



UNIVERSIDAD  
DON VASCO, A.C.

# UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma De México

## Escuela de Ingeniería Civil

### DISEÑO DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DEL TRAMO CARRETERO KM 9+600 AL KM 11+600 DE LA CARRETERA CHILCHOTA-HUECATO.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Esteban García Janacua**

**Ángel Fernando Álvarez Salvador**

Asesor:

**I.C. José Antonio Sánchez Corza**

Uruapan, Michoacán, 03 de Octubre del 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a Dios, por dejarnos cumplir una meta más en la vida la cual es terminar la carrera de Ingeniería Civil, con el apoyo de la familia, amigos y de mas personas que nos apoyaron .

Agradezco a mi familia por el apoyo recibido durante el transcurso de la carrera ya que sin su apoyo no sería posible el poder concluir esta etapa que termina, la que incluyo momentos gratos y difíciles, aun en estos momentos nunca perdimos su apoyo, lo que hizo que nunca nos diéramos por vencidos mediante consejos y aliento para seguir adelante, por lo cual se agradece el apoyo recibido y se dedica esta tesis como un agradecimiento por su apoyo.

A mis maestros y amigos que estuvieron presentes durante el desarrollo de esta etapa de nuestra vida, que mediante un consejo o una llamada de atención nos hicieron mejor o al menos no perder el camino, ya que siempre se demostró el tener el apoyo de ellos para continuar y concluir con la carrera.

# ÍNDICE

## **Introducción.**

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	3
Objetivo. . . . .	4
Pregunta de investigación.. . . .	4
Justificación. . . . .	4
Marco de referencia. . . . .	5

## **Capítulo 1.- Vías Terrestres.**

1.1 Orígenes del transporte. . . . .	7
1.1.1 Primeras carreteras. . . . .	7
1.2 Las vías terrestres en México. . . . .	8
1.3 Clasificación de las carreteras. . . . .	9
1.3.1 Clasificación por su transitibilidad. . . . .	9
1.3.2 Clasificación administrativa . . . . .	9
1.3.3 Clasificación técnico oficial. . . . .	10
1.4 Factores que reducen la capacidad de las carreteras. . . . .	11
1.5 Secciones transversales en vías terrestres. . . . .	13
1.6 Pavimentos. . . . .	15
1.6.1 Tipos de pavimentos. . . . .	16
1.6.2 Capas de pavimentos. . . . .	18
1.7 Terracerías. . . . .	19
1.8 Alineamiento. . . . .	21

1.9	Velocidad.	22
1.9.1	Velocidad de punto.	22
1.9.2	Velocidad de recorrido total.	23
1.9.3	Velocidad de proyecto.	23
1.9.4	Métodos de medición de velocidades.	24
1.10	Volumen de tránsito.	26
1.11	Tipo de tránsito.	27
1.12	Capacidad de un camino.	29
1.12.1	Nivel de servicio.	29
1.12.2	Objetivos de la capacidad.	30
1.13	Derecho de vía.	30
1.14	Visibilidad.	31
<b>Capítulo 2.- Proyecto geométrico.</b>		
2.1	Definición de proyecto geométrico.	33
2.2	Elección de ruta.	34
2.3	Metodología del anteproyecto y proyecto.	35
2.4	Elementos del proyecto geométrico.	38
2.4.1	Alineamiento horizontal.	38
2.4.2	Alineamiento vertical.	43
2.4.3	Sección transversal de una obra vial.	45
2.5	Limitaciones del conductor.	51
2.5.1	Tiempo de reacción.	51
2.5.2	Vehículo.	52
2.5.3	Clasificación de los vehículos.	52

2.5.4	Características geométricas de operación.	53
-------	---	----

### **Capítulo 3.-Resumen de macro y micro localización.**

3.1	Generalidades.	57
3.2	Hidrología.	61
3.3	Clima..	61
3.4	Relieve.	63
3.5	Flora y fauna.	65
3.6	Localidad de Chilchota.	66
3.6.1	Sector Económico.	68
3.6.2	Condiciones Climáticas.	71
3.7	Localidad de Huecato.	72
3.7.1	Sector económico.	73
3.7.2	Sector educativo.	74
3.8	Informe Fotográfico.	76

### **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1	Método científico.	80
4.1.1	Método matemático.	81
4.2	Enfoque de investigación.	82
4.2.1	Alcance de investigación.	82
4.3	Tipos de diseño de investigación.	83
4.3.1	Investigación transeccional.	83
4.4	Instrumentos de recopilación.	83
4.5	Descripción del proceso de investigación.	84

## **Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.**

5.1	Marco legal.	. . . . .	86
5.2	Topografía	. . . . .	91
5.3	Aforo vehicular.	. . . . .	98
5.4	Especificaciones para el diseño del camino.	. . . . .	100
5.5	Curvas horizontales.	. . . . .	101
5.6.	Curvas verticales.	. . . . .	104
	<b>Conclusiones.</b>	. . . . .	112
	<b>Bibliografía.</b>	. . . . .	115
	<b>Anexos.</b>	. . . . .	118

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

“Una carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que tiene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente, para permitir el rodamiento de los vehículos para los cuales ha sido adaptada.” (Crespo 1980).

“Por necesidad, los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos, posteriormente, cuando esos grupos se volvieron sedentarios, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista.” (Olivera 1991).

Los primeros de ellos fueron construidos por las culturas prehispánicas para atender las necesidades de esa época, por lo que fue necesario el trazo de caminos conforme las personas requerían trasladarse a otros lugares.

En esta investigación se tomara el diseño de un proyecto geométrico carretero del tramo km 10+200 al km 11+600 de la carretera Chilchota-Huecató el cual consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Entre las partes más importantes que destacan de un proyecto geométrico destacan la topografía, la geología, el medio ambiente, la hidrología, y los factores sociales como urbanísticos.

Buscando en la biblioteca de la Universidad don Vasco A.C se encontró con diferentes tesis relacionadas en base a las vías terrestres, tanto como de proyecto geométrico, revisiones, alternativas y procesos constructivos de carreteras, de las cuales se mencionan a continuación:



El alumno Omar Medina Martínez realizó una tesis, donde su objetivo general es el diseño geométrico de la carretera “El Capulín” del tramo km 0+000 al km 2+740 en el municipio de Zitácuaro, concluyo que con la realización de este proyecto se benefició a personas que viven a los alrededores del camino, ya que mejoran la manera en la cual se transportan y con esto tienen una mayor seguridad.

En la presente tesis titulada la “Curva del Diablo” de la carretera Carapan-Playa azul del km 65+000 al 66+160 elaborada por Dorian Vladimir Hernández Báez se pretende revisar el proyecto geométrico de la curva denominada “Del Diablo” se concluye que su revisión y diseño funcionen satisfactoriamente, beneficiando así a las comunidades aledañas al lugar.

Como se menciona en la tesis de Omar Jerzain Vargas Martínez, que tuvo por objetivo el diseño del proyecto geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la hidroeléctrica de CFE en Uruapan Michoacán, concluye que con la realización de este proyecto se pretende mejorar, la vialidad, brindando seguridad, confiabilidad y comodidad para el tránsito de dicho camino.

## **Planteamiento del problema.**

Las carreteras son una necesidad ya que facilitan la necesidad de trasladarse de un lugar a otro, lo cual implica la construcción de carreteras las cuales tienen su base en un proyecto geométrico el cual les dice las dimensiones que debe tener la carretera según el tipo de vehículos que circulan y la ruta más favorable a seguir, teniendo como prioridad la seguridad del conductor y haciendo ahorros en dinero y tiempo.

En la presente tesis se pretende diseñar el proyecto geométrico necesario para la carretera Chilchota-Huecato del tramo km 9+600 al km 11+600, ya que se cuenta con un camino provisional de terracería que causa muchos problemas sobre todo en temporada de lluvias donde llega a ser inestable.

Los habitantes que viven en los alrededores del camino tienen la necesidad de transportarse de un lugar a otro, pero las condiciones con las que se encuentra actualmente el camino no les permite hacerlo en la manera que los habitantes lo desean.

Es por ello que se ve la necesidad de buscar la solución para este problema, y el llevar a cabo el diseño de un proyecto geométrico que permitirá remediar la situación, no solo que se logre construir la carretera, sino para que sea bien planificada, revisando todas las características que se tienen, y así poder ver cuál es la mejor alternativa de diseño.

**Objetivo General:**

Diseñar el proyecto geométrico del tramo carretero km 9+600 al km 11+600 de la carretera Chilchota-Huecato.

**Objetivos Particulares:**

Los objetivos particulares son los siguientes:

- 1.- Conceptualizar el término vías terrestres.
- 2.- Definir que es un camino.
- 3.- Señalar los tipos de caminos.
- 4.- Mencionar las partes que conforman un camino.
- 5.- Definición del proyecto geométrico.
- 6.- Partes que conllevan a un proyecto geométrico.
- 7.- Especificaciones del tramo a diseñar.

**Pregunta de Investigación.**

¿Cuál es el diseño adecuado para el proyecto geométrico del tramo km 10+200 al km 11+600 de la carretera Chilchota-Huecato?.

**Justificación.**

En la presente investigación se pretende aportar conocimientos que se mostrarán en su desarrollo a personas que puedan tener acceso a ella. Esta investigación es de gran importancia ya que es un proyecto que se aplicará en su forma real.

Llevando a cabo este trabajo se beneficiara a mucha gente, que ayudara a personas que viven a los alrededores del camino, ya que implementándose este proyecto y así sea construido, tendrán una mejor oportunidad para transportarse a otros lugares más rápidamente, obteniendo los bienes y servicios de los cuales la comunidad tiene necesidad.

Se beneficiará a la Universidad Don Vasco A.C. por una nueva aportación de investigación del diseño de un proyecto geométrico, que servirá para futuras generaciones que vayan a realizar un trabajo, así como la importancia que tiene el llevar a cabo un proyecto geométrico.

### **Marco de referencia.**

El tramo que está en estudio se ubica en el municipio de Chilchota en el estado de Michoacán de Ocampo, se localiza al noroeste del estado, en las coordenadas 19°51' de latitud norte y 101°87' de longitud oeste, a una altura de 1770 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con el municipio de Purepero, al este con Zacapu y Cheran, al sur con Charapan y Paracho, y al noroeste con Tangancicuaro, la distancia a la capital del estado es de 120km.

Según informes del censo INEGI, en 1990, la población representaba el 0.74 por ciento del total del estado.

Para 1995, se tiene una población de 29247 habitantes, su tasa de crecimiento es del 2.2 por ciento anual, y la densidad de población es de 96hab/km<sup>2</sup>, el número de mujeres es relativamente mayor al de los hombres, sus principales actividades económicas son:

El cultivo de maíz, trigo, frijol y frutales como aguacate, zarzamora, fresa durazno y lima.

Se cría ganado bovino, porcino, ovino, caballar y aves de corral, representado entre estos dos sectores con la explotación forestal el 30 por ciento de su actividad económica.

Los azahares es su principal industria y promotora de empleos, otras ramas son la de los alimentos como el pan, las artesanías y la música.

Por sus condiciones naturales y ubicación, ya que está situado en la puerta norte de la Meseta Purépecha, y paso obligado hacia el Valle de Zamora y la capital del estado, le abre grandes posibilidades para el desarrollo turístico.

El comercio está constituido por establecimientos comerciales de mediana escala como son: tiendas de abarrotes, ferreterías, papelerías, tiendas de ropa, calzado, etc., representando el 11 por ciento de su actividad económica.

Su clima es templado, con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 1000mm y con temperaturas que oscilan de 2.5 a 38°C.

Su superficie es de 305.13km<sup>2</sup> y representa el 0.51 por ciento del estado total, su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, cerro viejo, cobre, y san Ignacio, su hidrografía la constituyen los ríos Duero y rito.

# CAPÍTULO 1

## VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se pretenderá hablar de los orígenes del transporte, así como las vías terrestres existentes en México, definiendo los elementos importantes que se deben de tomar en cuenta para llevar a cabo la elaboración de un proyecto geométrico, como el aforo vehicular, tipo de tránsito, velocidades del proyecto, derecho de vía y alineamientos verticales como horizontales.

### 1.1 Orígenes del transporte.

Cuando surgió el hombre se vio en la necesidad de poder comunicarse a otros lugares, con lo que se vio en la necesidad de inventar.

Con lo que comenzó a utilizar troncos de madera que eran utilizados como rodillos, se inventó la primera rueda, así como los barcos de vela. Era tan grande la necesidad del hombre, que tuvo que forjar nuevos inventos para transportarse en busca de alimentos y refugios simplemente para sobrevivir.

Con la invención de la rueda, el hombre busco la manera de inventar un aparato que lo transportara rápida y cómodamente sin la necesidad de utilizar animales, con lo que se creó el automóvil, mismos que han ido evolucionando conforme a las necesidades y exigencias de los consumidores.

#### 1.1.1. Primeras carreteras

Olivera (2006) nos dice que los primeros caminos fueron de tipo peatonal como las veredas que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos.

Posteriormente estas tribus se tornaron sedentarias por lo que los caminos tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista.

Con la invención de la rueda, se hizo necesario acondicionar los caminos para desarrollar un tránsito más rápido y cómodo posible, los espartanos y fenicios construyeron los primeros caminos de que se tiene noticia.

Pasando el tiempo los caminos peatonales de las tribus, como los terrenos blandos o de lodazales, mejoraron sus condiciones de suelo, colocando piedras en el camino y este pudiera soportar más cargas.

## **1.2. Las vías terrestres en México.**

Con base en Olivera (2006) en la época precortesiana existían, numerosos caminos peatonales. Los españoles introdujeron las carreteras y un monje franciscano construyó las primeras brechas o veredas, habiendo comunicación con las ciudades de Puebla, Acapulco y las principales ciudades del país.

En la segunda mitad del XIX, inicio la construcción de vías férreas, que tuvo su mayor auge durante el gobierno de Porfirio Díaz, que en la actualidad se encuentran en decadencia por su desconocimiento.

En inicios del siglo XX se introdujeron al país los primeros automóviles, por lo que a partir de 1925 se comenzó la construcción de caminos con técnicas avanzadas, siendo los primeros caminos de la Ciudad de México a Veracruz, de Laredo a Guadalajara, quienes los encargados eran constructores de Estados Unidos.

Fue hasta el año de 1940 que los ingenieros mexicanos se encargaron de estas obras.

### **1.3. Clasificación de las carreteras.**

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo, en México, se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son: Clasificación por Transitabilidad, Clasificación por su Aspecto Administrativo y Clasificación Técnico Oficial.

#### **1.3.1. Clasificación por su Transitabilidad.**

Esta clasificación corresponde a la etapa de construcción de la carretera y se divide en:

- a) Terracerías: se construye la sección del proyecto hasta su nivel de sub-rasante, que puede ser transitado durante tiempo de secas.
- b) Revestidas: cuando sobre la sub-rasante se ha construido una o varias capas de material granular, esta puede ser transitable todo el tiempo.
- c) Pavimentadas: sobre la sub-rasante se encuentra totalmente construido el pavimento.

#### **1.3.2. Clasificación Administrativa.**

Con base en su clasificación administrativa las carreteras se dividen en:

- a) Federales: estas son costeadas integralmente por la federación y por lo tanto se encuentran a su cargo.
- b) Estatales: son construidas por sistemas de cooperación aportando un porcentaje el estado donde se construye y otro la federación, dichos caminos quedan a cargo de la Junta Local de Caminos.
- c) Vecinales: estos son construidos con la cooperación de tres partes, unos son los vecinos que se beneficiaran con el camino, aportando un tercio de su valor, el otro



tercio lo aporta la federación y el restante el estado, su construcción y conservación se realiza por medio de la Junta Local de Caminos.

d) De Cuota: se dan a cargo de una dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales siendo la inversión recuperada por cuotas de peaje, y otras son concedidas a la iniciativa privada por algún tiempo establecido.

e) Concesionadas: son construidas por empresas particulares y se mantienen a su cargo por un número de años para recuperar su inversión.

### **1.3.3. Clasificación Técnico Oficial.**

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes clasifica estas carreteras en:

a) Tipo Especial: para un tránsito de vehículos promedio diario anual superior a 3000 vehículos equivalente a un tránsito horario de 360 vehículos por hora.

b) Tipo A: para un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos equivalente a un tránsito horario de 180 a 360 vehículos por hora.

c) Tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos y un tránsito horario de 6 a 60 vehículos.

d) Tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos y un tránsito horario de 6 a 60 vehículos.

#### **1.4. Factores que reducen la capacidad de las carreteras.**

Como menciona Crespo (1996), las capacidades de las carreteras siempre se van a querer determinar cómo valores ideales para que el tránsito de vehículos sea el óptimo, que en la mayoría de las veces es muy complicado que se llegue a esta optimización, debido a que existen varios factores que pueden afectar para que no se cumplan estas condiciones, las cuales son:

- 1) Ancho de sección.
- 2) Visibilidad.
- 3) Pendiente.
- 4) Ancho de acotamientos (hombros).
- 5) Porcentaje de vehículos pesados en la vía.
- 6) Obstrucción lateral.

El ancho de sección que se estableció para establecer las capacidades prácticas de la sección es de 3.66m por carril y 1.84m de acotamiento, dando un ancho total de 11m, pero en ocasiones no se tienen estas dimensiones por lo que el ancho total es menor a 11m. Por ello se han establecido distintos anchos de sección dependiendo del tipo de camino así como su topografía.

A continuación se presenta una tabla para efecto del ancho de carril en la capacidad práctica de estudios obtenidos por la A.A.S.H.T.O.

<b>EFFECTOS DEL ANCHO DEL CARRIL</b>		
<b>ANCHO DEL CARRIL (M)</b>	<b>VEHICULOS POR HORA, TOTAL EN LOS CAMINOS DE DOS CARRILES</b>	<b>PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD CON RESPECTO A LA SECCION ÓPTIMA</b>
3.66 (OPTIMA)	900	100
3.35	774	86
3.05	693	77
2.75	630	70

Tabla 1.1.- Efectos del ancho carril.

Fuente: Crespo; 1996:15.

El efecto de los acotamientos afecta la capacidad práctica, ya que si no se cuenta con acotamientos de anchos adecuados, un vehículo descompuesto puede obstruir, prácticamente, un carril y ser además un peligro para la circulación, provocando accidentes graves.

Los vehículos pesados, debido a su baja velocidad con que circulan y a su mayor anchura, reducen la capacidad práctica de las carreteras.

En la siguiente tabla se muestra como se ve afectada la capacidad práctica según el tipo de terreno, ya sea plano u ondulado:

<b>EFFECTO DE LOS VEHICULOS PESADOS</b>				
<b>PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS, CON RELACION AL TRANSITO TOTAL. CAMINOS DE 2 CARRILES</b>	<b>TERRENO PLANO</b>		<b>TERRENO ONDULADO</b>	
	VEHICULOS POR HORA, TOTAL EN CAMINOS DE DOS CARRILES	PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD EN VEHICULOS POR HORA	VEHICULOS POR HORA TOTAL EN CAMINOS DE DOS CARRILES	PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD EN VEHICULOS POR HORA
0	900	100	900	100
10	800	89	640	71
20	710	79	500	55

Tabla 1.2.- Efecto de los vehículos pesados.

Fuente: Crespo; 1996: 16.

Existen algunos otros factores que obstruyen las condiciones de capacidad práctica como los son:

- 1) Muros de retención de tierras.
- 2) Postes de señalamiento.
- 3) Vehículos estacionados etc.

### **1.5. Secciones transversales más comunes en las vías terrestres.**

La estructuración de las secciones transversales se deben construir de tal manera que los esfuerzos que lleguen a los materiales con las que fueron hechos sean menores a los que pueda resistir, para así evitar fallas.

Existen tres tipos en una va terrestre, que son:

a) Terraplén.

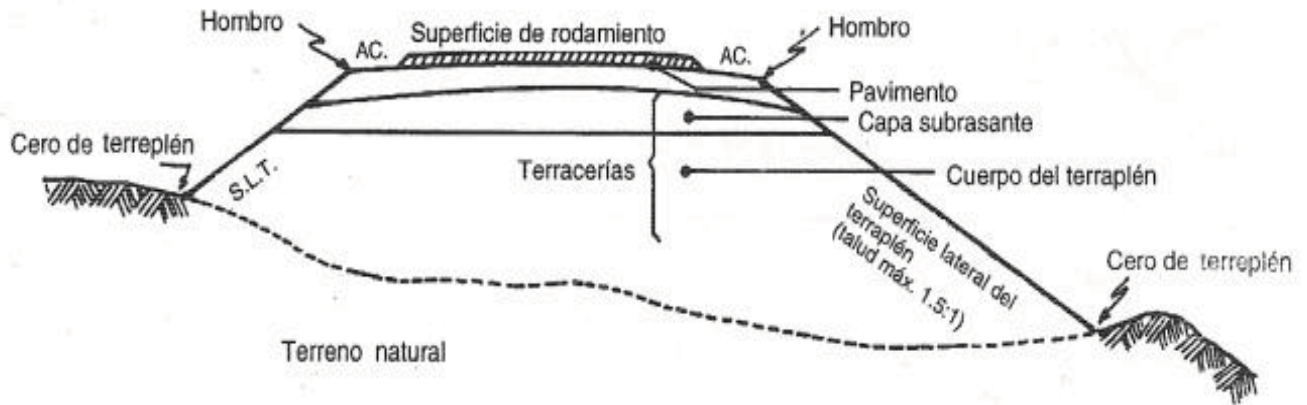


Fig. 1.1.- Sección transversal típica en terraplén para carreteras de dos carriles.

Fuente: Olivera; 2006:5.

b) Cajón.

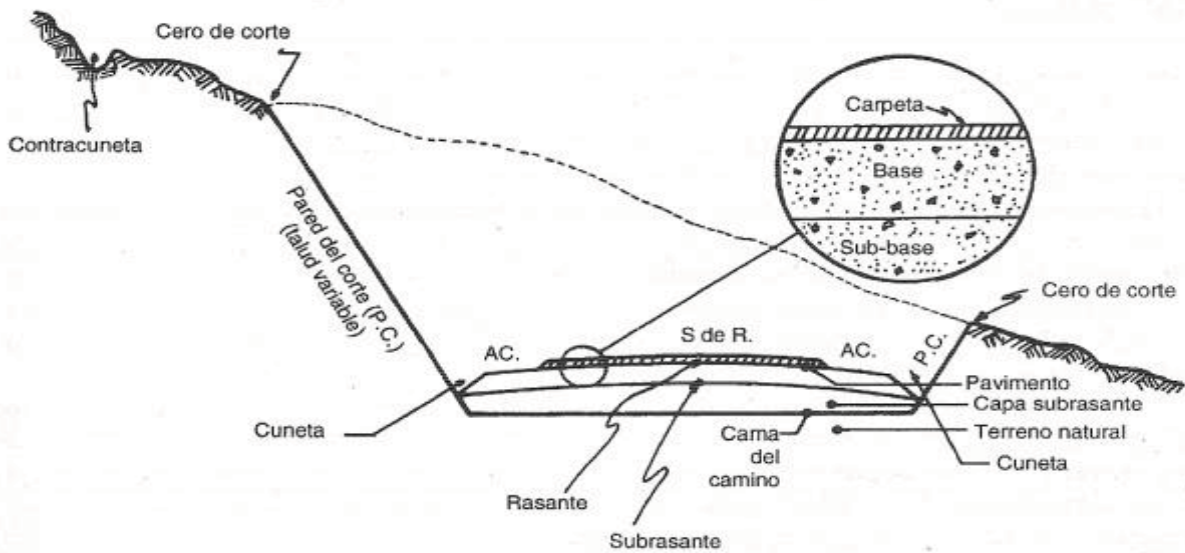


Fig. 1.2.- Sección transversal típica en corte para carreteras de dos carriles.

Fuente: Olivera; 2006:5

c) Balcón.

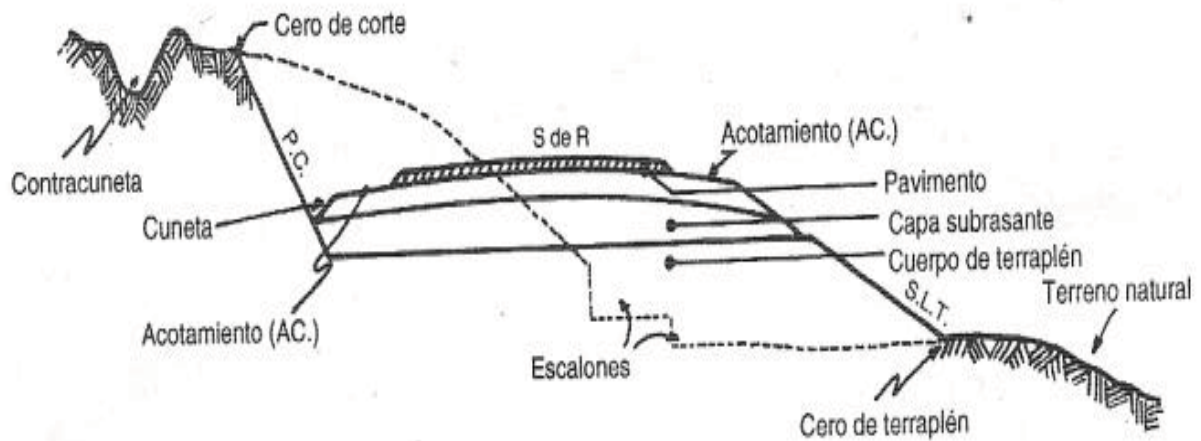


Fig. 1.3.- Sección transversal típica mixta o en balcón para caminos de dos carriles.

Fuente: Olivera; 2006:6.

La terracería se considera como el volumen de materiales que son necesarios excavar, sirve de relleno para formar la obra. Se dividen en dos partes, que son el cuerpo del terraplén y la capa subrasante que tiene 30cm de espesor como mínimo.

## 1.6. Pavimento

De lo mencionado por Olivera (1991), el pavimento es el conjunto de capas de materiales, que reciben las cargas del tránsito, las cuales son distribuidas a las capas inferiores y proporcionan una superficie de rodamiento en donde se tiene que tener una operación rápida y cómoda hacia el conductor. Basado en las teorías de esfuerzo y las medidas de campo que se han realizado, los materiales con los cuales se construyen los caminos deben tener la suficiente calidad para resistir, a mayor profundidad pueden tener una calidad menor, ya que esta en relación al nivel de

esfuerzos que reciben. El pavimento debe transmitir los esfuerzos a las capas inferiores para poder resistir.

Los materiales que conforman el cuerpo del pavimento deben cumplir con ciertas normas, aunque no son muy rigurosas, esto permite que la construcción de los terraplenes sea de forma económica pudiendo hacer uso de los materiales que se extraen de los cortes adyacentes, la calidad y los espesores de las capas deben estar relacionadas con las capas inferiores y así estar influida por los esfuerzos realizados por el tránsito como por la calidad de los materiales. Al tener en cuenta estos factores el ingeniero puede hacer uso de los materiales presentes en la región y así hacer la obra más económica.

#### **1.6.1. Tipos de pavimentos**

Tomando como base lo mencionado por Olivera (1991), dependiendo al tipo de carretera o camino que se vaya a construir los pavimentos se dividen en dos tipos: pavimento flexible y pavimento rígido.

Pavimento flexible:

Donde la superficie de rodamiento está conformada por una carpeta asfáltica y hace que la distribución de las cargas generadas por los vehículos a capas inferiores sea por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, lo que genera que se presenten pequeñas deformaciones en las capas sin que se presente fractura en la estructura. Las capas que conforman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y sub base, las cuales se encuentran sobre la capa sub-rasante.

Durante las últimas décadas se ha estado utilizando el concreto asfáltico aunque presente una falla frágil parecida a la del concreto hidráulico y su resistencia sea menor a este, lo que hace que se incluya en los pavimentos flexibles. Para evitar que la carpeta presente grietas por las pequeñas deformaciones de la base, esta tiene que construirse rígida utilizando cemento portland o cal y así que hacer que los módulos de elasticidad sean parecidos entre ambas capas.

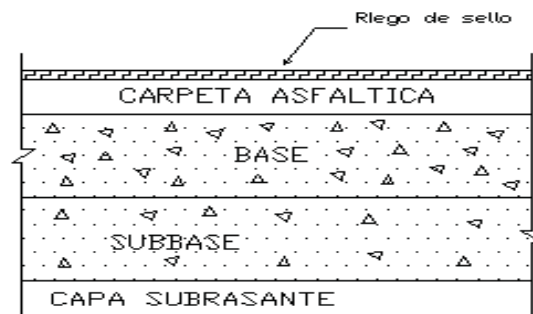


Fig. 1.3. Pavimento flexible

Fuente: propia

Pavimento rígido:

De lo mencionado por Olivera (1991), este tipo de pavimento es proporcionado por losas de concreto hidráulico las que distribuyen las cargas producidas por los vehículos hacia capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y sus losas adyacentes las que trabajan en forma conjunta con las que reciben las cargas. Este tipo de pavimento no presenta deformaciones sin que presente la falla estructural, aunque las losas de concreto hidráulico pudieran colocarse en forma directa sobre la sub-rasante, aunque es conveniente la colocación de una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie y provoquen



daños a las losas de concreto y lleven a un fractura de la misma. La sección transversal de un pavimento rígido está formada por la losa de concreto rígido y una sub-base, que se encuentran sobre la sub-rasante.

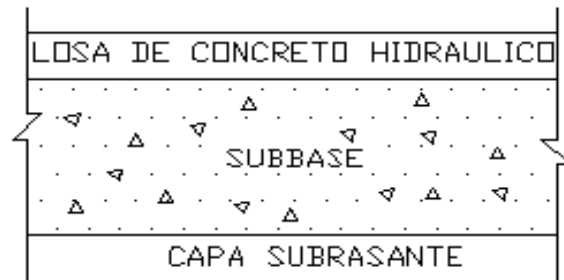


Fig. 1.4. Pavimento rígido  
Fuente: propia

### 1.6.2. Capas de pavimentos

Capa de sub-rasante:

De acuerdo con Olivera (1991), se le conoce a la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad que no la carga de diseño. Está constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado. Esta capa se presentó oficialmente en las especificaciones mexicanas de 1957, las características mínimas que debe cumplir son:

- a) Espesor de la capa: 30 cm mínimo.
- b) Tamaño máximo: 7.5 cm (3pulg.).
- c) Grado de compactación: 95% del PVSM.
- d) Valor Relativo de Soporte: 15% mínimo

e) Expansión máxima: 5%

Capa de sub-base:

Es la capa de del pavimento que se encarga de soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas empleadas a la superficie de rodamiento, de tal manera que la capa sub rasante puede soportar las variaciones provocadas. Esta capa generalmente está constituida por agregados pétreos graduados y compactados, la cual está construida sobre la sub rasante y sobre la cual va construida la base.

Capa base:

Es una capa intermedia entre la sub base y la carpeta de pavimento, la mayoría de las veces está constituida por agregados pétreos graduados y compactado, pudiendo tener un agente estabilizador.

### **1.7. Terracerías**

Conforme a lo dicho por Olivera (1991), se puede definir a las terracerías como los volúmenes de material que son extraídos o que sirven de relleno en las vías terrestres. La extracción de material puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y este volumen de material es utilizado para la construcción de terraplenes o rellenos, las terracerías son compensadas y en caso de que el volumen de corte sobre este se llama desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o rellenos, se necesita extraer material de fuera o de una zona de préstamo. Si la zona se encuentra de 10 a 100 metros a partir del centro de la línea, se llaman zonas de préstamos laterales, si se encuentra a más 100 metros, son de préstamos de banco.

Las terracerías en terraplén se dividen en: cuerpo del terraplén, la cual es la capa inferior, y la capa sub-rasante. La capa sub-rasante tiene un espesor mínimo de 30cm, a su vez cuando el tránsito por el lugar es mayor a los 5000 vehículos diarios, se construye en el cuerpo del terraplén los últimos 50cm con material compactable y esta se denomina sub-yacente.

Cuerpo del terraplén:

De acuerdo a Olivera (1991), la finalidad del cuerpo del terraplén de una vía terrestre es la siguiente: alcanzar la altura necesaria para satisfacer las especificaciones geométricas (principalmente en lo relativo a la pendiente longitudinal), resistir las cargas transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para poder transportarlas al terreno natural de forma adecuada con la resistencia del mismo.

Los materiales que se emplean en el cuerpo del terraplén deben tener un VRS (Valor Relativo de Soporte estándar), mayor al 5% y sus tamaños máximos pueden ser de hasta 75 cm. Los materiales para suelos, hasta hace poco tiempo tenían un límite líquido del 100%, pero los proyectistas en la actualidad piden un valor inferior al 70%, aunque algunos autores sin ninguna base de control de calidad y en base conservadora dicen que debe ser de 40% y utilizar un material con más de 30% de partículas, al pasar por la malla 200. De otro modo aceptan valores de soporte relativo del 5% como mínimo en especímenes compactados, al 95% del PVSM, que son materiales de mala calidad y que están lejos de los materiales con la granulometría y plasticidad que se piden. Los materiales usados en el cuerpo del terraplén se dividen en compactados y no compactados, se dice que un material es compactable cuando se disgrega y se retiene menos del 20% en la malla de 3

pulgadas (7.5 cm) y menos del 5% en la malla de 6pulgadas (15cm), a comparación de los compactables los que no son carecen de estas características.

### **1.8. Alineamiento.**

Como menciona Crespo (1996) cuando se construye un camino siempre se trata de que quede situado en un terreno plano de mayor extensión posible, conservando siempre la ruta general. Esto no siempre es posible por la topografía que se encuentre en el lugar, ya que esta puede presentar de forma muy variada, en la que habrá lugares en que la pendiente sea mayor a la permitida para que un camino sea funcional. Debido a estos desarrollos es por lo que se hace que los caminos sean de una mayor longitud, que lo marcada en línea recta entre dos puntos.

Sin embargo siempre debe tratarse de que el alineamiento entre dos puntos sea lo más recto posible, de acuerdo con la topografía de la región, como del tránsito actual, para en un futuro dar mejoras al camino. Un factor importante que debe de tomarse muy en cuenta es que en tramos rectos de cada 10 km producen fatiga a la vista y una hipnosis en el conductor que puede ser causa de accidentes.

Se recomienda que en la realización de los nuevos proyectos, deba de evitarse el paso por poblaciones, construyendo libramientos, siempre y cuando la situación económica lo permita.

## **1.9. Velocidad.**

“Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, una relación de movimiento que queda expresada, para la velocidad constante, por la fórmula:  $V=d/t$  ”. (Crespo; 1996:5)

La velocidad con la que circula un vehículo varía conforme a las condiciones atmosféricas que se presenten, como el estado del vehículo y las características del conductor, y de la vía. Por lo que para llevar a cabo la ejecución de un camino, es necesario trabajar con los valores medios de velocidad.

El tiempo recorrido por un vehículo de un lado a otro, varía conforme al control del conductor, por lo que su uso determina la distancia recorrida, tiempo, y el ahorro de tiempo de acuerdo a la variación de velocidad. Por lo que la velocidad debe de ser estudiada, regulada y controlada.

### **1.9.1. Velocidad de punto.**

Según la SCT (1991), la velocidad se refiere, a la velocidad de los vehículos en un determinado punto de un camino o una calle. En este estudio se da la información de velocidad que prevalece en un determinado lugar, como las distribuciones de velocidades por los usuarios. En una sección de un camino de dos carriles se obtienen datos correspondientes a las velocidades que desarrollan los usuarios, tomando como muestra los vehículos en una determinada sección del camino. La velocidad de un punto normalmente se utiliza para indicar a que velocidades se debe de transitar con seguridad en las curvas, y para ayudar en los estudios que relacionan a los accidentes con la velocidad.

### **1.9.2. Velocidad de recorrido total.**

La velocidad de recorrido la obtenemos al dividir la distancia recorrida, de principio a fin de viaje, entre el tiempo total en que se empleó en recorrerla. En este tiempo de recorrido quedan incluidos todos los tiempos en que el vehículo haya variado su velocidad o se haya detenido por cualquier causa, a excepción de cuando este se detenga fuera de la vía.

Tener el conocimiento de esta velocidad, sirve para evaluar la eficiencia de la vía, que puede determinar el grado de congestión que hay en ella. La velocidad de recorrido ayuda a calcular los índices de congestión comparándolo con las condiciones de fluidez que se dan en ciertas rutas, así como la efectividad de ciertas medidas para regular el tránsito.

### **1.9.3. Velocidad de proyecto.**

“Es aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional”.

(Manual de Proyecto Geométrico de la SCT; 1991)

La velocidad de un proyecto es muy importante ya que en ella puede determinarse el costo de un camino, por lo que se limita para obtener costos bajos. Estos elementos deben de calcularse en función de la velocidad de proyecto. A continuación se presentan las velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

<b>VELOCIDADES DEL PROYECTO RECOMENDADAS</b>				
<b>TOPOGRAFIA</b>				
<b>TIPO DE CAMINO</b>	<b>Plana con poco lomerío</b>	<b>Con lomerío fuerte</b>	<b>Montañoso, pero poco escarpada</b>	<b>Montañosa, pero muy escarpada</b>
<b>Tipo Especial</b>	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
<b>Tipo A</b>	70	60	50	40
<b>Tipo B</b>	60	50	40	35
<b>Tipo C</b>	50	40	30	25

Tabla 1.2.- Velocidades de proyecto recomendables

Fuente: Crespo; 1996

El promedio de inclinación del terreno, es el que determina el tipo de región con la que se tiene. En una longitud de 30km, sea mayor del 4% será considerado montañoso. Si el promedio de inclinación varía entre 4% y 2% será considerado ondulada o en lomerío. Si el promedio de inclinación es menor del 2% se considerara como terreno plano.

En relación al tiempo indicado para realizar mediciones de velocidades se en tres partes:

- a) Una hora entre las 9 y las 12 horas.
- b) Una hora entre las 15 y 18 horas.
- c) Una hora entre las 20 y las 22 horas.

#### **1.9.4. Métodos de medición de velocidades.**

Para el estudio de la velocidad de punto son aplicables distintos métodos de medición de velocidad:

a) Método del cronometro: Es el método más antiguo que existe y económico, que consiste en medir el tiempo por medio de cronómetros. Se marca una distancia determinada, normalmente entre 30 y 100m, el cronometro se pone en marcha cuando el vehículo cruza la primera línea marcada y se para el tiempo cuando cruza la segunda línea marcada. La velocidad se determina por el espacio que recorrió el automóvil, en el tiempo tomado con el cronometro.

b) Método del enoscopio: Es el sistema más sencillo para medida de velocidad. Se podría definir como un sistema de baja tecnología basado en la observación directa del paso del vehículo por parte de una persona, midiendo el tiempo que el vehículo tarda en recorrer una distancia conocida.

Consiste en una caja en forma de L abierta en sus extremos dotada de un espejo que permite girar 90 grados los rayos luminosos. Para la medida de la velocidad se colocan estos aparatos a una distancia conocida. El observador, provisto de un cronómetro mide el tiempo transcurrido entre el paso del vehículo por las dos secciones marcadas por los enoscopios. EL paso del vehículo se detecta con facilidad gracias al espejo de cada enoscopio.

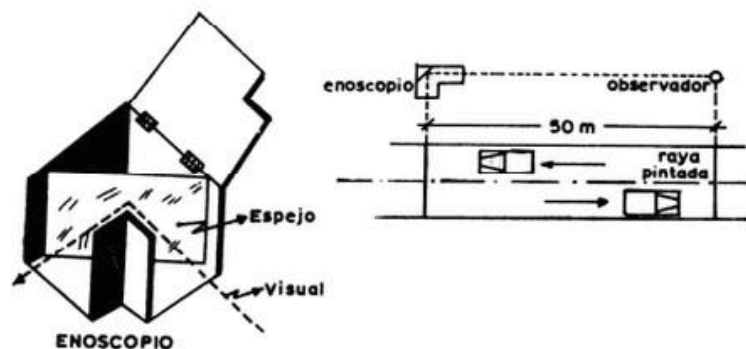


Fig. 1.5. Enoscopio

Fuente: Crespo; 2004: 8



c) Método del radar: Consta de un aparato adaptado con una batería de vehículo y está basado en el principio del radar. El artefacto emite ondas de alta frecuencia las cuales rebotan en el vehículo que se va acercando. Al regresar la onda, se registra y dependiendo de cuál sea la intensidad de ella se determina la velocidad del vehículo.

### **1.10. Volumen de tránsito.**

Según Wright (1993), el volumen de tránsito se define, como el número de vehículos que pasa por un punto a lo largo de la carretera o de un carril durante una unidad de tiempo determinado. El tránsito promedio diario anual (TDP) es la cantidad promedio de los volúmenes que circulan por un punto del camino en un lapso de 24 horas. Para conocer los volúmenes de tránsito en diferentes tramos de una carretera, se utilizan como fuentes datos obtenidos en estudios de origen y destino, los aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

a) Estudios de origen y destino: El objetivo de este estudio es conocer el movimiento del tránsito en cuanto a los puntos de partida y de termino de los viajes, adicionando datos del comportamiento de tránsito, tanto en lo que se refiere a su magnitud y composición, como a los diversos tipos de productos que se transportan.

b) Muestreos de tránsito: Con el crecimiento de los volúmenes de tránsito en la red carretera, así como las variaciones de composición de tránsito, ha conducido a que se instalen estaciones de aforo en toda la red, procurando que estas capten el tránsito representativo de cada tramo, registrando un tránsito promedio diario con base al periodo de una semana, el cual dará como resultado un muestreo razonablemente cercano al tránsito promedio diario anual (TDP).

c) Estaciones maestras: Con el objeto de completar, tanto los muestreos de tránsito, como los estudios de origen y destino, se han instalado en diferentes tramos de la red carretera, provistas de contadores automáticos, cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamientos de las corrientes de tránsito durante todo el año.

### **1.11. Tipo de tránsito.**

Crespo (1996), menciona que dependerá del tipo de camino que se tenga para ver el tipo de tránsito que va a circular por él. Para un camino donde su utilidad sea principalmente para transportar turistas, se tendrán automóviles personales de pasajeros, por otra parte en un camino, el cual sirve para trabajar en alguna mina, se utilizan vehículos de mayor carga dependiendo de las condiciones que se requieran. El tipo de tránsito de un camino es muy determinante a la hora de que se realice un proyecto, ya que con él se afecta lo que es el aspecto geométrico como a la estructura del camino, es por ello que se deben de hacer los estudios necesarios para en un futuro evitar cualquier tipo de problemas.

Es fácil determinar el tipo de tránsito cuando el camino ya está construido, se realizan conteos que determinan el volumen de tránsito e incluso el tipo de vehículos que circulan por él. De lo contrario, cuando aún no se construye es más complicado. Se tienen que realizar más estudios diferentes que son necesarios para determinar este aspecto. Dentro de estos estudios están el geográfico-físico, socioeconómicos, y políticos del lugar donde se piensa construir.

El método más utilizado para el conteo de vehículos es el automático, en el cual se utiliza un tubo de hule cerrado por una membrana en un extremo. Este tubo es colocado transversalmente al camino, y cada que pase sobre el un eje de cualquier tipo, se genera un impulso de aire que mediante un aparato eléctrico se

generara un conteo por cada impulso recibido. La desventaja de este conteo automático es que no se pueden clasificar el tipo de vehículos que pasan por la via, ya que se basa únicamente en los impulsos.

Por otra parte se tiene el conteo manual, aparte de que puede llevarse un conteo de vehículos que pasan, también se puede determinar el tipo de vehículos que circulan por el camino. El problema es que en este método se debe de tener una persona por cada mil vehículos por hora en la via, los cuales estén haciendo las anotaciones de cada uno de los vehículos, es por eso que normalmente se opta por la opción del contador automático.

La capacidad máxima que puede alcanzar un camino, según el Departamento de Caminos Federales de los Estados Unidos de América, es de 900 vehículos por hora y por dos carriles de 3.65m cada uno, así como pendiente y alineamiento adecuados.

La capacidad de una carretera se mide en vehículos por hora y por carril o dos carriles, dependiendo del caso que se tenga. Esta capacidad se ha tomado en cuenta teniéndose como un valor de velocidad promedio de 70 y 80 kilómetros por hora y una distancia entre vehículo y vehículo de 30m.

Basándose en experiencias, se han obtenido valores de capacidades prácticas de trabajo para camino de 2 hasta 4 carriles que son las siguientes:

- a) Camino de dos carriles: 900 veh/hra.
- b) Camino de tres carriles: 1500 veh/hra.
- c) Camino de cuatro o más carriles: 1000 veh/hra, por carril, en la dirección de mayor movimiento.

### **1.12. Capacidad de un camino.**

Es la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por el camino, durante un periodo de tiempo determinado y bajo condiciones prevalecientes, tanto del propio camino como de la operación de tránsito. En periodos cortos, la capacidad es el tránsito máximo que se alcanza en el periodo especificado. En periodos largos, que puede ser desde un día o un año, la capacidad dependerá del conductor, de las veces que vaya a transitar sobre el camino.

La capacidad de un camino depende de un cierto número de condiciones: la composición del tránsito, los alineamientos horizontal y vertical (condiciones que sobresalen en un camino, que no se pueden cambiar a menos de que se reconstruya el camino), y el número y ancho de carriles.

Algunos aspectos que pueden llegar a afectar la capacidad de un camino, son las condiciones climatológicas. Como lo pueden ser las lluvias, neblina, smog; que en realidad no se toma mucho en cuenta ya que su estudio es un poco complejo y variable durante todas las temporadas.

#### **1.12.1. Nivel de servicio.**

El nivel de servicio es un parámetro que sirve para darse cuenta de los factores que influyen para que el operador le de uso al camino. Dichos factores son: la velocidad, el tiempo recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad, la comodidad y los costos de operación, que varían según el volumen de tránsito que se tenga.

Los diferentes niveles de caminos van a depender de los volúmenes de tránsito, así como su estructura y velocidad.

### **1.12.2. Objetivos de la capacidad.**

Para tener conocimiento de la capacidad o del volumen de servicio de un camino sirve principalmente para dos propósitos:

- 1) Para fines de proyecto de una obra nueva: Aquí las dimensiones del proyecto van a ser directamente afectadas por la capacidad que se requerirá.
- 2) Cuando ya está construido el camino: Se utiliza cuando se ocupe saber las condiciones en que opera el camino, determinando su nivel de servicio y alguna fecha en la que se pueda saturar.

Con el conocimiento de los niveles de servicio, actuales y futuros de un grupo o una red de caminos, se puede determinar las prioridades de las necesidades que se pueden presentar para el funcionamiento satisfactorio.

### **1.13. Derecho de vía.**

Con base en Crespo (1996) se conoce como derecho de vía a la faja de terreno, que tiene un ancho determinado que sirve para alojar una vía de comunicación.

El ancho del derecho de vía, dependerá de la utilidad que se le vaya a dar, las normas de seguridad que se requieran, y la eficiencia que se quiera tener del servicio que se dé. Su ancho mínimo es de 25 metros a cada lado del eje de la vía.

Conviene que el ancho de derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intersecciones, bancos de material, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho.

En México se ha determinado que el derecho de vía debe tener una distancia mínima de 40 metros, lo que quiere decir que debe haber 20 metros por carril partiendo del eje.

### **1.14. Visibilidad.**

Como cita Crespo (1996) la visibilidad en una carretera es una de las tareas más importantes a realizar, ya que la mayor parte de los caminos están construidos para velocidades muy inferiores a las corrientes de los automóviles modernos. Por ello es necesario que en las carreteras exista, tanto en planta como en perfil, la distancia de visibilidad debe de ser la adecuada para que el conductor del vehículo pueda ver delante de él, a una distancia tal, que le permita tomar decisiones oportunas.

Son tomadas en cuenta dos distancias de visibilidad:

- a) La distancia de visibilidad para pasar.
- b) La distancia de visibilidad para parar.

a) La distancia de visibilidad para pasar, se refiere a la distancia que se ocupa para que un vehículo pueda rebasar a otro que va a menor velocidad, sin que haya peligro de choque o colisión, con otro vehículo que circule en dirección contraria.

Al calcular la distancia de visibilidad para pasar en camino de dos vías, se hacen las siguientes suposiciones con respecto al comportamiento del conductor:

1.- El vehículo que se rebasa va a una velocidad uniforme, menor que la del proyecto.

2.- El vehículo que se rebasa tiene que reducir la velocidad a la que lleva el vehículo que es rebasado mientras recorre la parte del camino donde la distancia de visibilidad no es segura al pasar.

3.- Cuando se llega a la zona segura de rebase, el conductor del vehículo que quiere rebasar, requiere un corto periodo para examinar la situación y decidir si es seguro el rebase o si no lo es. A lo que se le conoce como percepción y reacción.

4.- Si es ejecutado el rebase, este se logra acelerando durante la operación.

5.- El tránsito por el carril opuesto aparece en el momento en que comienza la maniobra de rebase y llega al lado del vehículo que rebasa precisamente cuando la maniobra es completada, y este vuelve a su carril.

b) La distancia de visibilidad para parar, se compone de dos factores que actúan al momento de ver un objeto que atraviesa por el camino:

1.- La distancia que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor ve el objeto, hasta que pisa el freno.

2.- La distancia que recorre el vehículo desde que el conductor pisa el freno, hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente.

## **CAPÍTULO 2**

### **PROYECTO GEOMÉTRICO.**

En el presente capítulo se presenta lo que es un proyecto geométrico, se estudiarán y se analizarán los conceptos básicos de las partes que lo conforman y el procedimiento que hay que llevar a cabo.

Algunos aspectos en los que se hará énfasis serán; definición de proyecto geométrico, especificaciones, elección de ruta, su metodología, así como el drenaje de caminos.

#### **2.1. Definición de proyecto geométrico.**

De acuerdo con Olivera (2006), un proyecto geométrico es el conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea del costo y realización de una obra de ingeniería, el proyecto contendrá los elementos mínimos indispensables para poder materializarlo, mismos que lo caracterizarán como tal, al proyectar una carretera.

El proyecto geométrico trata de los elementos de la carretera tales como secciones, pendientes, curvatura, distancia de visibilidad entre otras.

Existen varios factores de tránsito los cuales influyen el proyecto geométrico.

Los vehículos de motor por ejemplo; viajan en la carretera bajo el control de operadores individuales lo cual hace imperativo que se tomen en consideración las habilidades y limitaciones del conductor, el vehículo y la carretera, individualmente y en combinación; sin embargo, es de extrema importancia proyectar las carreteras para acomodar el tránsito en el horizonte de proyecto.



De esta forma, la composición del tránsito, el volumen y las velocidades, son definitivas para el proyecto de las carreteras.

Las características físicas del lugar, los datos del tránsito, la capacidad y el nivel de servicio determinan el tipo de instalación que se requiere para servir a las necesidades del tránsito, su localización precisa y su diseño geométrico. El balance de las pendientes, los cálculos del drenaje y las consideraciones del derecho de vía son de igual importancia.

## **2.2. Elección de ruta.**

De acuerdo con Olivera (2006), la ruta es una franja de la corteza terrestre sobre la cual se construirá una vía terrestre, su ancho puede ser variable, dependiendo de las etapas que se vayan llevando a cabo.

Esta etapa es la más importante del proyecto, pues los errores que se cometen en las etapas anteriores se corrigen de una manera más fácil y económica, pero si se comete un error a la hora de elegir la ruta, al querer solucionarlo implica muchas pérdidas de tiempo, como de dinero, ya que en su estudio se hacen varios estudios, reconocimientos e informes del lugar.

En esta fase del proyecto los trabajos son de carácter interdisciplinario, ya que intervienen profesionales de diferentes ramas de la ingeniería, como especialistas en proyectos geométricos, en planeación, e ingenieros geólogos que son de gran importancia.

Para llevar a cabo el proyecto de una obra determinada, se tienen que saber primero las condiciones en las que se encuentra el lugar donde se piensa proyectar. Así para poder elaborar un proyecto de una obra, se tienen que saber las condiciones en las que se encuentra el lugar, por lo que se requieren, mapas de la

zona, con curvas de nivel, tener conocimiento del clima del lugar, datos geológicos, fotografías, entre otras.

En México se utilizan con mucho éxito los planos y fotografías a escala con los que cuenta el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI), especialistas se encargan de elegir la ruta, proponiendo diferentes alternativas, analizando con detenimiento la información que es proporcionada por el INEGI para así poder tomar una buena propuesta para la ruta. Para después hacer el reconocimiento del lugar por medio de avionetas, captando fotografías que son interpretadas por los especialistas mediante estetoscopios. Para después hacer reconocimientos del lugar por medio de helicópteros a vuelos de menor altura y en algunos casos poder aterrizar en sitios específicos.

Con los recorridos ya realizados y las características obtenidas, es posible obtener los datos de: pendientes longitudinales y transversales del terreno, tipo y densidad de drenaje natural, tipos de suelo, posibles bancos de material que sirven para llevar a cabo la obra, zonas pantanosas, entre otros datos que son de gran utilidad.

Finalizando esta etapa, la elección de ruta contará con la memoria de informes, obtenidos por los recorridos y estudios con planos modificados, fotografías, y mosaicos fotogramétricos, donde se marcará la ruta aceptada.

### **2.3. Metodología del anteproyecto y proyecto.**

“Tanto el anteproyecto como el proyecto final definitivo se puede realizar por métodos tradicionales de brigadas terrestres de localización o por método fotogramétrico, de acuerdo con el tipo de topografía del lugar, con nubosidad o la

ausencia de ella en la zona, con la accesibilidad y con el programa de trabajo”.  
(Olivera; 2006:37)

A) De acuerdo con Olivera (2006), se toman como base los datos de elección de ruta se traza y se nivela una poligonal abierta que haga coincidir lo más posible con la alternativa aceptada. Con los datos de campo obtenidos se dibuja en gabinete sobre una cartulina de buena calidad con una escala de 1:2000 en proyección horizontal y 1: 200 en proyección vertical.

B) Se debe obtener la topografía de por lo menos 100 metros a cada lado de la poligonal, la cual se marcará en la cartulina.

C) De acuerdo con el tipo de camino se trazará la “línea a pelo de tierra” la cual depende del tipo de camino y con la ayuda de un compás de puntas se traza sobre la topografía del lugar, una línea que a lo máximo tenga la pendiente gobernadora menos 0.5 %, esta es una línea quebrada que generalmente es de segmentos cortos. La abertura del compás que trazará la línea a pelo de tierra con líneas de nivel a cada 2 metros, escala horizontal y la pendiente gobernadora en porcentaje es:

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

D) Como refiere Olivera (2006), la velocidad de proyecto es fundamental para que se enderece la línea anterior con tangentes de longitud con grados de curvatura iguales o menores al máximo, para poder saber si la línea resultante es correcta se utilizan cerchas o plantillas circulares con diferentes grados de curvatura, las cuales son dibujadas a escala y recortadas. Se busca apegarse lo más posible a la forma

del terreno y así hacer que haya menos movimiento de tierras, por lo que se utiliza plantillas circulares a medida que se enderezan las tangentes y así hacer que las nuevas tangentes y curvas tengan una posición tal que corten hacia abajo y hacia arriba la línea a pelo de tierra. Hasta esta etapa es necesario que por lo menos exista una distancia mínima de 30 metros entre una curva y otra, lo cual sirve después para alojar en ella, las espirales y la transición de bombeo. Se puede notar que al usar las normas máximas se tiene una mayor estabilidad pero esto hace más costoso el proyecto, lo que hace provocar que siempre que sea necesario o posible se utilicen menores grados de curvatura.

E) En los elementos de las curvas de proyecto horizontal se puede o no calcular con espirales y se dibujan en la cartulina, para esto se cadenea con marcas hasta el primer Punto de Inflexión (PI). Para poder trazar la primera curva horizontal se mide la subtangente del Punto de Inflexión (PI), hacia atrás y hacia adelante y se encuentran los puntos de inicio y final de la curva, teniendo el resto de los elementos calculados, se dibujan las circulares de entrada y salida si las hay además de la circular. El cadenamiento se extiende por la curva y llega hasta el PI, luego se repiten todas las operaciones descritas en el proyecto.

F) Teniendo los datos completos se dibuja un perfil de la línea proyectada deduciendo los datos de la topografía y tomando las elevaciones de las estaciones a cada 20 metros y los puntos especiales de las curvas, el anteproyecto de la subrazante se realiza colocando tangentes verticales con una combinación adecuada de pendientes, de tal manera que se pueda compensar los terraplenes con los cortes a realizar, se estudian las secciones críticas con cuidado y si es necesario ,

se pueden hacer modificaciones en la posición de la rasante o en alineamiento horizontal.

## **2.4. Elementos del proyecto geométrico.**

Los elementos de un proyecto geométrico están agrupados en alineamiento vertical, alineamiento horizontal, así como las secciones transversales de la obra, por lo que a continuación se explican cada una de ellas.

### **2.4.1. Alineamiento horizontal.**

“El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra”. (Olivera; 2006:31)

En el alineamiento horizontal, las tangentes verticales tienen longitud y dirección, donde la longitud pertenece a la distancia existente entre el final de la curva horizontal y el principio de la curva siguiente, mientras que el rumbo es la dirección que lleva la tangente.

La longitud mínima de una tangente horizontal determina las condiciones que se necesitan para poder cambiar la curvatura, pendiente y ancho de corona. La longitud máxima puede ser indeterminada, pero es recomendable no tener tramos en línea recta de más de 15km, por razones de seguridad, ya que longitudes mayores pueden causar cansancio, provocando cansancio y alucinaciones en la visión de los operadores que transitan por ahí.

Si se llegan a tener lugares donde las longitudes sean mayores a 15km, es muy probable que se puedan generar accidentes, algo que siempre se busca evitar.

Por lo que es conveniente colocar bayonetas con dos o tres curvas amplias a distancias de aproximadamente 15km, para cumplir con el parámetro antes mencionado.

Al punto donde se unen dos tangentes en el alineamiento horizontal se le conoce como punto de inflexión (PI). En la unión de esas dos tangentes se forma un ángulo el cual se denomina ángulo de deflexión ( $\Delta$ ).

Para que un vehículo cambie de dirección de una tangente horizontal a otra, se requieren tener curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga de los vehículos. Esta aceleración debe variar de cero a un punto máximo, y regresar a cero al entrar a la otra tangente. Las curvas que cumplen con estas condiciones son la espiral de Euler y la Lemniscata de Bernuolli.

La curva de espiral no se puede utilizar para realizar un cambio, es por ello que se usa en la entrada y otra en la salida, y entre estas dos se coloca una curva circular. En la curva circular no existe cambio de aceleración centrífuga, que se identifica por el grado de curvatura, que es el ángulo que se genera por un arco de 20m de longitud. Dado que un ángulo de  $360^\circ$  subtiende un arco de  $2\pi R$ , el ángulo subtendido por un arco de 20m es:

$$\frac{360}{2\pi R} = \frac{G_c}{20}$$

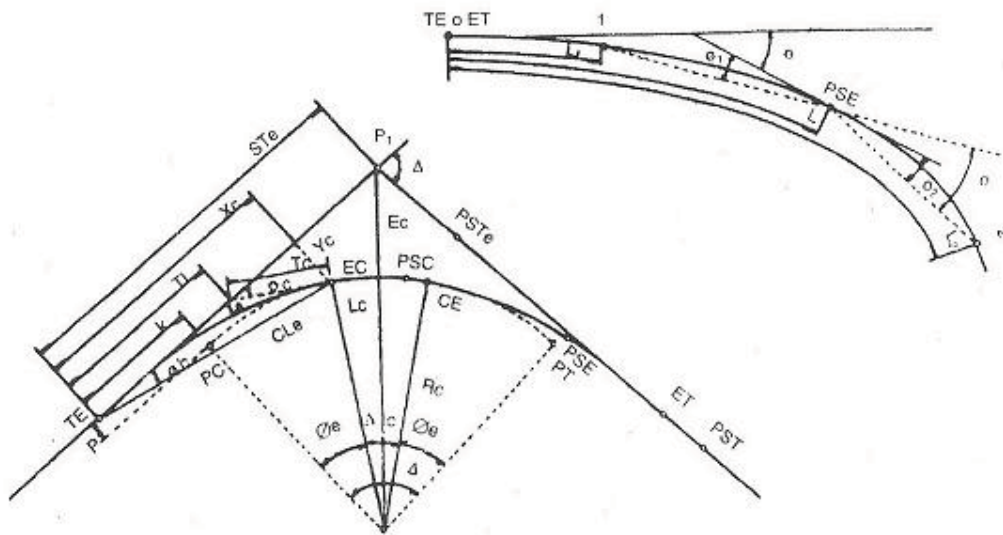
Por lo que:

$$G_c = \frac{1145.96}{R}$$

Donde:

$G_c$ = Grado de curvatura.

$R$ = Radio de curvatura.



**Fig. 2.1.- Elementos de la curva circular con espirales.**

**Fuente: Olivera; 2006: 32.**

PI= Punto de intersección de las tangentes.

TE= Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.

EC= Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular.

CE= Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral.

ET= Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.

PSC= Punto cualquiera sobre la curva circular.

PSE= Punto cualquiera sobre la espiral.

PST= Punto cualquiera sobre las tangentes.

PSTe= Punto cualquiera sobre las subtangentes.

$\Delta$ = Ángulo de flexión de las tangentes.

$\Delta_c$ = Ángulo central de la curva circular.

$\Theta_{\text{E}}$ = Deflexión de la espiral en el EC o CE.

$\Theta$ = Deflexión de la espiral en un PSE.

$\phi_c$ = Ángulo de la cuerda larga.

$\phi_1$ = Ángulo entre la tangente a un PSE y una cuerda atrás.

$\phi_2$ = Ángulo entre la tangente a un PSE y una cuerda adelante.

$\phi$ = Ángulo entre dos cuerdas de la espiral.

STe= Subtangente.

TC= Tangente corta.

CLe= Cuerda larga de la espiral.

Ec= Externa.

Rc= Radio de la curva circular.

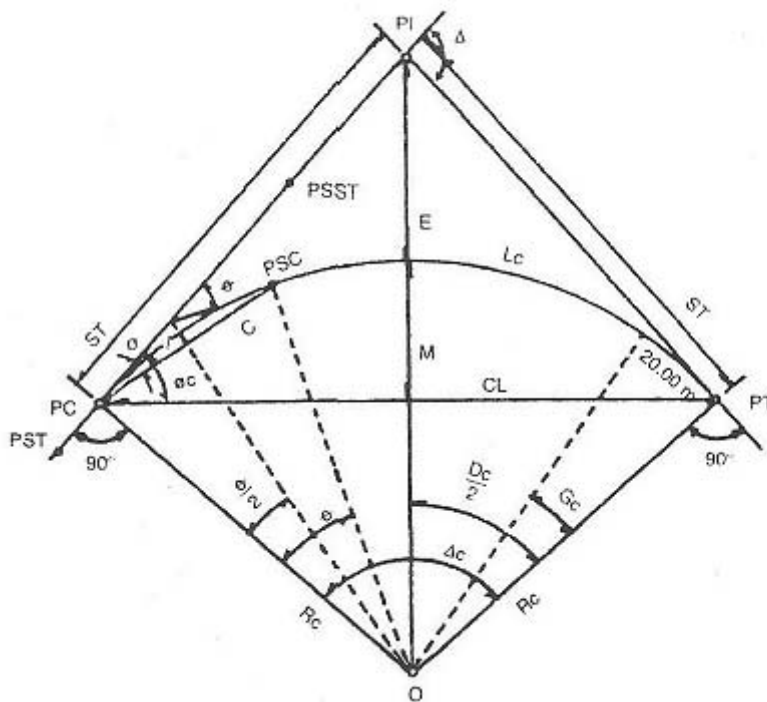
L= Longitud de la espiral a un PSE.

Le= Longitud de la espiral al EC o Ce.

Lc= Longitud de la curva circular.

LT= Longitud total de la curva circular con espirales.





**Fig. 2.2.- Elementos de la curva simple.**

**Fuente: Olivera; 2006: 33.**

Donde:

PC= Punto donde comienza la curva simple.

PT= Punto donde termina la curva circular simple.

PST= Punto sobre la tangente.

PSST= Punto sobre la subtangente.

PSC= Punto sobre la curva circular.

O= Centro de la curva circular.

$\Delta$ = Ángulo de deflexión de la tangente.

$\Delta_c$ = Ángulo central circular de la curva.

$\theta$ = Ángulo de deflexión a un PSC.

$\alpha$ = Ángulo de una cuerda cualquiera.

$\alpha_c$ = Ángulo de la cuerda larga.

G<sub>c</sub>= Grado de curvatura de la cuerda circular.

R<sub>c</sub>= Radio de la curva circular.

ST= Subtangente

E= Externa.

M= Ordenada media.

C= Cuerda.

CL= Cuerda larga.

L= Longitud de arco.

L<sub>c</sub>= Longitud de la curva circular.

#### **2.4.2. Alineamiento vertical.**

“Es la proyección del desarrollo del centro de línea de una vía terrestre sobre un plano vertical; sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales”.

Las tangentes verticales se componen de su longitud y su pendiente. La prolongación hacia delante de una tangente y la prolongación hacia atrás son cortadas en un punto vertical al que se le conoce como punto de inflexión vertical (PIV), que tiene características de cadenamamiento y elevación.

En este tipo de alineamiento existen tres tipos de pendientes de tangentes verticales, que son: mínima, gobernadora, y máxima. La mínima se requiere para asegurar el drenaje de la corona del camino y se especifica del 0.5%.

La pendiente gobernadora, es la que se pretende tener en todo el trazo. Y la máxima, es la pendiente mayor utilizada.

En el proyecto de alineamiento vertical estará constituido por una combinación de pendientes verticales, anteriormente mencionadas, con la finalidad de que el tiempo de recorrido por el vehículo y operador sea el menor posible. Estas combinaciones se pueden estudiar con las curvas de Tagarin. El paso que se tiene de una pendiente vertical a otra se denomina curva vertical, cuya característica principal es la componente horizontal de la velocidad de los vehículos es constante a través de ella.

La curva que cumple con esta característica es la parábola. Existen dos tipos de curvas que son: en cresta y en columpio. La longitud de las curvas verticales debe garantizar un buen drenaje, tener una buena apariencia así como proporcionar comodidad para el usuario.

La longitud de las curvas verticales debe estar definida en estaciones a cada 20m y el principio de la curva vertical (PCV), debe estar situado en una estación cerrada.

La fórmula para calcular las elevaciones de las diferentes estaciones de 20m es:

$$Z_n = Z_{n-1} + \left(\frac{P1}{5}\right) - \left(\frac{A(2n + 1)}{10N}\right)$$

Dónde:

$Z_n$ = Elevación de un punto.

$Z_{n-1}$ = Elevación del punto anterior.

$P_1$ = Pendiente de entrada.

$A$ = Diferencia algebraica de pendientes.

$N$ = Número de estaciones es la longitud total de la curva.

$n$ = Número de estaciones del PCV al punto considerado.

### **2.4.3. Sección transversal de una obra vial.**

De acuerdo con Olivera (2006) la sección transversal de una obra vial es un corte respecto al plano vertical y es normal a la línea central del alineamiento horizontal, dejando ver las dimensiones de las secciones de los elementos que la conforman.

En un proyecto geométrico, se hace el diseño para un nivel de subrasante, que es el nivel final de las terracerías, por lo que a ese nivel se le consideran dimensiones.

El ancho y la pendiente transversal son las características de la subcorona. En tangentes horizontales se tiene la pendiente transversal, a la que se le conoce como bombeo. Este bombeo sirve para desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la carretera, haciéndose en ambos lados de la corona y varía según el tipo de camino que se tenga, entre el 2% y 3%.

A la sección transversal que se tiene en las curvas de alineamiento horizontal, se le llama sobreelevación y es la pendiente completa que se le da a la corona hacia el centro de la curva, fundamentalmente tiene dos funciones:

- 1) Tener buen drenaje.

2) Evitar la fuerza centrífuga que se provoca sobre los vehículos.

La sobreelevación, fricción, la velocidad de proyecto y el grado máximo de curvatura se relacionan con la siguiente fórmula:

$$G_{max} = \frac{146735(\mu + S_{max})}{V^2}$$

Dónde:

$G_{max}$ = Grado máximo de curvatura para la velocidad que corresponde a la curva circular entre espirales.

$V$ = Velocidad de proyecto en km/hr.

$\mu$ = Coeficiente de fricción entre llantas y superficie de rodamiento decimal.

$S_{max}$ = Sobreelevación máxima en decimal.

Es posible utilizar varios grados de curvatura dependiendo de la velocidad de proyecto, pero este grado de curvatura no debe de exceder al máximo. Para su cálculo, se debe definir como  $S_{max}$ ; lo que depende de la cantidad de vehículos pesados que transiten en el lugar, incluso se toma en cuenta si en dicho lugar se tienen heladas o no.

Para una velocidad determinada, pero teniendo un grado de curvatura menor que el máximo, la sobreelevación es menor y esta se obtiene de las normas de proyecto geométrico para carreteras.

Para que en la corona se tenga una sobreelevación que corresponda a una curva circular, se tendrá que pasar, en el carril exterior del bombeo a posición horizontal, una distancia a la que se le conoce como “**N**”. Este mismo carril se gira

en otra distancia “N” de horizontal, hasta que concuerda con inclinación de bombeo del carril interior.

Por último, la corona se gira hasta que se tenga la sobreelevación que se requiere de la curva circular, el valor de “N” se calcula con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\text{bombeo} \times Le}{S}$$

Dónde:

Le= longitud de la espiral.

S= Pendiente.

Debido a que en la curva circular los vehículos transitan atravesados, es necesario que el ancho de la corona sea mayor al que se utiliza en las tangentes, por lo que se realiza una ampliación.

Esta ampliación es de acuerdo con el grado de curvatura circular que se tenga y también la proporcionan las normas de proyecto geométrico y es colocada hacia afuera de la curva.

VELOCIDAD		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
0° 30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
0° 45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
1° 00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.3	56	30	5.2	62
1° 15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.3	56	40	6.3	62
1° 30'	763.94	20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.8	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64
1° 45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	56	50	8.1	71
2° 00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	56	50	8.9	78
2° 15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	55	50	6.7	70	60	9.4	85
2° 30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	86
2° 45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88
3° 00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.9	79			
3° 15'	352.59	40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80			
3° 30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	69						
3° 45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71						
4° 00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
4° 15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72						
4° 30'	254.65	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
4° 45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
5° 00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63									
5° 15'	208.35	60	6.0	28	60	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64									
6° 00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
6° 30'	176.29	60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55												
7° 00'	163.70	60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55												
7° 30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56												
8° 00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45															
8° 30'	134.81	70	7.9	32	80	9.6	46															
9° 00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47															
9° 30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47															
10° 00'	114.59	80	8.6	34	90	9.9	48															
10° 30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48															
11° 00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48															
11° 30'	99.64	90	9.2	37																		
12° 00'	95.49	100	9.3	37																		
12° 30'	91.67	100	9.5	38																		
13° 00'	88.15	100	9.6	38																		
13° 30'	84.88	110	9.7	39																		
14° 00'	81.85	110	9.8	39																		
14° 30'	79.03	110	9.8	39																		
15° 00'	76.38	110	9.9	40																		
15° 30'	73.93	120	9.9	40																		
16° 00'	71.62	120	10.0	40																		
16° 30'	69.45	120	10.0	40																		
17° 00'	67.41	130	10.0	40																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas.)

Nota. Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

FIGURA 2.3: Ampliaciones y transiciones de tipo B

FUENTE: Olivera; 2006: 35

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.63	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1° 00'	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1° 15'	916.74	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1° 30'	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1° 45'	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	6.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58
2° 00'	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2° 15'	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	55	60	8.7	70
2° 30'	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2° 45'	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3° 00'	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3° 15'	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3° 30'	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3° 45'	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4° 00'	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4° 15'	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4° 30'	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4° 45'	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5° 00'	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5° 30'	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
6° 00'	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6° 30'	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7° 00'	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7° 30'	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
8° 00'	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8° 30'	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9° 00'	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9° 30'	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10° 00'	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11° 00'	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12° 00'	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13° 00'	88.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14° 00'	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15° 00'	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16° 00'	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17° 00'	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18° 00'	63.66	130	8.9	28																		
19° 00'	60.31	130	9.1	29																		
20° 00'	57.30	140	9.2	29																		
21° 00'	54.57	140	9.4	30																		
22° 00'	52.09	150	9.5	30																		
23° 00'	49.82	150	9.6	31																		
24° 00'	47.75	160	9.7	31																		
25° 00'	45.84	160	9.8	31																		
26° 00'	44.07	170	9.9	32																		
27° 00'	42.44	170	9.9	32																		
28° 00'	40.93	180	10.0	32																		
29° 00'	39.51	190	10.0	32																		
30° 00'	38.20	190	10.0	32																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas.)

Nota. Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

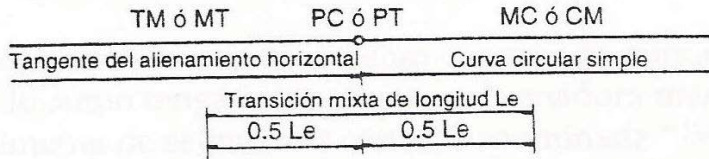
FIGURA 2.4: Sobreelevaciones y transiciones de tipo C

FUENTE: Olivera; 2006: 36

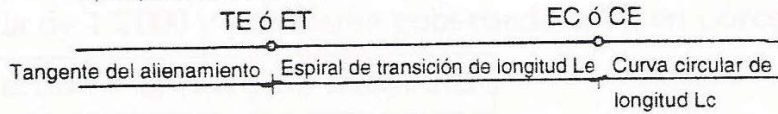


LOCALIZACIÓN RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

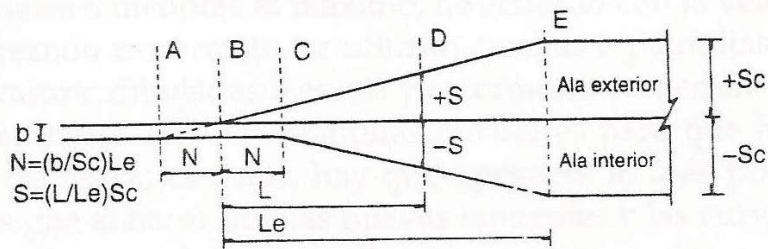
a) Transición mixta



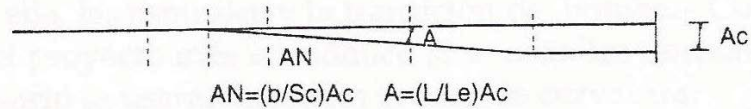
b) Espiral de transición



VARIACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN



VARIACIÓN DE LA AMPLIACIÓN



SECCIONES TRANSVERSALES

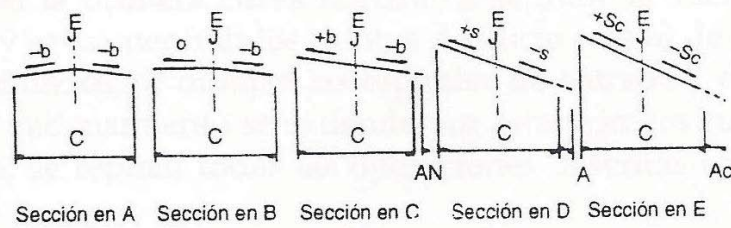


FIGURA 2.5: Sobreelevación y ampliación de las curvas horizontales

FUENTE: Olivera; 2006: 37

## **2.5. Limitaciones del conductor.**

De acuerdo con la SCT (1991), los conductores tienen dos limitaciones: la visión y el tiempo de reacción, estas limitaciones deben ser tomadas en cuenta para la realización del proyecto geométrico de caminos. El hombre que demostrado su capacidad para poder salir de los retos que presenta el conducir un vehículo muy avanzado, tiene que utilizar caminos que no son adecuados.

### **2.5.1. Tiempo de reacción.**

Según lo dicho por la SCT (1991), el conductor percibe estímulos como visuales, auditivos y cinéticos, lo que hace que el tiempo de reacción dependa del estímulo que es percibido. Se le llama tiempo de reacción, al intervalo que existe entre el ver, oír o sentir y la acción de responder a estos estímulos en cualquier situación del tránsito.

El conductor toma una decisión a través de los estímulos que se convierten en un proceso intelectual que termina en un juicio. La repetición de situaciones crea en el conductor hábitos y reacciones reflejas. Las reacciones reflejas son de menor tiempo de respuesta que a una situación nueva o compleja, estas se basan en juicios realizados con anterioridad por el cerebro y las decisiones antes tomadas ante situaciones similares.

El tiempo de reacción varía dependiendo del conductor o de la situación que se presente. En el conductor varía con la edad, con el estado emocional y según el estado físico, así como con los estímulos que se pueden presentar de acuerdo con la situación. Las situaciones complejas requieren un mayor tiempo de reacción que las situaciones sencillas. Los motivos de distracción requieren mayor tiempo para reaccionar.

En general, el tiempo de reacción es el necesario para que la persona se haga cargo de la situación y empiece a actuar; por ejemplo. Para aplicar el freno o dejar de acelerar. Mediante pruebas de laboratorio y de campo realizadas se pudo llegar a la conclusión de que el tiempo de reacción para fines de proyecto puede variar de 0.5 hasta 2.5 segundos.

### **2.5.2. Vehículo.**

Tomando como base lo dicho por SCT (1991), el objetivo de de una carretera es permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda, de los vehículos manejados por los conductores. Por lo tanto las carreteras deben diseñarse de acuerdo al tipo de vehículo que va a transitar sobre ella y considerando en lo posible, las reacciones y limitaciones del conductor. A continuación se expondrán las características que deben tomarse en cuenta en el proyecto de una carretera, así como las características físicas y psicológicas del conductor, que complementan y/o modifican las características del vehículo.

### **2.5.3. Clasificación de los vehículos**

Los vehículos que transitan en una carretera se dividen en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales. Los vehículos ligeros son vehículos de carga y/o pasajeros, que tienen dos ejes y cuatro ruedas: en esta se consideran a los automóviles, camionetas y unidades de carga ligera o de pasajeros. Los vehículos pesados son las unidades destinadas al transporte de carga o de pasajeros, de dos o más ejes y seis o más ruedas, en esta denominación se incluyen los camiones y los autobuses. Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan el camino, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada u otros productos voluminosos como

maquinaria agrícola: bicicletas y motocicletas: y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal. Ya que la circulación de los vehículos especiales es eventual en la generalidad de las carreteras, las características de estos vehículos se utilizarán para definir los gálibos de las estructuras, o bien, para el proyecto de vías de comunicación de uso especializado, como lo son las carreteras mineras o madereras, pistas y ciclistas. Más adelante se mostrará la tabla donde se especifica la clasificación.

#### **2.5.4. Características geométricas y de operación**

De acuerdo con la SCT (1991), se debe tener en cuenta las características geométricas y de operación de los vehículos en el proyecto geométrico. Las características geométricas están definidas por las dimensiones y el radio de giro.

Las características de operación están definidas por la relación peso/potencia, la cual combinada con otras características del vehículo y del conductor, determinan la capacidad de aceleración de desaceleración la estabilidad en las curvas y los costos de operación.

Dado que una carretera debe proyectarse para funcione eficientemente los años a la cual es diseñada, no deben proyectarse los caminos en función de los vehículos que pasan actualmente, sino tener en consideración los cambios o modificaciones que estos puedan sufrir en el futuro.

En México se carece de la información de los vehículos que transitan por el país se toma como base los datos de los vehículos norteamericanos, ya que la mayoría de los vehículos que transitan provienen de Norteamérica. A continuación se muestra una tabla de información.


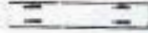
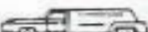
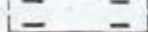





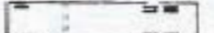

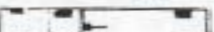



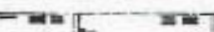
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—	46	
	CAMIONETAS	2			Ac		12	
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—	12	
	CAMIONES	2			C2	73	100	30
		3			C3	13	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

TABLA 2.6: Clasificación general de vehículos

Fuente: SCT; 1991; 69

A continuación también se muestran las dimensiones de los vehículos ligeros y pesados que deben tomarse en cuenta para el proyecto geométrico de carreteras, estas dimensiones son:

L= Longitud.

DE= Distancia entre los ejes más alejados de la unidad.

DET= Distancia de los ejes más alejados del tractor.

DES= Distancia entre la articulación y el eje del semirremolque, cuando el semirremolque tiene ejes en tándem, esta distancia se mide hasta el centro del tándem.

Vd= Vuelo delantero.

Vt= Vuelo trasero.

Tt= Distancia de los ejes del tándem del tractor.

Ts= Distancia entre los ejes del tándem del semirremolque.

Dt= Distancia entre el eje delantero del tractor y el primer eje del tándem.

Ds= Distancia entre el eje posterior del tándem del tractor y el eje delantero del tándem del semirremolque.

A= Ancho total del vehículo

EV= Distancia entre las caras extremas de las ruedas.

Ht= Altura total del vehículo.

Hc= Altura de los ojos del conductor.

Hf= Altura de los faros delanteros.

HI= Altura de las luces posteriores.

$\alpha$ = Angulo de desviación del haz luminoso de los faros.

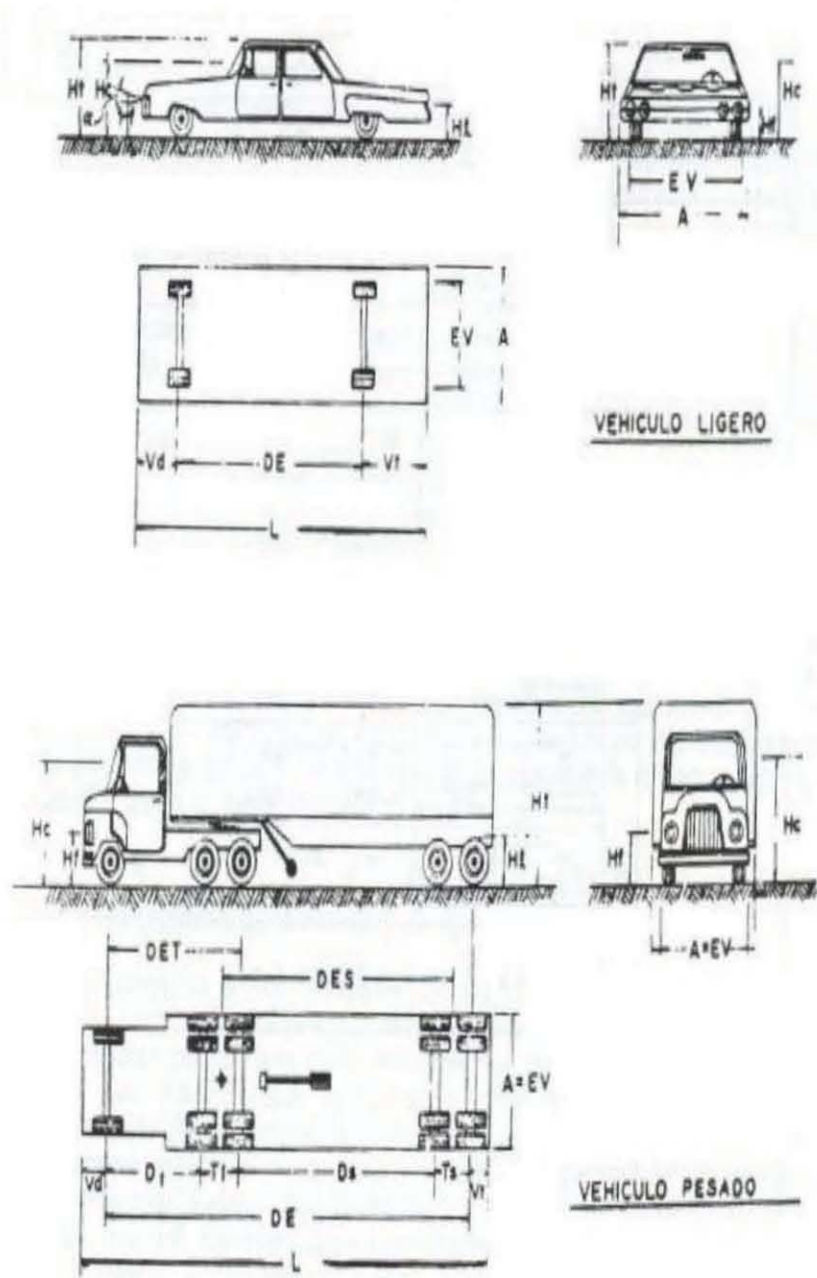


FIGURA 5.3. DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS LIGEROS Y PESADOS

FIGURA 2.7: Dimensiones de los vehículos ligeros y pesados

Fuente: SCT; 1991; 70

## CAPÍTULO 3

### MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

En el presente capítulo se muestra de resumen ejecutivo de macro y microlocalización, en donde se define la ubicación física del proyecto geométrico en estudio, así como sus principales características del municipio al cual pertenece, como son; economía, flora y fauna, entre otras cosas en particular que ayudan a conocer de manera más detallada el entorno del lugar en estudio.

#### 3.1. Generalidades.

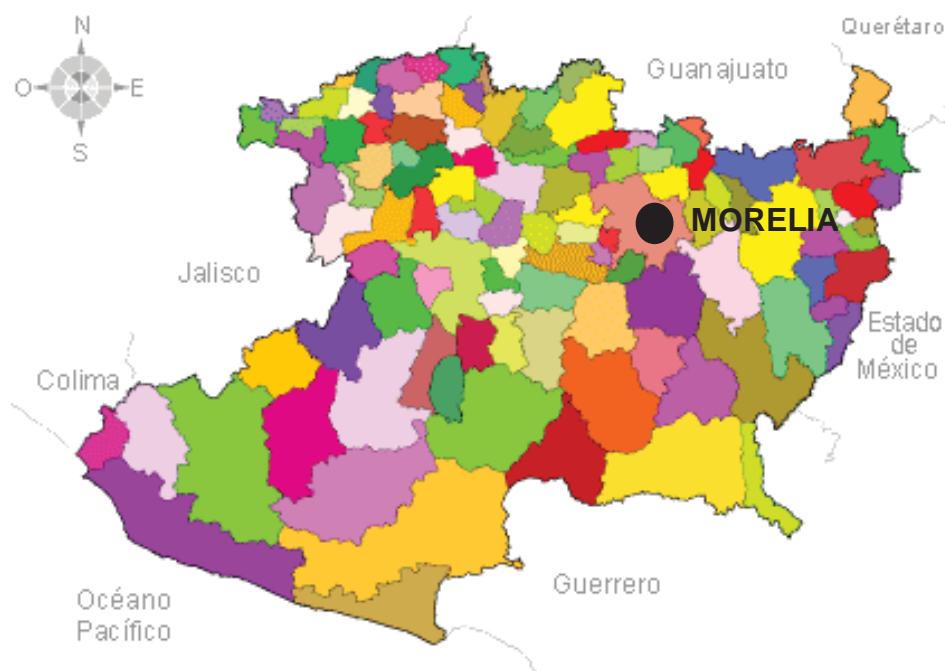
El proyecto en estudio se encuentra localizado en el estado de Michoacán, se localiza en la parte oeste de la República Mexicana, colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con Mexico, al sureste con el estado de Guerrero y suroeste con el Océano Pacífico.



**Fig. 3.1.- Ubicación del estado de Michoacán.**

**Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)**





**Fig. 3.2.- Ubicación de Morelia en el estado de Michoacán.**

**Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)**

La capital de Michoacán es Morelia, capital estatal que tiene una gran tradición histórica, fundada en 1541 con el nombre de Valladolid, para después tomar el nombre actual Morelia, en honor a Morelos, está ubicada a 1920 metros sobre el nivel del mar.

En esta ciudad se encuentra parte importante de la industria de la entidad, representada por fábricas de aceites y grasas vegetales, de artículos derivados de la madera, de hilados y tejidos, de productos químicos, de dulces, y de congelación de frutas entre otras.

Tiene grandes atractivos turísticos de arquitectura colonial, como son; la Catedral, construida a mediados del siglo XVII; el Convento de San Francisco, del siglo XVI; el Palacio de Gobierno, que data del siglo XVIII; el Acueducto, de 253

arcos; el célebre Colegio de San Nicolás; la Biblioteca y la casa que habitó José María Morelos y Pavón.

El estado de Michoacán además cuenta con un total de 113 municipios, que económicamente dependen en gran medida de la agricultura; destacan sus cultivos de aguacate (oro verde), como también, es un gran productor de garbanzo, sorgo, fresa, limón y ajonjolí.

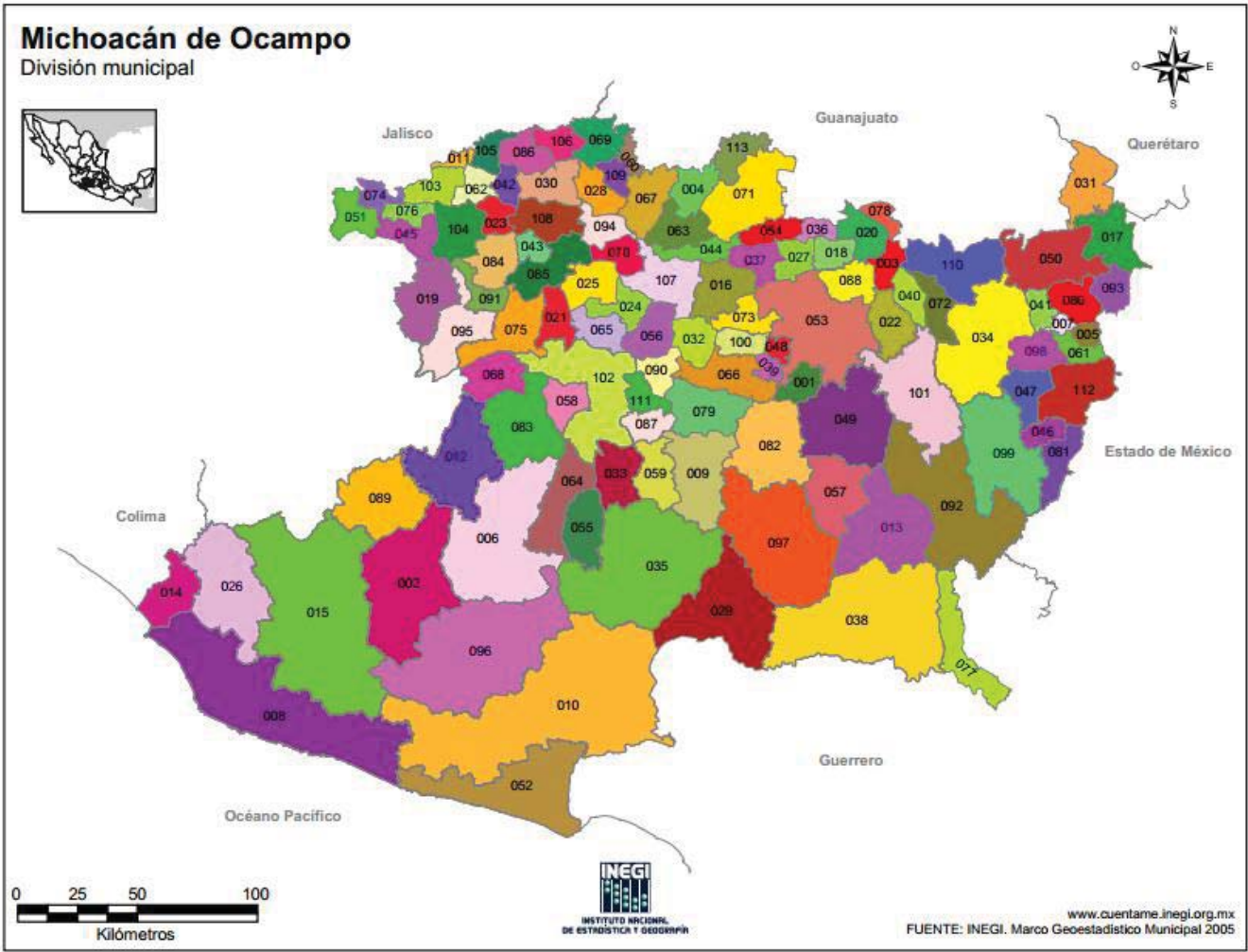


Fig. 3.3.- Ubicación de los 113 municipios del estado de Michoacán.

Fuente: INEGI

## Michoacán de Ocampo

División municipal

001 Acuitzio	039 Huiramba	077 San Lucas
002 Aguililla	040 Indaparapeo	078 Santa Ana Maya
003 Alvaro Obregón	041 Irimbo	079 Salvador Escalante
004 Angamacutiro	042 Ixtlán	080 Senguio
005 Angangueo	043 Jacona	081 Susupuato
006 Apatzingán	044 Jiménez	082 Tacámbaro
007 Aporo	045 Jiquilpan	083 Tancítaro
008 Aquila	046 Juárez	084 Tangamandapio
009 Ario	047 Jungapeo	085 Tangancicuaro
010 Arteaga	048 Lagunillas	086 Tanhuato
011 Briseñas	049 Madero	087 Taretan
012 Buenavista	050 Maravatío	088 Tarimbaro
013 Carácuaro	051 Marcos Castellanos	089 Tepalcatepec
014 Coahuayana	052 Lázaro Cárdenas	090 Tingambato
015 Coalcomán de Vázquez Pallares	053 Morelia	091 Tingüindín
016 Coeneo	054 Morelos	092 Tiquicheo de Nicolás Romero
017 Contepec	055 Múgica	093 Tlalpujahua
018 Copándaro	056 Nahuatzen	094 Tlazazalca
019 Cotija	057 Nocupétaro	095 Tocumbo
020 Cuitzeo	058 Nuevo Parangaricutiro	096 Tumbiscatio
021 Charapan	059 Nuevo Urecho	097 Turicato
022 Charo	060 Numarán	098 Tuxpan
023 Chavinda	061 Ocampo	099 Tuzantla
024 Cherán	062 Pajacuarán	100 Tzintzuntzan
025 Chilchota	063 Panindícuaro	101 Tzitzio
026 Chinicuilla	064 Parácuaro	102 Uruapan
027 Chucándiro	065 Paracho	103 Venustiano Carranza
028 Churintzio	066 Pátzcuaro	104 Villamar
029 Churumuco	067 Penjamillo	105 Vista Hermosa
030 Ecuandureo	068 Peribán	106 Yurécuaro
031 Eпитacio Huerta	069 La Piedad	107 Zacapu
032 Erongaricuaro	070 Purépero	108 Zamora
033 Gabriel Zamora	071 Puruándiro	109 Zináparo
034 Hidalgo	072 Queréndaro	110 Zinapécuaro
035 La Huacana	073 Quiroga	111 Ziracuaretiro
036 Huandacareo	074 Cojumatlán de Régules	112 Zitácuaro
037 Huaniqueo	075 Los Reyes	113 José Sixto Verduzco
038 Huetamo	076 Sahuayo	

[www.cuentame.inegi.org.mx](http://www.cuentame.inegi.org.mx)

FUENTE: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005

Fig. 3.4.- Listado de los 113 municipios del estado de Michoacan.

Fuente: INEGI

### **3.2. Hidrografía.**

Michoacán cuenta con 228 km de costas, los principales lagos del estado son: el lago Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, el lago de Zirahuén, una parte del lago de Chapala, y la Presa Infiernillo.

Su río más importante es el río Lerma, el cual nace en el Estado de México y abastece a la presa de Tepuxtepec para regar las tierras del valle de Maravatío y producir energía hidroeléctrica, le siguen en importancia el río Balsas con numerosos afluentes, como el río Cupatitzio el cual alimenta las caídas de agua de la Tzaráracua y el río Tepalcatepec.

### **3.3. Clima.**

En Michoacán se tiene una precipitación media anual de 806 mm, lo cual constituye a la entidad como la decimosexta más lluviosa del país.

Por otra parte, la temperatura promedio anual es de 22.2 °C, teniendo como extremos temperaturas mínimas anuales de 14.7 °C y de 29.6 °C, los climas que predominan en la entidad son:

- Cálido sub-húmedo con lluvias en verano: 34.7 % de la superficie estatal.
- Templado sub-húmedo con lluvias en verano: 27.9 % de la superficie estatal.
- Semicálido sub-húmedo con lluvias en verano: 20.3 % de la superficie estatal.
- Semiseco muy cálido y cálido: 10.6 % de la superficie estatal.
- Otros: 6.5 % de la superficie estatal.



Seco y semiseco	15%
Cálido subhúmedo	54.5%
Templado subhúmedo	29%
Templado húmedo	1%
Cálido húmedo	0.5%

**Fig. 3.5.- Climas en Michoacán.**

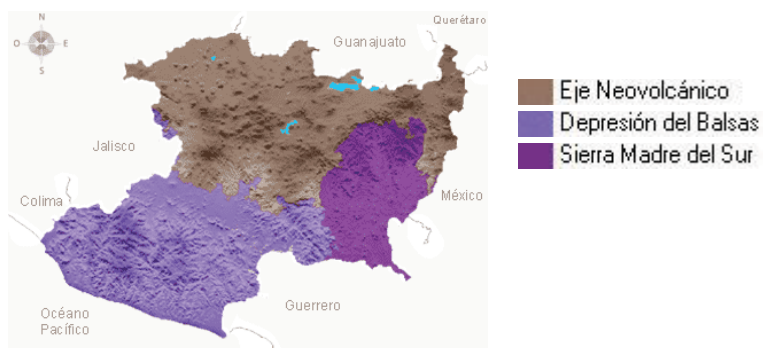
**Fuente: INEGI**

### 3.4. Relieve.

La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre del Sur y Eje Neovolcánico.

Desde el inicio de la zona costera ubicada en el suroeste hacia el nororiente, predominan las sierras con elevaciones como el cerro La Bufa con 2 600 metro sobre el nivel del mar (msnm) y cerro La Magueyera con 2 120 msnm, conformadas por rocas sedimentarias (se forman en las playas, los ríos y océanos y en donde se acumulen la arena y barro), ígneas (la roca derretida se enfría y se solidifica) y metamórficas (han sufrido cambios por la presión y las altas temperaturas), interrumpidas por una llanura en donde se encuentra Apatzingán de la Constitución, que cuenta con algunas zonas bajas representadas por lomeríos y valles; en uno de ellos se construyó la presa Infiernillo.

Continuando hacia el nororiente existe la presencia de sierras, lomeríos y sierras de origen volcánico, con pequeñas llanuras y valles, en esta zona las elevaciones llegan a 3 840 msnm como el Volcán Tancítaro o el Volcán Paricutín con 2 800 msnm.



**Fig. 3.6.- Relieves en Michoacán.**

**Fuente: INEGI**

Sus principales elevaciones son:

<b>Nombre</b>	<b>Altitud</b> (metros sobre el nivel del mar)
Volcán Tancítaro	3 840
Cerro San Andrés	3 600
Cerro Patamban	3 500
Cerro La Nieve	3 440
Cerro Uripitijuata	3 400
Cerro El Tecolote	3 360
Cerro El Zirate	3 340
Volcán Parícutín	2 800
Cerro El Quinceo	2 740
Cerro La Joya	2 700
Cerro La Bufa	2 600
Cerro Blanco	2 250
Cerro La Magueyera	2 120
Sierra Los Picachos	1 730

**Tabla 3.1.- Principales elevaciones en Michoacán.**

**Fuente: INEGI**

### **3.5. Flora y Fauna.**

La vegetación predominante son los bosques de coníferas y encinos que sirven de refugio a la mariposa monarca; hay bosques húmedos de montaña, selvas secas y pastizales. De la superficie estatal, 27% se dedica a la agricultura.

Bosque: mariposa monarca, coyote, zorrillo, cacomixtle, ratón de campo, tlalcoyote, pájaro carpintero, aguililla cola roja y búho cornudo.

Selva seca: lagartija de collar, víbora de cascabel, mapache, culebra parda y ranita arborícola.

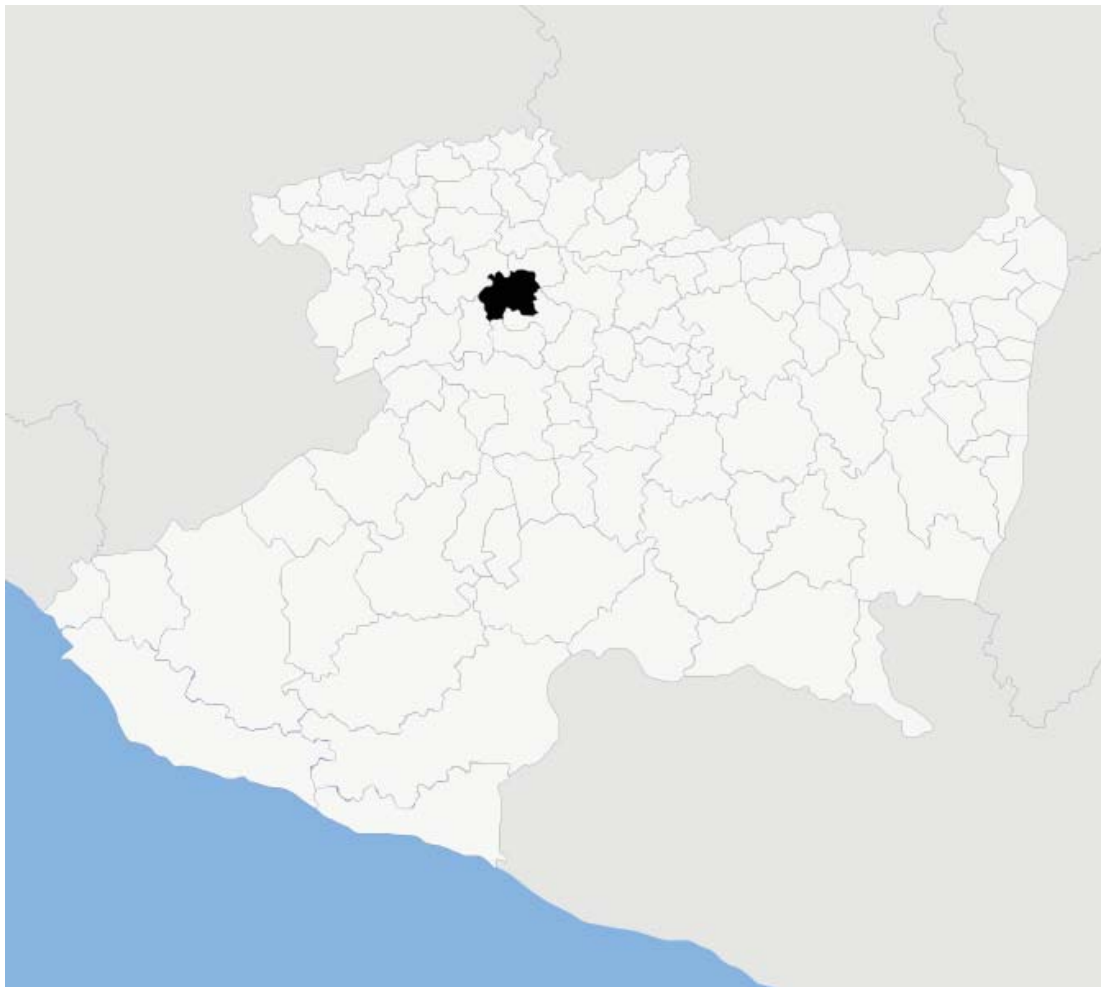
Costa: pelícano, garza, langosta y tiburón. Animal en peligro de extinción: tortuga caguama.

Sin embargo, específicamente, en el municipio de Chilchota - Huecato es donde se sitúa el camino en estudio en esta investigación.



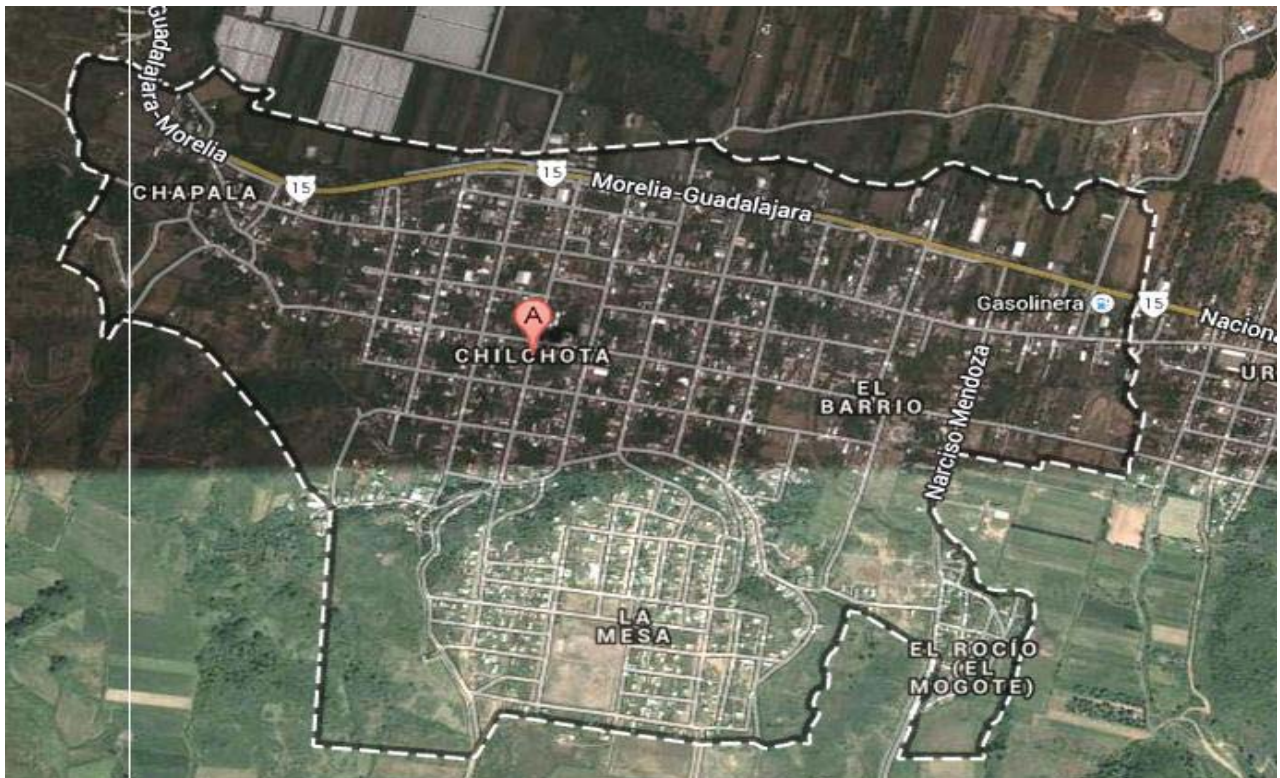
### 3.6. Localidad de Chilchota.

El municipio de Chilchota forma parte del estado de Michoacán de Ocampo, en México. El municipio que comprende a toda la cañada, se formo por la ley de territorio nacional del 10 de diciembre de 1831. Tiene una superficie total de 305.13 km<sup>2</sup> (Gobierno del Estado de Michoacán. Apuntes socioeconómicos, 1981:74). Solo una pequeña parte está constituida por las tierras planas del valle, estando ubicadas la mayoría, en los cerros circundantes.



**Fig.3.7.- Ubicación de Chilchota dentro del estado de Michoacán.**

**Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)**



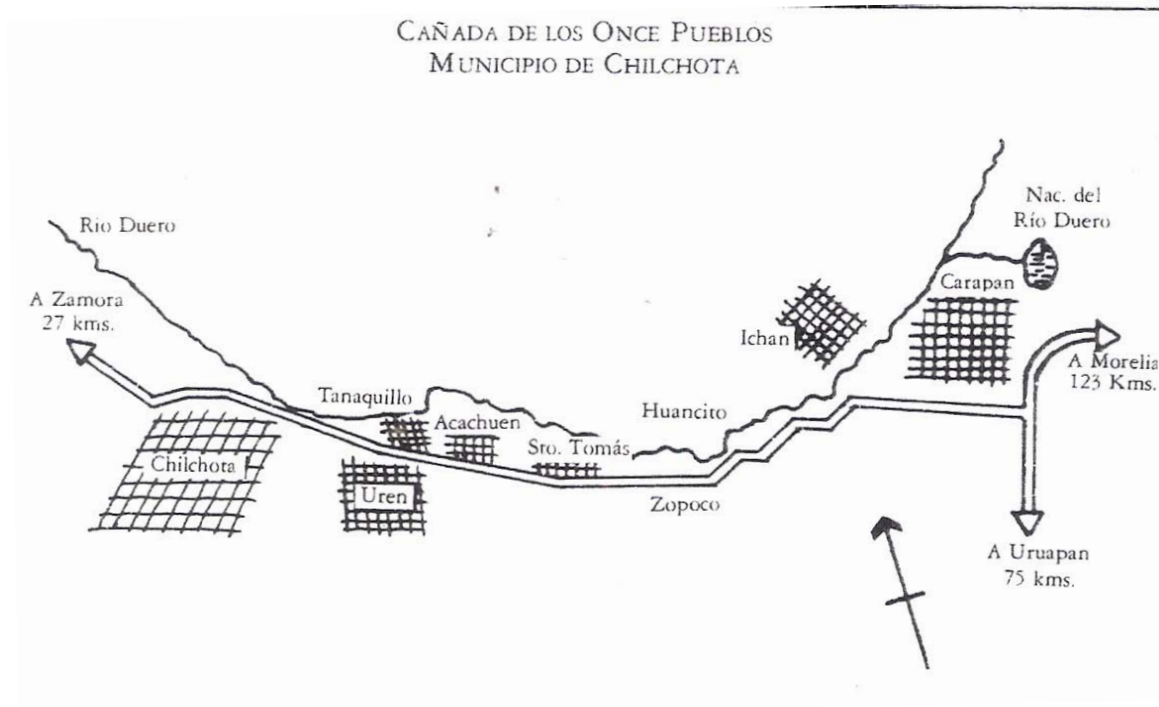
**Fig. 3.8.- Municipio de Chilchota.**

**Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)**

Cuenta con 36 293 habitantes contando los once pueblos siendo Chilchota la cabecera municipal y tan solo Chilchota cuenta con 10 907 habitantes hasta 1995.

Chilchota, tiene su significado tanto en tarasco, como náhuatl, el cual es: “lugar de chiles o chile verde”, debido a que durante la época prehispánica el chile era cultivado y sembrado en gran parte de la cañada,

En esta superficie, relativamente pequeña, y siguiendo los márgenes del río, se encuentran 11 poblaciones en 12 km lineales. Estas poblaciones son: Chilchota (cabecera municipal), Urén, Tanaquillo, Acachúen, Santo Tomás, Zapoco, Huáncito, Ichán, Tacuro, Carapan y San Juan Carapan. Todas excepto la última tienen categoría de pueblo y administrativamente funcionan como tenencias de Chilchota.



**Fig. 3.9.- Cañada de los 11 pueblos.**

**Fuente: Ramírez; 2000; 36**

### **3.6.1. Sector Económico.**

El municipio de Chilchota basa su economía en los siguientes sectores:

- La ganadería es uno de los sectores que han venido a menos desde los noventas, en la cual se cría ganado bovino, porcino, ovino, caballar y aves de corral.
- La agricultura está decreciendo cada vez más por la pérdida de tierras. Los principales cultivos son: maíz, trigo, frijol y frutas como el aguacate, zarzamora, fresa, durazno y lima. Estos dos sectores junto con la explotación forestal representan el 30% de su actividad económica.

-En la industria los azahares son los principales promotores de empleos, otros en menor cantidad pero también importantes son de alimentos como el pan, además de las artesanías y la música.

-El turismo es uno de los sectores muy beneficiados por su ubicación ya que está situado en “La puerta norte de la Meseta Purépecha”, y los visitantes tienen un paso obligatorio hacia el Valle de Zamora y la Capital del Estado.

El comercio está constituido por comerciales de mediano tamaño como lo son tiendas de abarrotes, ferreterías, papelerías, tiendas de ropa, calzado, etc. Los cuales representan el 11% de la actividad económica.

Localidades de Chilchota son:

Carapan: Las principales actividades económicas son el comercio, la agricultura y la ganadería. Cuenta con 5 341 habitantes y su distancia hacia la cabecera es de 8 km.

Ichán: Las principales actividades económicas son la música, filarmónicas y la alfarería. Cuenta con 2 847 habitantes y se localiza a 6 km de su cabecera municipal.

Huáncito: Sus principales actividades son la agricultura, ganadería, comercio y la alfarería. Se encuentra a 4.5 km de la cabecera municipal y cuenta con 2 399 habitantes.

Acachuén: Sus actividades son la agricultura, ganadería y comercio. Su distancia hasta la cabecera es 30 km.

Zopoco: Sus actividades son la agricultura, alfarería, ganadería y comercio. Se localiza a 4 km de la cabecera municipal y cuenta con 4 254 habitantes.

Tanaquillo: Sus actividades son la agricultura, ganadería y comercio. Su distancia hasta la cabecera municipal es de 2.5 km.

Urén: Las principales actividades son la elaboración de tabiques (ladrillos), la elaboración de sombreros de panicua, el comercio, la ganadería, la música y la agricultura.

Tacaro: sus actividades son agricultura, ganadería y el comercio. Su distancia hasta la cabecera municipal es de 6.5 km.

Santo Tomás: Sus actividades económicas son la agricultura, ganadería y el comercio. Se encuentra a una distancia de 3.5 km de la cabecera municipal y cuenta con 993 habitantes.

El municipio forma parte de la llamada “Cañada de los once pueblos”, la cual es formada por una serie de poblados que comienzan en el pueblo de Carapan y termina en el poblado de Chilchota. La Cañada de los once pueblos es un pequeño valle que corre de este a oeste en el borde norte de la meseta purépecha.

El valle tiene una extensión de 12 km. de largo y 2 km. de ancho, el cual experimenta un rápido descenso de altitud de oriente a poniente. Por lo que en su extremo más alto que se encuentra en la población de San Juan Carapan con una altura aproximada de 2120 metros y su nivel más bajo se encuentra en el municipio de Chilchota con una altura de 1940 metros.

En el extremo occidental del valle y en las márgenes del río, los suelos se caracterizan por ser tierras de aluvión muy húmedas. Numerosos escurrimientos de agua provenientes de las montañas circundantes, así como de ojos de agua que surgen en toda su extensión proveen a sus asentamientos de fuentes de agua permanentes a lo largo del año. las cuales son potables y recomendables para el uso agrícola por no tener sales perjudiciales con baja salinidad y sodio.

El clima más común de la cañada corresponde al templado. El tipo de suelo que puede encontrarse en la cañada es T'upúri (textura fina, baja evaporación, alta conservación de humedad, resistente a la erosión, con un alto contenido de *humus* (sustancia proveniente de la descomposición de compuestos orgánicos) y relativamente fértiles), algo de charanda (C'aránda. Suelo típico de temporal en la zona, rojizo, permeable, de alta evaporación, fácil de erosionar y baja fertilidad), pero el más común es el suelo de aluvión, considerado como un suelo menor, con abundante contenido orgánico y de minerales que lo hacen muy rico y fértil, con una mayor resistencia al empobrecimiento por un uso permanente más que los otros dos tipos mencionados anteriormente y con una humedad constante por la cercanía al agua.

### **3.6.2. Condiciones Climáticas.**

El clima presente en esta región es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación anual de 1 000 mm y con temperaturas que oscilan de 2.5 a 38°C. Su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, cerros Viejo, Cobre y San Ignacio. Lo que provoca grandes corrientes de agua que descienden de los cerros en la temporada de lluvias que llegan a las calles de la ciudad.

En el municipio de Chilchota predomina un ecosistema de tipo bosque mixto con especies de pino y encino. Su fauna se conforma con cacomiztle, zorrillo, mapache, liebre, tlacuache y el coyote. La superficie forestal maderable es ocupada por pino y encino, el resto por varios tipos de arbustos. Los suelos del municipio datan del periodo cenozoico y corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente ganadero y en menor porción agrícola y forestal.

### 3.7. Localidad de Huecato.

Huecato localidad de Chilchota municipio de Michoacán, se encuentra en las coordenadas Longitud (dec):  $-102.143889$  y Latitud (dec):  $19.750833$ , con una media altura de 2260 metros sobre el nivel del mar. La localidad de Huecato se encuentra rodeada por las comunidades de Tanaco la cual está al sureste, Ocumicho al noroeste, Cocucho al suroeste y al noreste se encuentra Chilchota.



Fuente: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

La localidad cuenta con 698 personas, de las cuales se divide en 344 hombres y 354 mujeres, del total de los ciudadanos se dividen en 298 menores de edad y 400 adultos de los cuales 44 tienen más de 60 años. Dentro de la localidad de Huecato hay habitantes que hablan otro idioma nativo del lugar, todos ellos hablan español. Del total de habitantes de la localidad tan sólo 299 cuenta con el derecho a atención medica por parte del seguro social.

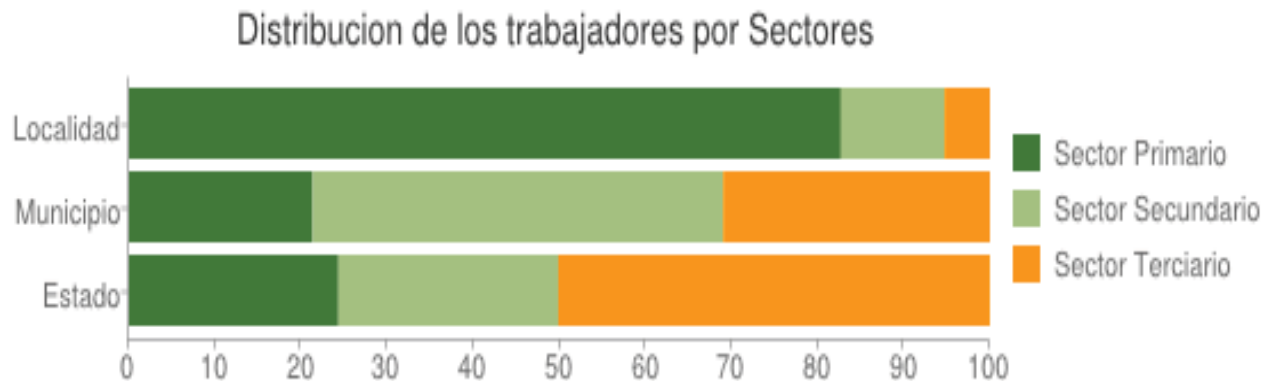
El 82.06% de la población mayor a 5 años pertenecen a la religión católica y el 74.76% de de la población mayor a 12 años de edad se encuentra casada o unida en pareja.

### **3.7.1. Sector económico.**

En el sector económico de la localidad de Huecato son 136 las personas que están activas en este sector lo que representa el 20.86% de la población total, las cuales se reparten de la siguiente forma:

- Sector Primario: 110 personas (82.71% en la localidad), la agricultura, explotación forestal, ganadería, minería y pesca etc.
  
- Sector Secundario: 16 personas (12.03%), construcción, electricidad, gas y agua etc.
  
- Sector Terciario: 7 personas (5.26%), comercio, servicios y transporte etc.





**Tabla3.2.- Distribución de los trabajadores por Sector**

**Fuente: [www.foro-mexico.com](http://www.foro-mexico.com): 2013**

Aproximadamente en Huecato hay un total de 178 viviendas de las cuales 20 tienen piso de tierra y unos 26 consiste de una sola habitación. Dentro del total de viviendas contadas, 163 cuentan con instalaciones sanitarias, 128 las que están conectadas con el servicio público, 165 tienen acceso a la luz eléctrica.

La situación económica de la población hace que solo 154 viviendas cuenten con una televisión, alrededor de 46 viviendas cuentan con una lavadora y de acuerdo al censo realizado arroja que ninguna vivienda cuente con una computadora.

### **3.7.2. Sector educativo.**

En la parte educativa, el grado medio de escolaridad en Huecato es de 5.09, la media en el municipio de Chilchota es 5.28 y en el estado es de 6.20, siendo una de los promedios más bajas del país.

El poblado se encuentra rezagado en este sector ya que hay más de 47 analfabetas de 15 años o más, aproximadamente hay cerca de unos 5 jóvenes entre 6 y 14 años los cuales no asisten a la escuela. De la población con edad a partir de

los 15 años no tienen ninguna escolaridad, 282 personas tienen una escolaridad incompleta, 90 personas tiene la escolaridad básica completa y tal solo aproximadamente 15 personas tienen una escolaridad post-básica. Tan solo 17 jóvenes que están en la generación de 15 y 24 años han asistido a la escuela, lo que arroja una escolaridad media de 5 años en el poblado. Lo que hace que la localidad tenga un nivel educativo muy bajo en todos los niveles.

De acuerdo con la información recabada de habitantes del pueblo, la actividad de la cual reciben su mayor ganancia o su mayor ingreso monetario es el sembradío de diferentes cultivos y de la ganadería. Si bien existen varias personas en el pueblo tienen vehículos de motor, otros utilizan a los animales como transporte o de carga, a mayoría para transportarse a sus cultivos los animales de carga.

### 3.8. Informe Fotográfico.

Se realizó un recorrido del tramo en estudio, obteniendo fotografías, las cuales muestran el estado en el cual se encuentra el camino actualmente, y con ellas se puede dar una idea del porque es necesario la realización de un proyecto geométrico.



**Fotografía. 3.11.- Recorrido del camino en estudio.**

**Fuente: Propia**

Dentro del análisis de estas fotografías, se puede visualizar el estado en que se encuentra el camino, el tipo de vegetación con la que se cuenta, y diferentes aspectos importantes para el estudio del camino.

En la siguientes fotografías se puede ver el camino, que actualmente es de terracería, también se muestra el tipo de vegetación que se encuentra en dicho lugar.



**Fotografía.3.12.- Vegetación existente en el tramo.**

**Fuente. Propia.**



**Fotografía. 3.13.- Vegetación existente en el tramo.**

**Fuente: Propia**

Haciendo el recorrido, se encontraron zonas en las cuales el camino se encuentra muy afectado, debido a los escurrimientos existentes en las temporadas de lluvias, las cuales han generado socavaciones en distintos puntos del camino.



**Fotografía. 3.14.- Condiciones actuales del camino en estudio.**

**Fuente: Propia**

Debe tomarse muy en cuenta las construcciones existentes en los alrededores del camino, ya que son de vital importancia, al momento de definir por donde va a ser trazado el camino a la hora de realizar el proyecto , y determinar si es necesario removerlas en caso de que estas invadan el trayecto del camino a ejecutar.



**Fotografía.3.15.- Construcciones existentes en el trayecto del camino.**

**Fuente: Propia**

Dentro del trayecto del camino, se encontró un banco de material, el cual puede ser de gran ayuda a la hora de comenzar a construir el camino.



**Fotografía. 3.16.- Banco de material en el tramo.**

**Fuente: Propia**

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA.**

En el presente capítulo se dará a conocer el método a utilizar para llevar a cabo la elaboración del proyecto de investigación, tomando en cuenta un enfoque de investigación, alcance que se tiene, diseño y la recopilación de datos.

En la recopilación de datos se darán a conocer los programas utilizados en la elaboración de proyecto para que este arrojara resultados más exactos y así poder facilitar la creación del mismo.

#### **4.1. Método Científico.**

El método empleado para esta investigación, es el método científico el cual, según Mendieta (2005), se aplican una serie de pasos que son:

- La observación.
- La hipótesis.
- La experimentación.

La observación requiere el empleo de aparatos especiales de la ciencia en estudio y de conocimientos muy profundos de la rama, exigiendo a su vez, un orden, una exactitud, y una precisión, para después cotejarse y revisar las observaciones las veces que le sean posibles.

Por otra parte, la hipótesis es una suposición con la que se proyecta, el campo de posibilidades, de que puede ser probable, aunque aún no exista una prueba.

En la hipótesis se deben de tener conceptos totalmente claros, deben tener referencias empíricas, ser específicas y deben de estar relacionadas con técnicas que estén a disposición.

Mientras que la experimentación es la provocación del fenómeno, hecha por el investigador, poniendo a prueba las hipótesis, tratando de buscar si las consecuencias requeridas existen o no.

En el método científico se ve más allá de las apariencias, es auto correctivo y se realiza con subjetividad.

#### **4.1.1. Método Matemático.**

Siempre se han tomado como referencia cantidades para definir algunos procedimientos científicos, ya sea para obtener valor económico, capacidad o importancia.

En investigaciones donde intervienen números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, varias comprobaciones, se está aplicando en método cuantitativo. La comparación es otra forma, en la cual se ven cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de unos factores por otros, aplicando el método comparativo.

Los métodos matemáticos son utilizados con mucha frecuencia, por ejemplo; en la distribución fiscal de impuestos, presupuestación de obras y en el cálculo y realización del diseño de un proyecto geométrico. En la elaboración de este proyecto, se opta por el método matemático, ya que es necesario implementar cálculos a la hora de definir el tipo de proyecto que se requiere para obtener una mayor eficiencia del mismo.



## **4.2. Enfoque de investigación.**

El enfoque a utilizar en esta investigación es un enfoque cuantitativo. En este enfoque se busca la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico, estableciendo así patrones de comportamiento y probar teorías.

Además de que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, tomando en cuenta las capacidades de estos.

En esta investigación es utilizado el enfoque cuantitativo, ya que se necesitan resultados exactos para lo que se quiere diseñar, por lo que se trabaja con números , con el fin de que cuando se lleve a cabo el proyecto, tenga una gran eficiencia y permita tener una obra que sea costeable, sin descuidar la calidad del proyecto.

### **4.2.1. Alcance de la investigación.**

El alcance obtenido en esta investigación es de carácter descriptivo, donde se pretende medir o recoger información de manera independiente sobre los conceptos o las variables a las que se refiere u ocurren los hechos.

Aquí lo que se busca es tener bien en claro las especificaciones, como las características de lo que se está analizando, y sobre que o quienes se recolectaran los datos, que para este caso donde se tiene el enfoque cuantitativo, se refiere a medir.

En la presente investigación se tiene un alcance descriptivo, ya que se busca medir, y recopilar información necesaria para su estudio, especificando propiedades y características importantes.

### **4.3. Tipo de diseño de la investigación.**

El diseño de la investigación a emplear es la investigación no experimental, ya que son estudios que se realiza sin la manipulación, y en lo que solo se observa los fenómenos en su ambiente natural, es decir que la información recopilada se realiza en un solo momento únicamente, para posteriormente analizarlos.

#### **4.3.1. Investigación transeccional.**

Según lo mencionado por Hernández y Cols. (2007), los diseños de investigación transeccional o transversal solo recolectan información en un tiempo único, o en un momento. Su propósito es analizar su incidencia y describir las variables e interrelacionarlas en un momento dado. Es como capturar una imagen del lugar en cuestión.

En la proyección de un diseño transversal descriptivo se tiene como principal objetivo dar a conocer acontecimientos, ubicar, categorizar, y dar la visión a un fenómeno, mostrando una perspectiva de los eventos o fenómenos en un determinado punto en el tiempo.

Para esta investigación se optó por un diseño transversal, debido a que los datos obtenidos para realizar el proyecto fueron recopilados durante un solo periodo de tiempo y a partir de ahí se procedió a la proyección.

En este tipo de diseño cada variable en estudio se trata de manera individual, esto quiere decir que no se relacionan las variables unas con otras.

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

Para la realización de esta tesis se necesito de diferentes programas de software, los cuales facilitaron el desarrollo de la misma dando un resultado más exacto y real lo que beneficia en gran medida para la realización del diseño

propuesto en esta tesis. Los diferentes programas usados se mencionan a continuación:

**AUTOCAD:** Es un software asistido por computadora que permite crear dibujos en dos y tres dimensiones, lo que hace posible que se tenga una representación digital del proyecto y así poder modificarlo más fácilmente con la ayuda de este software.

**CIVILCAD:** Es un módulo diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro del autocad, lo que reduce el tiempo de la realización del proyecto y facilita el trabajo. Lo que lo ha hecho indispensable para el diseño de carretas, sacar las curvas de nivel de un terreno y diseñar una red de agua potable.

**EXCEL:** Es una aplicación de Microsoft para hojas de cálculo, este programa facilita el cálculo de variables mediante la aplicación de formulas y comandos con los cuales ya cuenta y son más exactos que por otros métodos.

**WORD:** Es otra de las aplicaciones de Microsoft la cual es una hoja de texto la cual permite la creación de diferentes tipos de textos con una presentación al gusto de la persona.

#### **4.5. Descripción del Proceso de Investigación.**

La realización de esta tesis tiene como finalidad el resolver un problema de vitalidad el cual afecta a las personas de la comunidad, por lo cual se planteo una solución al problema, investigando a fondo el tema y los demás aspectos que afectan la realización del proyecto y así poder dar solución al problema.

Para hacer posible la solución del problema se tuvo la necesidad de recopilar información por lo cual se asistió a la biblioteca a consultar diferentes libros de los

que se obtuvo la información necesaria y así poder explicar lo que se va a realizar y como se va a realizar, esto con la necesidad de que cualquier persona pueda entender lo que se planea hacer. Después de obtener la información necesaria se procedió a desplazarse al lugar para obtener los datos de campo necesarios como lo es el flujo vehicular, hacer el levantamiento topográfico del lugar mediante una estación total, tomar fotografías del medio ambiente que esta alrededor del lugar del proyecto o el que se ve afectado por el proyecto, etc. Una vez obtenida la información de campo se procedió a realizar los cálculos necesarios usando los diferentes programas como es el Excel para los cálculos necesarios y el Autocad auxiliado por el Civilcad en el cual se hizo el diseño y la corrección necesaria del camino, por último se utilizo el programa de Word para poder mostrar una conclusión de la solución propuesta por el proyecto presentado y así poder entregarlo al responsable asignado.

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el desarrollo del presente capítulo se mostrara los cálculos que se llevaron a cabo y los resultados obtenidos el diseño del proyecto geométrico, mostrando los datos del diseño de las curvas existentes en el camino a proyectar, así como las secciones transversales del camino.

#### **5.1. Marco Legal.**

De acuerdo con la página electrónica [www.danaconnect.com](http://www.danaconnect.com) (2013), marco legal proporciona las bases sobre las cuales las instituciones determinan y construyen el alcance y naturaleza de la participación política. El marco legal se encuentra en un buen número de provisiones regulatorias y leyes interrelacionadas entre sí.

Para llevar a cabo la elaboración de proyecto se deben de tomar en cuenta las especificaciones otorgadas por la SCT, que dan la función de prevenir y disminuir las probables controversias que se generan en la administración de las obras y contratos, y de estimular una adecuada calidad de trabajo.

Para lograr esto, se enfatiza un aspecto importante que radica en la necesidad del control de la calidad de la obra vial por la autoridad competente, cuando la obra es realizada por un contratista o por la propia autoridad competente.

El control de calidad es muy importante para que se garantice la buena ejecución del trabajo y, por tanto, de los materiales, equipos y el personal que interviene en cada una de las partidas de trabajo que conforman una obra, de acuerdo al proyecto, términos de referencia, bases de licitación, especificaciones

generales y especiales. La supervisión o el inspector encargado tendrá la función de efectuar el aseguramiento de calidad de la obra para lo cual contará con los elementos técnico–logísticos requeridos.

En consecuencia, se requiere una gran dinámica de interacción entre el ejecutor de la obra y la autoridad competente, representada por el supervisor o el inspector de las obras. El esfuerzo estará destinado, entre otros aspectos, a la búsqueda de posibles utilidades de materiales y tecnologías aplicables en la zona, con la intención de perfeccionar cada proyecto durante la fase constructiva.

Estos cambios, debidamente documentados y justificados, se formalizarán, previa opinión del proyectista, mediante adendas al contrato si fuera el caso, durante la ejecución de éste. Esto significa considerar el factor humano y su entorno bio-socio-cultural como elementos presentes y vitales en todo el proceso de ejecución de las obras viales, lo que implica visualizarlos como elementos actuantes y, a su vez, como niveles de manifestación de los impactos sociales y ambientales, tanto durante, como después de ejecutar la obra, en el mantenimiento y mejoramiento de las carreteras, de sus puentes y obras de arte en general.

Como se señaló en el Capítulo 1, las carreteras se pueden clasificar en tres formas diferentes, las cuales son: por su transitabilidad, administrativa o por la técnica oficial. De acuerdo al estado del camino se puede considerar clasificarse por su transitabilidad, la cual se subdivide en terracerías, revestidas o pavimentada, de las anteriores se considera que el tramo en diseño se encuentra en la clasificación de terracería de acuerdo al estado en el cual se encuentra actualmente y la cual especifica que es cuando se ha construido una sección de proyecto hasta el nivel de subrasante y es transitable mayormente en tiempo de secas.

Para poder realizar el diseño del proyecto en cuestión se tomara la clasificación por técnica oficial, ya que es la más completa y la que ayudaría a la realización del proyecto, en la cual se especifica de acuerdo con las condiciones reales del camino y además tomando en cuenta los volúmenes de tránsito del sitio al final de un periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas que deben ser usadas.

En México el organismo encargado de regular esta clasificación es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la cual clasifica a las carreteras de la siguiente manera:

#### **CLASIFICACION DE LOS CAMINOS EN MEXICO (SCT)**

Camino tipo	Especial	A	B	C	Brecha
T.P.D.A.	Más de 3000	1500 – 3000	500 - 1500	50 - 500	Hasta 60
T.H.M.A.	Más de 360	180 - 360	60 - 180	6 - 60	6

**En donde:**

**T.P.D.A.:** Tránsito Promedio Diario Anual

**T.H.M.A.:** Tránsito Horario Máximo Anual

**TABLA 5.3. Clasificación de los caminos en México (SCT)**

**Fuente: Propia**

Tomando como base la tabla anterior el tramo a diseñar se encuentra dentro del tipo de camino de brecha con un tránsito promedio diario anual de hasta 60 vehículos, aunque con la construcción de esta carretera se espera que aumente

considerablemente, ya que esta carretera comunicaría a dos poblados que su único medio de comunicación es una vía alterna la cual aumenta considerablemente el tiempo de traslado de una a otra, haciendo mucho más costoso el viaje y más tardado el llegar a las localidades, por lo cual se planteó que el tramo a diseñar se considere de un tipo “brecha” a un tipo “C”, y así también poder tener en cuenta los tipos de vehículos que circular por el lugar y la cantidad de vehículos que circularían suponiendo según los habitantes del poblado de Huecato el cual sería el más beneficiado por el diseño y una futura construcción del tramo. El tipo de camino “C”, la cual tiene un tránsito promedio diario anual de 50 - 500 vehículos por día y un tránsito horario máximo anual de 6 – 60 vehículos. El número de vehículos es en total en ambas direcciones y sin considerar ninguna transformación de vehículos comerciales a vehículos ligeros.

En México de acuerdo a los estudios realizados, arrojaron que un 50% de vehículos son comerciales, de los cuales un 15% están constituidos por remolques, se ha considerado conveniente que los factores de transformación de los vehículos comerciales a vehículos ligeros, en caminos de dos carriles, sea de dos para terrenos planos, de cuatro en lomeríos, y de seis en terrenos montañosos.

Dónde:

- a) Un camino de terreno plano, hace referencia a la combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros.
- b) Un camino en terreno de lomerío, referido a la combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a reducir su velocidad, debajo de la de los vehículos ligeros, en diferentes tramos de la carretera.



c) Camino en terreno montañoso, referido a la combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar con velocidades muy bajas, en distancias considerables y a intervalos de tiempo.

Para llevar a cabo la elaboración de proyecto se deben de tomar en cuenta las especificaciones otorgadas por la SCT, que nos dan la función de prevenir y disminuir las probables controversias que se generan en la administración de las obras y contratos, y de estimular una adecuada calidad de trabajo.

Para lograr esto, se enfatiza un aspecto importante que radica en la necesidad del control de la calidad de la obra vial por la autoridad competente, cuando la obra es realizada por un contratista o por la propia autoridad competente.

El control de calidad es muy importante para que se garantice la buena ejecución del trabajo y, por tanto, de los materiales, equipos y el personal que interviene en cada una de las partidas de trabajo que conforman una obra, de acuerdo al proyecto, términos de referencia, bases de licitación, especificaciones generales y especiales. La supervisión o el inspector encargado tendrá la función de efectuar el aseguramiento de calidad de la obra para lo cual contará con los elementos técnico-logísticos requeridos.

En consecuencia, se requiere una gran dinámica de interacción entre el ejecutor de la obra y la autoridad competente, representada por el supervisor o el inspector de las obras. El esfuerzo estará destinado, entre otros aspectos, a la búsqueda de posibles utilidades de materiales y tecnologías aplicables en la zona, con la intención de perfeccionar cada proyecto durante la fase constructiva.

Estos cambios, debidamente documentados y justificados, se formalizarán, previa opinión del proyectista, mediante adendas al contrato si fuera el caso, durante

la ejecución de éste. Esto significa considerar el factor humano y su entorno bio-socio-cultural como elementos presentes y vitales en todo el proceso de ejecución de las obras viales, lo que implica visualizarlos como elementos actuantes y, a su vez, como niveles de manifestación de los impactos sociales y ambientales, tanto durante, como después de ejecutar la obra, en el mantenimiento y mejoramiento de las carreteras, de sus puentes y obras de arte en general.

## **5.2. Topografía.**

De acuerdo con Frederick S. Merritt (2008) la topografía es la ciencia que se encarga de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, mediante su distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

Los estudios topográficos de campo y gabinete son necesarios para representar de manera gráfica y a una escala convenida, la topografía de un lugar mediante sus proyecciones horizontales (planimetría; que comprende los procedimientos para la localización de puntos sobre un plano) y verticales (altimetría; que trata sobre la determinación de las diferencias de alturas de los puntos del terreno ), identificando sobre está, los puntos característicos de la obra que existan en el lugar y de las que se proyecten.

Según su propósito, los estudios topográficos se dividen:

- A) Estudio topográfico para carreteras.
- B) Estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera.
- C) Estudio topográfico para proyecto definitivo de la carretera.

D) Estudio topográfico para obras especiales.

E) Estudio topográfico para proyecto preliminar de obra especial.

F) Estudio topográfico para proyecto definitivo de la obra especial.

**A) Estudio topográfico para carreteras.**

Son los estudios, para proyecto preliminar (básico) y para proyecto definitivo (de detalle), que se realizan con el propósito de obtener la información topográfica necesaria para proyectar el camino y las obras menores y complementarias de drenaje y subdrenaje de una carretera.

**B) Estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera.**

Es el conjunto de trabajos necesarios para trazar, nivelar y en su caso, referenciar en el campo el eje preliminar de la carretera, para obtener su perfil y topografía de una franja de terreno, generalmente con un ancho comprendido entre 50 metros y 200 metros a cada lado de ese eje, según los tipos de terreno y de la carretera a proyectar, con el propósito de proveer al proyectista de la información topográfica que le permita determinar los ejes definitivos del camino así como elaborar el anteproyecto de la carretera.

**C) Estudio topográfico para proyecto definitivo de la carretera.**

Es el conjunto de trabajos necesarios para trazar, nivelar y referenciar en el campo los ejes definitivos del camino y de las obras menores de drenaje, así como para obtener sus perfiles y sus secciones transversales, apoyándose en los ejes previamente determinados en el anteproyecto.

**D) Estudio topográfico para obras especiales.**

Son los estudios para proyecto preliminar (básico) y para proyecto definitivo (de detalle), que se realizan con el propósito de obtener la información topográfica

necesaria para proyectar una obra especial, tal como un entronque, una plaza de cobro o un parador, entre otras, así como sus obras menores y complementarias de drenaje y subdrenaje.

#### **E) Estudio topográfico para proyecto preliminar de obra especial.**

Son los trabajos necesarios para trazar, nivelar y, en su caso, referenciar en el campo los ejes preliminares de la obra especial, obtener sus perfiles y, cuando sea para una carretera existente o cuando el estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera en proyecto no abarque toda el área requerida, la topografía del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra, con el propósito de proveer al proyectista de la información topográfica que le permita analizar las diferentes configuraciones posibles de la obra y determinar los ejes definitivos de todos sus elementos, así como elaborar su anteproyecto correspondiente. Se apoya en la configuración posible de la obra especial y los ejes preliminares probables de sus diversos elementos en la ubicación y dimensiones del área seleccionada y, en su caso, aero-fotogramétrico para proyecto preliminar de la carretera.

#### **F) Estudio topográfico para proyecto definitivo de la obra especial.**

Son los trabajos necesarios para trazar, nivelar y referenciar en el campo los ejes definitivos de los diversos elementos de una obra en especial, así como para obtener sus perfiles y sus secciones transversales, para elaborar el proyecto ejecutivo correspondiente. Apoyándose en los ejes definitivos previamente determinados y en el anteproyecto correspondiente.

De acuerdo con lo anterior señalado, el estudio realizado se puede definir como estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera, el cual sirve para poder trazar la ruta que va a tomar el camino. Para poder realizar el levantamiento

topográfico se utilizó un aparato llamado estación total, el cual calcula los desniveles del terreno y las distancias, mediante una onda electromagnética (generalmente microondas o infrarrojos) emitida por la estación total y la cual es rebotada por prisma ubicado en el sitio a medir.

A continuación se presenta una estación total:



**Imagen 5.6.: Estación total.**

**Fuente: Propia**

Según las normas propuestas por las autoridades propone que los cadenamientos que se deben realizar en un levantamiento sea a cada 20 metros, para poder tener una representación aceptable del terreno ya que entre menos sea la distancia entre los cadenamientos va a ser una mayor la exactitud entre la representación grafica y las condiciones reales del terreno. Los cadenamientos que se representan en un plano casi siempre no son de 20 metros sino de distancias mayores ya sea principalmente por el tamaño del terreno o la longitud del camino y lo cual no se representaría con el cadenamiento a cada 20 metros.

En el presente proyecto para poder realizar el diseño geométrico se hizo el levantamiento del terreno con un cadenamiento a cada 20 metros moviendo la estación cuando ya no se tenía la visibilidad para poder realizar la lectura ya sea por las curvas, por las distancias o por las causas naturales como son los pequeños cerros que se encontraban a los lados a lo largo del camino, arboles u otra vegetación que evitara la realización de la lectura realizada por la estación total. A continuación se puede observar mediante imágenes la realización del levantamiento topográfico y el estado del terreno y la topografía del tramo que se planea diseñar:



**Imagen 5.7.: Tomando lectura con la estación**

**Fuente: Propia**



**Imagen 5.8.: Levantamiento con estadal**

**Fuente: Propia**



**Imagen 5.9.: Cambio de estación**

**Fuente: Propia**



**Imagen 5.10.: Topografía del lugar.**

**Fuente: Propia**



**Imagen 5.11.: Condiciones del camino.**

**Fuente: Propia.**



### **5.3. Aforo vehicular.**

Un aforo vehicular es un conteo de los vehículos que pasan por un punto determinado y a partir de él se puede obtener información sobre los volúmenes vehiculares que transitan en un punto de interés por periodo de tiempo, su velocidad y hasta el tipo de vehículo. Por ello, mediante el uso de aforos vehiculares también es posible llegar a caracterizar la flota vehicular.

CARRETERA: CHILCHOTA- HUECATO	FECHA: 7, 14, 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2013
TRAMO: CHILCHOTA- HUECATO	SENTIDO: AMBOS SENTIDOS
DEL KM: 9+600	PUNTO DE AFORO: 10 + 800
AL KM: 11+600	

FECHA	HORA	TIPO DE VEHICULOS					
		AP	AC	B2	C2	C3	T2-S2
DIA UNO	7:00 - 8:00		1				
	8:00 - 9:00		1				
	10:00 - 11:00		2				
	11:00 - 12:00		4				
	12:00 - 13:00		2				
	13:00 - 14:00						
	14:00 - 15:00		2				
	15:00 - 16:00		3				
	16:00 - 17:00		1				
	17:00 - 18:00		4				
	TOTALES			20			
	PORCENTAJE			100%			

FECHA	HORA	TIPO DE VEHICULOS					
		AP	AC	B2	C2	C3	T2-S2
DIA DOS	7:00 - 8:00						
	8:00 - 9:00		3				
	10:00 - 11:00		2				
	11:00 - 12:00		3				
	12:00 - 13:00		1				
	13:00 - 14:00		2				
	14:00 - 15:00		2				
	15:00 - 16:00		1				
	16:00 - 17:00		1				
	17:00 - 18:00		4				
	TOTALES			19			
	PORCENTAJE			100%			

FECHA	HORA	TIPO DE VEHICULOS					
		AP	AC	B2	C2	C3	T2-S2
DIA TRES	7:00 - 8:00		2				
	8:00 - 9:00		1				
	10:00 - 11:00		4				
	11:00 - 12:00		2				
	12:00 - 13:00		1				
	13:00 - 14:00		3				
	14:00 - 15:00		2				
	15:00 - 16:00		2				
	16:00 - 17:00		2				
	17:00 - 18:00		3				
	TOTALES			22			
	PORCENTAJE			100%			

VOLUMEN DE TRANSITO TOTAL	
DIA UNO	20 VEHICULOS
DIA DOS	19 VEHICULOS
DIA TRES	22 VEHICULOS
SUMATORIA DE VEHICULOS	61 VEHICULOS

PROMEDIO DE TRANSITO DE LOS TRES DIAS	20 VEHICULOS
---------------------------------------	--------------

#### 5.4. Especificaciones para el diseño del camino.

Las especificaciones para el diseño del camino tienen que ser definidas, para poder tener una base para poder comenzar con la elaboración del diseño del proyecto geométrico.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el aforo vehicular llevado a cabo durante un lapso de tres días se obtuvo un registros de vehículos que transitan por dicho camino a diseñar, de esta manera se pudo determinar el tipo de camino actual tiene una categoría inferior a la del proyecto ya que se plantea el aumento del tránsito vehicular con el diseño de dicho tramo que comunicará a la comunidad de Huecato con Chilchota, que en base al tránsito futuro se propone una proyección de camino tipo C.

Una vez establecidos los parámetros generales de acuerdo a la Normativa SCT, para este tipo de camino se procedió a obtener algunos datos:

CARACTERISTICAS GENERALES ESTABLECIDAS POR LA S.C.T. PARA EL TIPO DE CAMINO EN ESTUDIO			
TIPO C			
			UNIDAD
TIPO DE CARRETERA		C	
TPDA (TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL)		500	Veh./dia
TIPO DE TERRENO		LOMERIO	
VELOCIDAD DE PROYECTO		40	km/h
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		40	m
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE		180	m
GRADO MAXIMO DE CURVATURA		30	grados (°)
		CRESTA	4 m/%
CURVAS VERTICALES	K	COLUMPIO	7 m/%
		LONG. MINIMA	30 m
PENDIENTE GOBERNADORA			5 %
PENDIENTE MAXIMA			7 %
ANCHO DE CALZADA			6 m
ANCHO DE CORONA			7 m
ANCHO DE COTAMIENTO			0.5 m
ANCHO DE FAJA SAPARADORA CENTRAL			- m
BOMBEO			2 %
SOBREELVACION MAXIMA			10 %

- A: ángulo de inflexión. (grados)
- PI: punto de inflexión. (metros)
- Gc: grado de curvatura. (grados)
- LC: longitud de curvatura. (metros)
- Rc: radio de curvatura. (metros)
- Ac: ancho de la calzada. (metros)
- ST: subtangente. (metros)

### **5.5. Curvas horizontal.**

De acuerdo con la página electrónica [es.scribd.com](https://es.scribd.com) (2013), se define a la curva horizontal como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos tangentes de un alineamiento.



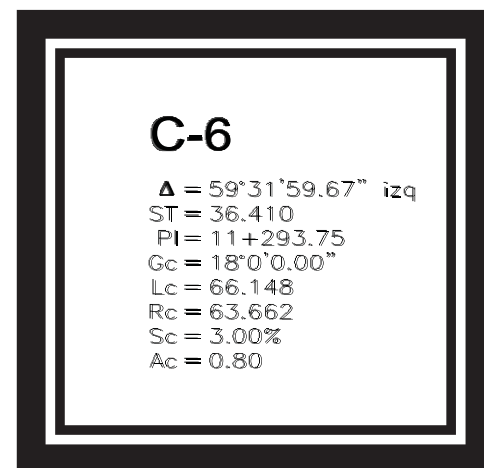
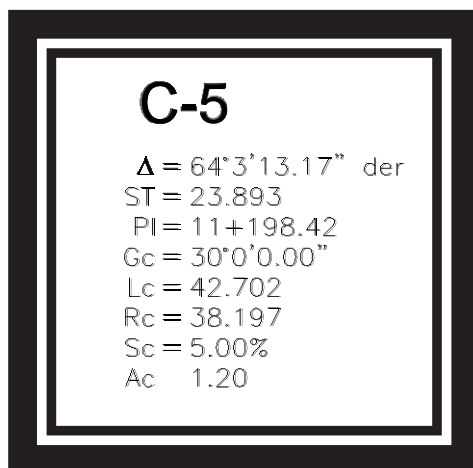
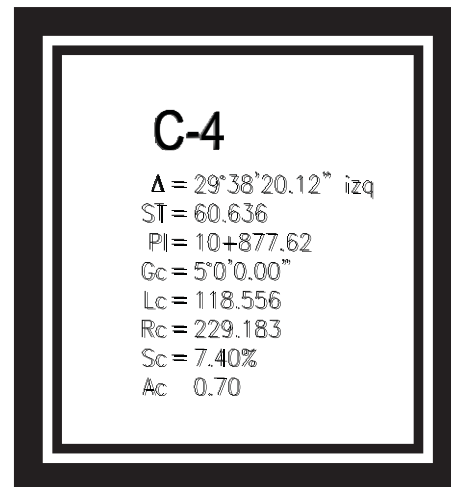
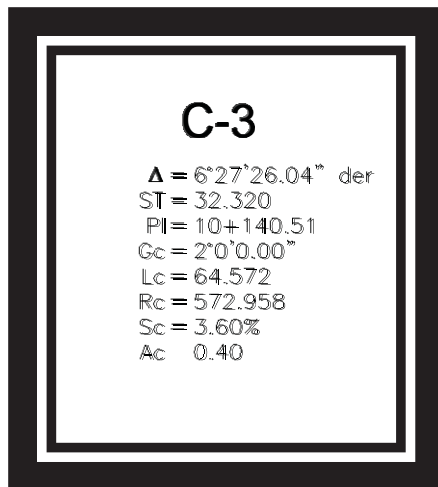
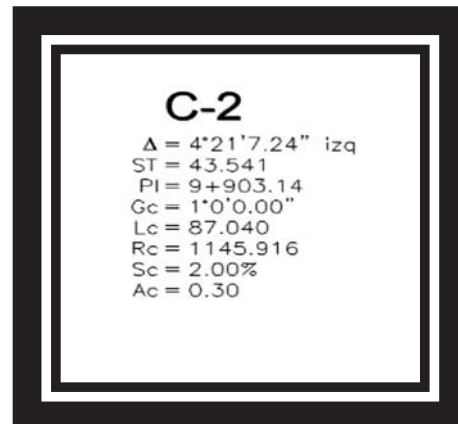
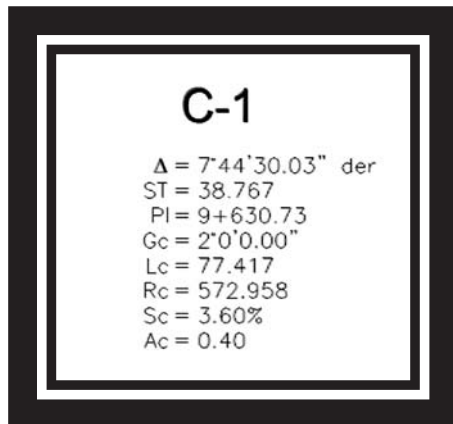
<b>TITULO TESIS:</b>	DISEÑO DE UN PROYECTO GEOMETRICO DE UN TRAMO CARRETERO DEL KM 9+600 AL 11+600 DE LA CARRRETERA CHILCHOTA-HUECATO
<b>REALIZO:</b>	ESTEBAN GARCIA JANACUA ANGEL FERNANDO ALVAREZ SALVADOR
<b>ASESOR:</b>	INGENIERO JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CORZA
<b>TITULO:</b>	TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

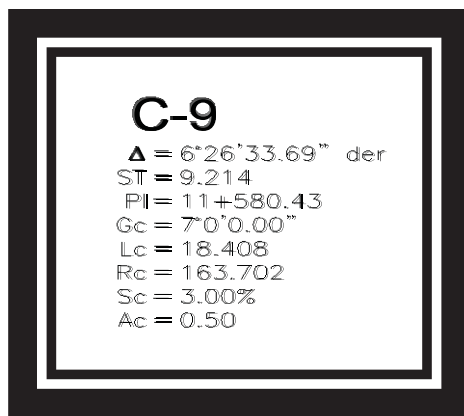
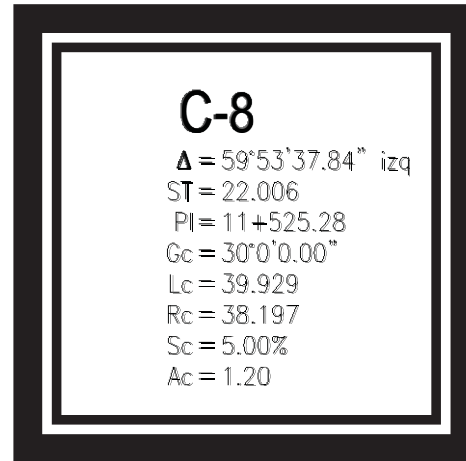
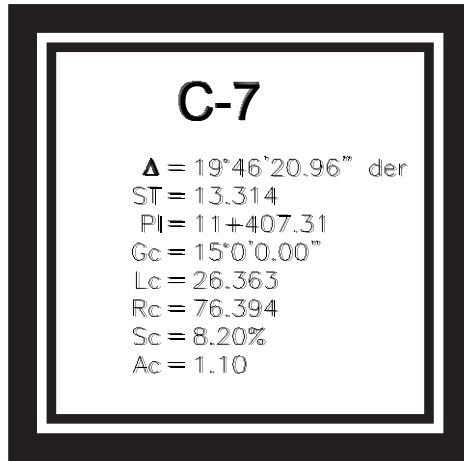
CALCULO DE CURVA 5		
TIPO DE CAMINO	TIPO ESPECIAL	
A=	64°3'13.17"	64.0536
PI=	11 + 198.42	11198.42
ESPECIFICACIONES CAMINO	2 CARRILES DE 3.5	7
TIPO PARA GRADO DE CURVATURA	MONTAÑOSO MUJ ESCARPADO	30
VELOCIDAD DE PROYECTO		40
SOBRE-ELEVACION		
ESTOS ULTIMOS VALORES SON DE TABLA		

LC=	42.7024	→	$LC = \frac{20 A}{G}$
R=	38.2	→	$R = \frac{1146}{G}$
ST=	23.8948613	→	$PT = Lc + PC$
PC=	11174.5251	→	$PC = PI - ST$
PT=	11217.2275	→	$ST = R \cdot \tan(A/2)$

**NOTA:**  
Al ser una carretera Tipo C y una velocidad de proyecto de 40km/hr no se necesita calcular sobreelevación y se pueden tomar los valores de: Le (entrada), Le (salida), Sc y Ac, ya establecidos en las normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Para su posterior revisión y de esta manera poder determinar los diferentes que componen a las 9 curvas horizontales.





Esta información se muestra gráficamente en los planos de proyecto geométrico, ubicados en los anexos.

### 5.6. Curvas verticales.

Como se menciona en la página electrónica [leiscod.atwebpages.com](http://leiscod.atwebpages.com) (2013), este tipo de curva se diseña cuando se interceptan dos tangentes, que se encuentra en forma vertical, de un tramo de carretera. Con el fin de suavizar la intersección de dos tangentes, por medio de curvas verticales, se crea un cambio gradual entre las tangentes, de este modo se genera una transición, entre una pendiente y otra, cómoda para el usuario de la vía.

Esta información se muestra gráficamente en los planos de proyecto geométrico, ubicados en los anexos.



TITULO TESIS:	DISEÑO DE UN PROYECTO GEOMETRICO DE UN TRAMO CARRETERO DEL KM 9+600 AL 11+600 DE LA CARRRETERA CHILCHOTA-HUECATO		
REALIZO:	ESTEBAN GARCIA JANACUA ANGEL FERNANDO ALVAREZ SALVADOR		
ASESOR:	INGENIERO JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CORZA		
TITULO:	TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL		
CAMINO:	CHILCHOTA - HUECATO		
TRAMO:	DEL KM 9+600 AL KM 11+600	ESTACION:	
DISEÑO:	CURVAS VERTICALES	ORIGEN: 0+000	

Aplicando la fórmula:  $Z_n = Z_o + (P_1/100 - A_1/200L)l$

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.597	0.129	9+720.140	2287.8095	60.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -0.726%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	9+690.140	2287.989	2287.989
1		9+710.140	2287.869	2287.893
2		9+730.140	2287.822	2287.847
3	PTV	9+750.140	2287.848	2287.848

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.129	-0.115	10+099.846	2288.2983	60.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 0.243%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	10+069.846	2288.260	2288.260
1		10+089.846	2288.285	2288.277
2		10+109.846	2288.287	2288.279
3	PTV	10+129.846	2288.264	2288.264



Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.115	0.312	10+360.000	2288.0000	60.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -0.426%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	10+330.000	2288.034	2288.034
1		10+350.000	2288.011	2288.026
2		10+370.000	2288.031	2288.045
3	PTV	10+390.000	2288.094	2288.094

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.312	1.045	10+779.979	2289.3093	60.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -0.733%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	10+749.979	2289.216	2289.216
1		10+769.979	2289.278	2289.303
2		10+789.979	2289.414	2289.438
3	PTV	10+809.979	2289.623	2289.623

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
1.045	2.442	11+040.000	2292.0269	60.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -1.396%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	11+010.000	2291.713	2291.713
1		11+030.000	2291.922	2291.969
2		11+050.000	2292.271	2292.318
3	PTV	11+070.000	2292.759	2292.759

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
2.442	-1.071	11+260.000	2297.3984	100.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.512%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	11+210.000	2296.178	2296.178
1		11+230.000	2296.666	2296.596
2		11+250.000	2297.154	2296.873
3		11+270.000	2297.291	2297.010
4		11+290.000	2297.077	2297.007
5	PTV	11+310.000	2296.863	2296.863

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-1.071	-12.000	11+420.000	2295.6856	100.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 10.929%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	11+370.000	2296.221	2296.221
1		11+390.000	2296.007	2295.788
2		11+410.000	2295.793	2294.918
3		11+430.000	2294.486	2293.611
4		11+450.000	2292.086	2291.867
5	PTV	11+470.000	2289.686	2289.686

Datos de curva					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-12.000	-8.951	11+540.000	2281.2856	80.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.049%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	11+500.000	2286.086	2286.086
1		11+520.000	2283.686	2283.762
2		11+540.000	2281.286	2281.591
3		11+560.000	2279.495	2279.572
4	PTV	11+580.000	2277.705	2277.705



TITULO TESIS:	DISEÑO DE UN PROYECTO GEOMETRICO DE UN TRAMO CARRETERO DEL KM 9+600 AL 11+600 DE LA CARRRETERA CHILCHOTA-HUECATO
REALIZO:	ESTEBAN GARCIA JANACUA
	ANGEL FERNANDO ALVAREZ SALVADOR
ASESOR:	INGENIERO JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CORZA



TITULO:	TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL	
CAMINO:	CHILCHOTA - HUECATO	
TRAMO:	DEL KM 7+500 AL KM 11+600	ESTACION:
		ORIGEN:
		0+000

ESTACION		deflexión	CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimuth	Descripción
KM	TIP O					
9+460.00			19.113		183° 9' 14.02"	
9+480.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+500.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+520.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+540.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+560.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+580.00			20.000		183° 9' 14.02"	
9+591.97	PC		11.971	$\alpha = 7^\circ 44' 30.03''$ der	183° 9' 14.02"	
9+600.00		0° 24' 5.15"	8.029	ST = 38.767	183° 33' 19.17"	
9+620.00		1° 24' 5.15"	28.026	PI = 9+630.74	184° 33' 19.17"	
9+640.00		2° 24' 5.15"	48.015	Gc = 2° 0' 0.00"	185° 33' 19.17"	
9+660.00		3° 24' 5.15"	67.989	Lc = 77.417	186° 33' 19.17"	
9+669.39	PT	3° 52' 15.02"	77.358	Rc = 572.958	187° 1' 29.03"	
9+680.00			10.612		190° 53' 44.05"	
9+700.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+720.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+740.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+760.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+780.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+800.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+820.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+840.00			20.000		190° 53' 44.05"	
9+859.61	PC		19.607	$\alpha = 4^\circ 21' 7.24''$ izq	190° 53' 44.05"	
9+860.00		359° 59' 24.66"	0.393	ST = 43.541	190° 53' 8.71"	
9+880.00		359° 29' 24.66"	20.392	PI = 9+903.15	190° 23' 8.71"	
9+900.00		358° 59' 24.66"	40.391	Gc = 1° 0' 0.00"	189° 53' 8.71"	
9+920.00		358° 29' 24.66"	60.386	Lc = 87.040	189° 23' 8.71"	
9+940.00		357° 59' 24.66"	80.376	Rc = 1145.916	188° 53' 8.71"	
9+946.65	PT	357° 49' 26.38"	87.019		188° 43' 10.43"	
9+960.00			13.352		186° 32' 36.81"	

9+980.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+000.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+020.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+040.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+060.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+080.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+100.00			20.000		186° 32' 36.81"	
10+108.20	PC		8.197	$\Delta = 6^\circ 27' 26.04''$ der	186° 32' 36.81"	
10+120.00		0° 35' 24.46"	11.802	ST = 32.320	187° 8' 1.27"	
10+140.00		1° 35' 24.46"	31.798	PI = 10+140.52	188° 8' 1.27"	
10+160.00		2° 35' 24.46"	51.785	Gc = 2° 0' 0.00"	189° 8' 1.27"	
10+172.77	PT	3° 13' 43.02"	64.538	Lc = 64.572	189° 46' 19.83"	
				Rc = 572.958		
10+180.00			7.230		193° 0' 2.85"	
10+200.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+220.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+240.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+260.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+280.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+300.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+320.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+340.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+360.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+380.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+400.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+420.00			20.000		193° 0' 2.85"	
10+427.48	PI		7.479	$\Delta = 2^\circ 49' 8.44''$ der	193° 0' 2.85"	
10+440.00			12.521		190° 10' 54.41"	
10+460.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+480.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+500.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+520.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+540.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+560.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+580.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+600.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+620.00			20.000		190° 10' 54.41"	

10+640.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+660.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+680.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+700.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+720.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+740.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+760.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+780.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+800.00			20.000		190° 10' 54.41"	
10+816.98	PC		16.985	$\square = 29^\circ 38' 20.12''$ izq	190° 10' 54.41"	
10+820.00		359° 37' 23.05"	3.015	ST = 60.636	189° 48' 17.46"	
10+840.00		357° 7' 23.05"	23.006	PI = 10+877.62	187° 18' 17.46"	
10+860.00		354° 37' 23.05"	42.952	Gc = 5° 0' 0.00"	184° 48' 17.46"	
10+880.00		352° 7' 23.05"	62.817	Lc = 118.556	182° 18' 17.46"	
10+900.00		349° 37' 23.05"	82.562	Rc = 229.183	179° 48' 17.46"	
10+920.00		347° 7' 23.05"	102.150		177° 18' 17.46"	
10+935.54	PT	345° 10' 49.94"	117.238		175° 21' 44.35"	
10+940.00			4.460		160° 32' 34.29"	
10+960.00			20.000		160° 32' 34.29"	
10+980.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+000.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+020.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+040.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+060.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+080.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+100.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+120.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+140.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+160.00			20.000		160° 32' 34.29"	
11+174.53	PC		14.532	$\square = 64^\circ 3' 13.17''$ der	160° 32' 34.29"	
11+180.00		4° 6' 3.57"	5.463	ST = 23.893	164° 38' 37.86"	
11+200.00		19° 6' 3.57"	24.999	PI = 11+198.43	179° 38' 37.86"	
11+217.23	PT	32° 1' 36.58"	40.513	Gc = 30° 0' 0.00"	192° 34' 10.87"	
				Lc = 42.702		
				Rc = 38.197		
11+220.00			2.766		224° 35' 47.45"	
11+240.00			20.000		224° 35' 47.45"	
11+257.34	PC		17.343	$\square = 59^\circ 31' 59.67''$ izq	224° 35' 47.45"	
11+260.00		358° 48' 15.10"	2.657	ST = 36.410	223° 24' 2.55"	
11+280.00		349° 48' 15.10"	22.538	PI = 11+293.75	214° 24' 2.55"	
11+300.00		340° 48' 15.10"	41.864	Gc = 18° 0' 0.00"	205° 24' 2.55"	
11+320.00		331° 48' 15.10"	60.159	Lc = 66.148	196° 24' 2.55"	
11+323.49	PT	330° 14' 0.17"	63.212	Rc = 63.662	194° 49' 47.62"	

11+340.00			16.509		165° 3' 47.79"
11+360.00			20.000		165° 3' 47.79"
11+380.00			20.000		165° 3' 47.79"
11+394.00	PC		13.997	$\square = 19^\circ 46' 20.96''$ de	165° 3' 47.79"
11+400.00		2° 15' 4.47"	6.002	ST = 13.314	167° 18' 52.26"
11+420.00		9° 45' 4.47"	25.878	PI = 11+407.31	174° 48' 52.26"
11+420.36	PT	9° 53' 10.48"	26.233	Gc = 15° 0' 0.00"	174° 56' 58.27"
				Lc = 26.363	
				Rc = 76.394	
11+440.00			19.640		184° 50' 8.75"
11+460.00			20.000		184° 50' 8.75"
11+480.00			20.000		184° 50' 8.75"
11+500.00			20.000		184° 50' 8.75"
11+503.28	PC		3.277	$\square = 59^\circ 53' 37.84''$ izq	184° 50' 8.75"
11+520.00		347° 27' 26.66"	16.590	ST = 22.006	172° 17' 35.41"
11+540.00		332° 27' 26.66"	35.325	PI = 11+525.28	157° 17' 35.41"
11+543.21	PT	330° 3' 11.08"	38.136	Gc = 30° 0' 0.00"	154° 53' 19.83"
				Lc = 39.929	
				Rc = 38.197	
11+560.00			16.794		124° 56' 30.91"
11+571.22	PC		11.219	$\square = 6^\circ 26' 33.69''$ der	124° 56' 30.91"
11+580.00		1° 32' 12.29"	8.780	ST = 9.214	126° 28' 43.20"
11+589.63	PT	3° 13' 16.85"	18.398	PI = 11+580.43	128° 9' 47.76"
				Gc = 7° 0' 0.00"	
				Lc = 18.408	
				Rc = 163.702	
11+600.00			10.374		131° 23' 4.60"
11+620.00			20.000		131° 23' 4.60"
11+621.95			1.950		131° 23' 4.60"

## **CONCLUSIONES.**

Se concluye que una vía terrestre es un espacio de dominio establecido y de uso público, proyectada y construida para el uso y circulación de vehículos. Se distingue de un simple camino porque está especialmente proyectada para la circulación de vehículos, y es parte fundamental para la comunicación de poblados, permitiendo un desarrollo interactivo en la zona donde la infraestructura ha ido evolucionando, mediante proyectos establecidos, ya que mejora el nivel socioeconómico de la región. Concluyendo también que una vía terrestre es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados tomando en cuenta razones de tipo económico, social y político.

Por otra parte, queda definido que un proyecto geométrico es la planeación y organización para el desarrollo de cualquier tipo de camino o carretera que se quiera realizar, tomando en cuenta las características topográficas, hidrológicas, y de drenaje donde se llevara a cabo el proyecto, para así poder plantear ideas sobre las posibles rutas y establecer la más adecuada. El proyecto geométrico tiene como base los alineamientos horizontal (curvas horizontales) y vertical (curvas verticales) que permiten definir las características geométricas que proporcionan datos que son necesarios para el desarrollo en un principio del trazo, para posteriormente llevar a cabo la realización del proyecto en la zona, el cual queda conformado por rectas unidas por curvas que se calculan por diferentes métodos que dan confiabilidad y seguridad al usuario cumpliendo con las normas y reglamentos de construcción que están establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La proyección geométrica de una determinada carretera es la base fundamental para la realización de la obra, obteniendo los datos necesarios para generar los aspectos indispensables para el desarrollo del proyecto.

Se puede concluir entonces que mediante el análisis realizado en la presente tesis de acuerdo con los resultados obtenidos del diseño del proyecto y su interpretación, se ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos planteados desde un principio. Teniendo como objetivo principal: diseñar el proyecto geométrico del tramo carretero del Chilchota–Huecato del km 9+600 al 11+600, en el municipio de Chilchota, Michoacán.

Para llevar a cabo la realización de este proyecto se utilizaron programas computacionales para tener una mayor exactitud en el diseño, principalmente Autocad y Civilcad, esta última cuenta con un módulo interno aprobado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la dependencia encargada de regular lo relacionado con vías terrestres. Con esto se pudo dar solución a la pregunta de investigación que se planteó que fue: ¿Cuál es el diseño adecuado para el proyecto geométrico del tramo km 9+600 al 11+600 de la carretera Chilchota-Huecato?, dándose como respuesta los datos obtenidos en el análisis de resultados y los planos ubicados en los anexos.

La principal finalidad de este proyecto es el beneficio de las personas que viven en estos pueblos y sus alrededores del camino, ya que mejoraría la comunicación entre ambos pueblos, siendo Chilchota la cabecera municipal de varios pueblos dentro de los cuales se encuentra Huecato, y al mismo tiempo existiría una mayor seguridad al trasladarse.



Algunas secciones del camino se modificaron por cuestión económica y para poder cumplir con las normas establecidas, por lo cual se tuvieron que hacer correcciones necesarias, y así poder cumplir con las normas, tomando en cuenta el tipo de camino que se tiene, velocidad de proyecto, entre otras cuestiones.

Con todo esto se concluye que el diseño del proyecto geométrico cumple satisfactoriamente con los requerimientos necesarios establecidos y es factible para llevarse a cabo el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍAS.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005)

Vías de Comunicación.

Ed. Limusa, México.

Mier Suárez, José Alfonso. (2007)

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de Vías de Terrestres.

Compañía Editorial Continental, México.

S. Merrit, Federick y Colaboradores. (2008)

Manual del Ingeniero Civil, Tomo II.

Ed. McGraw-Hill, 3ra Edición en español.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)

El Proceso de Investigación Científica.

Ed. Limusa, México.

Wright, Paul H. (1993)

Ingeniería de Carreteras.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Normas para Proyecto Geométrico.

México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

México.

Medina Martínez, Omar. (2011)

Diseño de Proyecto Geométrico de la carretera “El Capulín”, del tramo km 0+000 al km 2+740 en el municipio de Zitácuaro, Mich. Tesis inédita de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A.C. en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

Vargas Martínez, Omar Jerzain. (2012) Diseño del Proyecto Geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la hidroeléctrica de la CFE en Uruapan Michoacán, México. Tesis inédita de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A.C. en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

**Otras fuentes de información:**

[www.construaprende.com](http://www.construaprende.com)

[www.mexatua.net](http://www.mexatua.net)

[www.sct.com.mx](http://www.sct.com.mx)

[www.manualespdf.com](http://www.manualespdf.com)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

[www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

# ANEXOS

