



**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

**REVISIÓN DEL PROGRAMA DE EJECUCION DE OBRA DEL  
PROCESO CONSTRUCTIVO DEL ENTRONQUE “CARACHA” KM.  
92+739 DEL C.D. PATZCUARO-URUAPAN**

**Tesis**

**que para obtener de título de**

**Ingeniero Civil**

**Presenta:**

**Hugo Alejandro Magaña Madrigal**

**Asesor Ing. Guillermo Navarrete Calderón**

**Uruapan, Michoacán, 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis está dedicada a mis padres, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo, Papá y Mamá, por darme una carrera para mi futuro y creer en mí. En todo momento los llevo conmigo.

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir, llenar mi vida de dicha, bendiciones y regalarme una familia tan maravillosa.

Agradezco a mis hermanos Liliana, Rafael, Norma Adriana, por la compañía y el apoyo que me brindan, sé que cuento con ustedes en todo momento.

Angie, qué te puedo decir, gracias por el apoyo brindado, gracias por estar conmigo y recuerda que eres muy importante para mí.

Agradezco a mis maestros por su disposición y ayuda brindada para la realización de esta tesis.

Agradezco a mis amigos por su amistad, confianza y lealtad, gracias por ser amigos de verdad.

## INDICE.

### Introducción.

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del Problema. . . . .	2
Objetivo. . . . .	3
Pregunta de investigación.. . . .	4
Justificación. . . . .	5
Delimitación. . . . .	5

### Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Antecedentes del camino. . . . .	7
1.1.1. Historia de los Caminos en México. . . . .	8
1.2. Inventario de los caminos. . . . .	11
1.2.1 Aplicaciones del inventario de un camino. . . . .	12
1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el Proyecto. . . . .	13
1.3.1. El problema del tránsito. . . . .	13
1.3.2. Soluciones al problema de tránsito. . . . .	14
1.3.3. Elementos del tránsito. . . . .	15
1.3.4. Vehículo. . . . .	16
1.4. Velocidad. . . . .	18
1.4.1. Velocidad de Proyecto. . . . .	19
1.4.2. Velocidad de operación. . . . .	19
1.4.3. Velocidad de punto. . . . .	20

1.4.4. Velocidad efectiva global. . . . .	20
1.5. Volumen de tránsito. . . . .	20
1.5.1. Determinación del volumen de tránsito. . . . .	21
1.5.2. Estudios de origen y destino. . . . .	21
1.5.3. Composición y distribución del tránsito por sentidos. . . . .	22
1.6. Densidad de tránsito. . . . .	23
1.7. Derecho de vía. . . . .	23
1.8. Capacidad y nivel de servicio. . . . .	24
1.8.1. Capacidad de un camino. . . . .	24
1.8.1.1. Nivel de servicio. . . . .	24
1.8.1.2. Volumen de servicio. . . . .	25
1.8.2. La capacidad y sus objetivos. . . . .	25
1.8.3. Factores que afectan la capacidad y el volumen de Servicio. . . . .	25
1.9. Distancia de visibilidad. . . . .	26
1.9.1. Distancia de visibilidad de parada. . . . .	26
1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase. . . . .	27
1.10. Mecánica de suelos. . . . .	29
1.10.1. Propiedades de los suelos. . . . .	30
1.10.2. Tipos de suelos. . . . .	30

**Capítulo 2.- Características físicas de un camino.**

2.1. Alineamiento vertical. . . . .	32
2.1.1. Tangentes. . . . .	32
2.1.2. Curvas verticales. . . . .	34

2.2. Alineamiento horizontal.	36
2.2.1. Tangentes.	37
2.2.2. Curvas Circulares.	37
2.2.3. Curvas de Transición.	40
2.2.4. Distancia de visibilidad en curvas de alineamiento	
Horizontal.	41
2.3. Sección transversal.	41
2.3.1. Corona.	42
2.3.2. Subcorona.	45
2.3.3. Cunetas y contracunetas.	45
2.3.4. Taludes.	47
2.3.5. Partes complementarias.	47
2.4. Intersecciones.	49
2.4.1. Entronques a nivel.	49
2.4.2. Entronques a desnivel.	51
2.4.2.1. Tipos de entronques a desnivel.	53
2.4.3. Pasos.	54
2.5. Elementos constituyentes de un pavimento.	55
2.5.1. Sub-base.	55
2.5.2. Base.	56
2.5.3. Carpeta.	56
2.6. Materiales Asfálticos.	57
2.7. Compactación.	60
2.7.1. Verificación de la compactación.	62
2.8. Controles de Laboratorio necesarios.	62

2.9. Programación de obras.	67
2.9.1. Planeación de proyectos.	67

### **Capítulo 3.- Marco de referencia.**

3.1. Generalidades..	69
3.2. Resumen ejecutivo.	69
3.3. Entorno geográfico.	70
3.3.1. Macro y microlocalización .	70
3.3.2. Topografía regional y de la zona.	74
3.3.3. Geología regional y de la zona en estudio.	75
3.3.4. Hidrología regional y de la zona en estudio.	77
3.3.5. Uso del suelo y de la zona en estudio.	81
3.4. Informe fotográfico.	81
3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.	81
3.4.2. Problemas de drenaje superficial.	82
3.4.3. Estado físico actual..	84
3.4.4. Vehículos que circulan por la vía.	87
3.5. Estudio de tránsito.	87
3.5.1. Tipo y clasificación de los vehículos.	87

### **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1. Método empleado.	89
4.2. Enfoque de la investigación.	89
4.2.1. Alcance.	90
4.3. Diseño de la investigación.	90

4.4. Instrumentos de recopilación. . . . .	90
4.5. Descripción del proceso de investigación. . . . .	91

**Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de datos.**

5.1. Catalogo de conceptos. . . . .	93
5.2. Programas de ejecución de obra, en volúmenes e importes (contratado) . . . . .	94
5.2.1. Programas de ejecución de obra, en volúmenes e importes (reales ejecutados). . . . .	95
Conclusiones. . . . .	99
Bibliografía. . . . .	103

.

## RESUMEN

La presente tesis trata sobre la Revisión del programa de ejecución de obra del proceso constructivo del entronque Caracha ubicado en el km 92+739 del camino Directo Paztcuaro – Uruapan, dentro de este trabajo de investigación se analizan los diferentes aspectos relacionados con las vías terrestres (caminos), abarcando desde sus orígenes, hasta la actualidad, estudiando los distintos factores que intervienen en el diseño del proyecto de un camino, tales como la velocidad, vehículos que transitan por el camino, aspectos socio-económicos de la región por donde se pretende construir el camino, los volúmenes de tránsito, capacidad y nivel de servicio, las principales características de que consta un camino como son la sección transversal, el alineamiento vertical, alineamiento horizontal, dichos elementos son la base para de conocimiento para la elaboración de cualquier proyecto para un camino, así también los elementos constituyentes de un pavimento y los materiales de que están hechos los pavimentos, los controles de calidad y controles de laboratorio necesarios. Se analizó y se comparó el programa de obra propuesto por la contratista contra el programa de ejecución real de la obra, llegando a las siguientes conclusiones:

- Los volúmenes de catálogo no coinciden con los volúmenes reales de obra. En los conceptos de Trazo y nivelación y en el concepto de Base hidráulica, los volúmenes de catálogo de ven reducidos, pero en los demás conceptos del catálogo, los volúmenes reales exceden al volumen de catálogo.

- En el concepto Trazo y nivelación del programa original, se está programando únicamente para el mes de Abril, esto no es posible ya que de acuerdo a la naturaleza de los demás conceptos es necesario del trazado y nivelación para la ejecución.

- La realización de los trabajos se terminó 15 días después de la fecha contractual.

- Durante el desarrollo de la obra únicamente en el mes de Abril se rebasó el monto programado, en los meses de Mayo y Junio se le hizo retenciones por atraso de obra, en el mes de Julio la empresa aumentó su fuerza de trabajo y logró abatir el retraso de obra con el que contaba hasta esa fecha, en el mes de Agosto la empresa presentó otro atraso de obra y lo que ocasionó una penalización debido a que no terminó en tiempo y forma.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

De acuerdo con Olivera (1988) se dice que por necesidad los primeros caminos fueron de tipo peatonal, los cuales eran formados por las tribus nómadas al deambular por las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente, al tornarse en tribus sedentarias, estos caminos peatonales tomaron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. Con la invención de la rueda, apareció la carreta, misma que era jalada ya sea por humanos o bestias, una vez dada esta invención fue necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollara más rápido y con más comodidad, los espartanos y fenicios construyeron los primeros caminos de que se tiene noticia.

Cuando en los caminos peatonales las tribus tenían terrenos blandos o de lodazales, seguramente que trataban de mejorar las condiciones, colocando piedras en el camino, esto con la finalidad de que evitaran resbalar o que sus pies se sumergieran en el lodo. Los caminos para carretas fueron revestidos de tal modo que las ruedas no se incrustaban en el terreno, estas piedras de los caminos peatonales en lodazales o de los revestidos que eran utilizados por carretas, tenían la finalidad de recibir las cargas sin ruptura estructural y de distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias, para que pudieran ser soportados por el terreno natural, estas son las principales funciones de los pavimentos actuales.

Posteriormente, con la aparición del automóvil, en primer lugar se tuvieron que acondicionar los antiguos caminos de carretas para transformarlos en su geometría y en su estructuración, pues tanto en número como en peso,

los vehículos se han multiplicado. La historia de las vías terrestres en México, como ya se dijo, se comenzó con algunos caminos peatonales en la época prehispánica, modernizándose así con la introducción de la carreta por los españoles, posteriormente se comenzó la construcción de vías férreas, lo que causó mayor auge para el desarrollo de los caminos.

En los primeros años del siglo XX se introdujeron los primeros automóviles que principalmente utilizaban los caminos de carretas, y es a partir de 1925 que se empieza la construcción de caminos con técnicas avanzadas, siendo de los primeros, los caminos de la ciudad de México a Veracruz, a Laredo y a Guadalajara; los caminos fueron proyectados y construidos por firmas de EUA, pero a partir de 1940, los ingenieros mexicanos se han encargado de estos trabajos, teniendo ahora una red amplia red de caminos pavimentados y gran cantidad de caminos secundarios, con superficie de rodamiento revestida, de tal manera, que aseguren el tránsito de los vehículos durante todo el tiempo.

Para la presente tesis ya se cuenta con el proyecto ejecutivo del entronque Caracha, esto quiere decir que se cuenta con toda la información de campo requerida para la ejecución del mismo, por lo que ahora en el presente trabajo de investigación se aborda lo referente al proceso constructivo del mismo.

### **Planteamiento del problema.**

Partiendo de la necesidad de comunicar poblaciones que no cuentan con los accesos lo suficientemente eficientes que conduzcan a sus habitantes de manera rápida y directa a las carreteras aledañas de gran importancia, se tuvo la necesidad de construir un entronque carretero a desnivel en el km 92+739 del Camino Directo Pátzcuaro – Uruapan, en dicho kilometraje actualmente existe un P.I.V. (Paso Inferior Vehicular) el cual es de suma importancia, ya que sirve de enlace entre las poblaciones de Caracha, Ziracuaretiro, San Andrés Corú, Taretan, San Ángel Zurumucapio, Tingambato (zona arqueológica) principalmente, por lo que es el lugar más idóneo para la construcción del entronque carretero a desnivel ya que las poblaciones antes mencionadas quedarán comunicadas con otras ciudades por el Camino Directo.

El Camino Directo Pátzcuaro – Uruapan forma parte de la red FARAC (Fideicomiso para el rescate de Autopistas Concesionadas), que es operada por CAPUFE (Caminos y Puentes Federales), La problemática que se presenta

con la construcción de dicho entronque es que como se encuentra en operación el Camino Directo Pátzcuaro – Uruapan, se presenta gran flujo vehicular, esto influye en que se debe determinar un adecuado programa de ejecución de obra, tomando en cuenta las medidas pertinentes para no perjudicar al usuario que transita por dicho camino, así también verificar si la empresa constructora cumple adecuadamente con el programa ejecución de obra propuesto, de no ser así ver las consecuencias.

### **Objetivo.**

A continuación se definirán el objetivo general así como los objetivos específicos del presente trabajo de investigación.

### **Objetivo general:**

Determinar la importancia de un programa de ejecución de obra en un proceso constructivo. Hacer una revisión del programa de obra propuesto y el programa de obra real ejecutado en la construcción del entronque a desnivel para observar las diferencias y explicar las consecuencias que tiene el no cumplir con el programa de obra propuesto.

### **Objetivos específicos:**

- 1- Hacer una revisión del programa de obra propuesto y el programa de obra real ejecutado en la construcción del entronque a desnivel “Caracha” km 93+739 del Camino Directo Pátzcuaro – Uruapan.

- 2- Establecer un adecuado programa de ejecución de obra en un proceso constructivo para el tramo del km 93+739 del Camino Directo Páztcuaro – Uruapan.

Ahora bien, quedando definidos los objetivos del presente trabajo de investigación se habrá de proceder a elaborar la pregunta de investigación.

### **Pregunta de investigación.**

A continuación se presenta la pregunta de investigación del presente trabajo.

¿Qué es un programa de obra para un proceso constructivo?

¿Para qué sirve un programa de obra de un proceso constructivo?

¿Cuál es la ventaja de escoger un adecuado programa de obra para el proceso constructivo del entronque a desnivel “Caracha” km 93+739 del Camino Directo Páztcuaro – Uruapan, desde el punto de vista económico?

### **Justificación**

Con la construcción del entronque Caracha en el km 93+739 del Camino Directo Páztcuaro – Uruapan, el municipio de Ziracuaretiro y sus alrededores se verán favorecidos; ya que con esto traerá una reactivación para el

desarrollo comercial por la gran diversidad de producción agrícola, además como cuenta con gran números de bellezas naturales, se desarrollará el turismo en la zona antes dicha.

Además de que desde el punto de vista constructivo y debido a que el Camino Directo Páztcuaro – Uruapan actualmente se encuentra en operación y cuenta con un alto flujo vehicular, se pretende revisar si la ejecución de los trabajos fue de acuerdo con lo programado en su licitación para ver si fue ejecutado adecuadamente a el proceso constructivo para no poner en riesgo la seguridad de los usuarios de esta vía de comunicación ya que con la construcción del entronque no se verá interrumpido el trafico vehicular.

Con esto se verán beneficiados los usuarios que transitan por dicho Camino Directo.

Además el presente trabajo de investigación puede ser un aporte teórico al conocimiento de la Ingeniería Civil y a la comunidad estudiantil de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco (UDV) y para todos aquellos interesados en el tema.

### **Delimitación**

Con el presente trabajo de investigación se pretende abarcar únicamente lo relacionado con la revisión de los programas de obra, por un lado el programa de obra propuesto por la contratista que resultó ganadora de la licitación pública, en segundo revisar el programa de obra real ejecutado y

observar las diferencias, además se elaborará un nuevo programa de ejecución de obra y se comparará con los programas de ejecución de obra original de contrato y el programa de ejecución de obra real ejecutado.

# CAPITULO 1

## VÍAS TERRESTRES

Durante el desarrollo de este capítulo se analizan los diferentes aspectos relacionados con las vías terrestres (caminos), abarcando desde sus orígenes, hasta la actualidad, estudiando los distintos factores que intervienen en el diseño del proyecto de un camino, tales como la velocidad, vehículos que transitan por el camino, aspectos socio-económicos de la región por donde se pretende construir el camino, los volúmenes de tránsito, capacidad y nivel de servicio, así también los estudios necesarios de los suelos para la construcción de caminos.

### **1.1. Antecedentes de los Caminos.**

De acuerdo con Olivera (1988) se dice que por necesidad los primeros caminos fueron de tipo peatonal los cuales eran formados por las tribus nómadas al deambular por las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente, al tornarse en tribus sedentarias, estos caminos peatonales tomaron finalidades religiosas, comerciales y de conquista.

Según Mier (1987) en Asia Menor se inventó la rueda hace algunos 5,000 años; esto originó la necesidad de superficies de rodamiento que alojasen a las carretas de cuatro ruedas, como las que fueron encontradas en la “Tumba de la Reina” en las ruinas de la ciudad de Ur que datan de 3,000 años.

Con el advenimiento del Imperio Romano comienza la construcción de los caminos en forma científica.

Los Romanos lograron el florecimiento de su Imperio debido a múltiples factores, pero quizá el que influyó más fue la perfecta red de caminos que tuvieron; las distancias se acortaron gracias a la habilidad de sus ingenieros militares que vencieron obstáculos distintos.

Desafortunadamente la caída del Imperio Romano provocó que la construcción de caminos fuera un arte perdido.

### **1.1.1. Historia de los Caminos en México.**

En México, de acuerdo con Mier (1987), actualmente se construye una extensa red de caminos de todos los tipos, como son desde los de cuota, de altas especificaciones hasta las más modestas brechas. Este importante impulso constructor, que es y constituye uno de los factores básicos de desarrollo del país, se inició aproximadamente hace algunos 80 años.

Los españoles al llegar a lo que actualmente es el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores desconocían el uso de la rueda en vehículos de transporte y no disponían tampoco de animales de tiro y carga; pero a pesar de ello contaban con un buen número de calzadas de piedra, así considerable cantidad de caminos, veredas y senderos.

Destacaban en este aspecto constructivo los aztecas y los mayas, quienes por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas, utilizaban ampliamente los caminos.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de muchos otros.

Las primeras modificaciones a los caminos existentes, tienen su origen en el uso de animales de tiro y carga así como de carretas y en la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada para hacer llegar a la madre patria los productos del país, según datos históricos el total de caminos en ese entonces sumaban respectivamente 7,605 y 19,720 kilómetros los cuales variaban en su estado de conservación de acuerdo con su importancia. Es evidente el grado de adelanto que se tuvo en la evolución de los caminos y el transporte.

La situación creada por la independencia; impidió la realización de caminos nuevos. Los diferentes regímenes se concretaron a la expedición de algunas leyes relativas a las vías terrestres, entre las que destacan los del 1 de Junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y 27 de Noviembre de 1846 que crean la Dirección General de Colonización e Industria, entre cuyas funciones tenía la de construir y conservar caminos. En 1853 esta dirección fue sustituida por la Secretaría de Fomento cuyo presupuesto provenía del impuesto del peaje.

El 19 de Noviembre de 1867 el Presidente de la República, Lic. Benito Juárez, creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos sustituyendo al de peaje. El 13 de Mayo de 1891 el presidente de la República Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

La revolución mexicana, provocó en el país una conmoción profunda, que por largos años impidió la realización de todo intento de carácter constructivo. La rápida sucesión de gobiernos y la inestabilidad de los mismos, permitía solamente atender aspectos sociales o políticos, pero hacían imposible formular planes o programas de obras materiales de alguna envergadura.

Con la aparición en 1906 del automóvil en México y que revolucionó definitivamente los viejos sistemas de transportación por carreteras, el avance que se tuvo fue de mayor importancia que es el registrado en los cuatrocientos años anteriores de la historia del país.

Hasta el momento de la aparición del automóvil, las características de los caminos eran las adecuadas a las exigencias de los vehículos de tracción animal; pero el desarrollo inusitado del automóvil y la aparición de los camiones capaces de viajar a velocidades desconocidas hasta entonces y con mayor capacidad de carga, obligan a modificar y mejorar o construir caminos nuevos para satisfacer la nueva demanda.

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por la ley del 30 de Marzo de 1925, expedida por el entonces presidente de la República Gral. Plutarco Elías Calles, se inicia en firme la construcción de nuevos caminos y el mejoramiento y conservación de los existentes.

El artículo II de la citada Ley, establece que la Comisión la integrarían dos miembros representantes del Ejecutivo Federal, nombrados respectivamente por las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas y un tercer miembro representante de los causantes y designado por ellos.

El nuevo organismo llegó a alcanzar un gran desarrollo y su actuación fue decisiva en la construcción de caminos. En el año de 1932 esta comisión pasó a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos. Posteriormente en 1958 y en atención al gran auge en la construcción y conservación de caminos la

Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se divide en dos: Secretaría de Obras Públicas y Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## **1.2. Inventario de los caminos.**

Partiendo de lo dicho por Mier (1987) con el fin de obtener un inventario de los caminos existentes en una entidad, se pueden seguir varios procedimientos, desde el más general y sencillo, que es recorriendo los caminos con un vehículo, tomando kilometrajes con el odómetro del propio vehículo y anotando la información que a simple vista puede obtenerse, hasta hacerlo por medios topográficos más precisos, los cuales darán en forma más directa la información sobre los caminos.

Los datos por obtener para hacer el inventario del camino son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por donde pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y demás datos que se consideren de importancia.

El equipo que es usado para efectuar el inventario de un camino, consiste o esta formado por: un vehículo tipo sedan, en el que se instala un sistema odométrico, el odógrafo-giróscopo, el sistema de orientación y la grabadora magnética.

### **1.2.1 Aplicaciones del inventario de un camino.**

En relación a lo señalado por Mier (1987) una de las aplicaciones inmediatas que puede tener el inventario de caminos, es la obtención de la capacidad de los caminos que integran una red.

La capacidad de un camino queda determinada por muy diversos factores que comprenden las características geométricas del camino en sí mismo y las características del tránsito que circula por el.

Las principales características geométricas del camino, que influyen en su capacidad, con su 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.

Todos estos datos son obtenidos al efectuar el inventario, y por lo tanto pueden ser aplicados de inmediato para calcular la capacidad de los diferentes tramos.

Si se hace una estimación de los posibles volúmenes de tránsito durante un cierto período, a partir de la fecha en que se efectúa el inventario, se podrán también precisar las condiciones en que estará trabajando el camino al cabo de este tiempo, y se podrían realizar oportunamente las mejoras necesarias en el tramo o tramos afectados, a fin de evitar congestionamiento o funcionamiento defectuoso, que se traduce en gran incidencia de accidentes.

Otra importante aplicación del inventario de caminos consiste en la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción.

Estos aspectos justificarán por si solos la realización del inventario; pero sus aplicaciones y usos son mucho más amplios. Basta mencionar algunos de ellos: obtención de itinerarios de caminos; datos sobre las poblaciones que pasa el camino; datos sobre el número y estado de las obras de drenaje; estado superficial de los caminos, etc.

Una vez terminado el inventario de caminos, debe mantenerse al día, mediante el registro adecuado de los cambios hechos. Para ello se recabarán, en las dependencias correspondientes, datos sobre modificaciones que se hagan en fechas posteriores a la realización del inventario del tramo, a fin de tener únicamente con revisiones periódicas el estado real y verdadero de la red de carreteras en cualquier momento.

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

Al respecto Mier (1987) señala que la Ingeniería de Tránsito es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro.

#### **1.3.1. El problema del Tránsito.**

El problema del tránsito “radica básicamente en la gran disparidad que existe entre los vehículos modernos y los caminos anacrónicos en que tiene que moverse. Muchos de nuestros caminos actuales no son más que mejoramientos de las rutas seguidas por las antiguas diligencias, mientras que otros fueron proyectados para vehículos de hace cuarenta años, por lo cual no cumplen satisfactoriamente las necesidades de los vehículos modernos. Los

principales factores que intervienen en el problema del tránsito son: la existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, tales como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etc., vías de comunicación inadecuadas, falta de planificación en el tránsito, pues existen calles y caminos, puentes e intersecciones proyectados con especificaciones anticuadas, falta de educación vial y ausencia de leyes y reglamentos de tránsito que se adapten a las necesidades del usuario.”( Mier;1987:21)

### **1.3.2. Soluciones al problema de Tránsito.**

Partiendo de lo dicho por Mier (1987) existen tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito:

*Solución integral:* Consiste en crear un nuevo tipo de camino que sirva al vehículo moderno dentro de un tiempo razonable de previsión.

Solución parcial de alto costo: Mediante ella se trata de sacar mejor partido de los caminos actuales realizando ciertos cambios que requieren fuertes inversiones, tales como el ensanchamiento de calles, construcción de intersecciones canalizadas, rotatorias.

Solución parcial de bajo costo: Consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional de tránsito.

Cualquiera que sea la solución que se adopte, deben existir tres elementos que produzcan un tránsito seguro y eficiente. Dichos elementos son: La ingeniería de Tránsito, la Educación Vial y la Legislación y Vigilancia Policiaca.

### **1.3.3. Elementos del tránsito.**

Continuando por lo dicho por Mier (1987) los elementos que constituyen el tránsito son dos:

1.- El usuario: la población en general es la que constituye el usuario de los caminos, se considera usuario del camino el peatón y el conductor. El peatón se caracteriza por su gran elasticidad de movimiento y su gran posibilidad de adaptación a las condiciones existentes, también es por su naturaleza el sujeto más expuesto a sufrir las consecuencias de los accidentes, las banquetas son los caminos para los peatones, por lo que dichas deben de proyectarse para que la circulación sea fluida, la velocidad del peatón varía entre 1.0 a 1.4 m/seg.

2.- El conductor es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo responsable de su buen manejo.

Existen dos limitaciones importantes para el conductor de un vehículo, la visibilidad y el tiempo de reacción.

La visibilidad es un factor que toma una gran importancia para la buena conducción y siempre debe ser tomado en cuenta por el proyectista de caminos. La visibilidad del conductor está limitada por la capacidad de sus ojos, y al realizar el proyecto de un camino deben tomarse en cuenta la agudeza visual, la percepción de los colores, la visión periférica, recuperación al deslumbramiento y la profundidad de percepción.

De acuerdo con la SCT (1974) el tiempo de reacción es el breve intervalo entre ver, oír o sentir y empezar a actuar en respuesta al estímulo de una situación del tránsito o camino.

El tiempo requerido para esta acción puede variar desde 0.5 segundos para situaciones simples, hasta 3 o 4 segundos para situaciones más complejas.

Se ha encontrado que la respuesta a estímulos visuales, es un poco más lenta que de los estímulos audibles o a los del tacto.

#### **1.3.4. El vehículo.**

“Una carretera tiene por objeto permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda, de vehículos autopropulsados sujetos al control de un conductor. Por tanto la carretera debe proyectarse de acuerdo a las características del vehículo que la va a usar y considerando en lo posible, las reacciones y limitaciones del conductor.”(SCT;1974:68)

“Por lo general los vehículos que transitan por una carretera pueden dividirse en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales. Los vehículos ligeros son los vehículos de carga y/o pasajeros, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Los vehículos pesados son unidades destinadas al transporte de carga o de pasajeros, de dos o más ejes y seis o más ruedas. Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan o cruzan el camino.”(SCT;1974:68)

En la siguiente tabla se muestra la clasificación general de los vehículos, así como la proporción en que intervienen en la corriente de tránsito, de acuerdo con los estudios de origen y destino.

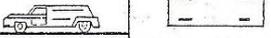
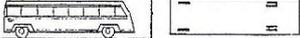
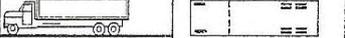
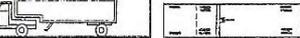
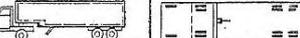
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2		Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS	2		Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B	—	12	42	
	CAMIONES	2		C2	73	100		30
		3		C3	13			
		4		T2-S1	7			
	5		T2-S2	7				
	5		T3-S2	7				
	5		T2-S1-R2	7				
	OTRAS COMBINACIONES							
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		En variable	VARIABLE			
	MAQUINARIA AGRICOLA							
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS							
	OTROS							

Tabla 1.3.1 Clasificación general de los vehículos

Se conoce como vehículo de proyecto según la SCT (1974) el vehículo hipotético cuyas características se emplearán para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de los caminos.

El vehículo de proyecto debe seleccionarse de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circula por el camino, y las tendencias de los fabricantes a modificar las características de los vehículos.

En la siguiente tabla se resumen las características de los vehículos de proyecto. La denominación de estos vehículos está en función de la distancia

entre ejes externos; así el vehículo DE-1525 representa un vehículo con distancia entre sus ejes extremos de 15.25 m.

C A R A C T E R I S T I C A S		VEHICULO DE PROYECTO					
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525	
D I M E N S I O N E S E N C M:	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	—	—	—	397	915
	Distancia entre ejes del semiremolque	DES	—	—	—	762	610
	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92
	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	—	—	—	—	122
	Distancia entre ejes tándem semiremolque	Ts	—	—	—	122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	Di	—	—	—	397	488
	Dist. entre ejes interiores tractor y semiremolque	Di	—	—	—	701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259
	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61
	Altura de los faros traseros	Ht	61	61	61	61	61
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	$\alpha$	1°	1°	1°	1°	1°	
Radio de giro mínimo (cm)	R6	732	1040	1281	1220*	1372*	
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000
	Vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)	Wc/P	45	90	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A <sub>0</sub> y A <sub>c</sub>	C2	B.-C3	T2-S1 T2-S2	T3-S2 OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A <sub>0</sub> y A <sub>c</sub>	99	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	99	100	100	
	T2-S1	0	0	1	80	99	
	T2-S2	0	0	1	93	78	
	T3-S2	0	0	1	18	90	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A <sub>0</sub> y A <sub>c</sub>	98	100	100	100	100	
	C2	62	98	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2-S1	6	85	100	100	100	
	T2-S2	6	42	98	98	98	
	T3-S2	2	35	80	80	80	

Tabla 1.3.2 Características de los vehículos de Proyecto

#### 1.4. Velocidad.

“La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él. La velocidad escogida para proyecto raras veces es la máxima que pueden desarrollar los vehículos. Se distinguen cuatro tipos de velocidad: de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global.”(Mier;1987:39)

##### 1.4.1 Velocidad de Proyecto.

En relación a lo señalado por la SCT (1974) la velocidad de proyecto se define como la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables, esta velocidad de proyecto debe ser congruente con el carácter del terreno y tipo de camino. La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino, los vehículos de tránsito y el uso de la tierra. Una vez seleccionada, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado.

Siempre que sea posible es conveniente proyectar el camino con una sola velocidad de proyecto, en algunas ocasiones no se puede proyectar el camino con una sola velocidad de proyecto, cuando esto ocurre, los cambios en la velocidad de proyecto deben hacerse mediante transiciones suaves que permitan a los conductores ajustar su velocidad gradualmente y nunca en forma brusca.

“La Secretaria de Obras Publicas recomienda como limites de velocidad de proyecto, 30 y 110 KPH (Kilómetros por Hora) con incrementos de 10 KPH.”(Mier;1987:41)

#### **1.4.2 Velocidad de Operación.**

“Es la velocidad real con que transitan los vehículos sobre el camino y es un índice del grado de eficiencia que la carretera proporciona a los usuarios. Se define como la velocidad mantenida en un tramo largo de un camino mientras el vehículo está en movimiento. Se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido. La velocidad de operación se ve

notablemente afectada por el volumen del tránsito que circula por el camino. Cuando los volúmenes son bajos la velocidad de operación es cercana a la velocidad de proyecto, pero a medida que el volumen aumenta la velocidad de operación va disminuyendo debido a que los conductores ya no pueden circular a la velocidad que desean.”(Mier;1987:41)

#### **1.4.3 Velocidad de punto.**

De conformidad con Mier (1987) señala que la velocidad de proyecto es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino. La velocidad de punto se puede medir de diferentes maneras siendo la más simple y conocida mediante el Enoscopio. Este instrumento funciona como un periscopio colocado horizontalmente; los vehículos se observan al pasar por una marca pintada enfrente del observador, quien echa andar un cronómetro, cuando el vehículo pasa frente a él, midiendo el tiempo que tarda para pasar por otra segunda marca que se observa a través del Enoscopio.

#### **1.4.4. Velocidad efectiva global.**

Tomando como base lo señalado por Mier (1987) la velocidad efectiva global es el promedio de la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de un camino. Se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado, incluyendo altos y retrasos debidos a las condiciones prevalecientes del camino.

### **1.5. Volumen de tránsito.**

Según Mier (1987) el volumen de tránsito es el 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 período de tiempo, los períodos de tiempo más usuales son la hora y el día.

Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) es el número de vehículos que pasan por un punto dado del camino, durante un año dividido entre 365 días.

### **1.5.1 Determinación del volumen de tránsito.**

“Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera, se utilizan como fuentes los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, los aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.”(SCT;1974:97)

### **1.5.2 Estudios de Origen y Destino.**

Este tipo de estudio “ se puede considerar como el más completo para el aforo de vehículos, ya que por medio de él se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino del viaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, modelos y marcas de vehículos.”(Mier;1987: 50)

La previsión del transito futuro según Mier (1987) debe hacerse para un plazo de 15 a 20 años, teniendo en cuenta los siguientes factores:

A) Tránsito Actual.

Es el volumen de tránsito, que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación.

B) Aumento del Tránsito.

1. Incremento del Tránsito normal. Es debido al aumento general del número de usuarios y vehículos.
2. Tránsito Generado. Está constituido por los viajes de vehículos que no se harían si el nuevo camino no se hubiera construido. El tránsito generado por un camino mejorado varía considerablemente, dependiendo del grado y tipo de mejoramiento, del estado de otros caminos y del uso del camino.
3. Tránsito Resultante del mejoramiento. Es debido al mejoramiento de las tierras adyacentes al camino.

C) Factor de Previsión de tránsito.

Es la relación de tránsito futuro o tránsito actual expresado en por ciento decimal. Se obtiene sumando los porcentajes de aumento para cada renglón de crecimiento del tránsito y relacionándolo con el tránsito actual.

### **1.5.3 Composición y distribución del tránsito por sentidos.**

Al respecto, la SCT (1974) señala que para determinar las características geométricas de un proyecto carretero, es necesario analizar, de acuerdo con el nivel de servicio que se pretenda, durante el período de previsión, la composición y distribución del tránsito por sentidos.

La fluidez del tránsito depende además del volumen de tránsito, del porcentaje relativo de vehículos con características diferentes y de su distribución por sentidos.

La distribución del tránsito por sentidos de circulación, es una parte fundamental en el proyecto de carreteras de dos o más carriles, ya que puede obligar a tener una capacidad mayor y puede estimarse con base a estudios de origen y destino o por los proporcionados por una estación maestra.

#### **1.6. Densidad de tránsito.**

“La densidad de tránsito es el número de vehículos que se encuentra en una cierta longitud de camino en un instante dado”(SCT;1974:97).

De conformidad con Mier (1987) no debe confundírsele con el volumen de tránsito ya que este expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

#### **1.7. Derecho de vía.**

Según Mier (1987) se llama derecho de vía a la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de de la misma.

El ancho del derecho de vía deberá establecerse atendiendo a las condiciones técnicas relacionadas con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben satisfacer las vías de comunicación. Para caminos, en México se ha establecido un derecho de vía con una amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros a cada lado del eje, para casos

especiales la anchura indicada del derecho de vía puede aumentarse o disminuirse.

En México los procedimientos para adquirir la propiedad del derecho de vía, varía de acuerdo al tipo de camino de que se trate, atendiendo el origen de los fondos con los que se construirá.

El trámite de la documentación y el pago de las afectaciones se hace por medición de la Dirección General de Asuntos Jurídicos, Departamento del derecho de vía de la Secretaría de obras Públicas; presentando los documentos comprobatorios de la propiedad y valuando las afectaciones con precios unitarios ya establecidos en la propia Secretaría.

## **1.8 Capacidad y nivel de servicio.**

Una medida de la eficiencia con la que una calle o carretera según SCT (1974) presta servicio a esta demanda, es conocida como capacidad.

### **1.8.1 Capacidad de un camino.**

La capacidad de un camino de acuerdo con Mier (1987) es el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un período dado de tiempo.

Así mismo no puede tratarse la capacidad de un camino, sin hacer referencia a otras consideraciones importantes, tales como la calidad del nivel de servicio proporcionado y la duración de período de tiempo considerado.

#### **1.8.1.1. Nivel de servicio.**

El nivel de servicio de acuerdo con lo señalado por Mier (1987) es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, los costos de operación, etc. que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren en un camino cuando se presentan diferentes volúmenes de tránsito.

Un camino opera con muchos niveles de servicio, dependiendo de los volúmenes y composición del tránsito y de las velocidades que pueden alcanzarse.

#### **1.8.1.2. Volumen de Servicio.**

“Es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad de un camino.”(Mier;1987:60)

#### **1.8.2. La capacidad y sus objetivos.**

“La capacidad de un camino permite atender la solución de dos problemas básicos en la ingeniería de caminos. Cuando se trata del proyecto de una obra nueva, la capacidad influye directamente en las características geométricas del nuevo camino, siendo estas de tal modo que permiten obtener un volumen de servicio por lo menos igual al volumen horario de proyecto. Cuando se quieran saber las condiciones de operación de un camino existente, pudiendo determinar su nivel de servicio y la fecha probable en que se saturará.”(Mier;1987:60)

### **1.8.3 Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio.**

Tomando en base lo señalado por Mier (1987) cuando las condiciones de un camino son ideales, la capacidad o nivel de servicio a un nivel dado son máximos y a medida que las condiciones del camino se alejan de las ideales, la capacidad o el volumen de servicio se reducen.

En la mayoría de los caminos se tienen que aplicar factores de ajuste a la capacidad y al volumen de servicio en condiciones ideales, las cuales pueden dividirse en dos categorías: factores relativos al camino y factores relativos al tránsito.

Los factores relativos al camino son: el ancho del carril, los obstáculos laterales, los acotamientos, los carriles auxiliares, las condiciones de la superficie de rodamiento y las características de los alineamientos vertical y horizontal.

Los factores relativos al tránsito son: Camiones, ancho de carril y distancia a obstáculos laterales, camiones autobuses y pendientes e interrupciones del tránsito.

### **1.9. Distancia de Visibilidad.**

En relación con lo señalado por la SCT (1974) a la longitud de carretera que un conductor ve continuamente delante de él, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables se le llama distancia de visibilidad. En general se consideran dos distancias de visibilidad: la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase.

#### **1.9.1 Distancia de Visibilidad de Parada.**

“La distancia de visibilidad de parada es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita a, o cerca de la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. Es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en un punto de la carretera. La distancia de visibilidad de parada está formada por la suma de dos distancias: la distancia recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor ve el objeto hasta que coloca su pie en el pedal del freno y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos. A la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda distancia de frenado.”(SCT;1974:97)

### **1.9.2 Distancia de Visibilidad de Rebase.**

Al respecto la SCT (1974) señala que un tramo de carretera tiene una distancia de visibilidad de rebase, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.

La distancia de visibilidad de rebase se aplica a carreteras de dos carriles, en carreteras de cuatro o más carriles, la maniobra de rebase se efectúa en carriles con la misma dirección de tránsito, por lo que no hay peligro de interferir con el tránsito de sentido contrario.

En pendientes descendentes fuertes, la distancia de visibilidad de rebase generalmente es menor que en terreno plano. En pendientes ascendentes fuertes, la distancia de visibilidad de rebase es mayor que en

terreno plano, debido a la reducción en el poder de aceleración de los vehículos que van a rebasar y a la mayor velocidad de vehículos que vienen en sentido opuesto.

Para definir la distancia mínima de visibilidad de rebase, la AASHO efectuó estudios que permiten formular algunas hipótesis sobre el comportamiento de los conductores en las maniobras de rebase; estas hipótesis son:

1.- El vehículo que va a ser rebasado circula a velocidad uniforme magnitud semejante a la que adoptan los conductores en caminos con volúmenes de tránsito intermedios.

2.- El vehículo que va a rebasar alcanza al vehículo que va a ser rebasado y circulan a la misma velocidad, hasta que inicia la maniobra de rebase.

3.- Cuando se llega al tramo de rebase, el conductor del vehículo que va a rebasar después de un tiempo para recibir la nueva condición, reacciona acelerando su vehículo para iniciar el rebase.

4.- El rebase se realiza bajo lo que puede llamarse maniobra de arranque demorado y retorno apresurado, pues cuando se ocupa el carril izquierdo para iniciar el rebase, se presenta un vehículo en sentido contrario con igual velocidad que el vehículo rebasante.

5.- Cuando el vehículo rebasante regresa a su carril hay suficiente distancia entre él y el vehículo que viene en sentido contrario, para lo cual se considera que el vehículo que viene en sentido contrario, viaja a la misma velocidad que el vehículo que esta rebasando, y la distancia que recorre es dos tercios de la distancia que ocupa el vehículo rebasante del carril, izquierdo.

En la figura 1.9.1 se ilustra la forma en que se efectúa la maniobra de rebase según las hipótesis anteriores.

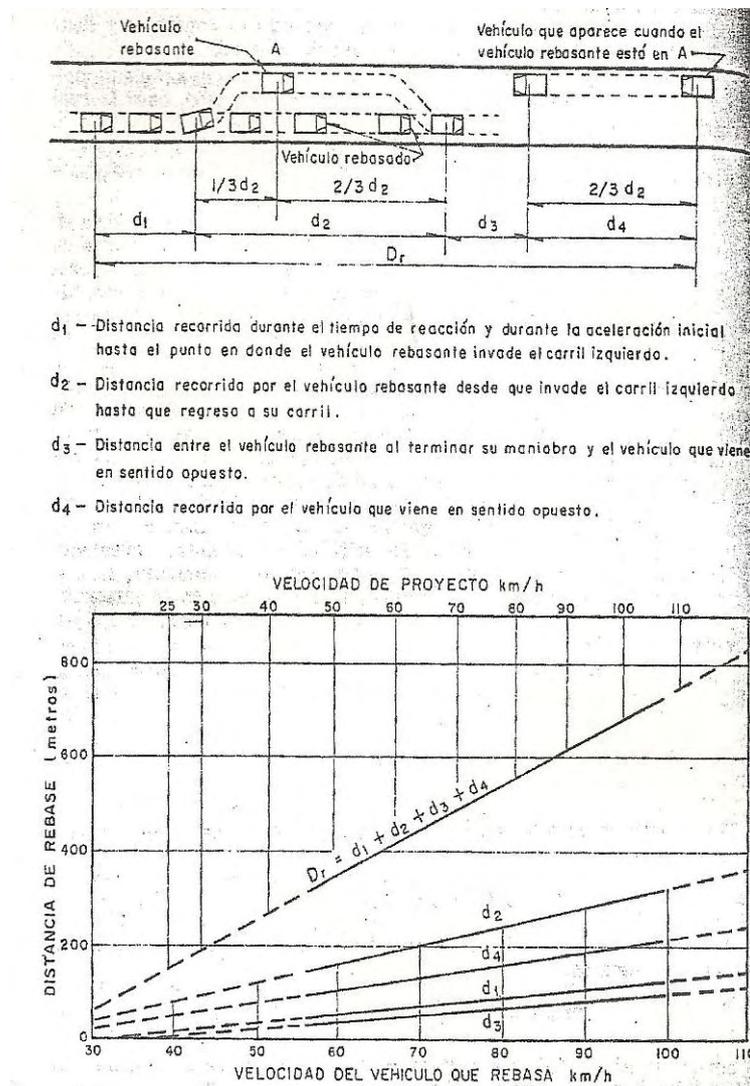


Figura 1.9.1 Maniobra de rebase.

## 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 la 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. Se entiende como suelo al material formado por partículas minerales (producidas por la descomposición de las rocas) y vacíos, los cuales pueden o no estar ocupados por agua.” (Juárez;1976:1)

#### **1.10.1. Propiedades de los Suelos.**

Las principales propiedades de los suelos que en mayor o menor grado afectan de manera importante el comportamiento de las obras civiles son:

Comprensibilidad: Relacionada a la deformación que sufre un material al aplicarle una carga o al disminuir su volumen.

Resistencia al corte: La resistencia de un material puede medirse por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar ese material; el esfuerzo límite es aquel que ocasionara la falla en el suelo por fractura o por flujo plástico.

Permeabilidad: Nos indica la mayor o menor facilidad con que el agua fluye a través de un suelo estando sujeta a un gradiente hidráulico dado.

#### **1.10.2. Tipos de suelos.**

Suelos residuales. Son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados. Este tipo de suelos son generalmente buenos para resistir una edificación sobre cimentaciones superficiales.

Suelos transportados. Son aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente al de su origen, siendo los principales agentes transportadores el agua, el viento, los glaciales, la gravedad, etc. De acuerdo a su forma de transporte estos pueden dividirse en: Suelos aluviales, Suelos Lacustres, Suelos Eólicos y Depósito de pie de monte.

En este capítulo se analizaron los diferentes aspectos relacionados con las vías terrestres, abarcando desde sus orígenes, hasta la actualidad, estudiando los distintos factores que intervienen en el diseño del proyecto de un camino, tales como la velocidad, vehículos que transitan por el camino, aspectos socio-económicos de la región por donde se pretende construir el camino, los volúmenes de tránsito, capacidad y nivel de servicio, así también los estudios necesarios de los suelos para la construcción de caminos, dando paso a ver las principales características de que consta un camino y los materiales con que pueden ser construidos.

## CAPITULO 2

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO

Durante el desarrollo de este capítulo se abarcará lo referente a las principales características de que consta un camino como son la sección transversal, el alineamiento vertical, alineamiento horizontal, dichos elementos son la base para de conocimiento para la elaboración de cualquier proyecto para un camino, así también los elementos constituyentes de un pavimento y los materiales de que están hechos los pavimentos, los controles de calidad y controles de laboratorio necesarios.

#### 2.1 Alineamiento Vertical.

El alineamiento vertical de acuerdo con SCT (1991), es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

##### 2.1.1. Tangentes.

“Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, se representa como  $T_v$ . la pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.”(SCT;1991:351)

La pendiente gobernadora según la SCT (1991), es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para denominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la

configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtenerle menor costo de contracción, conservación y operación.

La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, la AASHO recomienda que para caminos principales las pendientes máximas no excedan las dadas en la tabla 2.1. Para caminos secundarios, con escaso volumen de tránsito, las pendientes dadas en la tabla pueden incrementarse hasta dos por ciento.

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MÁXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO, EN KM/H.						
	50	60	70	80	90	100	110
Plano.....	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío.....	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso.....	9	8	7	7	6	5	5

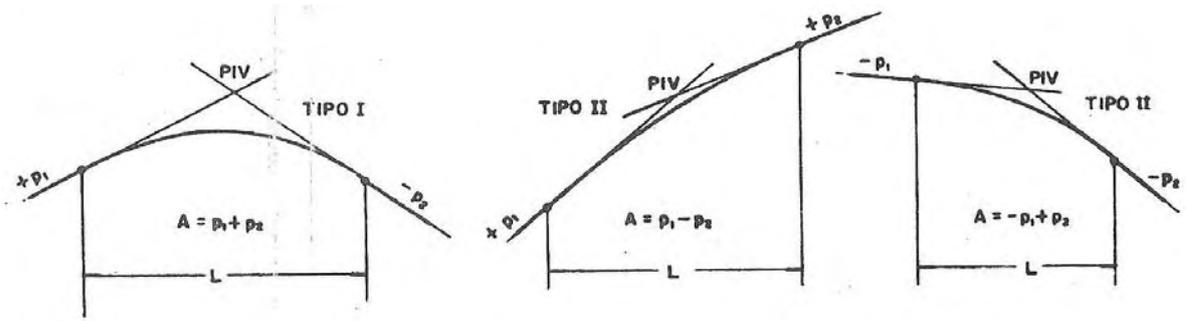
Tabla 2.1 Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (Caminos principales)

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento del las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

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

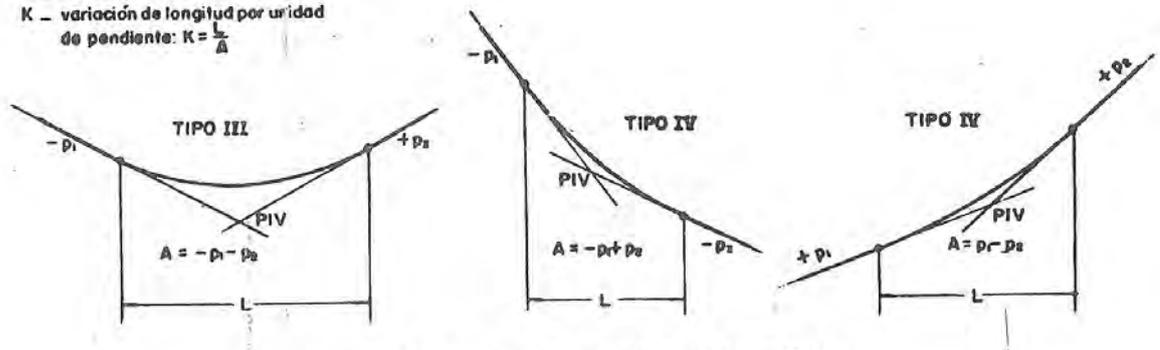
### **2.1.2. Curvas Verticales.**

Partiendo por lo dicho por la SCT (1991), las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de esta, se representa como PCV (Punto en donde comienza la curva vertical) y como PTV (Punto en donde termina la curva vertical) el punto común de la tangente y la curva al final de esta. En la figura 2.1 se ilustran los tipos representativos de curvas verticales en cresta y en columpio; en los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo.



**CURVAS VERTICALES EN CRESTA**

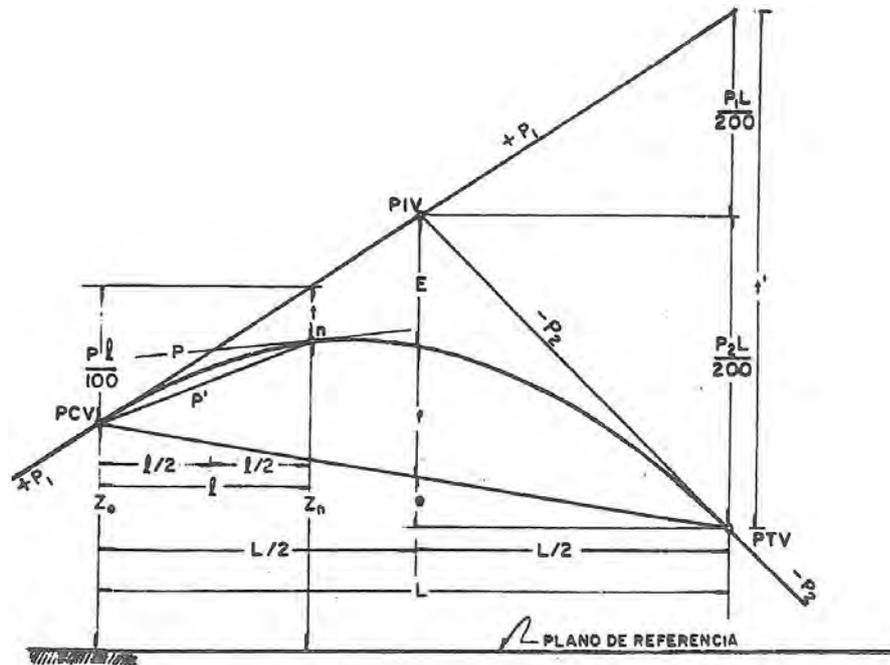
$p_1$  - pendiente de entrada.  
 $p_2$  - pendiente de salida.  
 $A$  - diferencia de pendientes  
 $L$  - Longitud de la curva.  
 $K$  - variación de longitud por unidad de pendiente:  $K = \frac{L}{A}$



**CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO.**

Figura 2.1 Tipos de curvas verticales

Los elementos de las curvas verticales se muestran en la figura 2.2 .



- PIV — Punto de intersección de las tangentes.
- PCV — Punto en donde comienza la curva vertical.
- PTV — Punto en donde termina la curva vertical.
- $n$  — Punto cualquiera sobre la curva.
- $P_1$  — Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.
- $P_2$  — Pendiente de la tangente de salida en por ciento.
- $P$  — Pendiente en un punto cualquiera de la curva en por ciento.
- $P'$  — Pendiente de una cuerda a un punto cualquiera en por ciento.
- $A$  — Diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y la de salida.
- $L$  — Longitud de la curva.
- $E$  — Externa
- $f$  — Flecha
- $l$  — Longitud de curva a un punto cualquiera
- $i$  — Desviación respecto a la tangente de un punto cualquiera.
- $K$  — Variación de longitud por unidad de pendiente,  $K = L/A$
- $Z_0$  — Elevación del PCV.
- $Z_n$  — Elevación de un punto cualquiera.

Figura 2.2 Elementos de las curvas verticales.

## 2.2 Alineamiento Horizontal

Tomando en base lo señalado por la SCT (1991), el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

### **2.2.1 Tangentes.**

“Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI (Punto de intersección de la prolongación de las tangentes) y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.”(SCT;1991:297)

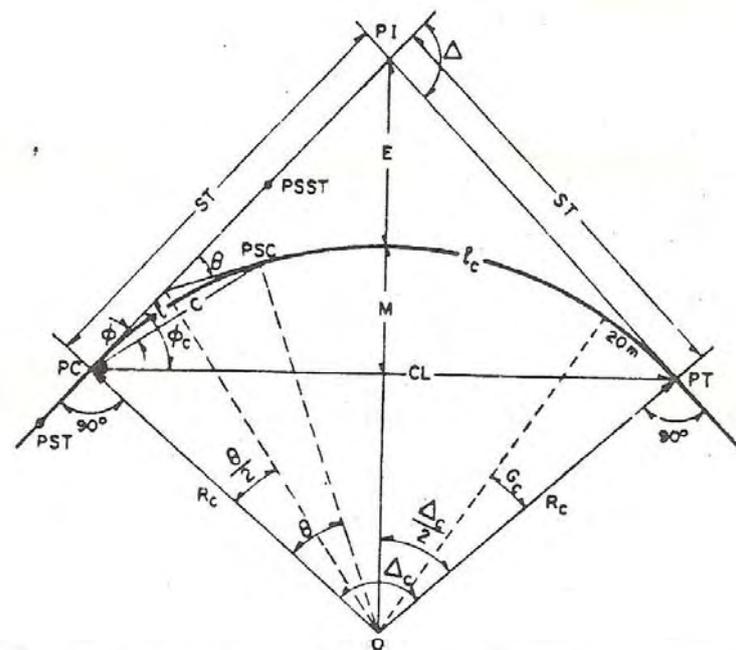
“La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien, por que favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio. La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas.”(SCT;1991:297)

### **2.2.2. Curvas Circulares.**

“Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.”(SCT;1991:297)

Tomando en base lo dicho por SCT (1991), existen varios tipos de curvas las cuales se describen a continuación.

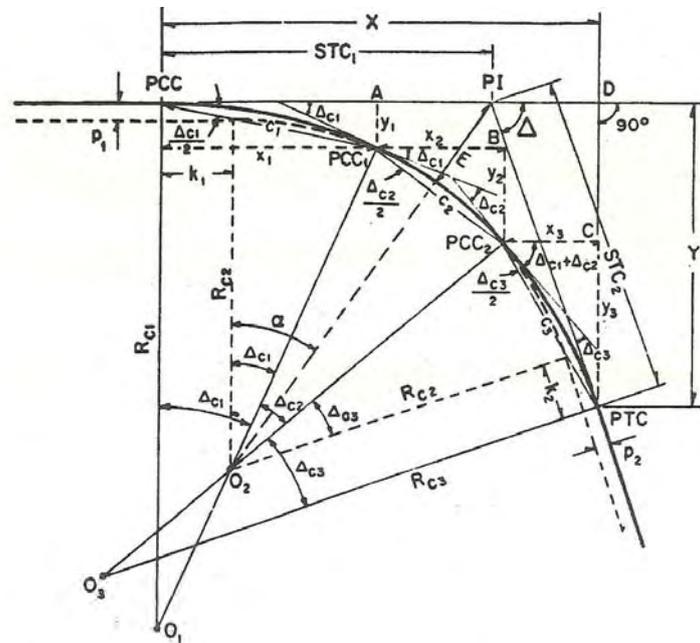
Curvas circulares simples que son cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular. En el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares simples tienen como elementos los mostrados en la figura 2.3



- |            |   |
|------------|---|
| PI         | Punto de intersección de la prolongación de las tangentes |
| PC         | Punto en donde comienza la curva circular simple          |
| PT         | Punto en donde termina la curva circular simple           |
| PST        | Punto sobre tangente                                      |
| PSST       | Punto sobre subtangente                                   |
| PSC        | Punto sobre la curva circular                             |
| O          | Centro de la curva circular                               |
| $\Delta$   | Ángulo de deflexión de las tangentes                      |
| $\Delta_c$ | Ángulo central de la curva circular                       |
| $\theta$   | Ángulo de deflexión a un PSC                              |
| $\phi$     | Ángulo de una cuerda cualquiera                           |
| $\phi_c$   | Ángulo de la cuerda larga                                 |
| $G_c$      | Grado de curvatura de la curva circular                   |
| $R_c$      | Radio de la curva circular                                |
| ST         | Subtangente   |
| E          | Externa   |
| M          | Ordenada media  |
| C          | Cuerda  |
| CL         | Cuerda larga  |
| $l$        | Longitud de un arco                                       |
| $l_c$      | Longitud de la curva circular                             |

Figura 2.3. Elementos de la curva circular simple.

Curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas. En caminos debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos. Los principales elementos de la curva vertical compuesta se ilustran en la figura 2.4



- PI Punto de intersección de las tangentes
- PCC Punto donde se inicia la curva circular compuesta
- PTC Punto donde termina la curva circular compuesta
- PCC<sub>1</sub>, PCC<sub>2</sub> Puntos de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra
- O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta
- $\Delta$  Angulo de deflexión entre las tangentes
- $\Delta_{C1}, \Delta_{C2}, \Delta_{C3}$  Angulos centrales de las curvas circulares simples
- R<sub>C1</sub>, R<sub>C2</sub>, R<sub>C3</sub> Radios de cada una de las curvas circulares simples
- STC<sub>1</sub>, STC<sub>2</sub> Subtangentes de la curva circular compuesta
- P<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> Desplazamientos de la curva central para curva compuesta de tres centros

Figura 2.4. Elementos de la curva circular compuesta.

### **2.2.3. Curvas de Transición.**

“Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición. Se define como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.”(SCT;1991:304)

### **2.2.4. Distancia de visibilidad en curvas de alineamiento horizontal.**

“En las 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 esa distancia sea cuando menos equivalente a la distancia de visibilidad de parada. Si las curvas no cumplen con ese requisito deberán tomarse las providencias necesarias para satisfacerlo, ya sea recortando o abatiendo el talud del lado interior de la curva, modificando el grado de curvatura o eliminando el obstáculo.”(SCT;1991:322)

### **2.3. Sección transversal.**

Al respecto SCT (1991), 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. Los elementos que integran y definen la sección transversal son: la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas, los taludes y las partes complementarias. En la figura 2.5 se muestra una sección transversal típica de un camino en una tangente del alineamiento horizontal.

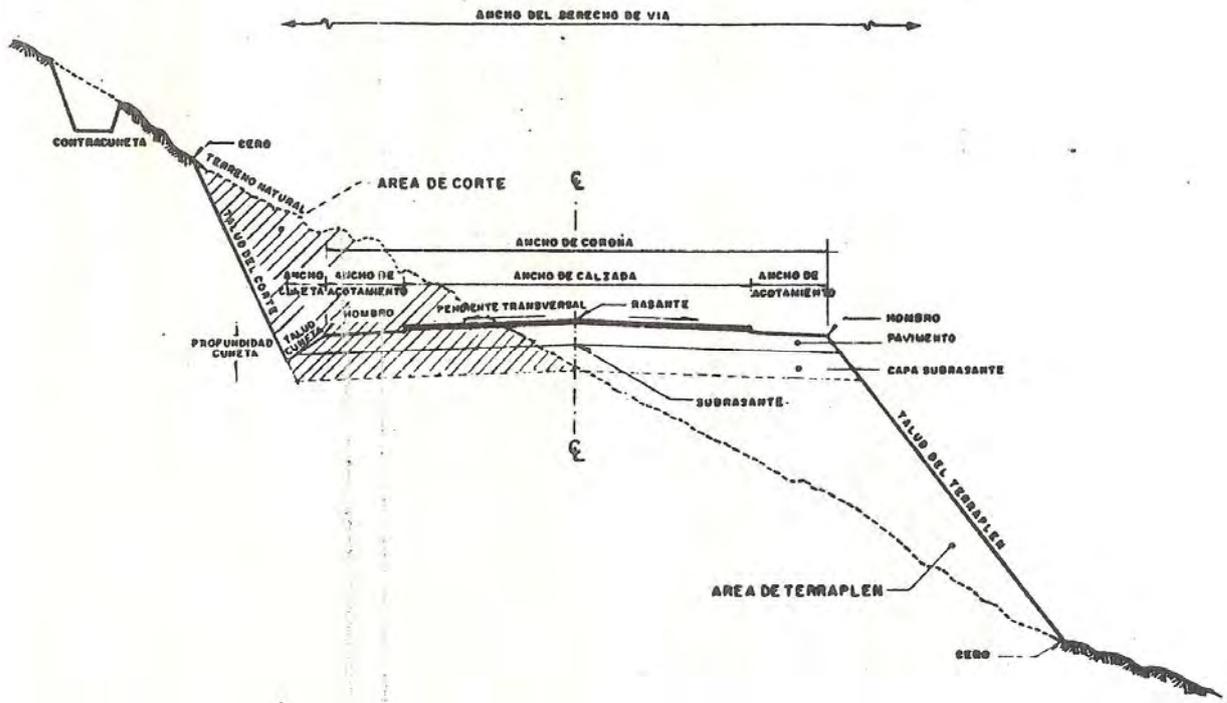


Figura 2.5. Sección transversal típica en una tangente del alineamiento horizontal.

### 2.3.1. Corona

De acuerdo con la SCT (1991), la corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos. La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la

sección transversal está representada por un punto. La pendiente transversal es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

- 1.- Bombeo.
- 2.- Sobreelevación
- 3.- Transición del bombeo a la sobreelevación.

El bombeo es la pendiente que se da a la corona en la tangentes del alineamiento horizontal hacia uno u otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente. En la tabla 2.2 se dan valores guía para emplearse en el proyecto en función del tipo de superficie de rodamiento.

TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO		Bombeo
MUY BUENA	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con extendedoras mecánicas.	0.010 a 0.020
BUENA	Superficie de mezcla asfáltica tendida con motoconformadoras. Carpeta de riegos.	0.015 a 0.030
REGULAR A MALA	Superficie de tierra o grava.	0.020 a 0.040

Tabla 2.2. Bombeo de la corona

La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal. Se usa una sobreelevación máxima del 12% en aquellos lugares donde no existen heladas ni nevadas y e porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínimo; se usa 10% en los lugares en donde sin haber nieve o hielo se tiene

gran porcentaje de vehículos pesados, se usa 8% en zonas en donde las heladas o nevadas son frecuentes y, finalmente, se usa 6% en zonas urbanas.

La transición del bombeo a la sobreelevación. En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tiene dos procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona.

La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen como ventajas principales las siguientes: dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo cuando el camino va en corte, facilitar los trabajos de conservación, dar mejor apariencia al camino.

El ancho del acotamiento depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar. El color, textura y espesor de los acotamientos, dependerá de los objetivos que se quiera lograr con ellos y su pendiente transversal será la misma que la de la calzada.

### **2.3.2 Subcorona.**

“La subcorona es la superficie que limita a las tercerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea. Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho. La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén. La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según que la sección esté en tangente, en curva o en transición. El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche. El ensanche es el sobreamplio que se da a cada lado de la subcorona para que, con los taludes de proyecto, pueda obtenerse el ancho de corona después construir las capas de base y

sub-base; en función del espesor de base y sub-base, de la pendiente transversal y de los taludes.”(SCT;1991:380)

### **2.3.3. Cunetas y contracunetas.**

Según la SCT (1991), las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte. Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte del talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección puede calcularse con los métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y el área drenada.

La pendiente longitudinal de las cunetas generalmente es la misma que la del camino, pero puede aumentarse si las condiciones del drenaje así lo requieren. La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por el acotamiento, por lo que deberá limitarse esta longitud colocando alcantarillas de alivio o proyectando las canalizaciones convenientes.

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

escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto en dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones que reducen en la inestabilidad de los taludes del corte.

#### **2.3.4. Taludes**

De acuerdo con la SCT (1991), el talud es la inclinación para el paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente. Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman. En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es de 1.5. en los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

Se tiene como norma para los cortes de más de siete metros de altura, realizar estudios con el detalle suficiente, a fin de fijar de un modo racional, los taludes y los procedimientos de construcción.

### 2.3.5. Partes complementarias.

“Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras. Las defensas y los dispositivos para el control de tránsito pueden considerarse como parte de la sección transversal. Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. En la figura 2.6 se ilustra los tipos de guarniciones.”(SCT;1991:388)

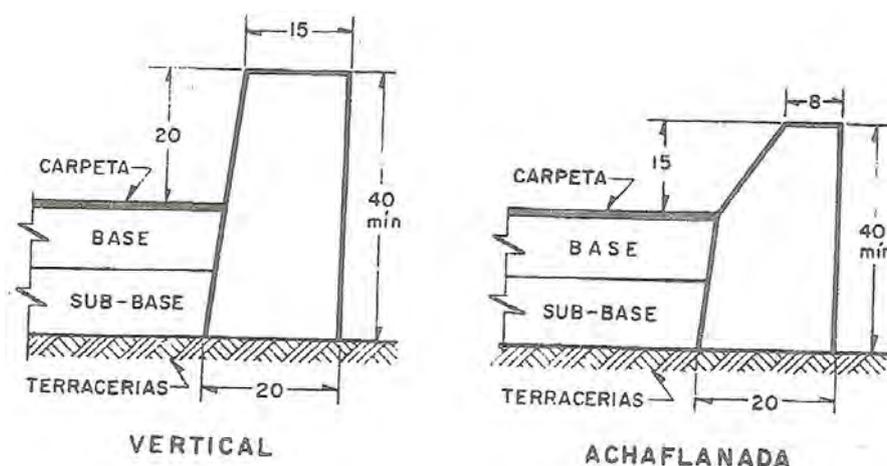


Figura 2.6. Tipos de guarniciones.

Los bordillos son “elementos, generalmente de concreto hidráulico que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, a fin de encauzar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en e talud del terraplén el caudal recogido por el bordillo se descarga en lavaderos contruidos sobre el talud del terraplén.”(SCT;1991:392)

Las banquetas “son fajas destinadas a la circulación de peatones ubicadas a un nivel superior al de la corona y uno o ambos lados de ellas en zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias.”(SCT;1991:393)

Las Fajas separadoras “son las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas separadoras centrales y a las segundas, fajas separadoras laterales.”(SCT;1991:393)

## **2.4 Intersecciones.**

De conformidad con la SCT (1991), se llama intersección, al área donde dos o más vías terrestres se unen o cruzan. Se consideran dos tipos generales de intersecciones que son los entronques y los pasos.

Se llama entronque, a la zona donde dos o más caminos se cruzan o unen, permitiendo la mezcla de las corrientes de tránsito.

Se llama paso, a la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito. Tanto los entronques como los pasos, pueden contar con estructuras a distintos niveles.

A cada vía que sale o llega a una intersección y forma parte de ella, se le llama rama de intersección. A las vías que unen las distintas ramas de una intersección, se les llama enlaces, pudiéndose llamar rampas a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel.

#### **2.4.1. Entronques a nivel.**

“Un entronque a nivel implica la realización de un proyecto que permita al conductor efectuar oportunamente las maniobras necesarias para la incorporación o cruce de las corrientes de tránsito. Los tipos generales de entronques a nivel se ilustran en la figura 2.7. Las formas que adoptan éstos son de tres ramas, de cuatro ramas, de ramas múltiples y de tipo glorieta. Numerosos factores entran en la selección del tipo de entronque y en el tamaño del mismo. Los de mayor importancia son el volumen horario de proyecto de los caminos que se intersectan, su índole y composición y la velocidad de proyecto. Las características del tránsito y velocidad de proyecto afectan muchos detalles del diseño, pero tratándose de seleccionar el tipo de entronque, revisten menos importancia que el volumen del tránsito. Los volúmenes de tránsito, actuales y futuros, son de suma importancia respecto a los movimientos directos y de vuelta.”(SCT;1991:573)

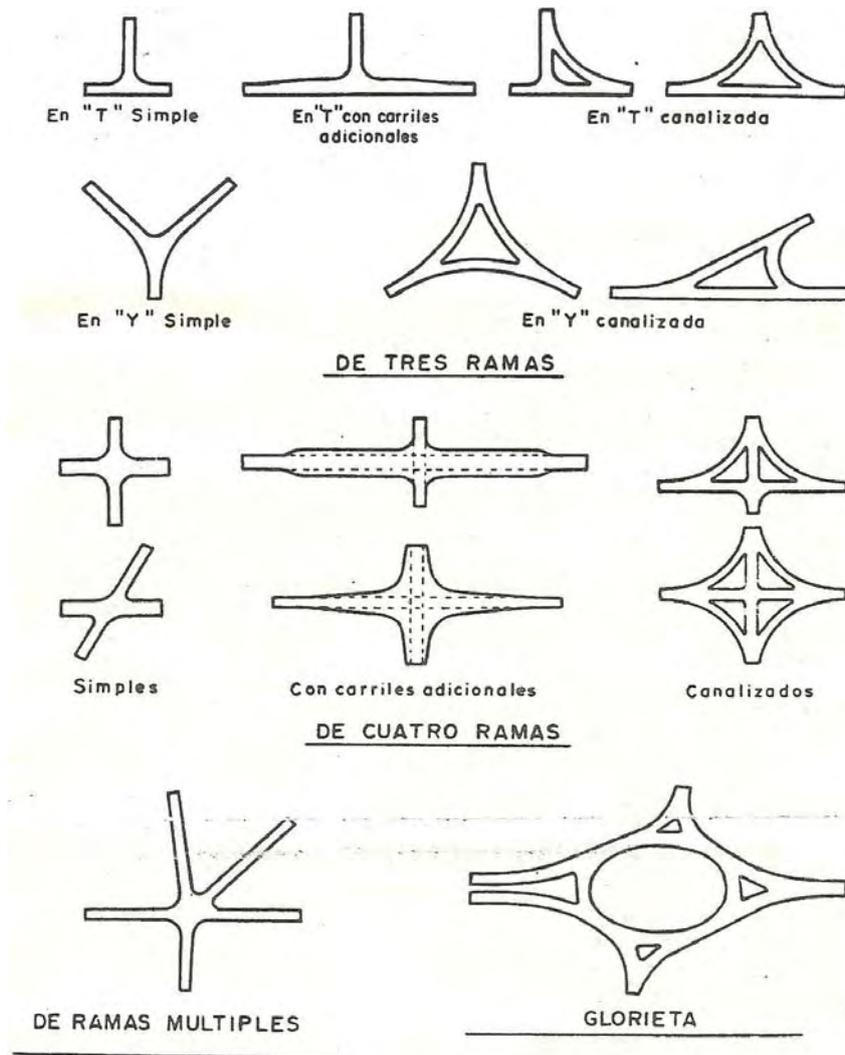


Figura 2.7. Tipos generales de entronques a nivel.

A menudo, de conformidad con la SCT (1991), las condiciones locales y el costo del derecho de vía influyen al seleccionar el tipo de entronque. El alineamiento y la pendiente de los caminos que constituyen la intersección y los ángulos de las misma, pueden llevar a la consideración de canalizar o emplear áreas auxiliares pavimentadas, independientemente de la densidad del tránsito.

Al diseñar entronques debe considerarse cuidadosamente su apariencia a la vista del conductor. Una curva inversa suele tener apariencia agradable en el plano, pero en perspectiva, para el conductor podrá resultar confusa y

forzada. A fin de evitar cambios bruscos en el alineamiento, debe proporcionarse una longitud de transición suficiente ya sea mediante espirales o curvas compuestas, así como la distancia entre curvas inversas, que permite tomar la curva cómodamente a la vez que da una grata impresión al conductor.

Debe también considerarse la combinación entre los lineamientos horizontal y vertical. Una curva horizontal cerrada a continuación de la cresta de una curva vertical, es absolutamente inconveniente en el área de un entronque.

#### **2.4.2. Entronques a desnivel.**

Un entronque a desnivel es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones. Pero debido a su alto costo inicial su empleo se limita a aquellos casos en que pueda justificarse ese costo.

Los entronques a desnivel de acuerdo con la SCT(1991), son necesarios en las intersecciones en donde un entronque a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos de la intersección. La capacidad de un entronque a desnivel es igual a la suma de las capacidades de los caminos que lo forman, ya que los movimientos de frente pueden efectuarse sin interrupciones y los movimientos de vuelta se realizan sin interferir el tránsito directo al diseñarse los carriles exclusivos para cambio de velocidad. En algunas ocasiones se emplean los entronques a desnivel por razones de seguridad y en otras llegan a ser más económicas debido a la topografía.

El tipo adecuado de entronque a desnivel, así como su diseño, depende de factores tales como los volúmenes horarios de proyecto, carácter y la composición del tránsito y la velocidad de proyecto. Las principales ventajas de los entronques a desnivel son:

- 1.- La capacidad de la rama para el tránsito directo puede hacerse igual o casi igual a la capacidad del camino.
- 2.- Se proporciona mayor seguridad al tránsito directo y al que da vuelta a la izquierda. El tránsito que da vuelta a la derecha hace la misma maniobra que en los entronques a nivel, pero generalmente con mucha mayor facilidad, lo que también se traduce en una mayor seguridad.
- 3.- Las paradas y los cambios apreciables de velocidad se eliminan para el tránsito directo. La continuidad del tránsito se traduce en grandes ahorros en tiempo y en los costos de operación de los vehículos, además de aumentar notablemente la comodidad de los conductores.
- 4.- El proyecto de la separación de niveles es flexible y puede adaptarse a casi todos ángulos y posiciones de los caminos que se intersectan.
- 5.- Generalmente los entronques a desnivel se adaptan a la construcción por etapas. Puede construirse una estructura con una o más rampas de manera de formar una unidad completa y añadir más enlaces en etapas posteriores.
- 6.- La separación de niveles es una parte esencial de las vías rápidas y las autopistas.

Así como tiene ventajas el diseño y la construcción de entronques a desnivel también se cuenta con algunas desventajas que están relacionadas

con consideraciones económicas y con el aspecto práctico de obtener proyectos óptimos en áreas con derecho de vía restringido y en terreno difícil.

Las principales desventajas son:

- 1.- Los entronques a desnivel son costosos.
- 2.- Los entronques a desnivel no son absolutamente seguros en cuanto a la operación del tránsito.
- 3.- Una separación de niveles puede involucrar crestas y columpios inconvenientes en el perfil de uno o de los dos caminos que se intersectan, especialmente si la topografía es plana.

Existen varios factores a considerar en la justificación de entronques a desnivel entre los cuales están incluidos principalmente los volúmenes de tránsito y su operación, las condiciones del lugar, el tipo del camino, la seguridad y los aspectos económicos.

#### **2.4.2.1. Tipos de entronques a desnivel.**

El tipo de un entronque a desnivel está determinado principalmente por el número de ramas de la intersección, por los volúmenes probables del tránsito directo y del que dé vuelta, por la topografía y por las estructuras existentes. Es conveniente que, todos los entronques a lo largo de un camino sean del mismo tipo, de tal manera que los usuarios se acostumbren a su forma y a la ubicación de los enlaces.

Los tipos generales de entronques a desnivel que se ilustran en la figura 2.8 se designa de acuerdo con la forma que adoptan más que por el número de ramas.

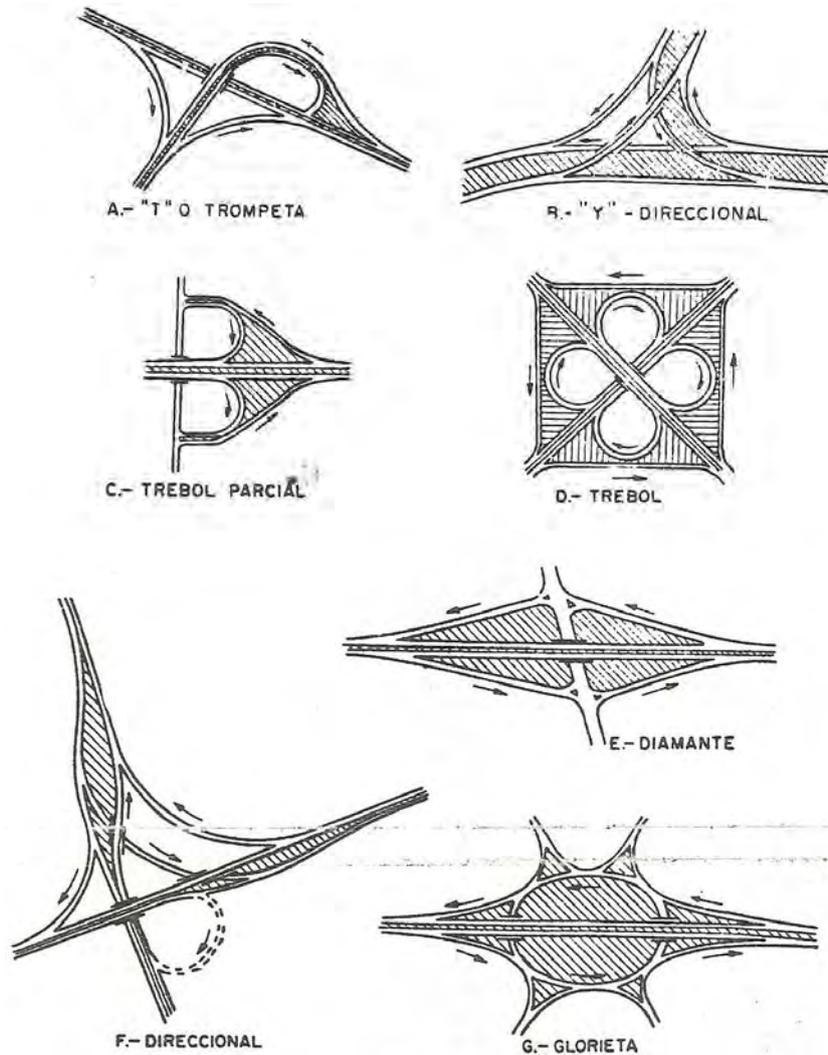


Figura 2.8. Tipos generales de entronques a desnivel.

### 2.4.3. Pasos.

De conformidad con la SCT (1991), existe la necesidad de permitir el cruzamiento de personas, de animales y de los diferentes medios de transporte. El proyecto y la ubicación de los pasos requiere de un estudio que considere el tipo de obra conveniente a fin de controlar el cruzamiento de

manera que se obtengan condiciones de seguridad tanto para el usuario del camino como para el que cruza, evitándose con esto los cruzamientos anárquicos. Dentro del tipo de pasos que se suelen considerar se encuentran los pasos para peatones, ganado, maquinaria agrícola, vehículos y ferrocarriles, los cuales pueden ser a nivel o desnivel.

El paso a nivel es el cruzamiento a una misma elevación de un camino con personas, animales u otra vía terrestre.

El paso a desnivel es el cruzamiento a diferente elevación de un camino con personas, animales y otra vía terrestre. El cruzamiento a diferente elevación tiene por objeto permitir el tránsito simultáneo, lo cual se logra por medio de estructuras, dentro de los cuales existen pasos superiores y pasos inferiores.

## **2.5 Elementos constituyentes de un pavimento.**

Tomando como base lo señalado por Olivera (1988), en caminos sobre la subrasante se construye el pavimento, que en el tipo flexible está constituido por sub-base, base y carpeta.

### **2.5.1 Sub-base.**

Al respecto, Olivera (1988) señala que, la capa de sub-base es la porción de la estructura de pavimento flexible entre la subrasante y la base. La sub-base comúnmente consta de una capa compactada de material granular,

ya sea tratada o no tratada, o una capa de suelo tratada con una mezcla conveniente. La capa de sub-base se usa en general para aumentar económicamente la resistencia del pavimento arriba de la provista por los suelos de la subrasante. Sin embargo la sub-base puede omitirse, si la estructura del pavimento es relativamente delgada o si los suelos de la subrasante son de alta calidad. Además de su función principal como arte estructural del pavimento, las capas de sub-base pueden tener funciones secundarias como:

1.- Evitar la intrusión de suelos de grano fino del lecho del camino dentro de las capas de base.

2.- Para minimizar los efectos de la congelación.

3.- Para ayudar a evitar la acumulación de agua libre dentro o debajo de la estructura de pavimento.

4.- Proveer una plataforma de trabajo para el equipo de construcción o para subsecuentes capas de pavimento en los cortes de roca.

### **2.5.2 Base.**

La capa base de conformidad con Olivera (1988), es la porción de la estructura del pavimento flexible inmediatamente debajo de la carpeta. Se construye sobre la capa de la sub-base o, si ésta no se usa, directamente sobre la capa de la subrasante. Su principal función es como una porción estructural del pavimento. La base comúnmente consta de de agregados como piedra triturada, escoria triturada o grava triturada o sin triturar y arena, o la combinación de estos materiales. Los agregados pueden usarse tratados o no

tratados, con aglomerantes estabilizadores como cemento Pórtland, asfalto o cal.

### **2.5.3 Carpeta.**

En relación a lo señalado por Olivera (1988), además de su función principal como una parte estructural del pavimento, la carpeta se proyecta para resistir las fuerzas abrasivas del tráfico, limitar la cantidad de agua superficial que penetra en el pavimento, proveer una superficie resistente a deslizamiento, y proporcionar una superficie lisa y uniforme para la transportación. La carpeta también debe ser durable, capaz de resistir fracturas y desmoronamientos, sin llegar a ser inestables en las condiciones de tráfico y del clima. La carpeta consta de una mezcla de agregados minerales y de materiales bituminosos.

## **2.6 Materiales Asfálticos.**

N-CMT-4-05-001/00 Son los materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos que son utilizados en estabilizaciones, riegos de impregnación, de liga y de sello, en la elaboración de carpetas asfálticas y morteros. Los materiales asfálticos son clasificados en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

Los cementos asfálticos son asfaltos que se obtienen del proceso de destilación del petróleo. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, al

ser calentados se licúan lo que les permite cubrir todas las partículas del material pétreo.

Para su aplicación se necesita estar a una temperatura adecuada y se utiliza en la elaboración de carpetas de mezcla en caliente, en morteros y estabilizaciones, así también es un elemento base para la elaboración de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P <sup>11</sup> )	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.</li> </ul>
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.</li> </ul>

Tabla 2. 3 Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C



*Figura 2.9 Regiones geográficas para la utilización de asfaltos clasificados según su viscosidad dinámica a 60°C*

Las emulsiones asfálticas están formadas por dos fases no miscibles en las que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se llaman emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos y las emulsiones catiónicas cuando les confiere polaridad electropositiva, para su aplicación se necesita agua y son utilizadas en la elaboración de carpetas con mezcla en frío, morteros, riegos y estabilizaciones.

Las emulsiones pueden ser de los siguientes tipos:

Emulsiones de rompimiento rápido: este tipo de emulsión se emplea para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos.

Emulsiones de rompimiento medio: estas se emplean para la elaboración de mezclas en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el

contenido de finos en la mezcla es menor o igual a 2%, también es utilizable en trabajos de conservación como son bacheos, nivelaciones y sobrecarpetas.

Emulsiones de rompimiento lento: estas emulsiones se emplean para la elaboración de mezclas en frío en planta y para estabilizaciones asfálticas.

Superestables: se emplean principalmente en estabilizaciones de materiales y trabajos de recuperación de pavimentos.

Clasificación	Contenido de cemento Asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad
EAR-55	55	Rompimiento rápido	Aniónica
EAR-60	60		
EAM-60	60	Rompimiento medio	
EAM-65	65		
EAL-55	55	Rompimiento lento	
EAL-60	60		
EAI-60	60	Para impregnación	
ECR-60	60	Rompimiento rápido	Catiónica
ECR-65	65		
ECR-70	70		
ECM-65	65	Rompimiento medio	
ECL-65	65	Rompimiento lento	
ECI-60	60	Para impregnación	
ECS-60	60	Sobrestabilizada	

*Tabla 2.4 Clasificación de las emulsiones asfálticas*

Los asfaltos rebajados son materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, se utilizan solventes y son utilizados en la elaboración de carpetas en frío y para la impregnación de sub-bases y bases

## **2.7 Compactación.**

“La compactación es el proceso mecánico, por medio del cual se reduce el volumen de los materiales, en un tiempo relativamente corto, con el fin de que sean resistentes a las cargas y tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante la vida útil de la obra.”(Olivera;1988:91)

La consolidación según Olivera (1988), es un fenómeno semejante a la compactación, pero se diferencia en que es un fenómeno natural que se lleva a cabo durante un tiempo, quizá siglos, y la disminución del volumen se efectúa a costa del aire y agua que contenga el suelo.

“Para compactar los materiales se tienen diferentes tipos de máquinas que tienen su aplicación dependiendo de las características de aquellos. Principalmente se pueden dividir en dos: de presión y vibratorias.”(Olivera;1988:92)

Continuando con lo dicho por Olivera (1988), las máquinas compactadoras de tipo presión, a su vez se dividen en máquinas sin y con salientes. Los ejemplos más típicos de compactadores sin salientes son los rodillos lisos y los rodillos neumáticos; los rodillos lisos son rodillos metalitos huecos, a los cilindros se lastran con agua y arena para aumentar su peso. Los compactadores neumáticos son cajas colocadas sobre ejes, en los que se tienen ruedas lisas de hule infladas con aire, cuya presión puede variarse de acuerdo con las necesidades del trabajo.

Este tipo de rodillos sin salientes son eficientes para compactar materiales granulares plásticos, y el efecto de la compactación es de arriba hacia abajo.

Cuando este tipo se utiliza para compactar finos plásticos, en la parte superior se forma una costra resistente llamada encarpetamiento, que no permite que la energía de compactación llegue a la parte inferior; así, se

concluye que los compactadores sin salientes no son eficientes para este tipo de materiales.

Los rodillos con salientes son metálicos con picos, vástagos o pernos de 15 a 25 cm, de diferentes formas, que para compactar introducen las salientes en el material y lo compactan de abajo hacia arriba, evitando en encarpamiento que producen los rodillos sin salientes; es por eso que su mayor eficiencia se obtiene en los materiales finos plásticos; los principales exponentes de este tipo de rodillos son los rodillos pata de cabra.

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

### **2.7.1. Verificación de la compactación.**

Una vez que en el campo se termina la compactación de alguna capa de la sección estructural, ya sea del cuerpo de terraplén de la capa subrasante o de las capas de pavimento, es necesario que se verifique si se alcanzó el peso volumétrico marcado en el proyecto. La compactación alcanzada se mide por medio del grado de compactación ( $G_c$ ), que se define como la relación en porcentaje del peso volumétrico seco que se tiene en la obra y el peso volumétrico seco máximo que se obtiene en laboratorio, efectuando la prueba que corresponda, la expresión para calcular el grado de compactación es:

$$G_c = \left[ \frac{\text{Peso Volumétrico Seco de Campo}}{\text{Peso Volumetrico Seco Máximo de Laboratorio}} \right] 100$$

En general, a través de la experiencia, se ha aceptado que la compactación mínima del cuerpo del terraplén sea de 90% mínimo y 95% para las capas subyacentes, subrasantes, de sub-base y base de pavimento.

## **2.8 Controles de Laboratorio necesarios.**

La verificación de calidad durante la construcción de un camino es el conjunto de actividades que permiten corroborar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones del proyecto, ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno, y comprobar el cumplimiento del programa detallado de control de calidad, así como tener una buena verificación de los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución, comparándolas con las especificadas en el proyecto y determinar oportunamente si el proceso de producción o el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados, entre otras.

Para poder iniciar la obra es necesario contar en el campo con un programa de control de calidad que sea técnicamente factible y aceptable desde el punto de vista de su realización física, así como comprobable en todas y cada una de las actividades programadas; que incluya la forma y los medios a utilizar para evaluar la calidad de los materiales correspondientes a todos los conceptos de obra terminada y de sus acabados, así como de los equipos de instalación permanente que vayan a formar parte integral de la obra. Este programa ha de ser congruente con el programa de ejecución de

los trabajos. El personal de control de calidad con el que se debe contar en la obras es un jefe de control de calidad que conozca los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Control de Calidad debe coordinar todos los trabajos para la correcta ejecución del control de calidad, analizar estadísticamente los resultados que se obtengan. Un jefe de verificación de calidad, que conozca ampliamente todos los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Verificación de Calidad debe coordinar todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución de la verificación de calidad, analizar conjuntamente y en forma estadística los resultados que se obtengan del control de calidad y de la propia verificación.

Los responsables del control y la verificación de calidad contarán con los laboratoristas y ayudantes de laboratorio suficientes para atender todos los frentes de la obra en los aspectos de muestreo, manejo, transporte, almacenamiento y preparación de las muestras; ejecución de las pruebas de campo y laboratorio; mantenimiento y calibración del equipo de laboratorio, entre otros. El personal de laboratorio estará capacitado, y acreditará, mediante evaluaciones ante el Jefe de Verificación de Calidad o el Jefe de la Unidad de Laboratorios si corresponde al grupo de verificación de calidad, el conocimiento de las pruebas y procedimientos correspondientes a las actividades que desempeñe.

Los laboratorios para el control de calidad o para la verificación de calidad, tendrán en sus instalaciones: áreas para almacenamiento, preparación y prueba de las muestras, así como para la calibración del equipo; fuentes de energía y de iluminación; y cuando sea necesario, sistemas de comunicación, de control de temperatura y de ventilación, que permitan la correcta ejecución de las pruebas y de las calibraciones.

Se tendrán que elaborar informes diarios a como se valla avanzando la obra, al término de cada día, que presenten los resultados de las mediciones y pruebas ejecutadas durante el día, señalando aquellos que, en su caso, no cumplan con las especificaciones del proyecto y/o que muestren desviaciones en el proceso de producción o procedimiento de construcción, se deberán corregir de inmediato para no afectar la calidad, así como las posibles causas de falla y las recomendaciones para corregirlas. En cada informe diario se incluirán además el nombre de la obra, el número y la fecha del informe, y el nombre del laboratorista que haya realizado las pruebas, así como el nombre y la firma del Jefe del Control de Calidad, quien lo entregará al Residente o al Superintendente.

Otro informe será el mensual, elaborados al término de cada mes, que contengan como mínimo la descripción de los trabajos de control de calidad ejecutados en el periodo del que se informe; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra ha sido ejecutada de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas, especificadas en el proyecto. Como apéndices se

incluirán un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes del control de calidad y las copias de todos los informes diarios elaborados en ese periodo. Los informes mensuales serán firmados por el Jefe de Control de Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el contratista los entregará al Supervisor y así mismo poder cobrar las estimaciones correspondientes.

Al final de la ejecución de la obra se realizará un informe final elaborado al cierre de la obra. Contendrá como mínimo los objetivos, alcances y descripción sucinta de los trabajos para el control de calidad ejecutados desde el inicio de la obra; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados en toda la obra, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra se ejecutó de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas especificadas en el proyecto. Como apéndice se incluirá un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes de la obra terminada. El informe final debe ser firmado por el Jefe de Control de Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el Contratista de Obra lo entregará al Supervisor junto con su estimación de cierre.

Para lo que es el muestreo de materiales asfálticos consiste en obtener una porción representativa del volumen de material asfáltico en estudio. Se realiza en materiales almacenados en uno o varios depósitos, o durante las maniobras de carga, descarga o aplicación. Los materiales asfálticos sólidos o semisólidos se calientan solamente lo indispensable para facilitar su muestreo

para la ejecución del muestreo. El equipo a emplear ha de estar en condiciones óptimas para su uso, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste. Consiste fundamentalmente en un muestreador, formado por un recipiente metálico o de vidrio, convenientemente lastrado y provisto de un tapón o corcho que pueda retirarse desde el exterior mediante una cadena o cordel. El recipiente ha de estar sujeto al extremo de una varilla metálica o de madera, o bien a otro cordel, de tal forma que estando tapado y con la boca hacia arriba pueda sumergirse hasta la profundidad deseada

## **2.9 Programación de obras.**

### **2.9.1 Planeación de proyectos.**

“La etapa de planeación dentro de las diferentes fases de la administración de proyectos es la que más se ha desarrollado e impulsado.”(Carreño;1989:8)

Al respecto Carreño (1989), señala que el objetivo de esta etapa es el definir clara y concretamente como es que se va a llevar a cabo el proyecto desde su inicio hasta su terminación, incluyendo actividades a realizar, tiempo que tardará, costos y recursos a utilizar.

Cabe hacer notar que en ocasiones esta etapa se divide en dos que son; planeación y Programación, entendiéndose por la segunda el detallar las actividades en el tiempo. Un programa de obra muestra todas las partidas que afectan el desarrollo del proyecto y toma en cuenta las condiciones que afectan la construcción en un lugar particular en una época específica del año. En el programa de obra, se describe en forma breve el trabajo, las partidas, así mismo se debe incluir el total de horas – hombre de trabajo y el total de horas

máquina del equipo que se estima se requiera. Un programa de obra generalmente se presenta mediante barras de Gantt que es básicamente una grafica de barras que muestra la relación entre las actividades a lo largo del tiempo.

En este capítulo se estudiaron los distintos elementos para proyectar una vía terrestre como son el alineamiento vertical, alineamiento horizontal y la sección transversal; además de los elementos constituyentes del pavimento flexible definiéndose los diferentes tipos de materiales asfálticos y sus controles de laboratorio necesarios para la elaboración de pavimentos con material asfáltico, así también lo referente a programación de obras, para dar paso al marco de referencia que se estudiará en el siguiente capítulo.

## **CAPITULO 3**

### **MARCO DE REFERENCIA**

El presente capítulo tratará todo lo referente al sitio donde se ubica el entronque “Caracha”, partiendo de su entorno geográfico en el cual se describirá su localización geográfica, mencionando las características físicas del tramo carretero en que se construyó dicho entronque, características geológicas, hidrología regional y de la zona en estudio, así también un reporte fotográfico del estado físico actual en que se encuentra el tramo en estudio y un estudio de tránsito para ver la cantidad de vehículos que transitan por este tramo carretero.

#### **3.1. Generalidades.**

En el km 94+793 del Camino Directo Pátzcuaro – Uruapan, en donde existe un P.I.V. (Paso Inferior Vehicular) el cual es de suma importancia, ya que sirve de enlace entre las poblaciones de Caracha, Ziracuaretiro, San Andrés Corú, Taretan, San Ángel Zorumucapio, Tingambato (zona arqueológica), en dicho P.I.V. se construyó un acceso controlado (entronque) el cual va a comunicar las poblaciones antes mencionadas con la ciudad de Uruapan, el presente proyecto de investigación se abocará únicamente a lo referente del proceso constructivo de dicho entronque.

#### **3.2. Resumen ejecutivo.**

Para el presente trabajo de investigación se consiguió información sobre la propuesta Técnica y Económica de la empresa ganadora de la licitación publica No. 09120015-016-07 referente a la construcción del entronque

Caracha ubicado en el km 94+793 del Camino Directo (C.D.) Pátzcuaro – Uruapan, llevada a cabo por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (Capufe), para lo cual se define que es un proceso constructivo, y como se trata de una licitación pública en la cual se tiene que ajustar a un determinado periodo para la ejecución de los trabajos, en el presente trabajo de investigación se va a analizar el programa de obra propuesto por parte de la empresa a la que se le adjudicó llevar a cabo la construcción del entronque antes en mención para verificar si con dicho programa propuesto y con la maquinaria propuesta se puede cumplir con la realización de los trabajos en el tiempo y forma que se requiere se lleve a cabo por parte del organismo Capufe.

### **3.3. Entorno Geográfico.**

#### **3.3.1. Macro y microlocalización.**

Localizado al centro de la República Mexicana el Estado de Michoacán cuenta con una extensión territorial que representa el 3.00% de la superficie del país ubicada al norte 20°24' latitud norte, al sur 17°55' de latitud norte; al este 100°04' longitud oeste, al oeste 103°44' de longitud oeste. Colinda al norte con los Estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al este con Querétaro, México y Guerrero, al sur con Guerrero y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El C.D. Pátzcuaro-Uruapan se ubica en el Estado de Michoacán; es parte de la ruta México-Lázaro Cárdenas y corresponde a la carretera Pátzcuaro - Nueva Italia (Camino Directo) con número de ruta 37D y clasificada por la SCT como tipo ET2 (Carretera de dos carriles. Eje de Transporte). El

entronque “Caracha” se proyecta sobre el Km. 92+739 en donde actualmente se cuenta con un P.I.V.

El C. D. Pátzcuaro – Uruapan, se localiza en la parte norte-central del estado de Michoacán. El punto en estudio se encuentra dentro del tramo del Km. 46+000 al Km. 95+000, ubicado entre los meridianos 19° 20” y 19° 30” Latitud Norte y entre los paralelos 101° 30” y 102° 05” Longitud Este, a una



Fig. 3.1 En el plano se puede observar la autopista (de color verde) que se localiza en la región centro del estado de Michoacán, y que conecta las poblaciones de Pátzcuaro y Uruapan.

El recuadro negro del plano anterior se muestra enseguida en una escala mayor, para poder dar una descripción más detallada de los puntos por donde pasa por el C.D.

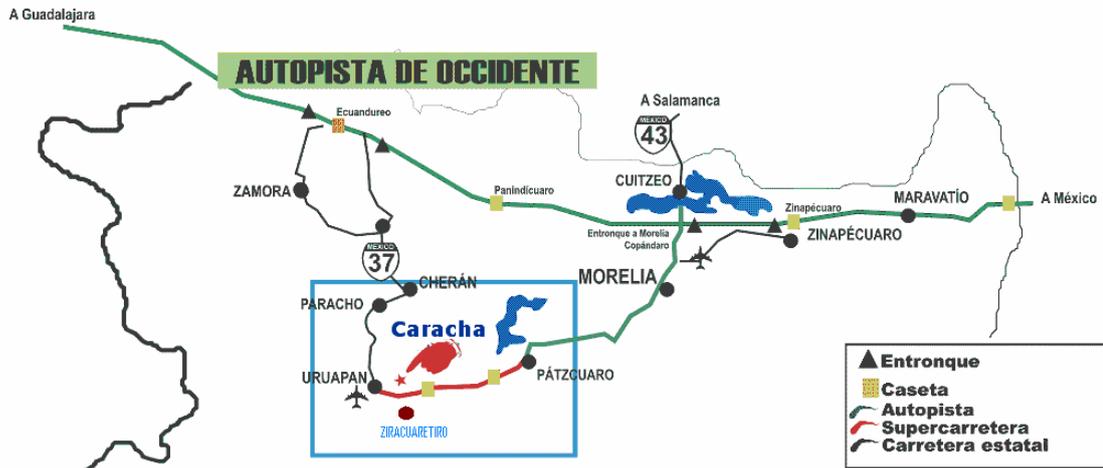


*Fig.3.2. A continuación se muestra la ampliación del recuadro de la Fig. 3.1. La autopista (color verde), se observa que tiene inicio en la ciudad de Pátzcuaro y finaliza en la ciudad de Uruapan.*

- Punto 1.- Entronque Pátzcuaro – Morelia.
- Punto 2.- Entronque Pátzcuaro.
- Punto 3.- Caseta de cobro Zirahuen.
- Punto 4.- Entronque Zirahuen.
- Punto 5.- Viaducto Zirahuen.
- Punto 6.- Entronque Jujacato.
- Punto 7.- Caseta de cobro San Ángel Zurumucapio.
- Punto 8.- Principia ramal Uruapan.
- Punto 9.- Entrada a Uruapan.

El entronque en cuestión se localiza entre los puntos 7 y 8 de la figura nº 2 justo en el km 92+739.

A continuación mostramos un croquis más específico de la parte del tramo donde se construyó el entronque (ver recuadro)



En la figura 3.3 podemos observar la ruta a seguir para llegar al municipio de Ziracuaretiro desde la autopista de occidente.

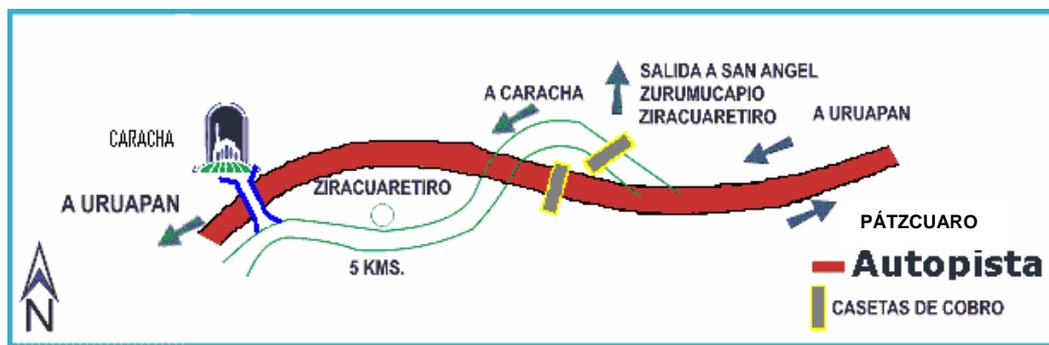


Fig. 3.3 Ruta a seguir para llegar al municipio de Ziracuaretiro.

Se puede apreciar la ruta a seguir hacia Ziracuaretiro y Caracha viajando a través C.D. Pátzcuaro – Urupán, tomando la salida por la caseta de San Ángel Zurumucapio. Además el puente que vemos en color azul es el PIV actual que conecta al Municipio de Ziracuaretiro con la población de Caracha y es el punto exacto donde se pretende construir el entronque. En la figura 3.4 se puede observar la ubicación del entronque Caracha, el círculo de color rojo

es la ubicación, la línea de color negro es el desarrollo del C. D. Páztcuaro-Uruapan.

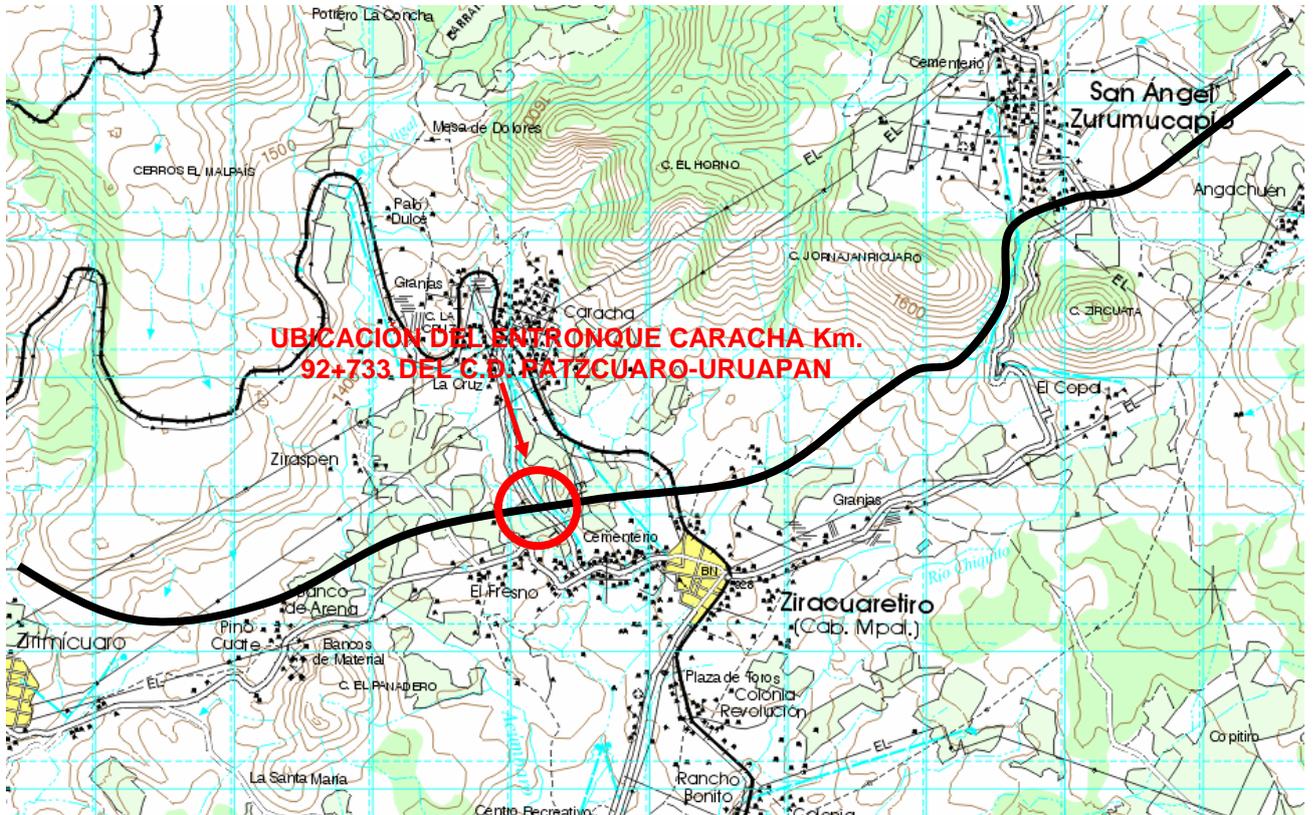


Fig. 3.4 Ubicación del entronque Caracha

### 3.3.2. Topografía regional y de la zona en estudio.

La constituyen el sistema volcánico transversal donde encontramos las siguientes elevaciones, los cerros el cobero, cueva, salto, panadero y malpais. La máxima curva de nivel se encuentra en el pico de Tancítaro a una altura de 3600 msnm, la más baja se encuentra a nivel de mar en la zona costera. El relieve es muy pronunciado debido a que se encuentra sobre la sierra Madre Occidental, la Sierra madre del Sur y el Eje Neovolcanico, contando con un porcentaje de sierras y un gran número de volcanes. El tramo en estudio se encuentra construido sobre un lomerío fuerte.

### 3.3.3. Geología regional y de la zona en estudio.

La zona en estudio se localiza en la provincia fisiográfica denominada “Eje Neovolcanico” prácticamente en la frontera con la provincia “Sierra Madre del Sur”. Se caracteriza por una amplia franja que cruza toda la República Mexicana de este a oeste, abarcando parte de los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Morelos, Michoacán, Jalisco, Nayarit, Colima y la totalidad del Estado de México, Tlaxcala y Distrito Federal.

Está constituida por una altiplanicie situada a más de 2000 msnm, de la que sobresalen numerosos cerros de varios cientos de metros de altura. La mayoría de estos representan aparatos volcánicos con sus respectivas lavas, brechas y cenizas, cuya composición litológica va desde rocas basálticas a riolíticas. Las emisiones lávicas tienen edades que varían desde el Plioceno tardío hasta el reciente, observándose gran variedad en su estado de erosión. Entre los cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas que están formadas en gran parte por rellenos aluviales o lacustres que contienen gran variedad de rocas mezcladas con cenizas volcánicas.

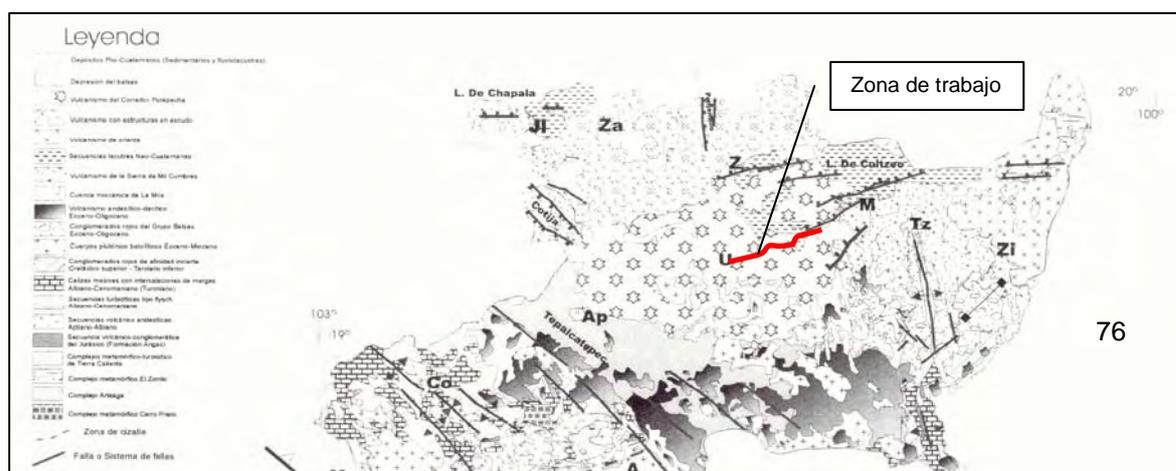
Los principales fenómenos en esta provincia están representados por las fallas y fracturas que acompañan a las emisiones volcánicas. La dirección principal del fracturamiento regional es aproximadamente E-W.

Hacia el noroeste de la Provincia, cerca de su límite con la Sierra Madre Occidental y las Sierras Sepultadas, se observa gran actividad volcánica que ha dado origen a mesetas de basalto, tobas y conos de composición media a básica (andesitas y basaltos). Las rocas sedimentarias en esta área forman sólo pequeños manchones dentro de la masa ígnea y son de dos clases principalmente: las antiguas rocas sedimentarias de origen continental o costero (areniscas, lutitas y calcitas del cretácico) y las del Terciario,

posiblemente del Mioceno o Plioceno de origen piroclástico que cubren un área mucho mayor que las sedimentarias antiguas.

Las fracturas y fallas en toda esta porción de la provincia tienen una orientación aproximada NE-SW sensiblemente paralela a los arroyos y ríos de la región.

El cuerpo del C.D. Pátzcuaro-Uruapan, se localiza en el Corredor Tarasco, figura 3.5, en la parte centro-occidente del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) que define el comportamiento geológico de todo el norte del Estado de Michoacán. El CVM tiene una distribución general este-oeste y ha sido generado por la subducción pacífica de la Placa de Cocos por debajo de la placa de Norte América.



FUENTE: CARTA GEOLOGICA DE MICHOCAN

*Fig. 3.5. Mapa tectónico de Michoacán, la línea de color rojo representa la ubicación aproximada del tramo de la Autopista en estudio, ésta se localiza en su totalidad dentro del Corredor Tarasco que pertenece al Cinturón Volcánico Mexicano.*

Para la zona del municipio de Ziracuaretiro que por sus características geológicas forma parte del corredor Tarasco se presentan las siguientes condiciones:

Datan de los periodos Cenozoico Terciario Inferior y Eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico y pradera de montaña.

#### **3.3.4. Hidrología regional y de la zona en estudio.**

La Entidad del estado de Michoacán forma parte de 4 regiones hidrológicas: la región Lerma-Santiago al Norte del Estado (RH12); la región del Río Balsas (RH 18) situada en la parte central; la región Armería-Coahuayana se ubica al Sur, entre la Sierra de Coalcomán y la Zona Costera (RH 16); y Ríos de la Costa (RH 17). En la región Lerma-Santiago se extienden importantes cuerpos de aguas naturales, como los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Chapala, así como de tipo artificial como las presas de Tepuxtepec, Cointzio y Malpais, que irrigan amplias zonas agrícolas. En la región Río Balsas se localiza una de las corrientes más importantes del país, justamente por el río Balsas, también conocido como Atoyac, Grande o Mezcala. También en esta región se ubica la presa El Infiernillo que, junto con el Balsas, forman uno de

los embalses más importantes del país. Otras corrientes importantes son los ríos Tacámbaro, Tepalcatepec y Cupatitzio; el Lago de Zirahuén también se ubica dentro de esta región hidrológica. De la región Armería-Coahuayana sólo una pequeña área corresponde al Estado de Michoacán. Aquí la corriente más importante es la del río Coahuayana, también conocido, como Tuxpan. La región Ríos de la Costa comprende las corrientes que desembocan en el Océano Pacífico. Las corrientes principales son las de los ríos Neixpa y Coalcomán. Considerando el sistema de clasificación hidrológico nacional, en el área de influencia del Estado las 4 regiones hidrológicas comprenden 19 cuencas y éstas a su vez 57 subcuencas, 138 subcuencas específicas y 688 microcuencas.

Región	Cuenca	% de la superficie estatal
Lerma-Santiago	R. Lerma-Toluca	3.60
	R. Lerma-Salamanca	1.98
	R. Lerma-Chapala	11.04
	L. Chapala	1.92
	L. de Pátzcuaro-Cuitzeo y L. de Yuriria	7.80
Armería-Coahuayana	R. Coahuayana	1.92
Costa de Michoacán	R. Neixpa y otros	8.18
	R. Cachán ó Coalcomán y otros	7.61
Balsas	R. Balsas-Zirándaro	2.21
	R. Balsas-Infiernillo	7.79
	R. Cutzamala	12.39
	R. Tacámbaro	9.02
	R. Tepalcatepec-Infiernillo	12.22
	R. Tepalcatepec	12.32

*Tabla 3.1 Cuencas Hidrológicas del estado de Michoacán*

Cuenta con los ríos Ziracuaretiro, Ziraspén, La brújula, Calicanto y diversos manantiales de agua fría. Una subcuenca importante cercana a la zona en estudio es la de Taretán formada por los flujos que provienen del cerro “La Cuesta” y un poco más allá del “Cerro Metate,” de antemano sabemos que esta zona es de producción 90% cañera y que este cultivo requiere de mucha agua para su industrialización en el ingenio de la misma población antes citada.

El clima con el que cuenta el estado de Michoacán es variado debido a las características de su relieve accidentado, en el noroeste hay clima semicaldo subhúmedo con una temperatura media de 20 °C y una precipitación media de 800 mm; al noroeste es templado subhúmedo con precipitaciones de 1,000 mm y una temperatura de 16 °C; en el suroeste y sureste es cálido subhúmedo con precipitaciones de 1,000 mm y temperaturas de 26 °C; en la región central tiene cálido semiseco con precipitaciones de 600 mm y una temperatura de 27 °C y en las cimas de las altas montañas es frío.



### MAPA DE ISOYETAS

Fig. 3.6 En la figura podemos observar que el promedio de precipitación pluvial anual en las zonas donde se localiza la autopista de color rojo varía muy poco debido a las condiciones de la vegetación que se desarrolla en el estado, en la zona de Pátzcuaro y Tingambato la precipitación es de 1,000 a 1,200 mm. En la zona de Ziracuaretiro es de 800 a 1,000 mm. por la parte de la zona de Uruapan es de más de 1,500 mm.

### 3.3.5 Uso del suelo de la zona en estudio.

En el estado de Michoacán el uso de suelo básicamente se basa en la agricultura la cual ocupa 1,252,654 hectáreas en las que el 32% son sembradíos de riego y el 68% de temporal y se cultiva trigo, sorgo, maíz, caña de azúcar, algodón, fresa, melón, aguacate, limón, naranja, capulín, mango, hortalizas etc. De los que surgió una industria muy productiva por ejemplo del

maíz se obtiene la harina, del sorgo se hacen alimentos balanceados para el ganado, de la caña de azúcar el 42% se utiliza para la obtención de azúcar, de las frutas cosechadas sobre todo en las regiones de tierra caliente de la costa, han surgido pequeñas industrias familiares que fabrican jaleas, conservas, dulces, ates. En la zona de estudio se usa el suelo para la agricultura existiendo básicamente sembradíos de caña y algunos platanales.

### **3.4 Informe fotográfico.**

#### **3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal**

Esta zona por encontrarse rodeada de montañas cubiertas por exuberante vegetación de pinos y encinos, oyamel etc. Proporcionan al subsuelo de una gran proporción de tan vital líquido, siendo aprovechado en su mayoría por los agricultores de caña de azúcar, viveros, huertas de diversos frutales, ya que por sus condiciones climáticas son propicias para su explotación.



### 3.4.2 Problemas de drenaje superficial.

Se observa el deterioro en lavadero de concreto hidráulico, dicho deterioro está ocasionando el deslave del cuerpo del terraplén.



En la foto 04 se observa daño en contracuneta el cual está ocasionando que se erosione el talud ocasionando que todo el escurrimiento que debe ser conducido por la contracuneta valla a dar a la cuneta. En la foto 05 se observa la aparición de hierba sobre el bordillo de concreto hidráulico debido a la falta de mantenimiento.



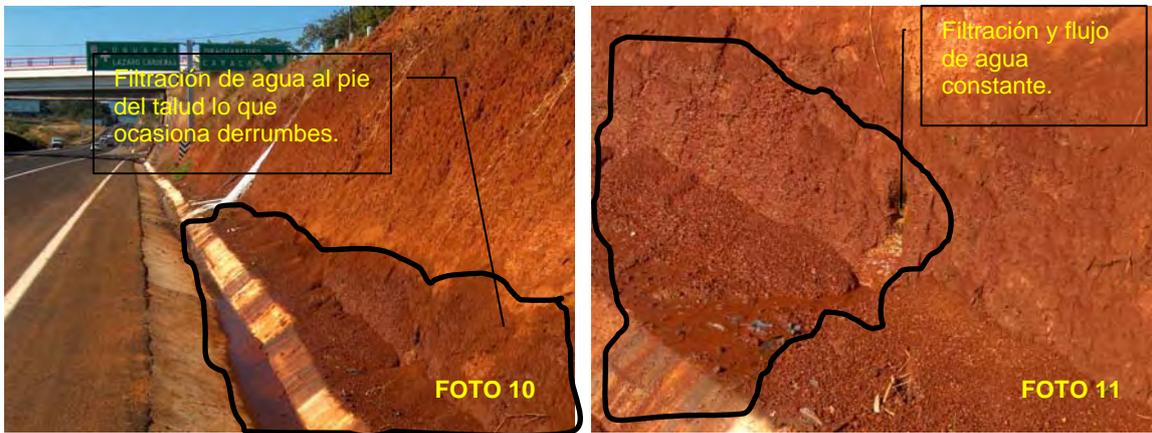
En la foto 06 se observa la existencia de lavaderos de concreto hidráulico para el desalojo del agua pluvial, en la foto 07 de la derecha se observa el flujo constante de agua sobre la cuneta existente.



En las fotos 08 y 09 se observan la existencia de rejilla metálica para captar el agua pluvial.



se observa que la filtración y el flujo de agua es constante.



### 3.4.3 Estado físico actual.

El estado físico actual se encuentra generalmente en regulares condiciones, a continuación de muestra en la foto 12 la existencia de señalamiento horizontal de tipo logarítmico, en la foto 13 se muestra el señalamiento vertical bajo restrictivo, preventivo y señalamiento vertical elevado tipo doble bandera existente en el entronque.



En las fotos 14 y 15 se observan las marcas en el pavimento las cuales forman parte del señalamiento horizontal existente.



Se puede observar en la foto 16 la aparición de pequeñas carabelas sobre la superficie de rodamiento, en la foto 17 se observa la junta que existe en el pavimento, en la cual se observa la carpeta asfáltica que existía sobre el camino principal y la carpeta asfáltica nueva que forma parte del carril de desaceleración.



En la foto 18 se observa la aparición de grietas la cuales requieren de bacheo superficial, en la foto 19 se observan trabajos de bacheo sobre la carpeta asfáltica.



En las fotos 20 y 21 se puede apreciar la piel de cocodrilo con que cuenta en algunas zonas la superficie de rodamiento.



Se observa la existencia de trabes tipo puente canal, las cuales tienen como objetivo el trasladar el agua de los canales de riego de un lado a otro del Camino Directo.



### 3.4.4. Vehículos que circulan por la vía.

En las fotos 24,25,26 y 27 se aprecia los tipos de vehículos que circulan por esta vía en ambos sentidos, este tipo de vehículos se clasifica A,B,C,T-S.



### 3.5 Estudio de tránsito.

#### 3.5.1. Tipo y clasificación de los vehículos.

Concentrado de los meses de Agosto, Septiembre y Noviembre.



**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

CONTROL MENSUAL DE VEHICULOS E INGRESOS

DELEGACION III CENTRO NORTE QUERETARO

PLAZA DE COBRO 165 ZURUMUCAPIO CONCENTRADO

RESUMEN: MESES AGOSTO, SEPTIEMBR

D I A	AUTOS PICK-UPS PANELES	MO- TOS	AUTOBUSES DE PASAJEROS			CAMIONES DE CARGA									EJES EXTRAS		VSC	VEH. IAVE	RESI- DENTES	CUOTAS LUJOS	TOTAL DE VEHICULOS	INGRESO EFFECTIVO \$	\$		IMPORTE TARJETA IAVE
			2	3	4	E J E S									1	DE CARGA							FALTAN	SOBRAN	
						2	3	4	5	6	7	8	9												
AGOSTO	234,315	194	2,152	169	2	8,393	3,840	108	1,666	804	8	22	1,215	678	4	2,511	24,659	0	219	279,917	\$7,168,082	\$563	\$721	\$1,778,783	
SEPTIEMBRE	197,823	132	2,625	194	1	7,489	3,041	144	1,668	874	22	7	1,333	823	2	2,538	22,870	0	22	240,783	\$6,205,996	\$716	\$968	\$1,697,580	
OCTUBRE	201,149	191	2,563	231	0	8,492	3,358	179	1,892	995	22	19	1,491	790	1	3,009	24,748	0	80	248,419	\$6,444,314	\$361	\$1,097	\$1,865,378	
T	633,287	517	7,340	594	3	24,374	10,239	431	5,226	2,673	52	48	4,039	2,291	7	8,058	72,277	0	321	769,119	19,818,392	1,640	2,786	5,341,741	

Los datos de tránsito fueron obtenidos por medio de los aforos vehiculares reportados en la caseta de cobro No.165 San Ángel Zurumucapio.

Los cuales se muestran a continuación:

Nombre de la Plaza de cobro	San Ángel Zurumucapio
AFORO MES DE AGOSTO DEL 2007	279,917.00
AFORO MES DE SEPTIEMBRE DEL 2007	240,783.00
AFORO MES DE OCTUBRE DEL 2007	248,419.00
<b>TOTAL</b>	<b>769,119.00</b>

## **CAPITULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se abordará lo referente a la metodología de investigación, definiendo el método de investigación empleado el cual consiste en método matemático – analítico con enfoque cuantitativo definiendo este concepto así también se define el alcance de la metodología de investigación.

#### **4.1. Método empleado.**

“En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se esta aplicando el método cuantitativo.”(Mendieta;2005:49)

“Entendemos por análisis la descomposición de un todo en sus elementos. Por lo tanto, podemos decir que es la observación y examen de hechos. Este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado.”(Rojas;2005:2)

#### **4.2. Enfoque de la investigación.**

“La investigación cuantitativa no ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.”(Hernández;2004:18)

La investigación cualitativa de acuerdo con lo señalado por Hernández (2004), da profundidad a los datos, la dispersión, la riqueza interpretativa, la contextualización del ambiente o entorno, los detalles y las experiencias únicas

#### **4.2.1. Alcance.**

“Los estudios descriptivos 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;2004:117)

#### **4.3. Diseño de la investigación.**

Para el presente estudio se establece un método no experimental con un diseño transversal, el diseño de investigación transversal según Hernández (2004), recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

#### **4.4. Instrumentos de recopilación.**

Al respecto Hernández (2004), dice que recolectar datos implica: a) seleccionar uno o varios métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos; b) aplicar los instrumentos, y c) preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para analizarlos correctamente.

En el enfoque cuantitativo, recolectar datos es equivalente a medir. Medir es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, mediante clasificación o cuantificación.

En toda investigación cuantitativa medimos las variables contenidas en la hipótesis.

Cualquier instrumento de recolección de datos debe cubrir dos requisitos: confiabilidad y validez. La confiabilidad cuantitativa se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición, al mismo sujeto un objeto, produce iguales resultados. La validez cuantitativa se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente la variable que pretende medir. Se pueden aportar tres tipos de evidencia para la validez cuantitativa: evidencia relacionada con el contenido, evidencia relacionada con el criterio y evidencia relacionada con el constructor.

Los factores que principalmente pueden afectar la validez cuantitativa son: improvisación, utilizar instrumentos desarrollados en el extranjero y que no han sido validados para nuestro contexto, poca o nula empatía con el respondiente, factores de aplicación.

#### **4.5. Descripción del proceso de investigación.**

El presente estudio se desarrollo partiendo primeramente de la ubicación de un tramo carretero, para posteriormente verificar si se contaba con algún proyecto. Luego de lo anterior, fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportará la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos.

Posteriormente se realizó la captura de datos usando el programa computacional Opus ole y se cosntractó con la teoría recabada haciendo un análisis

minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que diera cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

En este capítulo se vió lo referente a la metodología de investigación, dejando lugar a los cálculos que dan objeto a la presente investigación que se tratarán en el siguiente capítulo.

## CAPITULO 5

### CÁLCULO, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

En este capítulo se abordará todo lo referente al análisis y comparativa del programa de obra propuesto por la contratista contra el programa de ejecución real de la obra, la elaboración de un nuevo programa de obra.

#### 5.1. Catálogo de conceptos.

A continuación se presenta el catálogo de conceptos original, en el que vienen las cantidades de obra y los precios unitarios de cada concepto, así también como los importes de cada concepto y el monto total de la obra.

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS.  SUBDELEGACION TÉCNICA	LICITACION PUBLICA NACIONAL  CAMINO DIRECTO PATZCUARO-URUAPAN  SERVICIOS:  ENTRONQUE CARACHA	FECHA DE INICIO: 16 DE ABRIL DEL 2007	FECHA DE TERMINO: 16 DE AGOSTO DEL 2007	NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FÍSICA	DOCUMENTO ECONÓMICO  A-9  HOJA: 1 DE: 1		
<b>RELACIÓN DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DEL SERVICIO PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN (Propuesto por la contratista)</b>							
PARTIDA	ESPECIFICACIÓN GENERAL O COMPLEMENTARIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO		TOTAL PRESUPUESTADO
					CON LETRA	CON NÚMERO	
<b>O B R A</b>							
<b>C O N C E P T O S</b>							
		<b>Terracerías</b>					
1	E.P.1.1	Trazo y nivelación	48,084.0500	M2	DOS PESOS 52/100 M.N.	\$2.52	\$123,717.01
2	E.P.1.2	Desmonte	4,501.4500	M3	DIÉCISETE PESOS 09/100 M.N.	\$17.09	\$76,929.78
3	E.P.1.3	Excavación ampliación corta despendido	27,534.4800	M3	VEINTISIETE PESOS 12/100 M.N.	\$27.12	\$746,735.10
4	E.P.1.4	Compactación terreno natural 95%	11,488.3000	M3	TRES PESOS 50/100 M.N.	\$3.80	\$40,139.05
	E.P.1.5	Formación compactación terraplenas 95%	12,383.6500	M3	CUARENTA Y CINCO PESOS 08/100 M.N.	\$45.08	\$557,353.34
5		<b>Pavimento</b>					
6	E.P.2.1	Tendido y compactación de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	6,608.8300	M3	ACHENTA Y CUATRO PESOS 79/100 M.N.	\$84.79	\$551,865.74
7	E.P.2.2	Basa Hidráulica	4,528.6200	M3	OCHENTA Y OCHO PESOS 69/100 M.N.	\$86.92	\$402,884.89
8	E.P.2.3	Riego de impregnación	18,349.2600	M2	SEIS PESOS 32/100 M.N.	\$6.32	\$115,967.45
9	E.P.2.4	Riego de liga	6,880.9800	LT	CUATRO PESOS 05/100 M.N.	\$4.05	\$28,143.21
10	E.P.2.5	Carpeta asfáltica	1,270.3300	M3	UN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 24/100 M.N.	\$1,493.24	\$1,896,907.57
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
					<b>IMPORTE DE ESTA HOJA</b>		\$4,540,444.14
					<b>IMPORTE ACUMULADO A ESTA HOJA</b>		\$4,540,444.14

## 5.2 Programas de ejecución de obra, en volúmenes e importes (contratado).

A continuación se presentan los programas de obra con volúmenes a ejecutar y montos a ejercer contratado.

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS.  SUBDELEGACION TECNICA	LICITACION PUBLICA NACIONAL	FECHA DE INICIO:	16 DE ABRIL DEL 2007	DOCUMENTO ECONOMICO
	SERVICIOS:  ENTRONQUE CARACHA	FECHA DE TERMINO:	15 DE AGOSTO DEL 2007	A-10
		PLAZO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS:	122 DIAS NATURALES	HOJA: 1 DE: 1

PROGRAMA DE VOLUMENES SEMANALES, QUINCENALES O MENSUALES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS (contratado)												
PARTIDA	No. SIAG	ESPECIFICACION GENERAL O COMPLEMENTARIA	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	IMPORTE TOTAL	AÑO 2007					PROGRAMADO
							Abr-07 16 AL 30	May-07 01 AL 31	Jun-07 01 AL 30	Jul-07 01 AL 31	Agg-07 01 AL 15	
			<b>Terracerias</b>									
1		E.P.1.1	Trazo y nivelacion	49,094.0500	M2	\$123,717.01	49,094.05					49,094.05
2		E.P.1.2	Desmonte	4,501.4500	M3	\$76,929.78	3,151.02	1,350.43				4,501.45
3		E.P.1.3	Excavacion ampliacion corte desperdicio	27,534.4800	M3	\$746,735.10		27,534.48				27,534.48
4		E.P.1.4	Compactacion terreno natural 95%	11,468.3000	M3	\$40,139.05		11,468.30				11,468.30
		E.P.1.5	Formacion compactacion terraplenes 95%	12,363.6500	M3	\$557,353.34		1,994.14	10,369.51			12,363.65
5			<b>Pavimento</b>									
			Tendido y compactacion de sub-base al 95% de la prueba	6,508.6300	M3	\$551,866.74			3,029.83	3,478.80		6,508.63
			ASFILO	4,528.6200	M3	\$402,684.89			3,175.32	1,353.30		4,528.62
			Base hidraulica	18,349.2800	M2	\$115,967.45			18,349.28			18,349.28
			Riego de impregnacion	6,880.9800	LT	\$28,143.21			4,066.03	2,814.95		6,880.98
			Riego de liga	1,270.3300	M3	\$1,896,907.57			519.68	750.65		1,270.33
			Carpeta asfaltica									

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS. SUBDELEGACION TECNICA	LICITACION PUBLICA NACIONAL	FECHA DE INICIO:	16 DE ABRIL DEL 2007	DOCUMENTO ECONOMICO
	SERVICIOS:	CAMINO DIRECTO PATZCUARO-URUAPAN	FECHA DE TERMINO:	15 DE AGOSTO DEL 2007
	ENTRONQUE CARACHA	PLAZO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS:	122 DIAS NATURALES	HOJA: 1 DE: 2

**PROGRAMA DE MONTOS SEMANALES, QUINCENALES O MENSUALES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS (contratado)**

PARTIDA	No. SIAG	ESPECIFICACION GENERAL O COMPLEMENTARIA	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	IMPORTE TOTAL	AÑO 2007					PROGRAMADO
							Abr-07 16 AL 30	May-07 01 AL 31	Jun-07 01 AL 30	Jul-07 01 AL 31	Ago-07 01 AL 15	
			<b>Terracerias</b>									
1		E.P.1.1	Trazo y nivelacion	49,094.0500	M2	\$123,717.01	\$123,717.01					\$123,717.01
2		E.P.1.2	Desmonte	4,501.4500	M3	\$76,929.78	\$53,850.88	\$23,078.90				\$76,929.78
3		E.P.1.3	Excavacion ampliacion corte desperdicio	27,534.4800	M3	\$746,735.10		\$746,735.10				\$746,735.10
4		E.P.1.4	Compactacion terreno natural 95%	11,468.3000	M3	\$40,139.05		\$40,139.05				\$40,139.05
		E.P.1.5	Formacion compactacion terraplenes 95%	12,363.6500	M3	\$557,353.34		\$89,895.70	\$467,457.64			\$557,353.34
			<b>Pavimento</b>									
6		E.P.2.1	Termino y compactacion de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	6,508.6300	M3	\$551,866.74			\$256,899.20	\$294,967.54		\$551,866.74
7		E.P.2.2	Base hidraulica	4,528.6200	M3	\$402,684.89			\$282,349.66	\$120,335.23		\$402,684.89
8		E.P.2.3	Riego de impregnacion	18,349.2800	M2	\$115,967.45			\$115,967.45			\$115,967.45
9		E.P.2.4	Riego de liga	6,880.9800	LT	\$28,143.21				\$16,630.08	\$11,513.13	\$28,143.21
10		E.P.2.5	Carpeta asfaltica	1,270.3300	M3	\$1,896,907.57				\$776,007.64	\$1,120,899.93	\$1,896,907.57
<b>MONTO MENSUALES PROGRAMADOS A EJECUTAR HOJA 1</b>							\$177,567.89	\$899,848.75	\$1,122,673.95	\$1,207,940.49	\$1,132,413.06	\$4,540,444.14
<b>MONTOS MENSUALES ACUMULADOS A EJECUTAR HOJA 1</b>							\$177,567.89	\$1,077,416.65	\$2,200,090.60	\$3,408,031.08	\$4,540,444.14	\$4,540,444.14

### 5.3. Programas de ejecución de obra, en volúmenes e importes (reales ejecutados).

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS. SUBDELEGACION TECNICA	LICITACION PUBLICA NACIONAL	FECHA DE INICIO:	16 DE ABRIL DEL 2007	DOCUMENTO ECONOMICO
	SERVICIOS:	CAMINO DIRECTO PATZCUARO-URUAPAN	FECHA DE TERMINO:	15 DE AGOSTO DEL 2007
	ENTRONQUE CARACHA	PLAZO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS:	122 DIAS NATURALES	HOJA: 1 DE: 2

**PROGRAMA DE VOLUMENES SEMANALES, QUINCENALES O MENSUALES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS (real ejecutado)**

PARTIDA	No. SIAG	ESPECIFICACION GENERAL O COMPLEMENTARIA	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	IMPORTE TOTAL	AÑO 2007					PROGRAMADO	
							Abr-07 16 AL 30	May-07 01 AL 31	Jun-07 01 AL 30	Jul-07 01 AL 31	Ago-07 01 AL 15		Ago-07 16 AL 31
			<b>Terracerias</b>										
1		E.P.1.1	Trazo y nivelacion	49,094.0500	M2	\$123,717.01	22,745.00					5,821.20	28,566.20
2		E.P.1.2	Desmonte	4,501.4500	M3	\$76,929.78	1,884.00	1,089.17	765.28			873.08	4,611.53
3		E.P.1.3	Excavacion ampliacion corte desperdicio	27,534.4800	M3	\$746,735.10	11,301.21	9,456.11				8,566.51	29,323.83
4		E.P.1.4	Compactacion terreno natural 95%	11,468.3000	M3	\$40,139.05		11,202.52				7,864.07	19,066.59
		E.P.1.5	Formacion compactacion terraplenes 95%	12,363.6500	M3	\$557,353.34		5,202.60	8,912.42				14,115.02
			<b>Pavimento</b>										
6		E.P.2.1	Termino y compactacion de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	6,508.6300	M3	\$551,866.74		453.50	3,109.34	3,481.60	956.65		8,001.09
7		E.P.2.2	Base hidraulica	4,528.6200	M3	\$402,684.89		94.80		3,361.33		67.41	3,523.54
8		E.P.2.3	Riego de impregnacion	18,349.2800	M2	\$115,967.45				20,749.00			20,749.00
9		E.P.2.4	Riego de liga	6,880.9800	LT	\$28,143.21				4,024.00	3,510.13	162.70	7,696.83
10		E.P.2.5	Carpeta asfaltica	1,270.3300	M3	\$1,896,907.57				585.00	630.33	34.03	1,249.36

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS. SUBDELEGACION TECNICA	LICITACION PUBLICA NACIONAL	FECHA DE INICIO:	16 DE ABRIL DEL 2007	DOCUMENTO ECONOMICO A-10 HOJA: 1 DE: 2
	CAMINO DIRECTO PATZCUARO-URUAPAN	FECHA DE TERMINO:	15 DE AGOSTO DEL 2007	
	SERVICIOS: ENTRONQUE CARACHA	PLAZO DE EJECUCION DE LOS TRABAJO:	122 DIAS NATURALES	

PROGRAMA DE MONTOS SEMANALES, QUINCENALES O MENSUALES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS (real ejecutado)													
PARTIDA	No. SIAG	ESPECIFICACION GENERAL O COMPLEMENTARIA	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	IMPORTE TOTAL	AÑO 2007						PROGRAMADO
							Abr-07 16 AL 30	May-07 01 AL 31	Jun-07 01 AL 30	Jul-07 01 AL 31	Ago-07 01 AL 15	Ago-07 16 AL 31	
<b>Terracerias</b>													
1	E.P.1.1		Trazo y nivelacion	49,094.0500	M2	\$123,717.01	\$57,317.40					\$14,669.42	\$71,986.82
2	E.P.1.2		Desmonte	4,501.4500	M3	\$76,929.78	\$32,197.56	\$18,613.93	\$13,078.64			\$14,920.94	\$78,811.07
3	E.P.1.3		Excavacion ampliacion corte desperdicio	27,534.4800	M3	\$746,735.10	\$306,488.82	\$256,449.70				\$232,323.75	\$795,262.27
4	E.P.1.4		Compactacion terreno natural 95%	11,468.3000	M3	\$40,139.05		\$39,208.82				\$27,524.25	\$66,733.07
	E.P.1.5		Formacion compactacion terraplenes 95%	12,363.6500	M3	\$557,353.34		\$234,533.21	\$401,771.89				\$636,305.10
<b>Pavimento</b>													
6	E.P.2.1		Tendido y compactacion de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	6,508.6300	M3	\$551,866.74		\$38,452.27	\$263,640.94	\$295,204.86	\$81,114.35		\$678,412.42
7	E.P.2.2		Base hidraulica	4,528.6200	M3	\$402,684.89		\$8,429.62		\$298,889.46		\$5,994.10	\$313,313.18
8	E.P.2.3		Riego de impregnacion	18,349.2800	M2	\$115,967.45				\$131,133.68			\$131,133.68
9	E.P.2.4		Riego de liga	6,880.9800	LT	\$28,143.21				\$16,458.16	\$14,356.43	\$665.44	\$31,480.03
10	E.P.2.5		Carpeta asfaltica	1,270.3300	M3	\$1,896,907.57				\$873,545.40	\$941,233.97	\$50,814.96	\$1,865,594.33
MONTO MENSUALES PROGRAMADOS A EJECUTAR HOJA 1							\$396,003.78	\$595,687.55	\$678,491.47	\$1,615,231.56	\$1,036,704.75	\$346,912.86	\$4,669,031.97
MONTO MENSUALES ACUMULADOS A EJECUTAR HOJA 1							\$396,003.78	\$991,691.33	\$1,670,182.80	\$3,285,414.36	\$4,322,119.11	\$4,669,031.97	

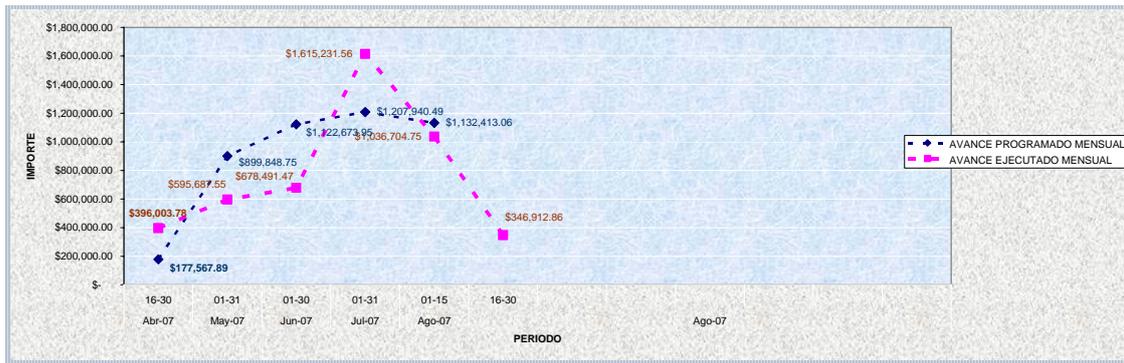
En la tabla 5.1 se observa las diferencias entre lo programado de contrato y lo real ejecutado.

AVANCE FINANCIERO PROGRAMADO Y REAL EJECUTADO														
No.	CONCEPTOS	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE		Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Ago-07	IMPORTE PROGRAMADO	AVANCE FINANCIERO
<b>SUPERVISION Y CONTROL DE CALIDAD</b>														
<b>Terracerias</b>														
1	Trazo y nivelacion	M2	\$2.52	49,094.05	\$123,717.01	CONTRATADO	\$123,717.01						\$123,717.01	
						REAL	\$57,317.40					\$14,669.42		\$71,986.82
2	Desmonte	M3	\$17.09	4,501.45	\$76,929.78	CONTRATADO	\$53,850.88	\$23,078.90					\$76,929.78	\$78,811.07
						REAL	\$32,197.56	\$18,613.93	\$13,078.64			\$14,920.94		\$78,811.07
3	Excavacion ampliacion corte desperdicio	M3	\$27.12	27,534.48	\$746,735.10	CONTRATADO	\$306,488.82	\$256,449.70					\$746,735.10	\$795,262.27
						REAL	\$306,488.82	\$256,449.70				\$232,323.75		\$795,262.27
4	compactacion terreno natural 95 %	M3	\$3.50	11,468.30	\$40,139.05	CONTRATADO		\$40,139.05					\$40,139.05	\$66,733.07
						REAL		\$39,208.82				\$27,524.25		\$66,733.07
5	Formacion compactacion terraplenes 95 %	M3	\$45.08	12,363.65	\$557,353.34	CONTRATADO		\$89,895.70	\$467,457.64				\$557,353.34	\$636,305.10
						REAL		\$234,533.21	\$401,771.89					\$636,305.10
<b>Pavimento</b>														
6	Tendido y compactacion de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	M3	\$84.79	6,508.63	\$551,866.74	CONTRATADO			\$256,899.20	\$294,967.54			\$551,866.74	\$678,412.42
						REAL		\$38,452.27	\$263,640.94	\$295,204.86	\$81,114.35			\$678,412.42
7	Base hidraulica	M3	\$88.92	4,528.62	\$402,684.89	CONTRATADO			\$282,349.66	\$120,335.23			\$402,684.89	\$313,313.18
						REAL		\$8,429.62	\$298,889.46		\$5,994.10			\$313,313.18
	Riego de impregnacion	M2	\$6.32	18,349.28	\$115,967.45	CONTRATADO			\$115,967.45				\$115,967.45	\$131,133.68
						REAL				\$131,133.68				\$131,133.68
8	Riego de liga	LT	\$4.09	6,880.98	\$28,143.21	CONTRATADO				\$16,630.08	\$11,513.13		\$28,143.21	\$31,480.03
						REAL				\$16,458.16	\$14,356.43	\$665.44		\$31,480.03
10	Carpeta Asfaltica	M3	\$1,493.24	1,270.33	\$1,896,907.57	CONTRATADO				\$776,007.64	\$1,120,899.93		\$1,896,907.57	\$1,865,594.33
						REAL				\$873,545.40	\$941,233.97	\$50,814.96		\$1,865,594.33
IMPORTE PROGRAMADO CONTRATADO							\$177,567.89	\$899,848.75	\$1,122,673.95	\$1,207,940.49	\$1,132,413.06		\$4,540,444.14	
IMPORTE PROGRAMADO ACUMULADO CONTRATADO							\$177,567.89	\$1,077,416.63	\$2,200,090.58	\$3,408,031.07	\$4,540,444.14		\$4,540,444.14	
IMPORTE REAL EJECUTADO							\$396,003.78	\$595,687.55	\$678,491.47	\$1,615,231.56	\$1,036,704.75	\$346,912.86	\$4,669,031.97	
IMPORTE REAL EJECUTADO ACUMULADO							\$396,003.78	\$991,691.33	\$1,670,182.80	\$3,285,414.36	\$4,322,119.11	\$4,669,031.97	\$4,669,031.97	

Tabla 5.1 Avance programado contra avance real ejecutado.

Graficando los datos de la tabla 5.1 únicamente lo programado mensual se obtiene lo siguiente:

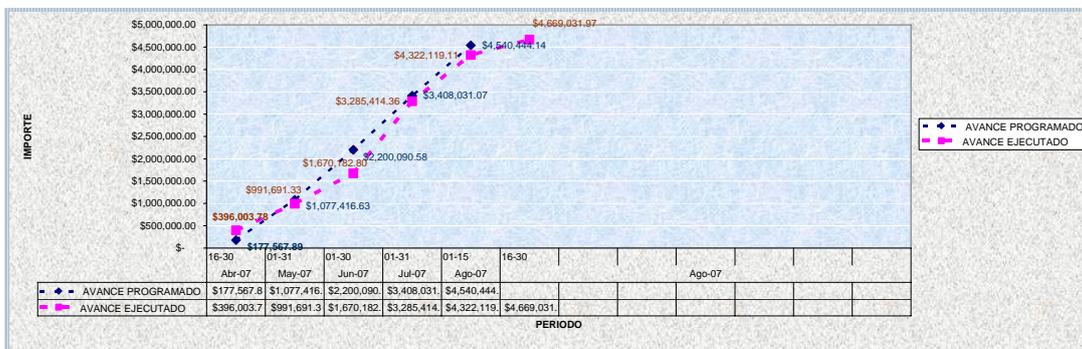
**GRAFICA DEL PROGRAMA DE EJECUCIÓN CONTRATADO (mensual) VS GRAFICA PROGRAMA DE EJECUCIÓN REAL (Avance Programado)**



FECHA	AVANCE PROGRAMADO MENSUAL	AVANCE EJECUTADO MENSUAL
Abr-07 16-30	\$ 177,567.89	\$ 396,003.78
May-07 01-31	\$ 899,848.75	\$ 595,687.55
Jun-07 01-30	\$ 1,122,673.95	\$ 678,491.47
Jul-07 01-31	\$ 1,207,940.49	\$ 1,615,231.56
Ago-07 01-15	\$ 1,132,413.06	\$ 1,036,704.75
Ago-07 16-30		\$ 346,912.86

Gráfica 5.1 Programa de ejecución mensual contratado vs Programa de ejecución real mensual.

**GRAFICA DEL PROGRAMA REAL (Avance ejecutado) VS PROGRAMA CONTRATADO (Avance Programado) VOLUMENES ACUMULADOS**



FECHA	AVANCE PROGRAMADO	AVANCE EJECUTADO
Abr-07 16-30	\$ 177,567.89	\$ 396,003.78
May-07 01-31	\$ 1,077,416.63	\$ 991,691.33
Jun-07 01-30	\$ 2,200,090.58	\$ 1,670,182.80
Jul-07 01-31	\$ 3,408,031.07	\$ 3,285,414.36
Ago-07 01-15	\$ 4,540,444.14	\$ 4,322,119.11
Ago-07 16-30		\$ 4,669,031.97

Gráfica 5.2 Avance programado acumulado y Avance real ejecutado acumulado.

En la grafica 5.2 se observa que únicamente al comienzo de la obra se cumple con el monto programado incluso se supera, a partir del mes siguiente y hasta el término de la obra no se cumplió con el monto programado de obra, incluso la ejecución real de los trabajos termina 15 días después del periodo contractual, lo que ocasiona que a la empresa se le penalice por incumplimiento en los tiempos de ejecución, además se observa que las cantidades de obra dentro del catalogo de conceptos original y el real no fueron las mismas, el costo total de la obra se elevó de \$4,540,444.14 pesos 00/100 M.N. a \$4,669,031.97 00/100 M.N. lo que da una diferencia de \$128,587.83 00/100 M.N., que no se están considerando.

Una vez hecho el análisis de los programas de obra se procederá a dar las conclusiones del presente trabajo de investigación.

## **CONCLUSIONES.**

Un programa de obra para un proceso constructivo es la representación grafica de las actividades a ejecutar, los programas de obra pueden presentarse en forma gráfica, la representación gráfica más utilizada es la gráfica de barras rectangulares o gráficas de Gantt. Esta gráfica muestra las fechas de inicio y terminación de cada partida de trabajo. Indica las partidas en las cuales se empalma el trabajo, las partidas que se traslapan a otras y por que cantidad, y las partidas que deben quedar terminadas antes que se comiencen otras, además dentro de los programas de obra se deben de tomar en cuenta los fenómenos climáticos (lluvias), debido a que dichos fenómenos entorpecen las actividades o la nulifican de ahí su importancia de ser tomados en cuenta.

El programa de obra de un proceso constructivo sirve, para coordinar los trabajos de todos los departamentos, es decir el programa es conveniente para que él o los encargados de suministrar el material se entere de las fechas en que se necesitan los materiales y así mismo se transporte la maquinaria a usar al sitio donde se llevan a cabo los trabajos.

Debido a que el objetivo general es determinar la importancia de un programa de ejecución de obra en un proceso constructivo. Hacer una revisión del programa de obra propuesto y el programa de obra real ejecutado en la construcción del entronque a desnivel para observar las diferencias y explicar las consecuencias que tiene el no cumplir con el programa de obra propuesto.

Una vez realizado el análisis del programa de obra original de contrato y el programa de obra real ejecutado se hacen las siguientes observaciones:

- Los volúmenes de catálogo no coinciden con los volúmenes reales de obra. En los conceptos de Trazo y nivelación y en el concepto de Base hidráulica, los volúmenes de catalogo de ven reducidos, pero en los demás conceptos del catalogo, los volúmenes reales exceden al volumen de catalogo.

- En el concepto Trazo y nivelación del programa original, se esta programando únicamente para el mes de Abril, esto no es posible ya que de acuerdo a la naturaleza de los demás conceptos es necesario del trazado y nivelación para la ejecución.

- La realización de los trabajos se termino 15 días después de la fecha contractual.

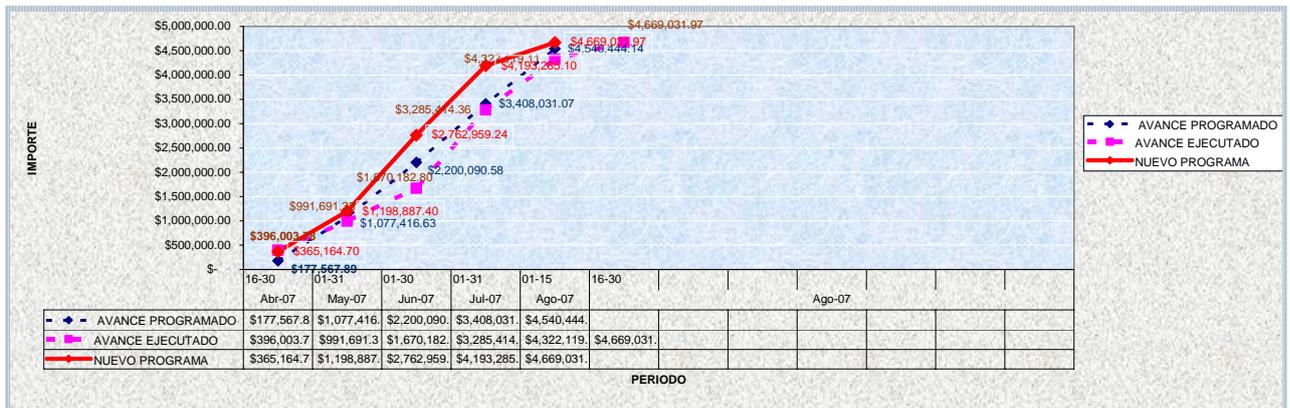
- Durante el desarrollo de la obra únicamente en el mes de Abril se rebaso el monto programado, en los mese de Mayo y Junio se le hizo retenciones por atraso de obra, en el mes de Julio la empresa aumentó su fuerza de trabajo y logro abatir el retraso de obra con el que contaba hasta esa fecha, en el mes de Agosto la empresa presentó otro atraso de obra y lo que ocasionó una penalización debido a que no termino en tiempo y forma.

A continuación se elaboró un nuevo programa de obra tomando en cuenta los volúmenes reales de obra y ajustándose al periodo contractual.

**PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA CONTRATADO, PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA REAL EJECUTADO. PROGRAMA NUEVO DE OBRA**

No.	CONCEPTOS	UNIDAD	PU	CANTIDAD	IMPORTE		Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Ago-07
<b>SUPERVISION Y CONTROL DE CALIDAD</b>												
<b>Terracerías</b>												
1	Trazo y nivelación	M2	\$2.52	28,566.20	\$71,986.82	CONTRATADO	\$123,717.01					
						REAL	\$57,317.40				\$14,669.42	
						NUEVO PROGRAMA	\$35,993.41	\$17,996.71	\$8,998.35	\$8,998.35		
2	Desmante	M3	\$17.09	4,611.53	\$78,811.05	CONTRATADO	\$53,850.88	\$23,078.90				\$14,920.94
						REAL	\$32,197.56	\$18,613.93	\$13,078.64			
						NUEVO PROGRAMA	\$78,811.05					
3	Excavación ampliación corte desperdicio	M3	\$27.12	29,323.83	\$795,262.27	CONTRATADO		\$746,735.10				
						REAL	\$306,488.82	\$256,448.70			\$232,323.75	
						NUEVO PROGRAMA	\$250,360.24	\$544,902.03				
4	caompactación terreno natural 95 %	M3	\$3.50	19,066.59	\$66,733.07	CONTRATADO		\$40,139.05				
						REAL		\$39,208.92				
						NUEVO PROGRAMA		\$66,733.07			\$27,524.25	
5	Formación compactacion terraplenes 95 %	M3	\$45.08	14,115.02	\$636,305.10	CONTRATADO		\$89,895.70	\$467,457.64			
						REAL		\$234,533.21	\$401,771.89			
						NUEVO PROGRAMA		\$204,090.90	\$432,214.20			
<b>Pavimento</b>												
6	Tendido y compactación de Sub-base al 95% de la prueba AASHTO	M3	\$84.79	8,001.09	\$678,412.42	CONTRATADO		\$256,899.20	\$294,967.54			
						REAL		\$38,452.27	\$263,640.94	\$295,204.86	\$81,114.35	
						NUEVO PROGRAMA		\$678,412.42				
7	Base hidraulica	M3	\$88.92	3,523.54	\$313,313.18	CONTRATADO			\$282,349.66	\$120,335.23		
						REAL		\$8,429.62		\$298,889.46	\$5,994.10	
						NUEVO PROGRAMA			\$313,313.18			
8	Riego de impregnación	M2	\$6.32	20,749.00	\$131,133.68	CONTRATADO			\$115,967.45			
						REAL				\$131,133.68		
						NUEVO PROGRAMA			\$131,133.68			
9	Riego de liga	LT	\$4.09	7,696.83	\$31,480.03	CONTRATADO			\$16,630.08	\$11,513.13		
						REAL		\$16,458.16	\$14,356.43		\$665.44	
						NUEVO PROGRAMA			\$25,870.23	\$5,609.80		
10	Carpeta Asfáltica	M3	\$1,493.24	1,249.36	\$1,865,594.33	CONTRATADO			\$776,007.64	\$1,120,899.93		
						REAL			\$873,545.40	\$941,233.97	\$50,814.96	
						NUEVO PROGRAMA			\$1,395,457.28	\$470,137.05		
<b>IMPORTE PROGRAMADO CONTRATADO</b>							\$177,567.89	\$899,848.75	\$1,122,673.95	\$1,207,940.49	\$1,132,413.06	
<b>IMPORTE PROGRAMADO ACUM CONTRATADO</b>							\$177,567.89	\$1,077,416.64	\$2,200,090.59	\$3,408,031.08	\$4,540,444.14	
<b>IMPORTE REAL EJECUTADO</b>							\$396,003.78	\$595,687.55	\$678,491.47	\$2,137,143.44	\$565,607.83	\$296,097.90
<b>IMPORTE REAL ACUMULADO</b>							\$396,003.78	\$991,691.33	\$1,670,182.80	\$3,807,326.24	\$4,372,934.07	\$4,669,031.97
<b>PROGRAMA NUEVO DE OBRA</b>							\$365,164.70	\$833,722.70	\$1,564,071.83	\$1,430,325.86	\$475,746.85	
<b>PROGRAMA NUEVO DE OBRA (ACUMULADO)</b>							\$365,164.70	\$1,198,887.40	\$2,762,959.24	\$4,193,285.10	\$4,669,031.97	

**GRAFICA DEL PROGRAMA REAL (Avance ejecutado), PROGRAMA CONTRATADO (Avance Programado), PROGRAMA NUEVO, VOLUMENES ACUMULADOS**



FECHA	AVANCE PROGRAMADO	AVANCE EJECUTADO	AVANCE PROGRAMA NUEVO	
Abr-07	16-30	\$ 177,567.89	\$ 396,003.78	\$ 365,164.70
May-07	01-31	\$ 1,077,416.63	\$ 991,691.33	\$ 1,198,887.40
Jun-07	01-30	\$ 2,200,090.58	\$ 1,670,182.80	\$ 2,762,959.24
Jul-07	01-31	\$ 3,408,031.07	\$ 3,285,414.36	\$ 4,193,285.10
Ago-07	01-15	\$ 4,540,444.14	\$ 4,322,119.11	\$ 4,669,031.97
Ago-07	16-30		\$ 4,669,031.97	

*Gráfica 5.3 Avance programado acumulado y Avance real ejecutado acumulado y nuevo programa de obra.*

Como se pudo observar el programa de obra de contrato no se ejecutó tal cual se tenía contemplado debido a que al momento de la ejecución de la obra, se presentan imprevistos, tales como descomposturas de la maquinaria utilizada, fenómenos climáticos como lluvias, etc., también se puede atribuir el retraso a el desvió de recursos, todo esto ocasiona perdidas económicas debido a las penalizaciones por incumplimiento en los tiempos de ejecución pactados, también el incumplimiento con el programa de obra ocasiona un aumento en el financiamiento de la obra.

## BIBLIOGRAFÍA

Carreño Juárez José Juan, Garza Tijerina Jesús S. (1989)  
Apuntes sobre Administración de Proyectos.  
Ed. Mc Graw Hill, México.

Hernández S., Roberto y cols (2004)  
Metodología de la investigación.  
Ed. Mc Graw Hill, México.

Juárez B., Eulalio, Rico R. Alfonso (1976)  
Mecánica de suelos Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos  
Ed. Limusa. México.

Jurado R., Yolanda (2005)  
Técnicas de investigación documental  
Ed. Thomson, México.

Mier S., José Alfonso (1987)  
Introducción a la ingeniería de caminos  
UNMSH

Mendieta a la T., Ángeles (2005)  
Métodos de investigación y manual académico  
Ed. Porrúa, México.

Olivera B., Fernando (1998)  
Estructuración de las vías terrestres.  
Ed. Continental. México.

SCT (1974)  
Manual de proyecto geométrico de carreteras

SCT (1991)  
Manual de proyecto geométrico de carreteras