacidad.

Es una medida cualitativa del efecto que produce la velocidad, el tiempo de recorrido, la interrupción del tránsito, seguridad, comodidad y libertad de manejo, costos de operación, entre otros.

1.9 Distancia de visibilidad.

Como lo explica Mier (1987), existe la distancia de visibilidad de parada, que es la necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su misma ruta.

Se compone de dos elementos:

1. Distancia recorrida desde que se percata del objeto hasta que pisa el pedal del freno, y distancia recorrida desde que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene por completo.

2. Y la otra es la distancia de visibilidad de rebase, que es “la necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en su línea de circulación, sin peligro de colisión con otro que aparezca en sentido contrario” (Mier; 1987: 94).

1.10 Mecánica de Suelos.

La mecánica de suelos “es la rama de la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de Ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas,

producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica”. (Arias; UNAM: 1)

Un suelo es un material que está formado de partículas minerales, y vacíos en los que puede o no existir agua, y por lo tanto se nombra como suelo saturado, parcialmente saturado, y suelo seco. La diferencia entre suelo y roca es básicamente que el primero se puede disgregar por medios manuales, ya que generalmente no están cementados, a diferencia de las rocas. Las propiedades más importantes de los suelos que intervienen en el comportamiento de las obras civiles son:

a) Compresibilidad, que se relaciona con la deformación que sufre un material al recibir una carga o disminuir su volumen.

b) Resistencia al corte, que se mide con el esfuerzo máximo cortante que soporta, y el esfuerzo límite que ocasiona falla por fractura o por flujo plástico.

c) Permeabilidad, que se refiere a la facilidad con que fluye el agua a través de un suelo que está sujeto a un gradiente hidráulico.

Por otro lado, las rocas sufren alteraciones debido a dos procesos:

a) Desintegración mecánica, ocasionada por la congelación del agua, cambios de temperatura, efectos de los organismos, fuerzas tectónicas, gravedad, movimientos telúricos, y abrasión del agua y el viento.

b) Descomposición química, ocurrida en presencia de agua y otras sustancias naturales, lo que produce suelos finos.

Los suelos se clasifican de dos maneras:

1. Suelos residuales, son los que permanecen en el lugar donde se formaron, y resisten construcciones sobre cimentaciones superficiales, mientras no existan huecos ocasionados por filtraciones de agua, ni alto grado de intemperismo.

2. Suelos transportados, es el producto de la alteración de rocas removidas y depositadas en lugares diferentes al de su origen, y a su vez se subdividen en aluviales (transportados por el agua), lacustres (por acarreo), eólicos (a causa del viento), y depósitos de pie de monte (por la acción de la gravedad).

Como lo explica Arias (UNAM), la estructura de un suelo se refiere principalmente a la ubicación, arreglo y orientación de sus partículas. La estructura de suelos gruesos es la que las partículas se apoyan unas sobre otras de manera continua, sostenida por la gravedad y peso propio de las mismas, y los factores que intervienen en su comportamiento son las condiciones de drenaje (el agua disminuye su resistencia al corte y aumenta la compresibilidad), estratigrafía (capas horizontales que lo conforman), granulometría (tamaño de las partículas y su distribución), resistencia o dureza de los granos, forma de los granos, y rugosidad y movimiento de las partículas.

En la estructura de los suelos finos sus partículas no pueden observarse a simple vista, y en ella influyen las fuerzas electromagnéticas de las partículas y las fuerzas moleculares.

La granulometría es la parte de la mecánica de suelos que estudia las formas y distribución de tamaños de gravas o partículas que forman un suelo. Por su forma se pueden clasificar en equidimensionales (suelos gruesos), placas y tubulares.

En este primer capítulo se conoció el tema de las vías terrestres, el cual es fundamental comprender antes de llevar a cabo cualquier obra civil referente a los caminos. A continuación en el capítulo dos se estudiarán los principales requerimientos y componentes que conforman el proceso el proceso constructivo, aplicado a una carretera.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO

En este segundo capítulo se estudiarán las características físicas más importantes de los caminos, analizando lo que son las terracerías y los pavimentos, y considerando sus principales elementos como su sección transversal, alineamiento vertical y horizontal, las especificaciones de los materiales a utilizar, y lo relacionado a la conservación y reconstrucción de caminos.

2.1 Terracerías.

Cuando se requiere construir un camino de este tipo, deben de seguirse las siguientes normas como lo indica Mier (1987):

1- Desmonte, es el retiro de la vegetación que existe en todo el derecho de vía, así como en las zonas que fueron señaladas como bancos, con el fin de no contar materia vegetal para que la obra no sufra daños y también para contar con una buena visión.

En todo este proceso debe considerarse la tala (corte de los árboles y arbustos), la roza (retiro de maleza, hierva, pasto y residuos de siembras), desenraíce (sacar los troncos incluyendo sus raíces), limpia y quema (colocar todo en el lugar indicado y proceder a seleccionarlo y quemar lo que no sirve).

2- Cortes, se refiere a las excavaciones que se ejecutan a cielo abierto sobre el terreno natural, con la finalidad de preparar o formar la sección de la obra como se tiene en el proyecto. Los materiales que se extraen y se cargan, se clasifican de acuerdo a su dificultad para ello en los siguientes:

El material A, es todo aquel que está blando o suelto, en los que se incluyen los suelos poco o nada cementados, suelos agrícolas, limos y arenas.

El material B, es el que solo puede excavarse utilizando tractores o palas mecánicas, pero sin el uso de explosivos, o bien utilizarlos sólo para mejorar la eficiencia. Se consideran en este grupo las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

El material C, es aquel que requiere la aplicación de explosivos, incluyendo las rocas basálticas, areniscas, conglomerados muy cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

Es importante señalar que los despalmes únicamente se llevan a cabo en material del tipo A. Las excavaciones se deben hacer del modo que faciliten el drenaje del corte y los materiales que se obtienen pueden utilizarse para construir terraplenes.

Un corte se considera concluido cuando se ha verificado el alineamiento, el perfil, y la sección en su forma, anchura y acabado. No debe considerarse abundamiento, y el volumen de obra se mide tomando como unidad el metro cúbico.

3- Préstamos, se definen como las excavaciones que se realizan en lugares indicados en el proyecto, con el fin de extraer materiales para formar terraplenes no compensados. Estos préstamos pueden ser de dos tipos:

a) Préstamos laterales, son los que se hacen dentro de las fajas, en uno o en ambos lados del eje de las terracerías, y se utilizan sólo para construir terraplenes laterales a éstos. El ancho de las fajas se mide a partir del eje de las terracerías.

b) Préstamos de banco, son los que se hacen fuera de las fajas, considerando también las excavaciones de los préstamos laterales que se destinan para construir terraplenes que no se encuentran lateralmente.

La unidad para medir el préstamo es el metro cúbico, y en ningún caso debe considerarse abundamiento.

4- Terraplenes, son estructuras formadas de tierra que se obtiene de cortes o de préstamos, y también deben incluirse como terraplenes a las cuñas fronterizas a los estribos de puentes y pasos a desnivel, ampliaciones de corona, tendido de taludes y elevación de la subrasante, en cortes.

Los materiales para su construcción se clasifican en compactable (suelos, fragmentos de roca muy alterada, conglomerados medio cementados, tepetates y areniscas blandas), no compactable (basaltos, calizas, granitos, conglomerados muy cementados, andesitas y riolitas), y agua.

Los terraplenes se deben construir en capas horizontales en todo el ancho de la sección, y con un espesor uniforme para obtener la compactación proyectada. Su corona debe ser más amplia que la teórica y con un talud diferente. Su elaboración inicia hasta que se hayan concluido las alcantarillas y muros de contención. Al finalizarse se debe verificar su alineamiento, perfil, y sección en su forma, anchura y acabado. La unidad de medición de volumen es el metro cúbico.

5- Canales, son las excavaciones que se hacen a cielo abierto para formar la sección de las contracuentas, cauces artificiales y rectificación de los naturales. Se recomienda ejecutarse en seco, y su construcción debe facilitar el drenaje natural. Su unidad de medición de volumen es el metro cúbico.

6- Acarreo de terracería, se refiere al transporte de material y agua empleada en la compactación. El sobreacarreo ocurre cuando concluye el acarreo libre que tienen todos los materiales, aunque se debe señalar que para los materiales de préstamo lateral, todo su acarreo es libre.

2.2 Pavimentos.

Según Mier (1987), en cuestión de pavimentos deben seguirse ciertas recomendaciones para los siguientes conceptos:

1- Revestimientos, son capas de material seleccionado, por lo regular no compactado, que se coloca en terracerías para usarlas como superficie de rodamiento.

Los materiales que se utilizan pueden ser de cuatro tipos: los que no requieren tratamiento (poco o nada cohesivos, como limos, arenas y gravas), los que requieren ser disgregados (cohesivos como tepetates, conglomerados y aglomerados), los que requieren ser triturados parcialmente y cribados, y los que requieren ser triturados totalmente y cribados.

2- Materiales para sub-bases y bases, que se dividen en cinco diferentes: los que no requieren tratamiento (poco o nada cohesivos como limos, arenas y gravas), los que requieren ser disgregados (tezontles y cohesivos como tepetates, conglomerados y aglomerados), los que requieren ser cribados, los que requieren trituración parcial y cribado, y los que requieren trituración total y cribado (piedra extraída de mantos de roca, de pepena y suelta de depósitos naturales o desperdicios).

3- Materiales para carpetas asfálticas, usando materiales pétreos que se clasifican en: los que requieren ser cribados (poco o nada cohesivos que quedan sueltos cuando se extraen), los que requieren ser triturados parcialmente y cribados (poco o nada cohesivos, y cohesivos que puedan disgregarse), los que requieren ser triturados totalmente y cribados (piedra de mantos de roca, de pepena y suelta de depósitos naturales o de desperdicio).

4- Sub-bases y bases, que para su construcción se utiliza el equipo siguiente: de producción de material pétreo (equipo de barrenación y trituración, y cribas), de carga y acarreo (camiones volteos auxiliados de cargadores frontales o palas

mecánicas), y de construcción (motoconformadoras y pipas para agregar el agua). Al término de la obra se debe verificar el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado. La unidad de medida es el metro cúbico.

5- Materiales asfálticos, son aquellos que sirven como adhesivos en riegos de impregnación, de liga y de sello, en estabilizaciones, en construcción de carpetas y en la elaboración de mezclas y morteros. Los tipos que se utilizan son cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas. A veces se usan aditivos para mejorar la adherencia.

6- Estabilizaciones, que consiste en “la incorporación de un determinado producto a los materiales pétreos utilizados en la construcción de la capa subrasante, de la sub-base o de la base para mejorar algunas características físicas de los materiales y mejorar el comportamiento de las capas” (Mier; 1987: 316). Para ello se puede utilizar cal hidratada, cemento Pórtland, materiales asfálticos y puzolánicos. Al terminar los trabajos se debe revisar el alineamiento, el perfil. La sección, compactación, espesor y acabado.

7- Riego de impregnación, es la aplicación de un asfalto rebajado sobre una superficie terminada para impermeabilizarla o estabilizarla y así tener mayor adherencia. Para esto se utiliza material rebajado de fraguado medio y aditivos en caso de requerirse. Al final la superficie debe tener un aspecto uniforme y el material asfáltico debe estar totalmente adherido.

8- Carpetas asfálticas, que se pueden construir por uno de los métodos siguientes: sistema de riegos, de mezcla en el lugar, y usando concreto asfáltico hecho en planta estacionaria en caliente. Además debe cumplir con estos requisitos: no desplazarse ni desintegrarse por el tránsito, resistir al intemperismo y soportar deformaciones sin presentar grietas. Los materiales asfálticos principalmente usados son: cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido, y emulsiones de rompimiento rápido, así como el uso de aditivos cuando sea necesario.

9- Carpetas asfálticas por el sistema de riegos, que consisten en la aplicación de uno a tres riegos de material asfáltico, cubierto de material pétreo de diversos tamaños, triturados y cribados. La compactación se hace de la orilla hacia el centro de la carpeta, y en curvas se hace del lado interior hacia el exterior.

10- Carpetas asfálticas de mezcla en el lugar, consisten en mezclar, tender y compactar materiales pétreos y uno asfáltico (material rebajado de fraguado rápido o medio, emulsiones de rompimiento medio o lento; cementos asfálticos y rebajados, y emulsiones de rompimiento rápido para los riegos de liga). Al terminar la construcción se debe revisar el alineamiento, el perfil, y la sección en su forma, espesor, anchura y acabado.

11- Carpetas de concreto asfáltico, construidas mediante el tendido y compactación de mezclas hechas en caliente en una planta estacionaria. Al concluir los trabajos se debe verificar el alineamiento, perfil, la sección, compactación, acabado y el espesor.

12- Riego de sello, Consiste en aplicar un material asfáltico cubierto con una capa de material pétreo, con el fin de impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y contar con una superficie anti-derrapante. Para esto se deben utilizar cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido, emulsiones de rompimiento rápido, y aditivos cuando sea conveniente.

13- Morteros asfálticos, tienen como fin impermeabilizar las carpetas asfálticas, así como protegerlas del desgaste. Son hechos en planta móvil con material pétreo, agua y emulsión asfáltica.

14- Losas de concreto hidráulico para pavimentos, tienen como fin soportar y transmitir las cargas que actúan en ellas, y se construyen de concreto simple, reforzado o preesforzado. Al término debe revisarse el alineamiento, el perfil, y la sección en su forma, espesor, anchura y acabado.

2.3 Alineamiento vertical.

Como lo define la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974), el alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona o subrasante. Se compone de dos elementos, tangentes y curvas, los cuales se explican a continuación:

1- Las tangentes se caracterizan por su pendiente, que es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos; y su longitud, que es la distancia horizontal entre dos curvas.

La pendiente gobernadora es la pendiente media que puede darse a la línea subrasante con el fin de dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, buscando siempre la economía en el costo de construcción, operación y mantenimiento.

La pendiente máxima es la mayor permitida, y está determinada por el volumen y la composición del tránsito, así como la configuración del terreno, y sólo debe usarse cuando convenga económicamente para librar algunos obstáculos.

La pendiente mínima es la que se marca para el drenaje. Se puede anular en los terraplenes.

La longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical, es la máxima para que un camión cargado descienda sin reducir su velocidad más allá del límite marcado. Para su determinación influyen tanto la configuración del terreno, como el volumen y la composición del tránsito.

2- Las curvas verticales son aquellas que unen a dos tangentes seguidas del alineamiento vertical, con el fin de que durante su longitud se haga un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de salida, debiendo ser segura, confortable, estética y con buen funcionamiento del drenaje. Pueden ser de dos tipos, las que tienen concavidad hacia arriba (curvas en columpio) y las que tienen concavidad hacia abajo (curvas en cresta).

La forma de la curva debe ser tal que la componente horizontal de la velocidad de un vehículo permanezca constante. Los elementos que deben calcularse para una curva parabólica son los siguientes:

a) Longitud, se puede calcular mediante cuatro criterios: de comodidad (aplicable en curvas verticales en columpio), de apariencia (se aplica en curvas con visibilidad completa), de drenaje (usado en curvas en cresta o en columpio, alojadas en corte), y de seguridad (usado en curvas en cresta y en columpio donde se requiere que la distancia de visibilidad sea mayor a la de parada). Éste último es el que debe seguirse para el proyecto.

b) Pendiente en un punto cualquiera de la curva, considerando que la variación de pendiente es uniforme a lo largo de la parábola.

c) Pendiente de la curva a un punto cualquiera, tomando en cuenta que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

Otros elementos son: la desviación respecto a la tangente (diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva), la externa, la flecha, y la elevación de un punto cualquiera de la curva.

2.4 Alineamiento horizontal.

Como lo marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974), el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino. Los elementos que lo integran se explican a continuación:

1- Tangentes, es la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen a las curvas. Su longitud está marcada por la distancia entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente. Se le llama punto de tangente a cualquier punto del alineamiento horizontal, ubicado en el terreno sobre una tangente. Las tangentes muy largas suelen provocar accidentes, por lo tanto la longitud máxima debe estar determinada por la seguridad; y la mínima entre dos curvas consecutivas se define por la longitud necesaria para dar sobreelevación y ampliación necesaria a éstas.

2- Curvas circulares, se trata de los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas que unen dos tangentes seguidas, y pueden ser de dos tipos:

a) Simples, cuando dos tangentes se unen por una sola curva circular, y su sentido de cadenamamiento puede ser hacia la izquierda o a la derecha. Sus componentes son: grado de curvatura, radio de la curva, ángulo central (es el subtendido por la curva circular), longitud de curva, subtangente, externa, ordenada media (longitud de la flecha en el punto medio de la curva), deflexión a un punto cualquiera de la curva, cuerda (recta comprendida entre dos puntos de la curva), ángulo de la cuerda (entre la prolongación de la tangente y la cuerda misma).

b) Compuestas, formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio (directas), o bien, de diferente sentido y radio (inversas), pero teniendo un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Éstas curvas deben evitarse ya que producen peligrosos cambios de curvatura.

3- Curvas de transición, son aquellas que unen una tangente con una curva circular, usadas para que los vehículos pasen de un tramo tangente a uno en curva circular, de manera gradual, tanto en el cambio de dirección como a la sobreelevación y la ampliación. Su diseño debe tomar en cuenta que la variación de la curvatura y de la aceleración centrífuga, sea constante a lo largo de ella.

La distancia de visibilidad en curvas de alineamiento horizontal “que parcial o totalmente queden alojadas en corte o que tengan obstáculos en su parte interior que limiten la distancia de visibilidad, debe tenerse presente que sea cuando menos equivalente a la de parada. Si no cumplen con este requisito, se deberá recortar o abatir el talud del lado interior de la curva, modificando el grado de curvatura o eliminando el obstáculo”. (SCT; 1974: 322)

2.5 Sección transversal.

“La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural”. (SCT; 1974: 367).

Se compone de los elementos que se explican a continuación:

1- Corona, es la superficie del camino terminado entre los hombros, o sea las aristas superiores de los taludes del terraplen o interiores de las cunetas. Se representa por medio de una línea y está compuesta por:

a) Rasante, se representa por medio de un punto, y es la línea de proyección del desarrollo del eje de la corona del camino sobre un plano vertical.

b) Pendiente transversal, es la que se da a la corona normal a su eje, y puede presentarse en tres casos: bombeo, sobreelevación, y transición del bombeo a la sobreelevación

2- Subcorona, es la superficie que limita las terracerías y sobre la cual se apoyan las capas del pavimento. Se representa con una línea, y se compone de los siguientes elementos:

a) Subrasante, que es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

b) Pendiente transversal, es igual a la de la corona, manteniendo uniforme el espesor del pavimento. Puede ser sobreelevación o bombeo, de acuerdo a si la sección es en tangente, en curva o en transición.

c) Ancho, es la distancia horizontal entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplen, cuneta o corte, y está en función del ancho de corona y del ensanche.

3- Las obras de drenaje incluidas en la sección transversal son dos, y se analizan a continuación:

a) Cunetas, son zanjas construidas en los tramos en cortea uno o a ambos lados de la corona, para almacenar el agua que escurre por el talud y la corona, y por lo regular se construyen de sección transversal.

b) Contracunetas, por lo regular son zanjas de sección trapezoidal construidas arriba de la línea de ceros de un corte, con el objeto de captar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

4- Taludes, son las inclinaciones del paramento de cortes o de terraplenes, y se expresa de manera recíproca al número de la pendiente. Se determinan de acuerdo a su altura y a la naturaleza del material que los componen.

5- Otros elementos importantes de consideración para la sección transversal se estudian brevemente a continuación:

a) Guarniciones, son elementos contruidos de concreto hidráulico, que se entierran parcialmente, y son usados para limitar banquetas, camellones, isletas y para delinear la orilla del pavimento. Y los bordillos, se construyen de concreto asfáltico sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, con el fin de guiar el agua que escurre de la corona para ser descargada sobre los lavaderos.

b) Banquetas, son fajas que se construyen a un nivel superior de la corona en ambos lados, con el fin de que circulen los peatones.

c) Fajas separadoras, son las zonas que dividen los carriles de tránsito de diferente sentido entre ellos (centrales), o de igual sentido pero de naturaleza diferente (laterales). Y los camellones, que pueden ser de dos tipos: centrales (se construyen sobre caminos de cuatro o más carriles), y laterales (para zonas urbanas y suburbanas).

6- Derecho de vía, es la faja requerida para la construcción, mantenimiento, ampliación, protección, reconstrucción y uso adecuado de un camino, y para los servicios complementarios.

2.6 Compactación de los materiales en el camino.

Como lo afirma Mier (1987), el proceso mecánico de compactación del suelo se hace para mejorar las características del mismo, como su resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación, para obtener finalmente un suelo estructurado que resista y tenga un comportamiento adecuado durante toda la vida útil de la construcción. Ésta compactación se controla determinando el peso volumétrico seco de los materiales utilizados.

Los parámetros para determinar el proceso de compactación, se mencionan a continuación:

- a) Naturaleza del suelo.
- b) Energía de compactación, influye determinantemente.
- c) Método de compactación utilizado, los de laboratorio son por impacto, por amasado, por aplicación de carga estática y por vibración, y los de campo dependen del equipo que se va a manejar.
- d) Contenido de agua del suelo, ya que existe uno óptimo que produce el máximo peso volumétrico que puede obtenerse.
- e) Contenido de agua original del suelo, donde se recomienda buscar condiciones de humedad natural que no se alejen mucho de la cantidad óptima.

f) Recompactación, que afecta severamente los resultados de laboratorio, ya que el peso volumétrico de suelos compactados es mayor que de las muestras vírgenes.

g) Temperatura, afecta por el fenómeno de la evaporación del agua que se incorpora al suelo, o bien, por la condensación de la humedad ambiente.

h) También pueden incluirse otros factores que influyen, como el número y espesor de las capas, el número de pasadas del equipo de compactación o los golpes del pisón en cada capa.

Al hacer la curva de compactación podemos observar un máximo absoluto, que se le llama peso volumétrico seco máximo y su humedad se le denomina óptima. Cuando un suelo se compacta adecuadamente se trata de un suelo no saturado. La compactación de los suelos en campo se puede hacer de las cuatro formas siguientes:

a) Compactadores por amasado, utilizando los rodillos pata de cabra que producen dos resultados en terraplenes de suelos finos compactados, la distribución uniforme de la energía de compactación de cada capa, y la liga entre las siguientes. Se puede combinar este equipo con vibradores.

Existen dos tipos de rodillo pata de cabra, el de rejillas (utilizado en materiales que requieren disgregación, incluyendo arcillas homogéneas o mezclas de arena, limos y arcillas, con gran cantidad de finos), y el segmentado (usado en materiales que requieren disgregación, incluyendo arcillas no muy plásticas).

b) Compactadores por presión, mediante rodillos lisos (remolcados y autopropulsados) y neumáticos (usados principalmente en suelos arenosos con finos poco plásticos y en limos poco plásticos). Estos equipos pueden compactar capas más gruesas y con más velocidad, a diferencia de los rodillos pata de cabra, además de que se puede agregar material grueso de mayor tamaño.

c) Compactadores por impacto, usando pisonos o bailarinas (para empleo en áreas pequeñas) y rodillos apisonadores (semejantes a los pata de cabra, pero con capacidad de operar a mayor velocidad. Estos equipos se destinan a zanjas, desplantes de cimentaciones, áreas cercanas a alcantarillas o estribos de puentes y relleno de las mismas, y en general donde no pueden introducirse otros equipos por razones de espacio y para evitar un peso excesivo.

d) Compactadores por vibración, principalmente sobre suelos granulares limpios o con poca cantidad de finos plásticos. Su mayor ventaja es que se puede trabajar con capas de mayor espesor. Y es importante mencionar que la cantidad de agua para obtener la máxima eficiencia de compactación, es bastante menor que la que se requiere con otros métodos.

e) Compactadores mixtos, combinando el efecto de dos o más equipos, como el compactador neumático vibratorio que se utiliza en suelos arenosos bien graduados, arenas limosas y arcillosas. Los rodillos pata de cabra anexados a un equipo vibratorio se usa en suelos finos arcillosos además de que da la posibilidad de trabajar con capas de mayor espesor.

Las recomendaciones para obtener una compactación exitosa son: conocer los materiales que se van a manejar, y realizar los muestreos y las respectivas pruebas de laboratorio. El grado de compactación se utiliza para medir la diferencia entre el peso volumétrico en campo y el que se obtiene en laboratorio, aunque no es adecuado para medir la calidad lograda por un equipo.

Las pruebas de compactación de laboratorio pueden agruparse de la siguiente manera: dinámicas, estáticas (usada sobre suelos friccionantes), por amasado (reproducen el efecto de los rodillos pata de cabra y se usa para suelos finos como limos o arcillas), por vibración, y especiales.

2.7 Materiales de construcción.

1- Materiales para terracerías, son todos aquellos que provienen de la corteza terrestre, ya sea de cortes o de préstamos, y que se utilizan para construir terraplenes solos, mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o artificiales.

2- Materiales para revestimientos, sub-bases, y bases de pavimentos.

3- Materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas, que se dividen en dos grupos: mezclas de dos o más materiales, y materiales naturales que requieren uno o varios tratamientos de disgregación, cribado, triturado y lavado.

4- Materiales asfálticos, se utilizan para unir los materiales pétreos que se emplean en carpetas, sub-bases y bases estabilizadas, entre los que se encuentran: cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido (líquidos), asfaltos rebajados de fraguado medio, asfalto rebajado de fraguado lento, y emulsiones asfálticas formadas para dos fases.

5- Aditivos para asfaltos, se usan para mejorar las características de adherencia entre los materiales pétreos y los asfálticos, aplicándolo directamente sobre éstos últimos antes de ser mezclados.

6- Mezclas asfálticas, se obtienen de incorporar y distribuir uniformemente material asfáltico sobre pétreo.

7- Materiales para mampostería (piedras naturales, cal hidratada y viva, cementos y arenas para morteros) y concreto hidráulico (cemento Pórtland en todos sus tipos, agregados pétreos, agua, aditivos y material de curado).

2.8 Conservación de caminos.

1- Pavimentos, debido al deterioro y fallas que presentan con el paso del tiempo y disminuyen su capacidad de tránsito. Las labores que se realizan pueden ser las siguientes: relleno de grietas, renivelaciones, bacheos (profundos o superficiales), riego de sello (medida de impermeabilización, protección y antiderrape), y rastreos (reacomodo de material de la capa superficial para permitir el bombeo).

2- De obras de drenaje, como limpieza de alcantarillas (retirar azolve y hierbas o arbustos), limpieza de cunetas y contracunetas, limpieza de canales de entrada y salida, y reparaciones en general que se consideren necesarias

3- Obras marginales, son las que se encuentran sobre el derecho de vía que sirven para mejorar la utilización de los caminos, por ejemplo accesos a gasolineras, hoteles y restaurantes, o bien, a poblados o entronques con otros caminos. También pueden ser paraderos, miradores y zonas de estacionamiento.

4- Evaluación y comportamiento de los pavimentos, mediante dos formas: medición objetiva mediante aparatos (costosa y no tiene gran precisión), y apreciación subjetiva de una o varias personas.

2.9 Reconstrucción de caminos.

1- Según Mier (1987), la renivelación puede ser considerada como conservación o como proceso de reconstrucción.

2- El riego de sello se recomienda cuando se desea aportar una superficie de desgaste a una carpeta; cuando la carpeta existente esté agrietada o con textura muy abierta, con el fin de evitar la penetración de agua; para proporcionar rugosidad a la superficie y hacerla antiderrapante; para reavivar el asfalto de una carpeta que está a la intemperie; como protección cuando se hace el desgranamiento o desgaste superficial, y tener sobre la superficie un color apropiado para el tránsito nocturno.

Se debe evitar para cubrir los defectos en la construcción, así como tratar de corregir deformaciones o agrietamientos. También para corregir los desplazamientos de material por la inestabilidad de las mezclas asfálticas, o los riegos de liga.

3- Las carpetas y sobrecarpetas asfálticas, usando asfalto de fraguado rápido o emulsiones de fraguado medio o lento.

4- Sub-bases y bases, que pueden ser de dos tipos: para reforzar un pavimento existente o para ampliar el ancho de corona.

5- Bases estabilizadas, para disminuir la plasticidad y aumentar la resistencia de los materiales pétreos inadecuados. Es muy utilizado el asfalto, empleando materiales que no cumplen con la granulometría indicada, además de que provoca meno molestia a los usuarios y su espesor requerido es pequeño. También puede hacerse con cemento de manera flexible o rígida (proporciona resistencia similar al pavimento de concreto hidráulico). Utilizando cal se disminuye la plasticidad del suelo, aunque presenta poca resistencia al desgaste superficial.

6- Reconstrucción y ampliación de alcantarillas y puentes, que puede ser de dos tipos: transversal (para aumentar el ancho de calzada) y longitudinal (para obtener mayor área hidráulica).

Otros trabajos requeridos pueden ser: reparación y limpieza de drenes, abatimiento de taludes en cortes (disminuir la pendiente del talud y hacer su limpieza para mejorar la estabilidad y evitar derrumbes), abatimiento de taludes en terraplenes (para aumentar la estabilidad, disminuir la velocidad de escurrimiento, evitar los deslaves), y ampliación del ancho de la corona.

En este segundo capítulo que concluye, se estudiaron las principales características físicas de los caminos, tanto de terracerías como de pavimentos, y se comprendió por qué es tan importante su análisis en el desarrollo de cualquier proyecto. En el próximo capítulo se incluyen los rasgos más importantes de la zona de estudio, así como un resumen de los trabajos y estudios realizados, con el anexo de fotografías y la mención de la propuesta para el proceso constructivo.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En este tercer capítulo se presenta una breve explicación acerca de las generalidades del estado de Michoacán, así como del municipio donde se encuentra el tramo en estudio. Se aborda en lo referente a la localización, extensión, y su entorno geográfico como topografía, geología, hidrología y uso de suelo. También se hace un resumen de los trabajos que se realizaron para desarrollar el proyecto, anexando un informe fotográfico y presentando la alternativa de solución.

3.1 Generalidades.

Como lo menciona Anda Gutiérrez (2001), el estado de Michoacán se encuentra al suroeste de la República Mexicana, forma parte de la región centro occidente, y está ubicado entre los 20° 23' 44" y 18° 09' 49" de latitud norte y los 100° 04' 48" y 103° 44' 20" de latitud oeste. Tiene una superficie de 59, 864 km², que equivale al 3.1% de la extensión territorial del país, ocupando el lugar decimosexto entre todos los estados.

Colinda al este con los Estados de México y Guerrero, al norte con Querétaro y Guanajuato, y al oeste con Colima y Jalisco. Cuenta con casi 217km de costa en el litoral del océano Pacífico.

La entidad se divide en cuatro zonas: Ciénega de Chapala y el Bajío, Central, Tierra caliente y Sur, estas tres últimas cruzadas por dos cadenas montañosas, la sierra del Centro y la del Sur. Está distribuido en 7,16 localidades, integradas en 113 municipios.

Gran parte de la superficie está cubierta por extensa boscosidad constituida por pino, encino y oyamel principalmente. La economía michoacana se sustenta en la agricultura, ganadería, silvicultura, agroindustria, pesca, artesanías, industria siderúrgica y maquiladoras.

El tramo carretero que se estudia en el presente documento se clasifica como camino tipo B, y se localiza en el municipio de Gabriel Zamora, desde el entronque de la carretera Lombardía - Santa Casilda, hasta la entrada al campamento de la Central Hidroeléctrica "El Cóbano". Se puede llegar hasta este lugar por la carretera Carapan – Playa Azul, y por la autopista Siglo XXI Uruapan – Lázaro Cárdenas, tomando la respectiva desviación desde Santa Casilda hacia Lombardía o viceversa.

De acuerdo con la Enciclopedia de los municipios de Michoacán (2000), el municipio de Gabriel Zamora se localiza al suroeste del estado, en las coordenadas 19°09' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 640 metros sobre el nivel del mar. La principal actividad económica de esa zona es la agricultura y la ganadería, gracias a las grandes obras hidráulicas que existen en sus ejidos.

Su orografía presenta relieves correspondientes al sistema volcánico transversal y a la depresión del Balsas. Su clima es tropical con lluvias en verano, y al centro es seco estepario con lluvias en verano, y su temperatura está entre los 17 y 35 grados centígrados. La cabecera municipal es Lombardía, y entre sus principales localidades están Charapendo, Santa Casilda, El Capire y Los Cajones.

3.2 Entorno geográfico.

3.2.1 Macro localización.

Las siguientes imágenes sirven de referencia para ubicar primeramente el estado de Michoacán dentro de la República Mexicana, y posteriormente en la micro localización podemos situar el tramo carretero en la entidad, y observar cuales son las poblaciones que lo rodean.



Imagen 3.1
Ubicación del estado de Michoacán dentro de la
República Mexicana.
(Página electrónica www.michoacan.gob.mx 2008).

3.2.2 Micro localización.

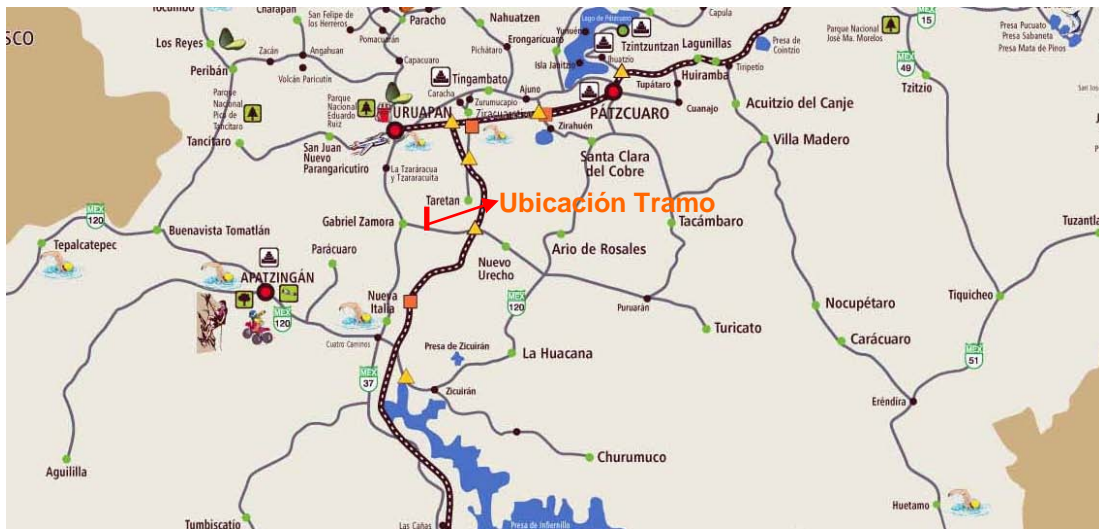


Imagen 3.2
Ubicación del tramo carretero, en el edo. Michoacán. Entronque carretera Lombardía – Santa Casilda, a la entrada al campamento de la C.H. “El Cóbano”. Coordenadas 19°09' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, altura de 640 metros sobre el nivel del mar. (Página electrónica www.granhotelpatzcuaro.com.mx, 2008).



Imagen 3.3
Fotografía satelital del tramo carretero, donde se muestra claramente sus límites y las zonas físicas que lo rodean. (Página electrónica www.earth.google.es, 2008)

3.2.3 Topografía.

En Michoacán, la orografía está dominada por la sierra Madre del Sur y la cordillera Tarasca-Náhuatl. En el municipio de Gabriel Zamora, el relieve corresponde a partes meridionales del sistema volcánico transversal y a la depresión del Balsas. En Lombardía existe un cerro de lava, registro de un volcán apagado el cual muestra claramente su cráter.

3.2.4 Geología.

Según el INEGI (1985), en el estado, el relieve estructural original de la provincia del eje Neovolcánico se compone principalmente de rocas volcánicas jóvenes de la era Cenozoica Superior. En la zona costera es importante la erosión marina y los fenómenos tectónicos asociados a los volcánicos.

Existen muchos lugares hidrotermales. En la sierra Madre del sur, desde el Mesozoico hasta hoy se han producido varios fenómenos estructurales y geomorfológicos (tectónicos y magmáticos) que han originado deformaciones y dislocaciones en las rocas que a su vez modifica el relieve del territorio, caracterizado por un paisaje montañoso con profundas cañadas.

En la región, los suelos datan de los períodos cenozoico, cuaternario y plioceno, y corresponden principalmente a los del tipo de pradera. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción agrícola y forestal. Domina el bosque tropical, no es maderable, y cuenta con matorrales de distintas especies.

3.2.5 Clima.

El clima del estado se clasifica como sigue: tropical lluvioso en el sur y suroeste, seco estepario en la depresión del Balsas y Tepalcatepec, templado en el norte y áreas más altas de la Sierra Madre del Sur, y templado con lluvias todo el año en las zonas más elevadas del eje Volcánico transversal. En Gabriel Zamora, el clima es tropical con lluvias en verano y al centro, seco estepario con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 744.0 milímetros y temperaturas entre 17.0 y 35.0 grados centígrados.

3.2.6 Hidrología.

En el estado se forman cuatro regiones hidrológicas: Lerma – Chapala – Santiago (región norte), la del río Balsas (porción central), Armería – Coahuayana (zona costera al sur), y la Costa de Michoacán. En algunas sierras afloran acuíferos subterráneos en forma de manantiales.

Debido a lo accidentado del relieve, se han formado tres vertientes en el estado: del Norte (clima sub-húmedo, sobre los cauces hay almacenamientos empelados para generar energía eléctrica y para uso agrícola), del Sur o del Pacífico (no cuenta con obras de almacenamiento por su corto trayecto, y su zona cultivable es muy poca por lo abrupto de la topografía), y la del Centro (clima seco y semi-seco en las partes bajas por escasez de lluvia, donde la agricultura se sustenta con riego). En el municipio se encuentran los ríos “el Marqués”, “Santa Casilda”, “Barranca Honda” y “Tziritzícuaro”; así como los arroyos de “la Zorra”, “Las Pintadas” y “la Escondida”; y dentro se encuentra la presa del Cupatitzio.

3.2.7 Uso del suelo y actividades económicas.

La tenencia de la tierra la dominan los ejidos y las comunidades agrarias. Los principales productos agrícolas y frutícolas que se producen son: maíz, sorgo, arroz, frijol, trigo, cebada, cártamo, ajonjolí, aguacate, mango, manzana, fresa, perón, sandía, limón y plátano. Resalta la cría de ganado bovino, porcino, caprino, ovino, caballar, mular y asnal. Se explota plata, zinc, cobre y oro. Además se produce hierro y se extrae la barita.

La industria se dedica a la transformación de madera, maquinaria, productos químicos, fertilizantes, textiles, alimentos para ganado y empacadoras de carne, calzado, empacadoras de frutas y legumbres, aceites y jabones, así como maquiladoras, comercio y turismo.

3.3 Resumen ejecutivo.

Para el estudio de este tramo, fue necesario inicialmente hacer una visita física al mismo, para observar su condición actual, así como el medio que lo rodea, determinando las características de la zona que influyen determinantemente en la decisión de la mejor alternativa de diseño. Se hizo un conteo del tránsito de vehículos, al igual que una clasificación de éstos, y se tomaron fotografías para plasmar los aspectos más importantes de todo el contexto.

Se llevó a cabo una investigación documental en la cual se recurrió a diversos autores, principalmente de libros, complementando con información de Internet, manuales y enciclopedias; todo esto para comprender mejor los temas relacionados a los caminos y a sus principales componentes.

Una vez realizado esto, se procedió a presentar la alternativa que se consideró ideal, incluyendo las modificaciones necesarias para mejorar las condiciones de vialidad. Para llevar a cabo el trabajo, se hizo uso de diversos programas computacionales entre los cuales están Microsoft Office Word y Excel.

3.4 Informe fotográfico.

A continuación se presentan una serie de fotos tomadas físicamente en el lugar de estudio, las cuales muestran diversas características que se explican en cada una:



Imagen 3.4
Esta fotografía muestra el estado actual de la carpeta asfáltica.



Imagen 3.5
En la imagen se puede apreciar el Tipo de vegetación de la zona.



Imagen 3.7
Existe un muro de contención a un costado del camino.



Imagen 3.8
El tipo de vehículos que principalmente circulan a través del camino.



Imagen 3.9
El entronque que indica que inicio del Tramo en estudio.

3.5 Estudio de tránsito.

Durante la visita al sitio en se hizo un estudio vehicular de aproximadamente 6 horas, el cual incluye el tipo de tránsito que circula por el camino, y un aforo que indica la cantidad promedio de circulación en un día ordinario laboral. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos, una vez que han sido clasificados y conjuntados:

LUGAR:	Camino de acceso desde el entronque hasta la entrada al campamento de la C.H. El Cóbano.
UBICACIÓN:	Carretera Lombardía - Santa Casilda
HORARIO:	08:00 AM - 02:00 PM
TIPO	CANTIDAD
A	83
B	2
C	2
TOTAL	87

3.6 Alternativa de solución.

Luego de visitar la zona, conocer el tránsito vehicular, y las condiciones climatológicas y generales de la región en estudio, se establece que la alternativa idónea para llevar a cabo el mantenimiento del tramo carretero es un reencarpetamiento de 4 centímetros de espesor con carpeta asfáltica, así como incluir la colocación de nuevas señales, vialetas y aplicar pintura en las rayas laterales y central del camino, debiendo analizar costo de material, mano de obra, maquinaria, costos indirectos y calcular el tiempo de ejecución de la obra

En este capítulo se estudiaron las generalidades geográficas del Estado y del municipio donde está ubicado el camino; se hizo mención del proceso que se siguió para la elaboración del proceso constructivo, agregando los estudios que se requirieron, y anexando un informe fotográfico que muestra las características actuales del tramo. En el cuarto capítulo se analizará la metodología utilizada en la elaboración de este trabajo, explicando métodos, enfoque, diseño e instrumentos de investigación.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se explicará el método científico, que fue utilizado para la realización de este trabajo, así como el enfoque cuantitativo y el alcance descriptivo del documento. De igual manera se analizará el diseño no experimental transeccional de la investigación, así como los instrumentos de recopilación de datos empleados, y finalmente se hace una descripción de todo el procedimiento o proceso seguido.

4.1 Método empleado.

De acuerdo con Tamayo (2000), el método científico aplicado en este trabajo, es un paso intermedio entre la investigación y el conocimiento científico, es decir, se trata de un procedimiento para descubrir las condiciones de ciertos sucesos que generalmente son verificables, de observación empírica y de razonamiento riguroso. Se inicia con la formulación de un problema de investigación, debiendo delimitarlo y especificarlo claramente.

Tiene como características principales que es fáctico, va más allá de las apariencias, tiene una verificación empírica, es autocorrectivo y progresivo (accesible para nuevos aportes y utilizar nuevas técnicas y procedimientos), hace formulaciones de tipo general, y es objetivo para evitar distorsiones en la gente.

Es fundamental la determinación del proceso seguido para demostrar un enunciado, debido a que cada ciencia necesita un método especial pero siguiendo los pasos del método científico.. Los elementos que componen al método científico se explican a continuación:

a) Conceptos, que operacionalmente son un conjunto de instrucciones con la característica de ser comunicables y entendibles. Son propios de cada ciencia y generalmente son abstracciones.

b) Hipótesis, son proposiciones que se prueban para verificar su validez y convertirse en teoría. Indican lo se está buscando, por lo que tienen que ser claras, específicas, tener referentes empíricos, y estar relacionadas con técnicas disponibles.

Los pasos a seguir en el método científico inician con la percepción de una dificultad, la cual enseguida debe identificarse y definirse mediante la observación. A continuación se hacen las hipótesis o propuestas de solución, señalando las consecuencias que se generarán; y finalmente se hace la comprobación de éstas mediante acciones.

Como lo indica Mendieta (2005), el método matemático es una rama del método científico, en el cual se aplica el método cuantitativo (incluye números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones), y el comparativo (intervienen matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de factores).

4.2 Enfoque de la investigación.

Según Hernández (2005), el enfoque cuantitativo utilizado en esta investigación, ayuda a generalizar resultados de manera más amplia, además de controlar los fenómenos y los puntos de vista de conteo y magnitudes, y facilita hacer comparaciones entre estudios de la misma especie. Es empírico ya que obtiene datos de los estudios y es ideal para las ciencias exactas.

Entre sus características principales se encuentra que se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, crea hipótesis y preguntas de investigación que posteriormente deben ser verificadas, se basa en la medición numérica y estandarizada, usa análisis estadísticos, es reduccionista, y generaliza los resultados con muestras representativas.

Como un claro ejemplo de este tipo de enfoque se encuentran los experimentos y las encuestas que se basan en cuestionarios estructurados.

El alcance de estudio aplicado es de tipo descriptivo, el cual fundamenta las investigaciones correlacionales estructuradas que otorgan información para hacer estudios explicativos que a su vez originan un sentido de entendimiento. Éstos estudios “buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández; 2005: 117).

Con este estudio se mide o recopila información de manera independiente o en conjunto acerca de los conceptos o variables en cuestión, pero su objetivo no es indicar su relación.

4.3 Diseño de la Investigación.

De acuerdo con Hernández (2005), la investigación no experimental se clasifica según su dimensión temporal, o el número de momentos o puntos en el tiempo donde se recolectan datos. Este tipo de investigación a su vez se subdivide en transeccional, que consiste en juntar datos en un solo momento en un tiempo único, y tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia y relación en un determinado tiempo.

La investigación transeccional descriptiva profundiza en la incidencia y los valores que presentan una o más variables en el enfoque cuantitativo. Consiste en medir o ubicar un grupo dentro de una variable o concepto para posteriormente hacer la descripción. Muestra un panorama del estado de una o más variables dentro de un grupo en un momento específico.

4.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Para este trabajo se hizo uso de diversos instrumentos útiles para recopilar datos, uno de ellos fue la observación que “consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamiento o conducta manifiestos” (Hernández; 2005: 429).

Para llevar a cabo esto primero se debe definir claramente el universo de aspectos, eventos o conductas y luego extraer una muestra representativa de éstas, posteriormente se establecen y definen las unidades de observación enseguida las categorías y subcategorías de observación.

Otro método utilizado fue la investigación de campo para obtener datos y registros actuales, la investigación documental, principalmente en libros, manuales, e información extraída de Internet, y se hicieron uso de diversos programas computacionales para la captura y procesamiento de los datos, como por ejemplo Microsoft Word y Excel.

4.5 Descripción del procedimiento de Investigación.

El proceso que se siguió en esta investigación inicia con la selección del tramo en estudio, determinando su ubicación y comprobando si existe algún proyecto elaborado para ser utilizado como base de comparación y mejora. A continuación se hizo la visita al sitio para observar el medio que lo rodea, establecer las condiciones actuales y hacer la propuesta de proceso constructivo que se considera ideal para desarrollar. En este paso se obtuvieron fotografías, así como datos y registros de aforo, útiles para elaborar la propuesta.

Enseguida se llevó a cabo la investigación documental, recurriendo a diversos autores de libros referentes a vías terrestres y aspectos de metodología, haciendo uso también de manuales, enciclopedias y extrayendo información de Internet.

Se procedió a hacer los cálculos con los datos extraídos en campo y con información obtenida con diversos proveedores de material y mano de obra, y al terminarlos se hizo la interpretación de los resultados, que ayudó a establecer condiciones de comparación y las conclusiones finales.

En el cuarto capítulo se mencionó la metodología aplicada para la presente investigación, abarcando el método, enfoque, descripción del procedimiento, y diseño de la investigación, así como los instrumentos de recopilación utilizados. En el siguiente capítulo se adentrará en los análisis y en la interpretación de los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto planteado del tramo carretero.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este quinto y último capítulo se explicará la teoría del procedimiento constructivo empleado en el proyecto en estudio, y enseguida se harán los cálculos numéricos y el análisis que permita hacer el presupuesto económico y de tiempo para la ejecución, y así determinar las ventajas y conclusiones finales.

De acuerdo con la página www.itec.es (2009), un proceso constructivo es el conjunto de actuaciones llevadas a cabo alrededor del hecho de construir. Enseguida se explican cada uno de las actividades que conforman el trabajo constructivo del presente proyecto.

5.1 Suministro y colocación de carpeta con mezcla asfáltica en caliente.

Este concepto consiste primeramente en retirar la hierba que se encuentra a la orilla del camino, la cual pueda impedir la adherencia de la carpeta, al igual que las piedras y basuras que se ubiquen dentro de la vía. Enseguida se deben tapar baches y nivelar la superficie con mezcla asfáltica en las zonas irregulares, hasta que quede finalmente uniforme y limpia.

Se continúa con la colocación de un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 1.2 lt/m^2 , y mediante una petrolizadora capaz de mantener la temperatura constante, se aplica un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie, con dosificaciones controladas. Estas máquinas deberán contar con medidores de presión, dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque, bomba y barra de aplicación.



Imagen 5.1
Petrolizadora
(Página electrónica www.maquinariaw.com, 2009)

Después de elaborar la mezcla asfáltica, se tiende sobre el camino, se extiende y se nivela con una motoniveladora, para que posteriormente se compacte con un rodillo con llantas de 4 toneladas, autopropulsadas, reversibles y que cuenten con petos limpiadores para así evitar que el material se pegue al rodillo, debiendo dejar una capa compactada de 4 centímetros de espesor.



Imagen 5.2
Motoniveladora
(Página electrónica
www.transportespedroandreu.com, 2009)

Dicha compactación deberá hacerse longitudinal al camino, de las orillas hacia el centro, dejando en las tangentes un bombeo mínimo del 2% del centro hacia las cunetas. El trabajo debe hacerse por un solo carril para permitir el paso de vehículos por el otro lado, considerando las medidas de seguridad adecuadas. La unidad de medida para fines de pago es el metro cuadrado, que en este caso son 7800 m², con aproximación al centímetro, y como tolerancia se permiten desniveles de +- 0.5 cm.

5.2 Suministro y colocación de letreros de señalización.

Este concepto consiste en la colocación de señales preventivas, restrictivas e informativas en puntos clave del camino. Para esto se deberá hacer una excavación de 0.40 metros de profundidad, con un diámetro aproximado de 0.20 metros, donde serán colocadas las señales a una altura de 1.50 metros desde el nivel de la carretera hasta la parte inferior del tablero. Se fijarán al suelo utilizando concreto con resistencia $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ dentro de la excavación, debiendo alinear previamente el tablero para que sea perfectamente visible hacia los conductores, y finalmente revisar que queden niveladas y plomeadas correctamente.

La estructura o poste cumplirá con los requisitos de resistencia, durabilidad y estética, y constará de PTR galvanizado de 2" x 2" x 3.50 metros, tornillería y charola de lámina. Al finalizar se deberá limpiar la zona de trabajo, retirando escombros y material sobrante de la excavación, así como residuos de concreto.

Los tableros de las señales preventivas deberán ser cuadrados, colocados con una diagonal vertical, de dimensión 60 x 60 cms (sin ceja), de lámina comercial de uso en caminos urbanos, de la cual se requiere una pieza de indicación “INTERSECCIÓN” (SP-14). Es de color amarillo reflejante para el fondo y negro para símbolo, caracteres y filete, en acabado mate.

Las señales restrictivas son de forma cuadrada, y constan de una placa plana sin ceja de 60 x 60 cms, de lámina comercial para uso en caminos urbanos, de las que se requieren dos piezas de velocidad máxima restringida (SR-9) y dos de doble circulación (SR-14). Son de color blanco para el fondo, filete negro, anillo color rojo, y negro para las letras, números y símbolo.



Imagen 5.3
Señal restrictiva de velocidad

Los tableros de las señales informativas son planas sin ceja, de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, y su tamaño es de 40 x 56 cms, de las que se requieren dos piezas que indiquen el nombre del lugar (SI-19). Su color es verde para el fondo, con acabado mate, y blanco para el filete, leyenda, flechas y números.

5.3 Suministro y aplicación de pintura para raya central y laterales.

Este concepto consiste en el trazo y la aplicación de pintura de hule clorado en una capa con espesor seco de 1.5 milímetros, de color amarillo fuerte No. 16 sobre la raya central y blanco en las rayas laterales, agregando en ambos casos microesfera que sirva como reflejante, para lo cual se tiene considerado un volumen total de 2700 metros lineales. El ancho de estas líneas es de 15 centímetros.

Este trabajo se iniciará una vez concluido el reencarpetamiento de la carpeta asfáltica. Primero se debe limpiar la superficie, verificando que se encuentre seca y libre de partículas sueltas, grasas y polvo. Luego se trazará con puntos equidistantes por el centro del camino, la ubicación de la raya central y laterales, para posteriormente aplicar la pintura de manera definitiva. El trazo deberá ser perfectamente delineado, para lo cual se deberá utilizar una máquina autopropulsada para la aspersion, y mientras la pintura esté fresca se deberán colocar señalamientos adecuados para evitar que el tráfico la dañe. Se tiene como tolerancia una desviación máxima de 0.005 metros hacia adentro o hacia afuera respecto al eje de trazo.



Imagen 5.4
Raya Central



Imagen 5.5
Raya Lateral

5.4 Suministro y colocación de vialetas bidireccionales.

Este último concepto consiste en colocar vialetas bidireccionales a lo largo de la raya central del camino, así como en las áreas de aviso para el alto total de vehículos. Este trabajo se debe llevar a cabo hasta que se hayan concluido las labores de pintura de la línea central, y se considera un volumen total de 100 piezas.

Las vialetas suministradas son estándar de 0.10 x 0.10 metros, de color blanco para el cuerpo, con dos reflejantes blancos, instalados a una distancia de 15 metros entre cada una, para lo cual previo a su colocación se deberá retirar el polvo o basura que pueda impedir su adecuada adherencia. Se fijarán con pegamento epóxico, debiendo quedar alineadas sobre la línea central, con una desviación máxima permisible de 0.01 metros hacia adentro o hacia afuera respecto al eje de trazo de la misma.



Imagen 5.6
Violetas

5.5 Presupuesto Total, análisis de precios unitarios y programa de obra.

El primer análisis de precio unitario es para el concepto 5.1, que consiste en el Suministro y colocación de carpeta con mezcla asfáltica en caliente, con un espesor de 4 cms.

Tabla 5.5.1

CONCEPTO 5.1						
Suministro y colocación de carpeta de 4 cms de espesor con mezcla asfáltica en caliente						
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE	
Material pétreo		M3	0.04	\$45.00	\$1.80	
Emulsión de rompimiento rápido mezcla		LT	8.66	\$3.30	\$28.58	
Emulsión de rompimiento rápido		LT	1.2	\$3.30	\$3.96	
				SUMA	\$34.34	
MANO DE OBRA						
CATEGORÍA	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.	IMPORTE
Sobrestante	Jor	0.1	\$456.00	0.005	\$45.60	\$0.23
Oficial	Jor	1	\$250.00	0.002	\$250.00	\$0.50
Ayudante	Jor	1	\$215.00	0.002	\$215.00	\$0.43
				SUMA	\$1.16	
HERRAMIENTA / EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO HOR.	IMPORTE	
Herramienta menor	M. O.	0.03		\$1.16	\$0.03	
Petrolizadora	Hr.	1	0.002	\$370.00	\$0.74	
Motoniveladora	Hr.	1	0.003	\$400.00	\$1.20	
Rodillo metálico	Hr.	1	0.001	\$423.00	\$0.42	
				SUMA	\$2.40	
COSTO DIRECTO					SUB-TOTAL	\$37.89
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD					PORCENTAJE	IMPORTE
Costo Indirecto					12%	\$4.55
Costo Financiero					0.60%	\$0.25
Cargo por Utilidad					10%	\$4.27
					PRECIO UNITARIO (M2)	\$46.97

El siguiente análisis es para el concepto 5.2 Suministro y colocación de letreros de señalización, para el cual se tienen considerados un total de 7 piezas.

Tabla 5.5.2

CONCEPTO 5.2						
Suministro y colocación de letreros de señalización						
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE	
Señal (Incluye poste y tornillos)		Pza	1	\$785.00	\$785.00	
Concreto f'c=150 kg/cm2		M3	0.04	\$685.60	\$27.42	
				SUMA	\$812.42	
MANO DE OBRA						
CATEGORÍA	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.	IMPORTE
Cabo	Jor	0.1	\$275.00	0.05	\$27.50	\$1.38
Albañil	Jor	1	\$250.00	0.05	\$250.00	\$12.50
Ayudante	Jor	3	\$215.00	0.05	\$645.00	\$32.25
				SUMA	\$46.13	
HERRAMIENTA / EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO HOR.	IMPORTE	
Herramienta menor	M. O.	0.03		\$46.12	\$1.38	
Revolvedora	Pza	1	0.1	\$50.00	\$5.00	
Camioneta	Pza	1	0.06	\$150.00	\$9.00	
				SUMA	\$15.38	
COSTO DIRECTO					SUB-TOTAL	\$873.93
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD					PORCENTAJE	IMPORTE
Costo Indirecto					12%	\$104.87
Costo Financiero					0.60%	\$5.87
Cargo por Utilidad					10%	\$98.47
					PRECIO UNITARIO (PZA)	\$1,083.15

La tabla 5.5.3 es para el concepto Suministro y aplicación de pintura para raya central y laterales.

Tabla 5.5.3

CONCEPTO 5.3						
Suministro y aplicación de pintura para raya central y laterales						
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE	
Pintura de tráfico amarilla		LT	0.1	\$26.50	\$2.65	
Microesfera		KG	0.07	\$9.25	\$0.65	
				SUMA	\$3.30	
MANO DE OBRA						
CATEGORÍA	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.	IMPORTE
Oficial	Jor	1	\$250.00	0.001	\$250.00	\$0.25
Ayudante	Jor	1	\$215.00	0.001	\$215.00	\$0.22
				SUMA	\$0.47	
HERRAMIENTA / EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO HOR.	IMPORTE	
Herramienta menor	M. O.	0.03		\$0.47	\$0.01	
Máquina pintarayas	Hr.	1	0.001	\$286.00	\$0.29	
				SUMA	\$0.30	
COSTO DIRECTO					SUB-TOTAL	\$4.06
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD					PORCENTAJE	IMPORTE
Costo Indirecto					12%	\$0.49
Costo Financiero					0.60%	\$0.03
Cargo por Utilidad					10%	\$0.46
					PRECIO UNITARIO (METRO)	\$5.04

El último concepto es el que se refiere al suministro y colocación de vialetas bidireccionales sobre el camino.

Tabla 5.5.4

CONCEPTO 5.4						
Suministro y colocación de vialetas bidireccionales						
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE	
Violeta de dos caras		Pza	1	\$17.00	\$17.00	
				SUMA	\$17.00	
MANO DE OBRA						
CATEGORÍA	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.	IMPORTE
Ayudante	Jor	2	\$215.00	0.01	\$430.00	\$4.30
				SUMA	\$4.30	
HERRAMIENTA / EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO HOR.	IMPORTE	
Herramienta menor	M. O.	0.03		\$2.15	\$0.06	
				SUMA	\$0.06	
COSTO DIRECTO				SUB-TOTAL	\$21.36	
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD				PORCENTAJE	IMPORTE	
Costo Indirecto				12%	\$2.56	
Costo Financiero				0.60%	\$0.14	
Cargo por Utilidad				10%	\$2.41	
				PRECIO UNITARIO (PZA)	\$26.48	

A continuación se presenta la tabla 5.5.5 que consiste en el presupuesto económico total, donde se incluye cada uno de los conceptos con su respectivo volumen, así como el precio unitario.

Tabla 5.5.5

PRESUPUESTO TOTAL					
No.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
5.1	Suministro y colocación de carpeta con mezcla asfáltica en caliente	M2	7800	\$46.97	\$366,329.13
5.2	Suministro y colocación de letreros de señalización	PZA	7	\$1,083.15	\$7,582.02
5.3	Suministro y aplicación de pintura para rayas central y laterales	M	900	\$5.04	\$4,531.64
5.4	Suministro y colocación de vialetas bidireccionales	PZA	100	\$26.48	\$2,647.90
				TOTAL	\$381,090.68

Finalmente se anexa el programa de obra que muestra el plazo de ejecución en días naturales hábiles.

PROGRAMA DE OBRA																	
No.	CONCEPTO		D I A S N A T U R A L E S														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5.1	Suministro y colocación de carpeta con mezcla asfáltica en caliente	P	■	■	■	■	■										
		E															
5.2	Suministro y colocación de letreros de señalización	P					■	■									
		E															
5.3	Suministro y aplicación de pintura para rayas central y laterales	P						■	■	■							
		E															
5.4	Suministro y colocación de vialetas bidireccionales	P									■	■					
		E															
		P	Proyectado														
		E	Ejecutado														

En resumen, el proyecto para dar mantenimiento al camino de acceso que va desde el entronque de la carretera Lombardía-Santa Casilda hasta la entrada al campamento de la C.H. Cóbano, consistente el renivelar y aplicar un reencarpetamiento asfáltico en caliente de 4 cms de espesor, complementado con la colocación de letreros de señalización, vialetas bidireccionales y la aplicación de pintura para las rayas centrales y laterales, tiene un costo total de \$381, 090.68 (Trescientos ochenta y un mil, noventa pesos 68/100 M.N.), y el tiempo de ejecución requerido para llevar a cabo dicho trabajo es de diez días hábiles.

CONCLUSIONES

Un aspecto fundamental que se debe tomar en cuenta en cualquier proyecto de Ingeniería Civil es el proceso constructivo, que como ya se vio, se trata del conjunto de actividades que se llevan a cabo en el desarrollo de los proyectos, con el fin de obtener una mayor efectividad de la mano de obra y maquinaria, y poder así reducir los costos y tiempos de ejecución, y generar los beneficios para los que está destinado.

Ahora que se ha terminado este trabajo, se puede concluir que se cumplió con el objetivo principal, ya que se logró elaborar una alternativa del proceso constructivo a un costo razonable, en un tiempo de ejecución adecuado, y con el que se obtendrá un beneficio a largo plazo, en el camino de acceso que conduce desde el entronque de la carretera Lombardía-Santa Casilda a la entrada al campamento de la C.H. Cóbano.

Se consideró conveniente que el espesor de dicho reencarpentamiento fuera de 4 centímetros para prolongar la vida útil de la carretera a por muchos años mas, sin que requiera algún otro tipo de reparaciones mayores; y para dar mayor seguridad a los transportistas, se propuso la colocación de señales preventivas, restrictivas e informativas, adicionado a la aplicación de pintura de rayas y vialetas que guían el paso de los mismos, lo que permite a los usuarios conducir con menor riesgo de accidente, y además obtienen mayor facilidad para dirigirse a su lugar de trabajo y

hogares de los que viven en esa zona, ya que la vía es más segura y cómoda, lo que incrementa su satisfacción y alternativas de traslado para elegir entre diversos medios de transporte que sufrirán menor grado de desgaste.

Para poder desarrollar esta propuesta, fue muy importante analizar y comprender lo que son las vías terrestres y cuáles son sus características físicas principales, y con esto cumplir con otros de los objetivos planteados inicialmente. Así mismo se pudo dar respuesta a las preguntas planteadas al comienzo, que interrogaban acerca de la mejor alternativa posible de construcción, incluídas sus variables económicas y adicionales que se deben tomar en cuenta, además de fundamentos teóricos necesarios relacionados a las carreteras.

De igual manera, otro hecho que condujo a poder realizar la mejor alternativa posible de proceso constructivo, fue el estudio social y geográfico de la región donde se ubica el camino, así como conocer las condiciones actuales y la cantidad de vehículos que transitan por el mismo.

Finalmente, además de conocer los conceptos teóricos, resultó trascendental llevar a cabo conceptos prácticos, principalmente numéricos para establecer los resultados y las conclusiones, algo que sirve para desenvolver los conocimientos adquiridos académicamente y aplicarlos a la realidad. Anexo a esto, se descubrió que el campo de la Ingeniería Civil es sumamente amplio y este trabajo es una de sus tantas aplicaciones útiles para la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

Anda Gutiérrez, Cuauhtémoc. 2001

El nuevo Michoacán

Grupo Noriega Editores. México

Arias Rivera, G. Carlos

Cuaderno de comportamiento de suelos

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

Centro estatal de desarrollo municipal

Enciclopedia de los Municipios de Michoacán. 2000

Gobierno del Estado de Michoacán

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la investigación

Editorial Mc. Graw Hill. México

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985

Síntesis Geográfica del estado de Michoacán

México

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de Investigación y manual académico

Editorial Porrúa. México

Mier S., José Alfonso. 1987

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Tamayo Y Tamayo, Mario. (2000)
El Proceso de la Investigación científica
Editorial Limusa. México

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1974
Manual de proyecto geométrico

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

[http:// earth.google.es](http://earth.google.es) (2008)

[http:// es.wikipedia.org/wiki/carretera](http://es.wikipedia.org/wiki/carretera) (2008)

[http:// www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/fme/1d.htm](http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/fme/1d.htm) (2008)

[http:// www.granhotelpatzcuaro.com.mx/arte/mapa/mapota.jpg](http://www.granhotelpatzcuaro.com.mx/arte/mapa/mapota.jpg) (2008)

[http:// www.itec.es/itec.e/GpC.aspx](http://www.itec.es/itec.e/GpC.aspx) (2009)

[http:// www.maquinariaw.com/imagenes/petro-ford-39042-%20015.jpg](http://www.maquinariaw.com/imagenes/petro-ford-39042-%20015.jpg) (2009)

[http:// www.michoacan.gob.mx/geografia_del_estado](http://www.michoacan.gob.mx/geografia_del_estado) (2008)

[http:// www.transportespedroandreu.com/img/motoniveladora600450.jpg](http://www.transportespedroandreu.com/img/motoniveladora600450.jpg) (2009)