



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 Y DRENAJE DEL TRAMO
CARRETERO “LOS CULTIVOS – RÍO ESCONDIDO”, DEL KM 0 +
000 AL KM 1+625 EN EL MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Adolfo Molina Duarte

Asesor:

I.C. José Antonio Sánchez Corza

Uruapan, Michoacán, 05 de Febrero del 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivo.	4
Pregunta de investigación.. . . .	5
Justificación.. . . .	6
Marco de referencia.	7

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Concepto de vías terrestres.	9
1.2. Las vías terrestres en México.	10
1.3. Ingeniería de caminos.	10
1.3.1. Caminos y carreteras.	11
1.3.1.1. Clases de caminos.	11
1.3.1.2. Clasificación de las carreteras.	13
1.3.1.2.1. Clasificación por transitabilidad	13

1.3.1.2.2. Clasificación administrativa.	14
1.3.1.2.3. Clasificación técnica oficial.	14
1.4. Redes viarias.	15
1.4.1. Clasificación tipológica.	16
1.4.2. Componentes de la red viaria.	18
1.5. Velocidad.	21
1.5.1. Velocidad de proyecto.	22
1.5.2. Métodos de medición de velocidades.	23
1.6. Volumen de tránsito.	24
1.7. Capacidad de un camino.	25
1.8. Límites de la propiedad.	26
1.9. Elementos de las secciones transversales de los caminos.	28
1.9.1. Carriles de circulación.	28
1.9.2. Pendientes transversales de las carreteras.	29
1.9.3. Acotamientos.	30
1.9.4. Elementos compositivos de una sección transversal.	31
1.9.5. Guarniciones.	33

Capítulo 2.- Proyecto geométrico.

2.1. El proyecto de carreteras.	35
2.1.2. Tipos de proyectos.	36
2.1.3. Fases operativas.	36
2.1.3.1. Estudios previos.	37
2.1.3.2. El anteproyecto.	38
2.1.3.3. El proyecto de trazado.	39
2.1.3.4. El proyecto de construcción.	40
2.2. Los usuarios de la vía.	42
2.2.1. El conductor.	43
2.2.2. Factores que afectan al conductor.	43
2.2.2.1. Tiempo de reacción.	44
2.2.3. El vehículo.	45
2.2.3.1. El peso del vehículo y su transmisión al firme.	46
2.3. Visibilidad.	50
2.3.1. Distancia de visibilidad de parada.	50
2.3.2. Distancia de visibilidad de paso.	52

2.4. Elección de ruta.	58
2.5. Reconocimiento topográfico.	58
2.6. Trazo preliminar.	61
2.7. Línea definitiva.	65
2.8. Alineaciones de carreteras.	71
2.8.1. Alineamiento horizontal.	71
2.8.1.1. Tangentes.	72
2.8.1.2. Curvas circulares.	72
2.8.1.3. Curvas de transición.	78
2.8.2. Alineamiento vertical.	81
2.8.2.1. Elementos que lo integran.	82
2.8.2.1.1. Tangentes.	82
2.8.2.1.2. Curvas verticales.	82
2.9. Sección transversal.	91
2.9.1. Elementos que la integran.	91
2.10. Materiales de construcción.	100
2.11. Pruebas para los materiales de construcción.	101
2.12. Tratamiento de los materiales.	105
2.12.1. Disgregado.	105

2.12.2. Cribado.	105
2.12.3. Trituración.	106
2.12.4. Compactación.	106

Capítulo 3.- Drenaje en las vías terrestres.

3.1. Drenaje de la carretera.	107
3.2. Clasificación del drenaje.	108
3.2.1. Drenaje natural.	108
3.2.2. Drenaje artificial.	109
3.3. Tipos de drenaje artificial.	109
3.3.1. Elementos de drenaje longitudinal.	110
3.3.1.1. Cunetas.	111
3.3.1.2. Contracunetas.	113
3.3.1.3. Canales de encauzamientos.	115
3.3.1.4. Bordillos.	116
3.4. Elementos de drenaje transversal.	116
3.4.1. Alcantarilla.	117
3.4.2. Bombeo.	118
3.4.3. Lavaderos.	118

3.4.4. Vados..	119
3.5. Consideraciones hidrológicas en el estudio del drenaje..	120
3.6. Elección de la obra.	121
3.7. Diseño hidráulico.	122
3.7.1. Cálculo del área hidráulica para puentes.	123
3.7.2. Estudios para el análisis de sección hidráulica..	125
3.8. Materiales.	126
3.9. Tipos de carga..	127

Capítulo 4.- Resumen de macro y microlocalización.

4.1. Generalidades..	128
4.2. Entorno geográfico del sitio del proyecto.	134
4.3. Breve historia de la región.	136
4.4. Orografía y clima.	136
4.5. Hidrología.	138
4.6. Flora y fauna de la región.	140
4.7. Actividades económicas de la región.	142
4.8. Red de comunicaciones.	144
4.9. Reporte fotográfico.	149

Capítulo 5.- Metodología.

5.1. Método científico.	156
5.1.1. Método matemático.	156
5.2. Enfoque de la investigación.	157
5.2.1. Alcance de la investigación.	158
5.3.- Tipo de diseño de la investigación.. . . .	159
5.3.1.- Investigación transeccional.	159
5.4.- Instrumentos de recopilación de datos.	160
5.5.- Descripción del proceso de investigación.	162

Capítulo 6.- Cálculos e interpretación de resultados.

6.1. Aforo vehicular.	163
6.1.1. Volumen promedio horario o de proyecto.	166
6.1.2. Volumen horario de máxima demanda.	167
6.1.3. Tránsito promedio diario.	167
6.2. Clasificación y tipo de camino.	168
6.3. Curvas horizontales.	169
6.4. Curvas verticales.	194

6.5. Estudios hidrológicos..	205
6.5.1. Ubicación del proyecto y datos relevantes.	205
6.5.2. Cartografía.	206
6.6. Diseño de alcantarilla..	210
6.7. Interpretación de resultados..	213
Conclusiones.	215
Bibliografía..	219
Anexos.	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

De acuerdo con Olivera (2006), los primeros caminos fueron del tipo peatonal y su aparición se remonta a los inicios del hombre ya que este era nómada y requería transportarse de un lugar a otro, posteriormente al hacerse sedentario los caminos peatonales tuvieron otras finalidades diferentes tales como la religiosa o el comercio.

Después con el desarrollo de la rueda apareció la carreta, la cual vino a disminuir el esfuerzo y el tiempo de transporte del hombre debido a que estas eran jaladas por bestias y su velocidad y capacidad de carga era mayor a la realizada por el hombre, pero con la aparición de la carreta surgió también la necesidad de acondicionar los caminos para que su tránsito se desarrollará lo más rápido posible y que las cargas que recibiera la vía se distribuyeran correctamente para evitar la ruptura estructural.

Las tribus revestían sus caminos blandos o lodazales con rocas para mejorar sus condiciones y que estos recibieran las cargas sin sufrir ruptura estructural ya que la finalidad de revestirlas era que los esfuerzos se distribuyeran en todo el camino y así las ruedas de las carretas no se incrustarán en el lodo. Así fue como los espartanos y fenicios crearon los primeros caminos de los que se tiene registro.

Con el paso del tiempo y el desarrollo de nuevos métodos de transporte como el automóvil, se requiere de caminos especializados que soporten el tránsito de los vehículos.

Según Bañón (2000), el hombre necesita comunicarse para sobrevivir y para facilitar esta comunicación se encuentran las infraestructuras de transporte: caminos, carreteras y autopistas. A través de estos medios es como se unen los pueblos y se transfieren culturas.

Las carreteras son de vital importancia en el desarrollo de cualquier sociedad y su construcción requiere de un diseño geométrico, el cual es la parte más importante del proyecto estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer de manera óptima los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética y la economía.

Al investigar en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. se encontraron diferentes tesis relacionadas con el tema diseño del proyecto geométrico y de drenaje de una carretera, las cuales se mencionan a continuación:

El alumno Dorian Vladimir Hernández Báez realizó su tesis con el título Alternativa de proyecto geométrico de la denominada “Curva del diablo” carretera Carapan-Playa azul, tramo Carapan – Uruapan km 65+000 al 66+160, del año 2008, en la cual su objetivo general fue revisar el proyecto geométrico que comprende el tramo de la curva de la curva denominada “Del Diablo”, concluyendo que fue correcta la elaboración del proyecto en estudio, por lo que se cumplió el objetivo planteado satisfactoriamente.

En la tesis titulada Diseño del proyecto geométrico de la carretera “El capulín”, del km 0+000 al km 2+740 en el municipio de Zitácuaro, Mich., elaborada por Omar Medina Martínez, en el año 2011, se encontró que su objetivo general fue diseñar el proyecto geométrico de la carretera “El capulín” del km 0+000 al km 2+740 del municipio de Zitácuaro, Mich., llegando a la conclusión de que se cumplieron todos los objetivos satisfactoriamente y se le dio respuesta a la pregunta de investigación.

La tercera tesis abordó el tema de diseño del sistema de drenaje de un tramo carretero denominado “El Papayo-Mesa de Cázares-La Ciénega” del kilómetro 6+500 al 9+500 en Taretan Michoacán, La cual fue elaborada por Apolo Godínez Arredondo, en esta tesis la problemática era solucionar las inundaciones que afectaban esta zona, la cual afectaba la transitividad, por lo cual se requería desalojar el agua de la carpeta asfáltica para que la circulación no se vea afectada durante y después de una lluvia fuerte, además de beneficiar a los usuarios principalmente contando con una carretera segura y transitable durante todas las épocas del año y en segundo lugar es reducir los costos de mantenimiento de dicho tramo carretero.

Planteamiento del problema.

En la presente tesis se busca analizar y proponer una solución para la construcción del proyecto geométrico y del proyecto de drenaje de un tramo carretero, en la cual se pueda beneficiar a los usuarios de tal forma que la carretera sea segura y transitable todas las épocas del año. Para lo cual se deberá considerar importantes aspectos entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio

ambiente, la hidrología, factores sociales y urbanísticos los cuales se determinaran con un estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía y estimar cuál puede ser el costo ambiental, económico o social de la construcción de la carretera, además de desarrollar un buen drenaje el cual sea el alma del camino, así que de esta idea se partirá para que las propuestas del diseño de drenaje y de proyecto geométrico sean la opción más favorable de manera que se pueda dar solución a la problemática de este tramo carretero, teniendo como prioridad principalmente dos aspectos los cuales son la ubicación para situar el trazado más factible de la carretera y el diseño de un drenaje que tendrá que desalojar el agua que se almacena sobre la carpeta asfáltica de forma que sea lo más breve posible, esto para evitar que la carretera disminuya la resistencia de los suelos y que se vayan presentando fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Una vez determinada la zona en la cual se ubicará el tramo carretero se tendrán que realizar estudios de campo y de laboratorio para determinar así cuales serían las condiciones y características tanto geográficas como hidrológicas de la zona donde se trazará y construirá el proyecto carretero.

Objetivo.

En esta investigación se tiene un objetivo general, así como varios objetivos particulares, los cuales se muestran a continuación:

Objetivo general.

Diseñar el proyecto geométrico y de drenaje del tramo carretero “Los cultivos – Río escondido”, del km 0 + 000 al km 1+625 en el municipio de Uruapan, Mich.

Objetivos particulares.

1. Conceptualizar el término vías terrestres
2. Obtener el aforo vehicular del tramo en estudio
3. Señalar el proceso de diseño de un proyecto geométrico
4. Determinar la velocidad de proyecto del tramo en estudio
5. Establecer la mejor alternativa de drenaje para la carretera.

Una vez conocida la problemática y recopilada la información de las características de la zona se tendrá que dar solución a la siguiente cuestión, la cual es la base del tema de investigación en este trabajo.

Pregunta de investigación.

¿Cuál es el diseño óptimo para el proyecto geométrico y de drenaje del tramo carretero “Los cultivos – Río escondido”, del km 0+000 al km 1+625 en el municipio de Uruapan, Mich.?

De la pregunta de investigación se desprenden las siguientes preguntas secundarias, las cuales se responderán conforme el desarrollo de la investigación.

1. ¿Qué comunidades están próximas?
2. ¿Cuál es la ruta más favorable?
3. ¿Cuáles son los beneficios socioeconómicos?
4. ¿Qué tipo de carretera es la más conveniente?

5. ¿Cuáles son los factores de seguridad necesarios para el diseño de proyecto geométrico y drenaje?
6. ¿Qué tipo de vehículos transitarán por el tramo en estudio?
7. ¿Cuáles son los servicios y accesos con que contará la carretera?
8. ¿Cuál es el ancho óptimo de la carpeta asfáltica?
9. ¿Cuántas obras de drenaje son necesarias en el tramo carretero?

Justificación.

La presente tesis tiene como finalidad principal servir de base para la construcción del tramo carretero “Los cultivos – Río escondido”, del km 0 + 000 al km 1+625 en el municipio de Uruapan, Mich., el cual beneficiará a la población local y vecina del lugar, proporcionándoles una mejor y eficaz forma de transportarse. Con esto se espera que la localidad y las personas que transiten por dicha carretera reduzcan los costos de transporte, además de que tengan un mayor acceso a los mercados de cultivo y de productos locales, llevar servicios básicos de salud y seguridad a la localidad y generar empleos temporales para los trabajadores de la localidad en la construcción de la carretera, lo cual beneficiará socioeconómicamente a la población.

También se beneficiará a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, por el hecho de ser una nueva aportación para el tema de vías terrestres y de esta manera los alumnos o cualquier persona podrán consultar la investigación para futuros trabajos que vayan a realizar.

Marco de referencia.

El tramo carretero a diseñar se encuentra en la ciudad de Uruapan, Michoacán, la cual es de clima templado, de exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”, se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso.

Uruapan está inmersa en el eje neovolcánico mexicano, al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km², limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

Sus principales accidentes orográficos son el cerro de la Cruz, de la Charanda y de Jicalán. Su principal sistema hidrográfico es el río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad y del cual se obtiene la mayor parte del agua potable que se utiliza en la ciudad y el río Santa Bárbara que nace en la presa de Caltzonzin y cruza el oriente de la ciudad, ambos pertenecen a la cuenca del Río Tepalcatepec y este a su vez a la región hidrográfica del Río Balsas.

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferentes altitudes en el municipio, existen cinco tipos diferentes de clima. La zona norte tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 6 a 20 °C, la zona centro y sur

tiene un promedio entre 10 y 27 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 14 a 33 °C; el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1,500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1,200 a 1,500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

Además el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, arrojó que el municipio de Uruapan cuenta con 315,329 habitantes y la ciudad de Uruapan cuenta con 264,439 habitantes lo que la coloca en el lugar 58° en el país en cuanto a población se refiere, lo que equivale a una densidad de población de 336 habitantes por km².

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordarán los temas principales que se relacionan directamente a las vías terrestres, tales como la infraestructura en México y la ingeniería de caminos, además se describirán las definiciones de carreteras y todas aquellas más necesarias para su comprensión. Se definirán las condiciones y elementos necesarios para la elaboración del proyecto geométrico, así como las especificaciones para poder cumplir con los requisitos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

1.1. Concepto de vías terrestres.

Las vías terrestres son obras de infraestructura de transporte, como lo son: carreteras, caminos, autopistas, túneles, puentes y vías férreas. De acuerdo con Olivera (2006), las vías terrestres forman parte de la infraestructura de un país, se encuentran a cargo del gobierno y contribuyen al desarrollo, debido a que una vez construidos los caminos es más fácil proporcionar el resto de los servicios a la población.

Entre los beneficios socioeconómicos generados por la construcción de estos caminos se encuentran: la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para cultivos y productos locales, un mejor acceso a la atención médica y otros servicios sociales, así como la generación de empleo temporal para trabajadores locales.

1.2. Las vías terrestres en México.

Según Olivera (2006), en la época precortesiana ya existían numerosos caminos peatonales en México, esto desde que los españoles introdujeron las cerretas y con esto la construcción de las primeras brechas o veredas gracias a fray Sebastián de Aparicio. De esta manera se comenzó una tradición caminera y una comunicación con el puerto de Veracruz, Puebla y Acapulco.

La construcción de vías férreas tuvo su auge durante la segunda mitad del siglo XIX, mientras Porfirio Díaz se encontraba en el gobierno, pero en la actualidad la actividad ferroviaria se considera un retroceso debido a la mala administración de la misma y por los altos costos que genera, por lo que ha llegado a descartarse como sistema de transporte.

La aparición de los primeros automóviles ocurrió a principios del siglo XX, los cuales vinieron a sustituir a las carretas, por lo que los caminos se modificaron con el uso de técnicas avanzadas en su construcción para poder soportar las cargas, los primeros caminos revestidos de este tipo iban de la ciudad de México a Veracruz, a Laredo y a Guadalajara, para después cubrir gran parte del país, asegurando así el tránsito de los vehículos en todo momento.

1.3. Ingeniería de caminos.

La ingeniería de caminos es considerada una ciencia, pero también un arte ya que una carretera o camino requiere lograr un balance tanto visual como funcional, es decir, que los automovilistas tengan una visión clara del paisaje y principalmente puedan transitar en una forma segura y rápida. En lo referente a lo investigado, se

puede señalar que “la ingeniería de caminos trata de las provisiones para satisfacer las necesidades públicas respecto a estos últimos; el impacto ambiental de los caminos; la planeación, el diseño, la construcción, el mantenimiento y la rehabilitación de los mismos; el acceso a éstos y la salida de ellos; los aspectos económicos y el financiamiento de su construcción; el control del tráfico y la seguridad de aquellos que usan los caminos o son afectados por el uso de los mismos.” (Merritt, Loftin y Ricketts; 2008: sección 16.1)

1.3.1. Caminos y carreteras.

Con respecto a lo señalado por Crespo (2004), un camino es una vía rural, mientras que las carreteras son caminos de características modernas que se destinan al paso de un gran número de vehículos, de tal manera que una carretera se define como una faja sobre la superficie terrestre, la cual cumple con las condiciones de alineamiento, ancho y pendiente necesarias para el tránsito adecuado de los vehículos.

1.3.1.1. Clases de caminos.

Merritt, Loftin y Ricketts (2008) señalan que los caminos pueden variar dependiendo del ambiente en donde se encuentren, desde uno sucio en un ambiente rural hasta uno pavimentado en un medio ambiente urbano. Su clasificación se basa en las características del mismo, tal como su ancho, ambiente y tipo de servicio para el que será destinado.

En general los caminos se agrupan de acuerdo al tipo de tránsito, el cual se facilita por una red caminera que se compone de tres clases principales como son: arterias, colectores y caminos locales, tal como se muestran en la figura 1.1. Las arterias proporcionan servicio directo a centros principales de la población, los colectores dan acceso directo a pueblos y se enlazan con las arterias y por último los caminos locales conectan las calles del municipio y se ligan con los colectores.

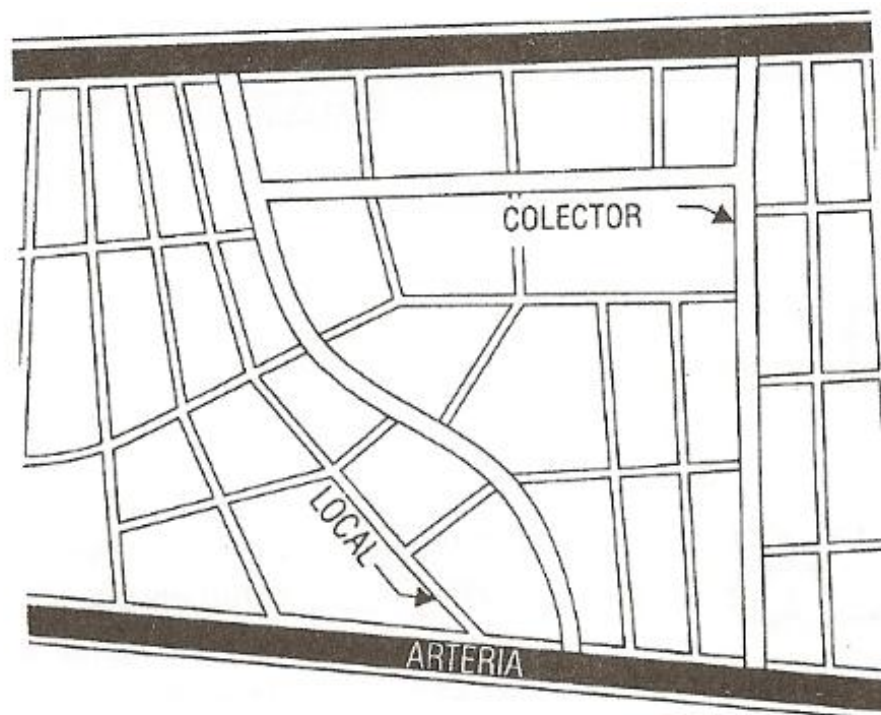


Figura 1.1. Esquema de una red suburbana con caminos locales, colectores y arterias. (Merritt, Loftin y Ricketts; 2008: sección 16.2)

1.3.1.2. Clasificación de las carreteras.

Con base en lo mencionado por Crespo (2004), las carreteras se clasifican de manera diferente en distintos lugares del mundo pudiendo coincidir con las clasificaciones de otros países, en México se clasifican de tres formas: por su Transitabilidad, por su Aspecto Económico y por Técnica Oficial.

1.3.1.2.1. Clasificación por transitabilidad.

Corresponde a las etapas de construcción de la carretera, subdividiéndose en:

1. Terracerías: este tipo de carretera se construye hasta la subrasante (terreno natural, cortado y nivelado), siendo transitable únicamente en tiempo de secas.
2. Revestida: cuando la subrasante se ha mejorado con una capa de material granular, siendo transitable todo el tiempo.
3. Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha aplicado una capa de material granular mejorado con adhesivos aglutinantes (pavimento).

La clasificación anterior se representa cartográficamente de la siguiente manera:

	Terracerías
	Revestido
	Pavimentado

1.3.1.2.2. Clasificación administrativa.

Las carreteras de acuerdo a su construcción y quien se encuentre a cargo de ellas se clasifican en:

1. Federales: son costeadas en su totalidad por la Federación, por lo que se encuentran a su cargo.
2. Estatales: son construidas con la cooperación del 50% aportado por el Estado y el otro 50% por la Federación, estas carreteras quedan a cargo de las Junta Locales de Caminos.
3. Vecinales o rurales: son construidas con una aportación de una tercera parte de su valor a cargo de los vecinos beneficiados, otra tercera parte la Federación y el tercio restante el Estado, quedando a cargo de su construcción y conservación las Juntas Locales de Caminos o Sistema de Caminos.
4. De cuota: están a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos, autopistas o carreteras son concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo recuperada la inversión con cuotas de paso.

1.3.1.2.3. Clasificación técnica oficial.

En esta clasificación se distinguen las condiciones físicas de un camino, es decir, se toma en cuenta el volumen de tránsito final del periodo económico de sus últimos 20 años y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la SCT clasifica técnicamente las carreteras en:

1. Tipo especial: para un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) superior a 3,000 vehículos, que equivalen a un tránsito horario máximo de 360 vehículos o más, estas carreteras requieren de 2 a 4 carriles de corona por sentido.
2. Tipo A: para un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, es decir, un tránsito horario máximo de 180 a 360 vehículos.
3. Tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo de 60 a 180 vehículos.
4. Tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos y un tránsito horario máximo de 6 a 60 vehículos.

1.4. Redes viarias.

Según Bañón (2000), una red viaria es un conjunto de caminos y carreteras que existen en un área determinada, como lo es una ciudad o una región y que permite el desplazamiento de los vehículos entre dos puntos de la misma, se pueden diferenciar dos tipos de redes: las redes viarias urbanas y las interurbanas.

Existen grandes diferencias entre ambas redes: en las redes interurbanas o comúnmente conocidas como carreteras, predomina el tráfico de vehículos en detrimento del peatonal, por lo que existen menores problemas de disposición de suelo, una mayor libertad de trazado y una disposición más espaciada de enlaces para intersecciones entre vías.

Por el contrario las redes urbanas están formadas en su mayoría por calles que permiten la circulación tanto de vehículos como de peatones, predominan las intersecciones y los puntos de acceso entre calles. Las características principales de cada red se muestran en el cuadro 1.1.

Características de las redes urbanas e interurbanas

Redes interurbanas	Redes urbanas
<ul style="list-style-type: none"> - Mayor libertad de trazado - Ausencia casi total de circulación peatonal - Empleo de enlaces, dispuestos más espaciadamente - Accesos más restringidos desde el exterior - Redes de larga distancia 	<ul style="list-style-type: none"> - Condicionadas por el espacio - Dos tipos de circulación: peatonal y de vehículos - Abundancia de intersecciones, generalmente a nivel - Multitud de accesos desde el exterior - Redes de corta distancia

Cuadro 1.1. Resumen de las características de las redes urbanas e interurbanas. (Bañón; 2000: sección 4.2)

1.4.1. Clasificación tipológica.

De conformidad con Bañón (2000), las vías interurbanas o carreteras se clasifican en función de las características y exigencias para las cuales han sido proyectadas. En México se clasifican en cuatro tipos: autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales, tal y como se muestran en la figura 1.2.

- a) Autopistas: carreteras construidas y señalizadas para la circulación de automóviles, cumpliendo los siguientes requisitos:

- Control total de acceso, existiendo solo accesos puntuales y localizados.
 - Inexistencia de cruces a nivel con otra vía, línea férrea o senda.
 - Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación separadas entre sí por una franja de terreno no destinada a la circulación.
- b) Autovías: vías de características análogas a la autopista y que cumplen los siguientes requisitos:
- Disponen de distintas calzadas para cada carril.
 - No cruzan a nivel ninguna otra vía, línea de ferrocarril o tranvía.
 - No son cruzadas a nivel por sendas.
 - Tienen limitación de acceso a propiedades colindantes.
 - Pueden estar señalizadas como tales.
- c) Vías rápidas: son carreteras que constan de una sola calzada para ambos sentidos de circulación y que cumplen los siguientes requisitos:
- Tienen limitación de acceso a propiedades colindantes.
 - No cruzan a nivel ninguna otra vía.
 - No son cruzadas a nivel por sendas.
 - Pueden estar señalizadas como tales.
- d) Carreteras convencionales: constan de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes. Éste grupo es el más heterogéneo encontrándose carreteras bien proyectadas geométricamente que permiten altas velocidades y otras de trazado más estricto para un tráfico escaso a velocidades más reducidas.



Figura 1.2. Autopista, vía rápida y carretera convencional.

(Bañón; 2000: sección 4.3)

1.4.2. Componentes de la red viaria.

Como refiere Bañón (2000), toda infraestructura viaria está integrada por distintos elementos independientes relacionados entre sí, se pueden distinguir tres grupos principales: obras de tierra, afirmados y obras de fábrica.

- 1) Obras de tierra: son aquellas con las que se acondiciona el terreno para la posterior construcción de la vía, dentro de las obras de tierra se distinguen dos tipos, el desmonte o corte y el terraplén, figura 1.3. El corte es la excavación del terreno existente para alojar la carretera, mientras que el terraplén es el relleno de tierras en zonas de cota inferior a la prevista en el proyecto.

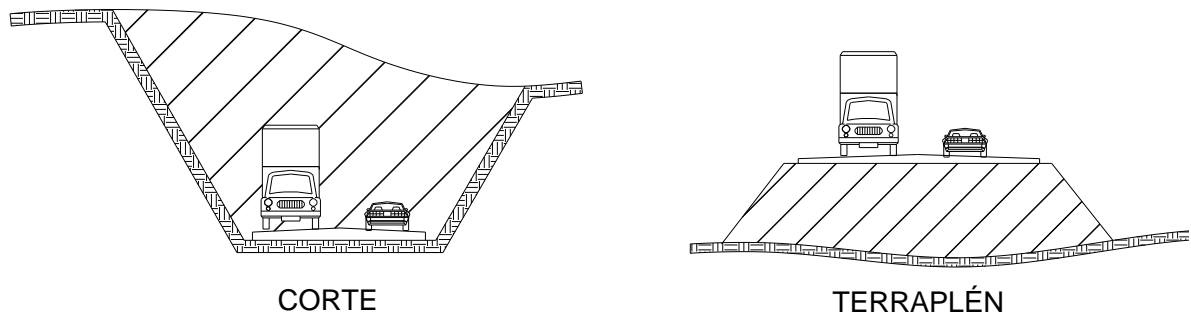


Figura 1.3. Representación esquemática de corte y terraplén. (Bañón; 2000: sección 4.3)

2) Afirmados: el firme es la zona de la carretera destinada al tránsito de vehículos, se compone de diversas capas, cada una de ellas destinada a cumplir una función destinada, tipológicamente se distinguen tres tipos de firmes que se utilizan en las redes viarias:

- Flexibles o deformables: sus capas superficiales se componen de mezclas bituminosas o asfálticas, lo que le proporciona a la estructura propiedades elasto-plásticas, es el más usado en la actualidad en la construcción de carreteras, en la figura 1.4.
- Rígidos o elásticos: sus capas superficiales están compuestas por concreto hidráulico, este material dota a la estructura de mayor rigidez y de características elásticas, se usan principalmente en la construcción de autopistas, autovías y firmes especiales, figura 1.4.
- Mixtos: es una combinación de los dos anteriores, constan de una losa de concreto sobre la que se apoyan capas de aglomerado asfáltico. La ventaja de estos firmes es su menor generación de ruido, por lo que,

producen menor contaminación acústica al entorno, son recomendables en zonas urbanas.

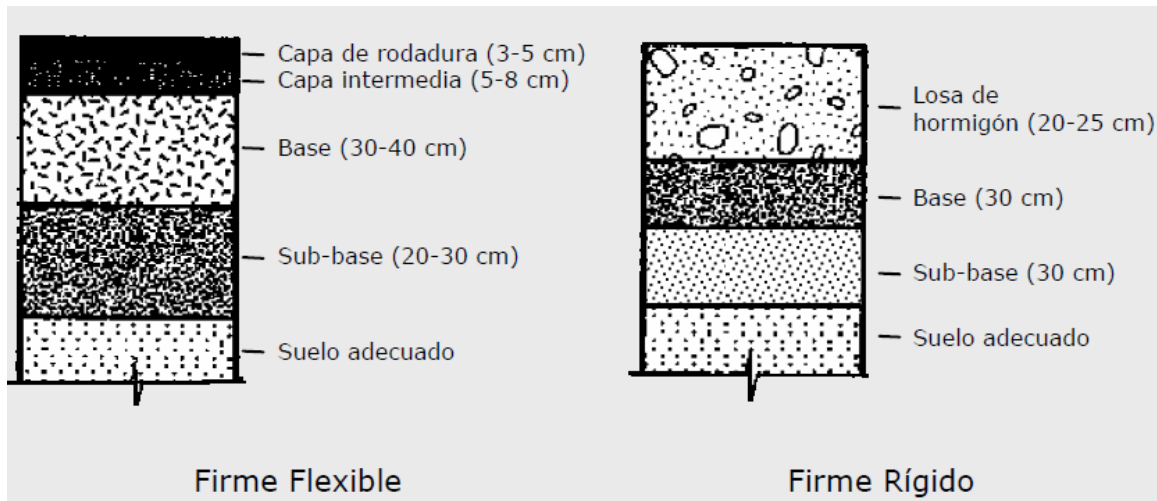


Figura 1.4. Estructura de los firmes más usuales, se indican las capas de mejoramiento y los espesores de las mismas. (Bañón; 2000: sección 4.3)

3) Obras de fábrica: es toda construcción hecha con piedra, ladrillo, hormigón y materiales pétreos, que forman parte de un camino. Se pueden distinguir las siguientes:

- Cunetas: son canales de sección trapecial adosados a ambos lados del camino, su función es recoger, canalizar y evacuar las aguas pluviales.
- Túneles: estas obras abren una vía de paso directa a través de un obstáculo natural, generalmente elevaciones de terreno, de esta forma se evita el rodear dicho obstáculo.
- Viaductos o puentes: son obras de paso sustentadas en sus extremos o con soportes intermedios, se emplean por lo general para salvar obstáculos, como ríos, barrancos o una calzada de carretera de vía

rápida. Su función es permitir el tránsito de personas, animales o vehículos.

- Obras pequeñas de paso: permiten el paso de carruajes, peatones, conducciones, servicios o corrientes de agua por debajo del camino, entre estas obras se encuentran los caños, alcantarillas y pozos.

1.5. Velocidad.

Crespo (2004), define la velocidad como la relación entre el espacio que recorre un cuerpo en movimiento y el tiempo que tarda en recorrerlo, es decir, velocidad es igual a distancia entre tiempo $V= d/t$, fórmula que aplica para velocidad constante. Debido a que la velocidad se desarrolla en un vehículo y éste a su vez es conducido por una persona en condiciones diversas tanto del automóvil como del ambiente se dice que la velocidad varía constantemente, lo que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Con lo anterior se deduce que a mayor velocidad del vehículo menor será el tiempo de recorrido del mismo, ya que el tiempo de recorrido está en función de la velocidad, por lo tanto, el incremento de velocidades establece un ahorro de tiempo, pero aumenta el consumo de combustible del vehículo, se recomienda una velocidad de 90 km/hora para tener un óptimo rendimiento del motor.

1.5.1. Velocidad de proyecto.

Una de las limitantes que se tiene al efectuar un proyecto carretero, es la velocidad del proyecto, la cual consiste en establecer límites de velocidad a los conductores, los mismos que representan seguridad para los vehículos que transitan por dicha carretera.

“La velocidad de proyecto o velocidad directriz es aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional.” (Crespo; 2004: 6)

Es de gran importancia determinar la velocidad de proyecto ya que todos los elementos de un camino deben calcularse en función de ésta, además es un indicador primordial del costo del camino, por ello debe limitarse para obtener costos bajos. En la tabla 1.1, se muestran las velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES				
TOPOGRAFÍA				
TIPO DE CAMINO	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa pero muy escarpada
Tipo Especial	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
Tipo A	70	60	50	40
Tipo B	60	50	40	35
Tipo C	50	40	30	25

Tabla 1.1. Velocidades de proyecto recomendadas por la SCT para cada tipo de camino, según la topografía del terreno. (Crespo; 2004: 6)

1.5.2. Métodos de medición de velocidades.

Partiendo de lo dicho por Crespo (2004), se dice que para efectuar la medición de velocidades en una vía transitable de vehículos se recomienda que se hagan divididas en tres partes, cada medición constando de una hora, de tal forma que se tome una hora entre las 9 y las 12 horas, otra entre las 15 y las 18 horas y una última entre las 20 y las 22 horas. Los métodos más usuales para medir la velocidad son tres: el método del cronómetro, el método del enoscopio y el método del radar.

1. Método del cronómetro: es el más antiguo y económico, se usa un cronometro para medir el tiempo en que un vehículo tarda en recorrer una distancia determinada entre 30 y 100 metros previamente marcada en el pavimento con dos rayas, la velocidad será igual a la distancia recorrida por el vehículo entre el tiempo empleado en recorrerla.
2. Método del enoscopio: son cajas en forma de L, abierta en dos partes y con un espejo colocado en su interior a 45° con las paredes de la caja, lo que le permite al observador tener una visual de 90° con respecto a su posición. Se coloca en un extremo a determinada distancia del observador, con un brazo de la L apuntando hacia el paso del vehículo y otro hacia el observador, cuando el observador percibe la imagen reflejada del paso del vehículo pone en marcha el cronómetro y lo detiene hasta que dicho vehículo pasa frente a él, tal y como se muestra en la figura 1.5. En ocasiones cuando el tránsito es muy intenso se escoge un vehículo de cada 4 ó 5.

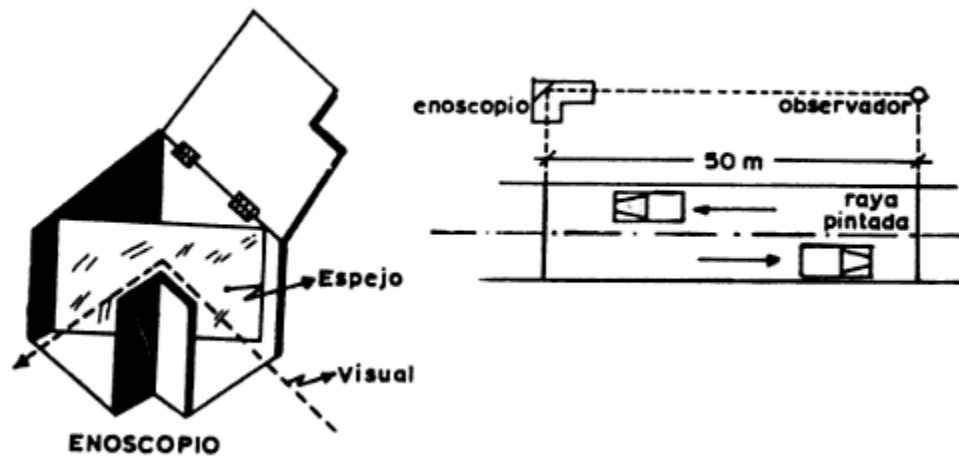


Figura 1.5. Método de medición de velocidades usando el enoscopio.

(Crespo; 2004: 8)

3. Método del radar: se trata de un aparato que emite ondas de alta frecuencia que rebotan en el vehículo que se acerca, al regresar la onda, ésta se registra en el aparato, el cual, indica la velocidad del vehículo dependiendo de la intensidad de la onda.

1.6. Volumen de tránsito.

Con respecto a lo señalado por Crespo (2004), el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido, las unidades empleados son: vehículos por día o vehículos por hora. El Tránsito Promedio Diario (T.P.D.), es el promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un año, se emplea para los estudios económicos de la vía y para efectuar distribuciones de fondos. Para proyectar los aspectos geométricos de un camino se emplean los volúmenes horarios máximos, los cuales resultan de dividir el número de vehículos que pasan por un determinado punto en un

periodo, a estos volúmenes horarios máximos también se les denomina volumen directriz, en México este volumen equivale al 12% del T.P.D.

1.7. Capacidad de un camino.

Crespo (2004), menciona que el tipo de tránsito y el volumen del mismo influyen de manera decisiva en el proyecto de un camino, ya que afecta a la parte geométrica. La capacidad práctica de trabajo de un camino es el volumen que alcanza antes de congestionarse o antes de perder la velocidad estipulada.

La manera de conocer la capacidad de un camino existente es por medio de conteos horarios que indican el volumen y el tipo de tránsito, pero para un camino que apenas se va a proyectar se deben llevar a cabo estudios geográficos, físicos, socioeconómicos y políticos de la región para obtener los datos con los cuales proyectar. Para el conteo de vehículos se usan generalmente dos métodos: el conteo manual y conteo automático.

El método de conteo manual consiste en que una persona se coloque a un lado de la vía transitable para contar los vehículos que transitan por dicha vía en ambos carriles en un determinado tiempo, generalmente una hora, se realizan conteos en diferentes horarios y diferentes días. El método de conteo automático consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, éste se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo, sobre el tubo se generan impulsos de aire, lo cual le permite al aparato contar el número de ejes que pasan por el camino, sin embargo tiene la desventaja de no clasificar los vehículos por tipo.

La capacidad de un camino se mide en vehículos por hora y por carril o en vehículos por hora por ambos carriles, es posible determinar la capacidad teórica de un camino, es decir la cantidad de vehículos que pueden transitar por el mismo, tomando en cuenta velocidades promedio entre 70 y 80 km/hora y separaciones entre vehículos de aproximadamente 30 metros, de lo anterior se obtiene una cifra cercana a los 1000 vehículos por hora, de tal manera que la fórmula para obtener la capacidad teórica queda de la siguiente manera: $Q= 1000V/S$, donde V es la velocidad media de los vehículos y S es la separación media entre ellos.

Existen capacidades prácticas de trabajo ya establecidas de acuerdo a la experiencia en caminos de tres, cinco y más carriles, en caminos con vías de 3.66 metros de ancho, condiciones excelentes de alineamiento y velocidades promedio entre 70 y 80 km/hora, se obtuvieron las siguientes capacidades prácticas máximas de trabajo:

- Camino de dos carriles: 900 vehículos/hora.
- Camino de tres carriles: 1500 vehículos/hora.
- Camino de cuatro o más carriles: 1000 vehículos/hora, por carril, en los carriles en la dirección de mayor movimiento.

1.8. Límites de la propiedad.

Con base a lo mencionado por Bañón (2000), la ley de carreteras divide el espacio afectado por una infraestructura vial en diversas zonas, las cuales son: zona de dominio público, zona de servidumbre, zona de afección y línea límite de edificación, como se ilustra en la figura 1.6.

1. Zona de dominio público: es la zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, compuesta por cierto número de carriles. Dentro de esta zona se encuentra la calzada, la cual descansa sobre la plataforma o zona allanada del terreno. La zona de dominio público comprende los espacios ocupados por la carretera y sus elementos funcionales, además de una franja de terreno de 8 metros en autopistas, autovías y vías rápidas y de 3 metros en carreteras comunes.
2. Zona de servidumbre: está formada por dos franjas de terreno paralelas a la carretera, delimitadas por la zona de dominio público y las aristas exteriores de la explanación, esta zona se usa para ubicar los servicios propios o complementarios de la carretera, su ancho va de los 25 metros en autopistas y vías rápidas y 8 metros en carreteras convencionales.
3. Zona de afección: está constituida por dos franjas de terreno paralelas al eje de la carretera, delimitadas por la zona de servidumbre y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, 100 metros distantes de ellas en autopistas y vías rápidas y 50 metros en carreteras convencionales. Es una zona privada, restringida al paso y a la publicidad.
4. Línea límite de edificación: se sitúa por regla general a 50 metros de la arista exterior de la calzada en autopistas y vías rápidas y a 25 metros en carreteras convencionales, en esta zona no podrá efectuarse ningún tipo de obra de construcción.

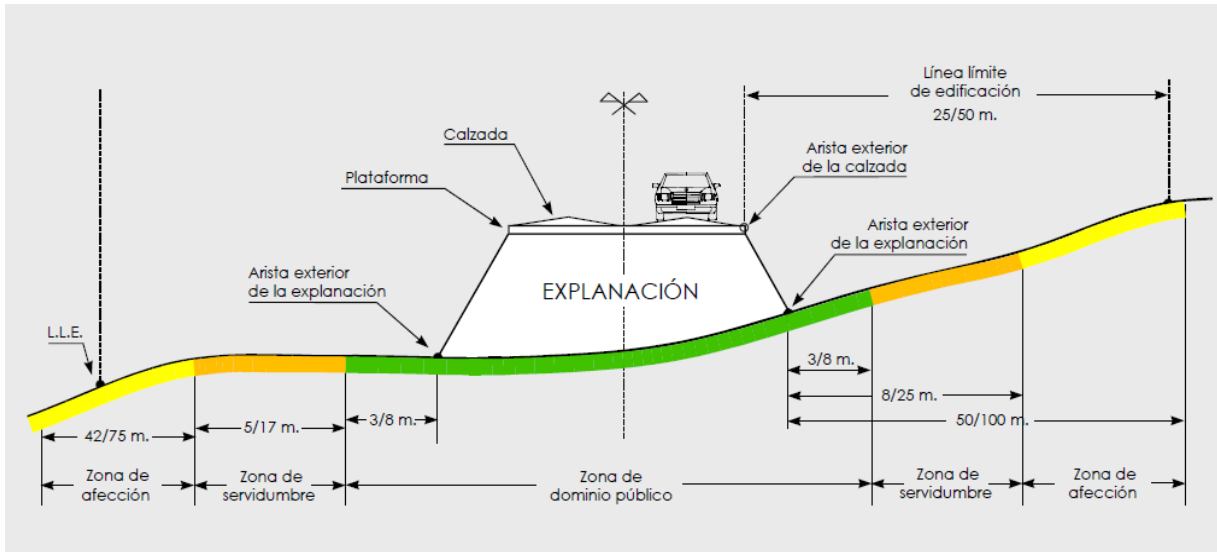


Figura 1.6. Límites de la propiedad. (Bañón; 2000: sección 4.8)

1.9. Elementos de las secciones transversales de los caminos.

De acuerdo con Merritt, Loftin y Ricketts (2008), la configuración geométrica de un camino típico comprende tres componentes principales: la configuración geométrica de la sección transversal, la configuración geométrica horizontal y la configuración geométrica vertical.

1.9.1. Carriles de circulación.

Retomando lo dicho por Merritt, Loftin y Ricketts (2008), los carriles de circulación son la sección de la carretera sobre la que circula el tráfico. Los parámetros que definen al carril de circulación son: el número de carriles, el ancho, las pendientes transversales y las características de la superficie pavimentada y su resistencia al patinaje.

Los carriles de circulación tienen anchos que van desde los 9 ft hasta los 13 ft, el ancho seleccionado tiene un efecto significativo sobre la capacidad del camino y también en la seguridad del mismo. El número de carriles para la mayoría de las carreteras es de tres en una dirección como máximo, aunque en ciertas situaciones pueden suministrarse hasta cuatro en una dirección, la cantidad de carriles se debe basar en el volumen de diseño del tráfico.

1.9.2. Pendientes transversales de las carreteras.

Según Merritt, Loftin y Ricketts (2008), los caminos con dos carriles o más tienen una pendiente desde el centro del camino o punto más alto hacia los bordes opuestos u hombros de la carretera, a esta pendiente se le conoce como bombeo del camino, el cual puede ser unidireccional o de pendientes transversales opuestas.

La función principal del bombeo es drenar la carretera del exceso de agua y así evitar la erosión de la misma, los dos tipos de bombeo tienen sus ventajas y desventajas, las pendientes transversales opuestas tienen la ventaja de drenar la carretera con rapidez durante una tormenta intensa, sin embargo, requieren de instalaciones de drenaje a ambos lados de la misma. Las pendientes transversales unidireccionales drenan con mayor lentitud, pero tienen la ventaja de permitir la consolidación de las instalaciones de drenaje a lo largo de uno de los bordes de la carretera, por consecuencia se reducen costos de construcción y mantenimiento.

En general la pendiente seleccionada depende del tipo de pavimento que se use. “La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) recomienda una pendiente transversal de 1.5 a 2% para carreteras con

pavimentos de alta calidad, de 1.5 a 3% para pavimentos de calidad intermedia y del 2 al 6%, para pavimentos de baja calidad.” (Merritt, Loftin y Ricketts; 2008: sección 16.5)

1.9.3. Acotamientos.

Con respecto a lo mencionado por Merritt, Loftin y Ricketts (2008), un acotamiento es aquella parte del camino entre el borde de la vía transitada y el borde de una guarnición, un talud interior o una obra de drenaje como una cuneta o canal. Se diseña como estacionamiento temporal de vehículos, para dar lugar a detenerse por alguna emergencia o desperfecto del vehículo, también sirve de apoyo lateral de la base y las capas superficiales, además deben ser capaces de sostener el arranque, la detención y el movimiento de vehículos sin que lleguen a formarse baches apreciables.

Según Crespo (2004), es aconsejable que los acotamientos estén cubiertos o pavimentados hasta el riego de impregnación, de esta manera se le otorga una protección a la vía y además una sensación de mayor seguridad al conductor. Como condición perfecta se recomienda un ancho de acotamiento de 1.84 m por sentido, en una sección transversal de camino de 3.66 m por vía de circulación pavimentada, en la tabla 1.2, se muestran los anchos de acotamiento recomendables para los diferentes tipos de caminos.

SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAMINO

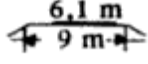
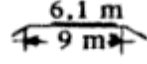
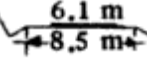
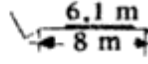
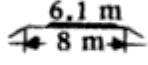
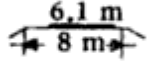
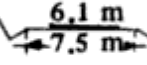
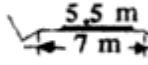
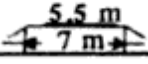
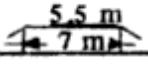
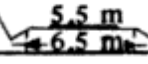
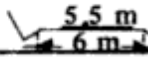
TIPO DE CAMINO	TOPOGRAFÍA			
	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa, pero muy escarpada
Tipo especial	Requiere estudio especial			
Tipo A				
Tipo B				
Tipo C				

Tabla 1.2. Secciones transversales de una carretera con anchos de acotamiento recomendables para cada tipo de camino. (Crespo; 2004: 41)

1.9.4. Elementos compositivos de una sección transversal.

De acuerdo con Bañón (2000), los elementos principales que componen una sección transversal son los siguientes:

- **Plataforma:** es la zona de la vía destinada al paso de vehículos, se compone de la calzada y arcenes.
- **Calzada:** se destina a la circulación normal de vehículos, pudiendo ser de único o doble sentido de circulación y se compone de un determinado número de carriles.
- **Arcén:** franja longitudinal contigua a la calzada, no destinada al paso de vehículos, salvo en circunstancias excepcionales.
- **Berma:** es la zona longitudinal de la carretera que se ubica entre el borde exterior del arcén pavimentado y la cuneta o terraplén, por lo general se usa

para señalización, iluminación, balizamiento, comunicaciones o instalación de barreras de seguridad.

- Mediana: es la franja longitudinal del terreno no destinada a la circulación, su función es separar dos calzadas con distintos sentidos de circulación, tiene anchuras variables y puede contener barreras separadoras de tráfico.
- Cunetas: conductos de sección por lo general triangular diseñados para captar, transportar y evacuar las aguas pluviales, se sitúan en los extremos de la vía.

En la siguiente figura 1.7, se muestran los elementos que componen a la sección transversal de un camino.

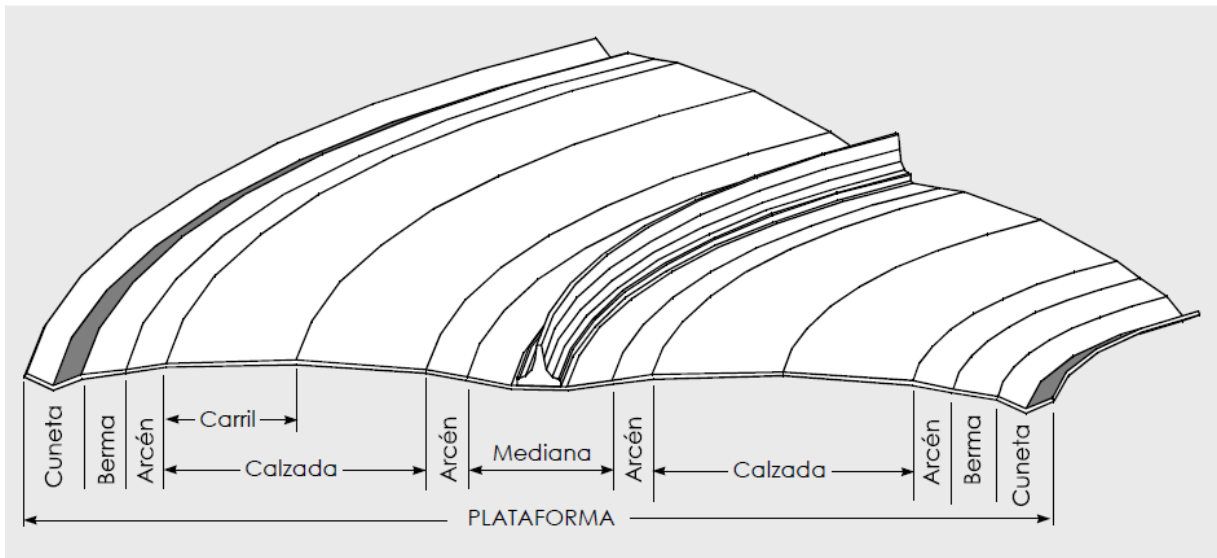


Figura 1.7. Elementos que conforman la vía. (Bañón; 2000: sección 4.11)

1.9.5. Guarniciones.

Retomando lo dicho por Merritt, Loftin y Ricketts (2008), una guarnición es un elemento elevado que se usa para denotar el borde de una carretera, las cuales se pueden construir de cemento portland o concreto bituminoso, de granito u otro material duro, además, tienen la función de controlar el drenaje, reducir el derecho de vía, mejorar la apariencia, delinear las vías de los peatones y reducir las operaciones de mantenimiento. Las guarniciones se clasifican principalmente en dos tipos: parapeto y factibles de subirse, ambos tipos se ilustran en la figura 1.8.

- Parapetos: la finalidad principal del parapeto es prevenir o limitar la posibilidad de que un vehículo se salga de la carretera, por lo que se construye con una altura típica de 6 a 9 pulgadas y dándole una cara empinada con un escarpe no mayor de 1 pulgada en la horizontal a 3 en la vertical. Por lo general se usan en túneles y carreteras de baja velocidad, debido a que representan un riesgo para los vehículos que viajan a altas velocidades.
- Guarniciones factibles a subirse: la ventaja principal de estas guarniciones es que los vehículos las pueden cruzar cuando sea necesario, ya que son relativamente bajas y tienen caras con poca inclinación, pueden ser colocadas a lo largo de bordes medianos para delinear islas, sin embargo al igual que los parapetos no deben ser colocadas en carreteras de alta velocidad.

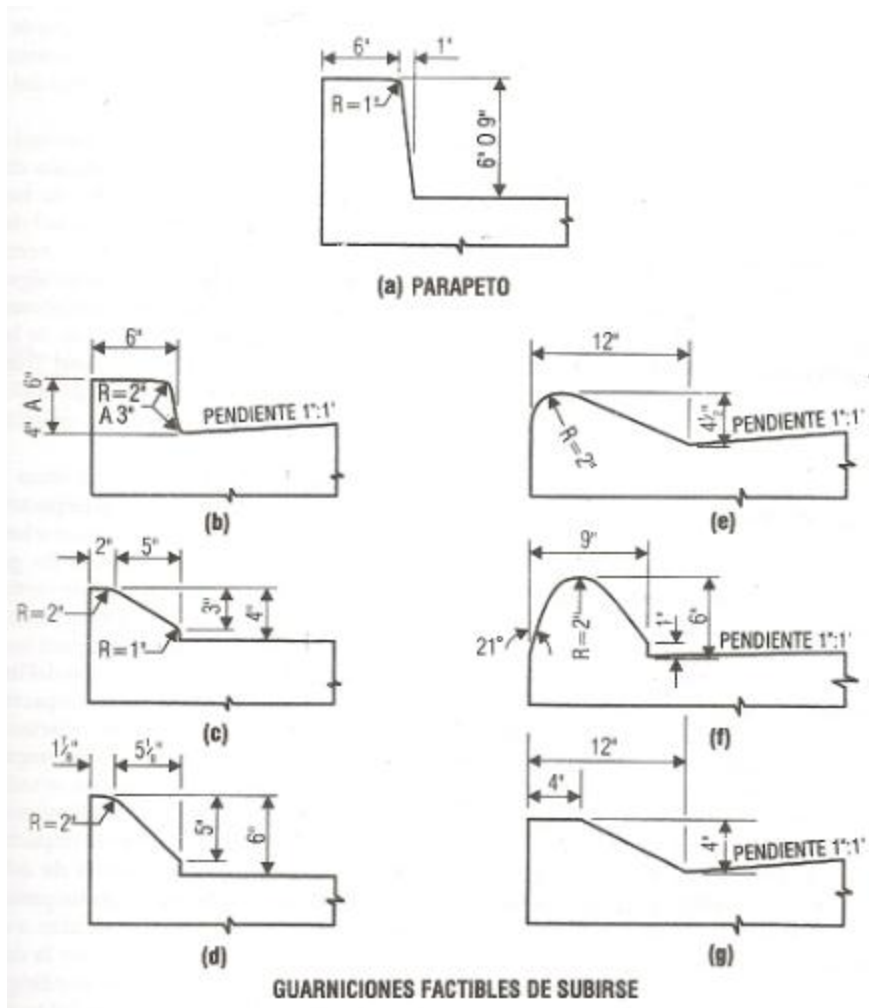


Figura 1.8. Guarniciones típicas de carreteras: parapetos y guarniciones factibles de subirse. (Merritt, Loftin y Ricketts; 2008: sección 16.9)

CAPÍTULO 2

PROYECTO GEOMÉTRICO

En este capítulo se darán a conocer los factores, normas y requerimientos para llevar a cabo el diseño de un proyecto geométrico de una carretera, así como las especificaciones para cumplir con los requisitos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Se definirán las componentes del trazo de una red viaria y sus alineaciones horizontales y verticales, además de la importancia de tomar en cuenta a los usuarios de la vía para el diseño de la misma.

2.1. El proyecto de carreteras.

Con respecto a lo mencionado por Bañón (2000), son muchos los factores que deben considerarse para proyectar una carretera, entre los que destacan el económico, geográfico, político y el estratégico, estos factores se van considerando a lo largo de las distintas etapas, cada una de ellas se apoya en la anterior para seguir avanzando, de esta manera se van descartando o matizando las posibles soluciones, así hasta obtener el proyecto, el cual, es el pilar fundamental sobre el que se asienta la realización de cualquier tipo de obra, en él se reflejan y establecen todas sus características y dimensiones, se dan las precisas instrucciones para su construcción, indicándose además los materiales apropiados y las unidades que la componen.

2.1.2. Tipos de proyectos.

Bañón (2000), clasifica los proyectos de la siguiente manera:

- a) Proyecto de nuevo trazado o diseño geométrico: son aquellos cuya finalidad es definir una vía de comunicación no existente.
- b) Proyectos de acondicionamiento: son los que se realizan para hacer modificaciones en las características geométricas de una vía existente.
- c) Proyectos de mejoras locales: su propósito es adecuar determinados puntos de la vía que presentan problemas de funcionalidad.

2.1.3. Fases operativas.

Menciona Bañón (2000), que la carretera como vía proyectada no sólo se limitará al traslado de vehículos de un punto a otro, sino que deberá hacerlo asegurando las máximas condiciones de seguridad y comodidad a sus usuarios, así como integrándose en el paisaje por el que transcurre.

Para abordar la realización del proyecto de diseño de una carretera deben plantearse tres fases operativas: la primera es estudiar el problema que quiere resolverse, recopilando los datos necesarios; la segunda es plantear una serie de posibles soluciones al problema; generalmente deben plantearse más de una y, por último, la tercera es realizar un análisis de cada una de ellas estableciendo su idoneidad y estudiando los problemas a corto y largo plazo que puedan generarse en cada una de ellas. Las fases de desarrollo del proyecto se clasifican en: estudios previos, anteproyecto, proyecto de trazado, proyecto de construcción, proyectos modificados y proyectos complementarios.

2.1.3.1. Estudios previos.

Por lo general el proyecto de una carretera comienza con un estudio de viabilidad del proyecto, en donde se justifica la necesidad de la construcción de dicha vía mediante un análisis de la demanda existente o la necesidad de mejorar o descongestionar un tramo determinado, una vez declarado viable el proyecto se realizan diferentes estudios previos a la realización del proyecto definitivo y cuyo principal objetivo es la planificación general de la obra. Entre estos estudios cabe destacar los siguientes:

1. Estudios de planeamiento: en él se define el esquema de desarrollo vial de la carretera para un determinado año horizonte, así como sus características y dimensiones recomendables, necesidades del suelo y otras limitaciones a la vista del planeamiento territorial y del transporte. También se estudian factores urbanísticos y socioeconómicos de la zona por donde se pretende construir la vía, este estudio se realiza para que los municipios afectados eviten la construcción de cualquier otro tipo de obra en la zona afectada por el trazo viario.
2. Estudios técnicos previos: sirven para recopilar la mayor cantidad de información posible acerca de la zona afectada por la obra, pudiendo así plantear los posible trazados o variantes valorando los posibles efectos derivados de su construcción. Estos estudios se centran en la topografía, geología, geotecnia, pluviometría y desarrollo urbano de la zona, además de realizarse una relación de terrenos a expropiar de cara al análisis económico del proyecto.

3. Estudio informativo: se forma por varios documentos que definen el trazado y las características de la carretera, todos ellos sometidos a un plazo de exposición pública para que cualquier ciudadano implicado pueda interponer posibles alegaciones y estas se puedan estudiar para modificar o no el trazado de la carretera, según considere oportuno la autoridad competente.

2.1.3.2. El anteproyecto.

El anteproyecto se plantea como una forma más elaborada aunque no definitiva del proyecto de carreteras, su objetivo es el análisis detallado de las posibles variantes o trazados alternativos de la vía. Las variantes se hacen de acuerdo a la topografía de la zona, la disponibilidad de los terrenos y su aptitud geotécnica, el posible impacto ambiental generado tanto en la fase de construcción como en la de servicio de la obra y sobre estos el criterio económico. El anteproyecto consta de los siguientes documentos:

1. Memoria: en ella se exponen las necesidades a satisfacer por la obra, así como la descripción de los elementos funcionales de la misma, los factores que intervienen en el desarrollo del proyecto; sociales, ambientales y técnicos.
2. Anejos a la memoria: en él se incluyen los documentos justificativos de las conclusiones adoptadas en la memoria, tales como los estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, medioambientalistas y cualquier otro que se considere oportuno.
3. Condiciones establecidas en el estudio de impacto ambiental: en este documento se incluyen las conclusiones del estudio de impacto ambiental de

la carretera, es decir, las ventajas e inconvenientes de cada uno de los posibles trazados o dicho de otro modo las medidas correctoras a adoptar en cada caso.

4. Planos: deben realizarse a una escala no inferior a 1:5000, tanto en planta como en alzado. Las obras de fábrica adoptarán escalas desde 1:100 a 1:20, es decir, lo suficiente como para que la obra quede totalmente clara y definida.
5. Presupuesto: debe tener mediciones aproximadas y valoración de las obras, para tener una idea del orden de magnitud económica del mismo.
6. Posible descomposición del anteproyecto en proyectos parciales: se analiza la posibilidad de redactar varios proyectos parciales de la vía, dividiéndola en tramos.
7. Estudio económico y de costes de explotación: en este estudio se analiza la viabilidad y rentabilidad de la obra de cara a su explotación en el caso de que sean aplicables tarifas o peajes, como es el caso de las autopistas de peaje.

2.1.3.3. El proyecto de trazado.

Posterior al anteproyecto y en función de los resultados arrojados por el mismo se procede a la redacción del proyecto de trazado de la vía, tal como se muestra en la figura 2.1, en el que se define con detalle la geometría de la carretera, el contenido de este proyecto se especifica a continuación:

- a) Memoria.
- b) Anejos a la memoria.
- c) Planos

d) Presupuesto.

El proyecto de trazado sirve de avanzadilla al proyecto de construcción, de manera que mientras este se realiza permite agilizar los trámites de expropiación de los terrenos afectados.

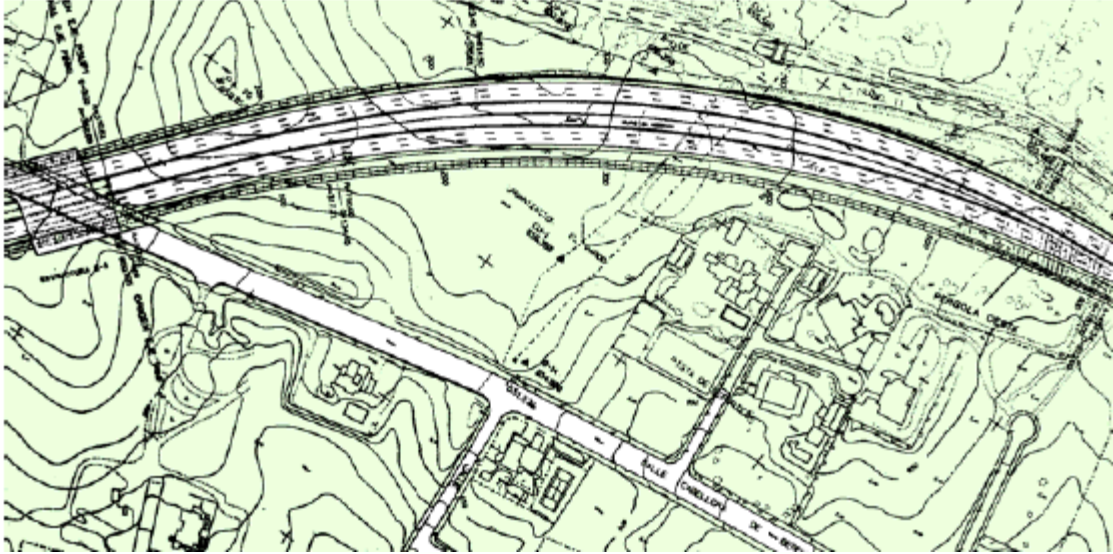


Figura 2.1. Planta de trazado de una vía de calzadas separadas.

(Bañón; 2000: sección 2.7)

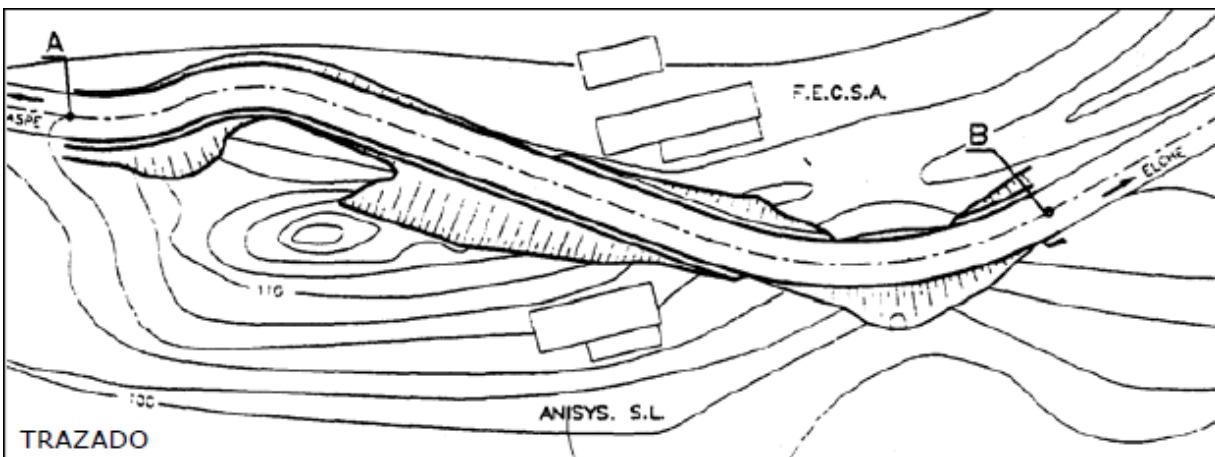
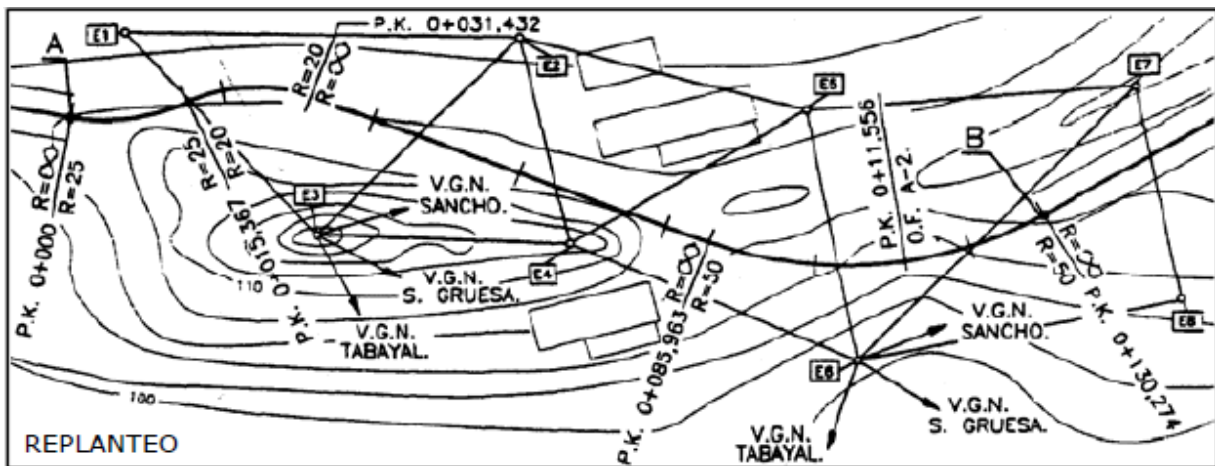
2.1.3.4. El proyecto de construcción.

El proyecto de construcción es el último paso de las fases operativas, sobre el cual se efectuará la licitación, ya sea por subasta, concurso o contratación y ejecución de obras. En el proyecto se reflejan detalladamente las características y exigencias de orden técnico, económico y administrativo de una determinada obra, así como los procedimientos constructivos a seguir, para lo cual este debe estar correctamente redactado con un lenguaje claro y conciso, de forma que sea fácilmente interpretado por terceras personas.

Todo proyecto de construcción de carreteras consta como cualquier otro proyecto, de cuatro documentos básicos:

- 1) Memoria y sus correspondientes anejos.
- 2) Planos.
- 3) Pliego de prescripciones técnicas particulares.
- 4) Presupuesto.

A continuación se muestran algunos de los planos que deben incluirse en el proyecto de construcción de la carretera.



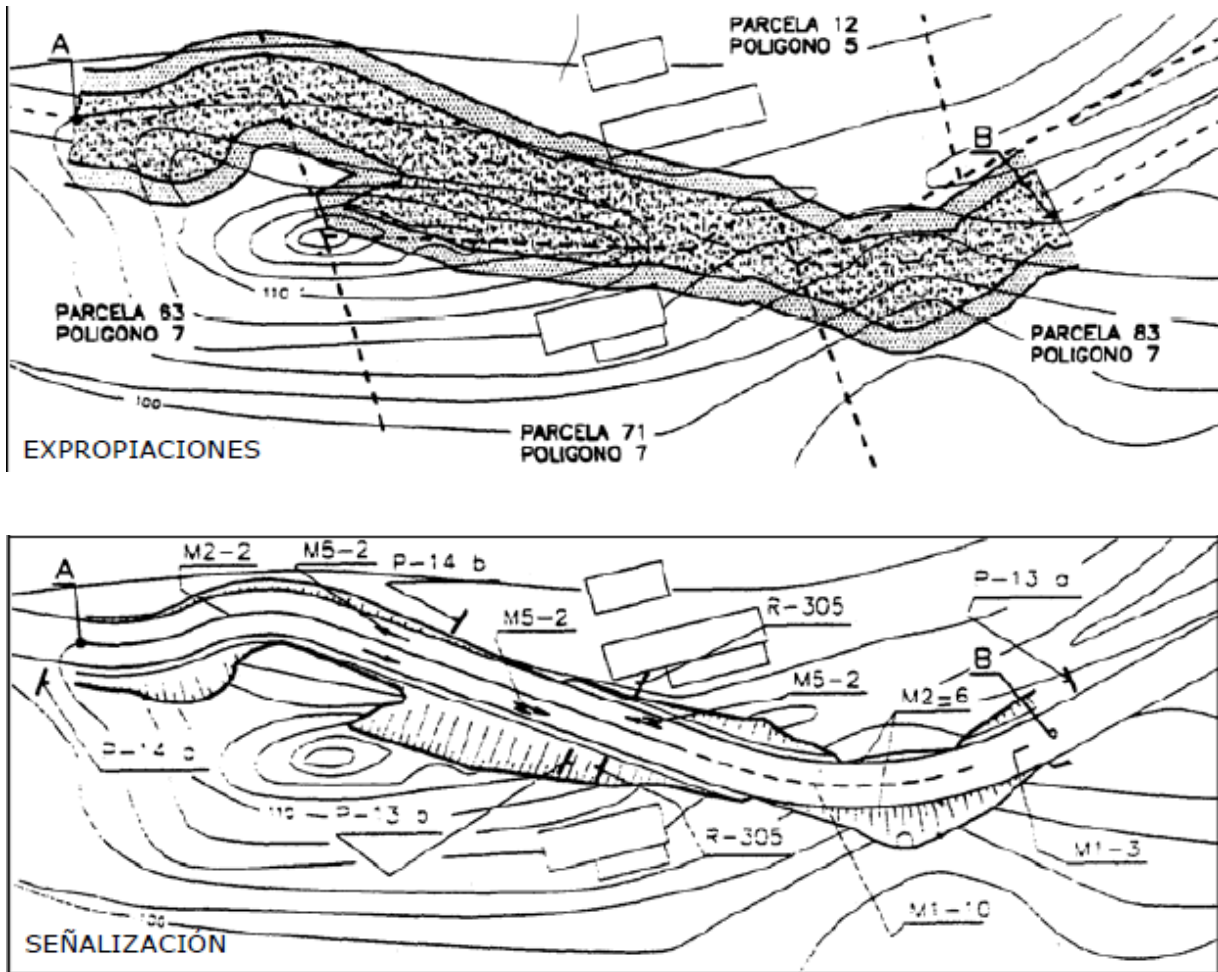


Figura 2.2. Diversas plantas empleadas en carreteras. (Bañón; 2000: sección

2.11)

2.2. Los usuarios de la vía.

Bañón (2000), recomienda que antes de abordar cualquier proyecto es conveniente recabar información acerca de los destinatarios y usuarios finales de la carretera, para que de esta manera el proyecto se pueda adecuar a las necesidades del conductor, el cual junto con el vehículo y el peatón son los elementos principales referentes a la hora de concebir una carretera.

2.2.1. El conductor.

Según Bañón (2000), el conductor es el sujeto que maneja el mecanismo de dirección, lo define como el cerebro del vehículo, el cual una vez al volante dispone de gran libertad de acción, tanto de fijar su destino y la elección de su itinerario para llegar al mismo, esta elección aunque es inherente a la propia naturaleza humana del conductor está influenciada por factores externos e internos que afectan a la vía, al conductor y al vehículo mismo.

2.2.2. Factores que afectan al conductor.

De acuerdo con Bañón (2000), para el estudio del comportamiento del conductor es necesario identificar los factores que lo afectan y que pueden llevar a ocasionar accidentes, estos se clasifican en internos y externos, los cuales se definen a continuación:

FACTORES INTERNOS	Psicológicos	<ul style="list-style-type: none">- Motivación- Experiencia- Personalidad- Estado de ánimo
	Físicos	<ul style="list-style-type: none">- Vista- Adaptación lumínica- Altura del ojo- Otros sentidos
	Psicosomáticos	<ul style="list-style-type: none">- Cansancio- Sexo- Edad
FACTORES EXTERNOS	Tiempo (meteorológico) Uso del suelo Tráfico Características de la vía Estado del firme	

Tabla 2.1. Factores que afectan al conductor. (Bañón; 2000: sección 3.2)

2.2.2.1. Tiempo de reacción.

Bañón (2000), menciona que el tiempo de reacción es el factor más importante a tomar en cuenta para el trazado de cualquier vía. Ante la aparición de un obstáculo o de una situación inesperada durante la conducción, se producen una serie de sucesos, que se describen a continuación:

- a) Presencia: aparece el obstáculo sobre la vía.
- b) Percepción: los rayos de luz rebotan sobre el objeto y llegan a la retina del conductor.
- c) Transmisión: la retina convierte y transmite los datos al cerebro.
- d) Reconocimiento: el cerebro procesa los datos y reconoce el objeto.
- e) Decisión: el conductor analiza las posibles alternativas ante la situación existente, en base a datos similares anteriormente almacenados, para finalmente tomar una decisión al respecto.
- f) Acción: el cerebro envía impulsos por medio de los nervios motores a los músculos implicados, que actúan ejecutando la maniobra correspondiente.

Todos estos acontecimientos suceden en un intervalo relativamente corto de tiempo, denominado tiempo de reacción y que se define como el tiempo transcurrido desde que se presenta una determinada situación, como un obstáculo sobre la carretera, hasta que el conductor decide que hacer y ejecuta la maniobra. Se considera que el tiempo de reacción humana oscila entre medio y un segundo en condiciones óptimas del conductor, hasta los tres segundos en personas de edad avanzada o en personas afectadas por la ingestión de bebidas alcohólicas, por lo

anterior y para el diseño y trazado de vías se consideran 2 segundos como tiempo de reacción humana.

2.2.3. El vehículo.

Según Bañón (2000), el vehículo es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene, por lo que es de gran importancia el estudio de sus características y comportamiento, ya que estas varían de acuerdo a sus formas, tamaños y pesos. A continuación se muestra la clasificación de los vehículos de acuerdo a su peso y tamaño:

1. Biciclos o motocicletas: se caracterizan por sus reducidas dimensiones y gran movilidad, su presencia en el tráfico no es de mucha trascendencia, aunque si en la influencia de accidentes.
2. Ligeros o turismos: son vehículos de cuatro ruedas destinados al transporte de entre una y nueve personas o de mercancías ligeras, dentro de este grupo se encuentran también las camionetas, furgonetas y algunos tipos de autobuses. Este grupo es el más importante desde el punto de vista cuantitativo, debido a que su participación en el tráfico es muy superior a los otros grupos.
3. Pesados o camiones: son de gran importancia para el diseño de carreteras debido a su elevado peso y dimensiones, ya que se convierten en condiciones de borde para el cálculo de los elementos resistentes de la vía. Este grupo lo conforman los camiones, con remolque, semirremolque o sin él, así como los autobuses y trolebuses.

4. Vehículos especiales: dentro de este grupo se encuentran los tractores agrícolas, maquinaria de obra y carretas, que aunque su presencia en el tráfico es mínima se toman en cuenta para el diseño de la vía debido a sus dimensiones y lentitud.

2.2.3.1. El peso del vehículo y su transmisión al firme.

Como ya se mencionó anteriormente, los vehículos pesados son los que van a condicionar el dimensionamiento de la calzada, su espesor y las distintas capas que la conforman, y la presión de sus neumáticos afecta a la estabilidad de aquellas más superficiales. La magnitud y distribución del peso del vehículo, así como la carga que transporta, junto con las características mecánicas de los neumáticos y la forma de transmisión de cargas al firme son importantes para el diseño del pavimento de la calzada. Las conclusiones obtenidas debido al efecto de los neumáticos en el pavimento, son las siguientes:

- El aplastamiento del neumático es proporcional a la carga.
- El neumático, debido a la deformabilidad del caucho, provoca esfuerzos de cizalladura; éstos son los responsables del desgaste de los neumáticos en las calzadas, además de que son generadores de ruido.
- Para una misma carga, distintas presiones de inflado suponen un reparto diferente de las tensiones a lo largo de la superficie de contacto.
- La presión media aplicada sobre la calzada es constante y sensiblemente igual a la presión de inflado del neumático.

Crespo (2004), define la acción del peso del vehículo como cargas de proyecto, las cuales son consideradas para el cálculo de las estructuras de pavimento como cargas vivas. De acuerdo con las especificaciones de la American Association State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.), las cargas se conocen con las designaciones H y HS.

Un camión de dos ejes es una carga H, a continuación de la letra se coloca un número (10, 15, 20) que indican el peso bruto en toneladas del camión. Las cargas HS corresponden a un camión tractor de dos ejes con un semi-remolque de un solo eje, los números que se colocan a continuación de las letras HS indican el peso en toneladas del camión y del semi-remolque respectivamente. El 80% del peso bruto del camión o tractor cae en sus respectivos ejes posteriores o traseros, mientras tanto si se trata de un camión con semi-remolque se supone una distribución de pesos del 80% en el eje posterior del camión y 80% en el eje del semi-remolque.

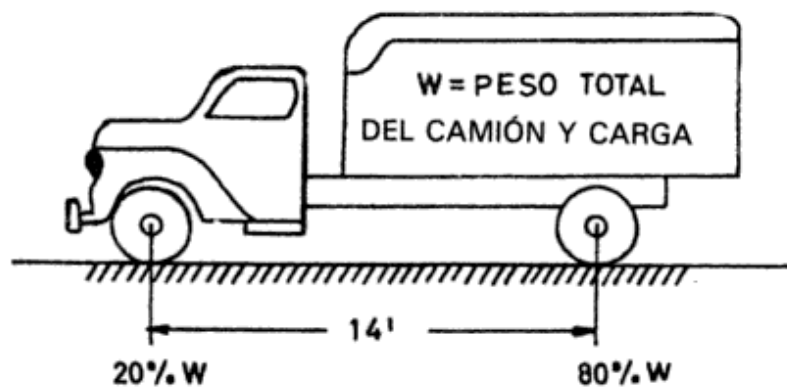


Figura 2.3. Distribución del peso bruto en un camión de dos ejes. (Crespo; 2004: 42).

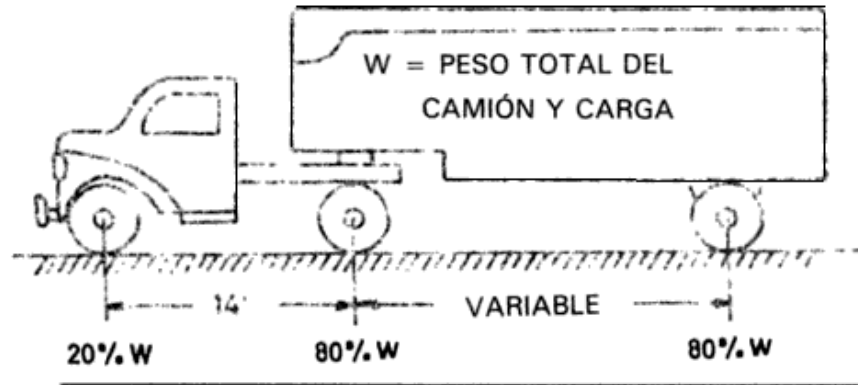


Figura 2.4. Distribución del peso bruto en un camión de dos ejes con semi-remolque. (Crespo; 2004: 43).

Un ejemplo de lo anterior es un camión H_{20} simple de dos ejes, con un peso de 40,000 lb de las cuales el 80%, es decir, 32,000 lb., corresponden al eje trasero y 20%, o sean 8,000 lb corresponden al eje delantero. Otro ejemplo es el de un camión con semirremolque $H_{20}S_{16}$ que representa un camión de 40,000 lb con un semirremolque de 32,000 lb, en este caso se utilizan las llamadas cargas tipo que corresponden a una separación de 14 pies de distancia entre ejes del camión y para la separación entre el eje posterior del camión y el eje del semirremolque las distancias varían entre 14 y 30 pies, calculándose siempre las condiciones más desfavorables, por lo que para este caso la distribución por eje es de 32,000 lb para el eje trasero del camión, 32,000 lb para el eje del semirremolque y 8,000 lb para el eje delantero del camión.

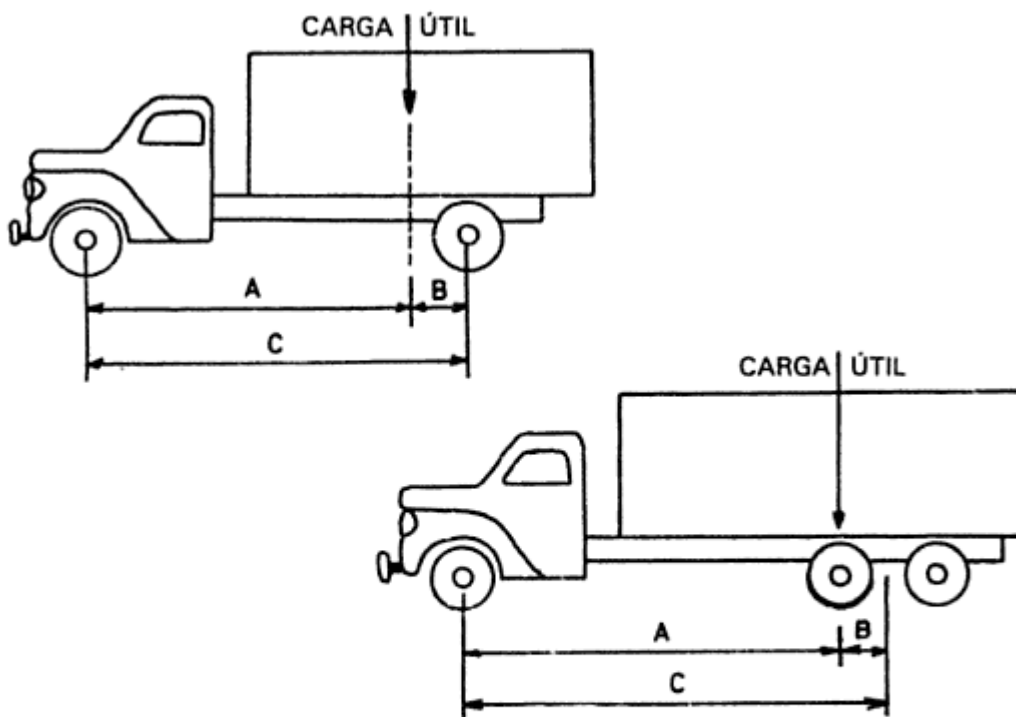
Al cargar un camión o un remolque, la carga se distribuye en los ejes en proporciones determinadas que puedan ser calculadas, por lo que es necesario conocer:

- El peso propio del camión vacío en cada eje.
- El peso de la carga útil.
- Distancia entre cada eje y el centro de la carga útil.

De acuerdo con lo anterior, se tiene un camión donde A es la distancia del eje delantero al centro de la carga útil, B es la distancia del eje trasero al centro de la carga útil y C la distancia entre ejes, por lo que la carga útil sobre cada eje será:

$$\text{Carga útil sobre el eje trasero} = \frac{A}{C} \times \text{carga útil.}$$

$$\text{Carga útil sobre el eje delantero} = \frac{B}{C} \times \text{carga útil.}$$



Peso del camión vacío

Eje delantero	= 1,365 kg
Eje trasero	= 2,270 kg
Carga útil	= 2,730 kg

Distancia A = 432 cm
Distancia B = 48 cm
Distancia C = 480 cm

Carga útil sobre eje trasero:

$$\frac{432}{480} \times 2,730 = 2457 \text{ kg}$$

Carga útil sobre eje delantero:

$$\frac{48}{480} \times 2.730 = 273 \text{ kg}$$

Peso total sobre el eje trasero:

$$2,270 + 2,457 = 4,727 \text{ kg}$$

Peso total sobre el eje delantero:

$$1,365 + 273 = 1,638 \text{ kg}$$

2.3. Visibilidad.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2010), define la distancia de visibilidad como la longitud continua hacia delante del camino que es visible al conductor del vehículo. En el diseño de carreteras se consideran dos distancias, la de visibilidad de parada y la de visibilidad de paso, las cuales se describen a continuación:

2.3.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0.15 metros,

estando situados los ojos del conductor a 1.15 metros sobre la rasante del eje de la pista de circulación, es necesario que todos los puntos de una carretera estén provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada.

Si en una sección de carretera o camino resulta imposible o prohibitivo lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible con el objetivo de hacer seguro de transitar dicho sector. Según Crespo (2004), la distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos términos:

- a) Distancia de reacción: es la distancia que recorre el vehículo desde que el conductor percibe el obstáculo hasta que decide que acción tomar. Esta distancia se representa de la siguiente manera:

$$D_r = \frac{V \cdot t}{3.6}$$

Donde:

D_r = distancia de reacción, en metros.

V = Velocidad de proyecto, en kilómetros por hora.

t = tiempo de reacción, en segundos (generalmente de 1 a 2.5 seg.).

- b) Distancia de frenado: es la distancia que se recorre desde el momento que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene, se representa de la siguiente manera para terreno a nivel y en pendiente consecutivamente:

$$D_f = \frac{V^2}{254 \cdot f}$$

$$D_f = \frac{V^2}{254 \cdot (f \pm P)}$$

Donde:

V= velocidad de proyecto, en kilómetros por hora.

f= coeficiente de fricción (varía de 0.2 a 0.9, recomendable 0.4).

P= pendiente de la carretera, en fracción decimal (5% - 0.05), y los signos serán (+) subiendo y (-) bajando.

2.3.2. Distancia de visibilidad de paso.

Es la distancia de visibilidad mínima que debe estar disponible para que el conductor del vehículo pueda sobrepasar a otro u otros que marchan por el mismo carril a una velocidad menor, con comodidad, seguridad y sin peligro de chocar con otro vehículo que venga en dirección contraria y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. De acuerdo con Crespo (2004), al calcular la distancia de visibilidad de paso en un camino de dos vías, se hacen las siguientes suposiciones con respecto al comportamiento del conductor:

- El vehículo que se rebasa va a una velocidad uniforme, menor que la del proyecto.
- El vehículo que sobrepasa tiene que reducir su velocidad a la que lleva el vehículo que es rebasado mientras recorre la parte del camino donde la distancia de visibilidad no es segura para pasar.
- Cuando se llega a la zona segura de sobrepaso, el conductor del vehículo que quiere sobrepasar requiere un corto periodo para examinar la situación y decidir si es seguro el sobrepaso o no, al cual se le conoce como periodo de

percepción y reacción, y según la A.S.S.H.T.O. es de dos segundos para conductores que viajan a 112 kilómetros por hora.

- Si se ejecuta el sobrepaso, éste se logra acelerando durante la operación.
- El tránsito por el carril opuesto aparece en el momento en que comienza la maniobra de sobrepaso y llega al lado del vehículo que sobrepasa cuando la maniobra es completada.

Esta maniobra que se ha supuesto con todas las suposiciones respecto al conductor requiere de la consideración de los siguientes tres elementos:

1. Distancia d1, recorrida durante el tiempo de percepción y reacción: en esta distancia se adopta un tiempo (t1) de percepción y reacción de tres segundos y se supone que el vehículo que sobrepasa llevaba una velocidad (V) de proyecto y después ha reducido su velocidad hasta igualar la del vehículo rebasado, la cual es de 15 kilómetros por hora, esta distancia queda representada de la siguiente manera:

$$d1 = \left(\frac{V - m}{3.6} \right) * t1 = \left(\frac{V - m}{3.6} \right) * 3 = 0.83 (V - m)$$

La distancia (d1) se recorre mientras el vehículo que sobrepasa se mantiene a una distancia S del que lo precede, calculando esta distancia de la siguiente manera:

$$S = 0.189 (V - m) + 6$$

Una vez completada la maniobra de sobrepaso, el vehículo que lleva más velocidad habrá recorrido una distancia de (2S) con relación al vehículo rebasado. Durante la maniobra de rebase el vehículo de mayor velocidad a estado acelerando a razón de (a) km/hora/seg., por lo tanto el tiempo (t2) requerido, se expresa de la siguiente manera:

$$t_2 = \sqrt{\frac{14.4 S}{a}}$$

2. Distancia d2, recorrida por el vehículo que sobrepasa mientras realiza la operación de rebase: esta distancia es la que recorre el vehículo que pasa con respecto al sobrepasado más la distancia recorrida por este último en el mismo tiempo, y se expresa de la siguiente manera:

$$d_2 = 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_2$$

3. Distancia d3, recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto durante la operación de sobrepaso: una vez iniciada la maniobra de sobrepaso, aparece en sentido contrario un tercer vehículo circulando a la velocidad de proyecto (V), la distancia (d3) se expresa con la siguiente ecuación:

$$d_3 = \frac{V}{3.6} * t_2$$

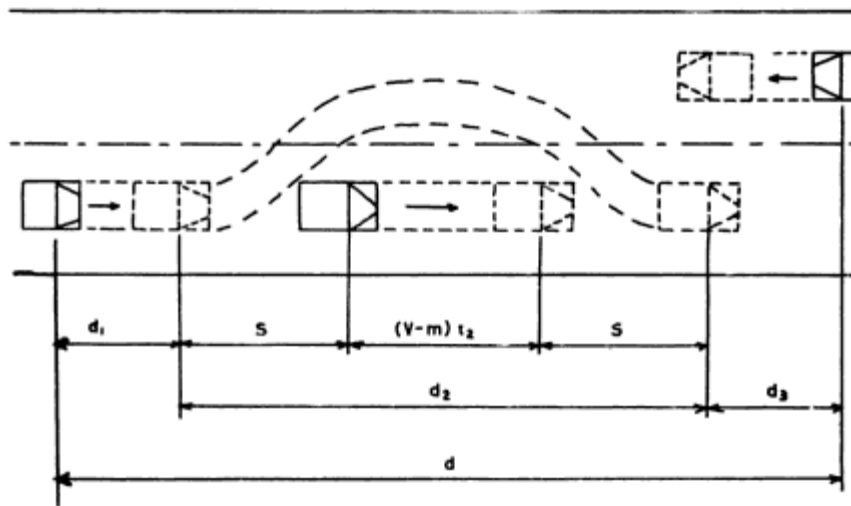


Figura 2.5. Distancia de visibilidad de paso en una vía de dos carriles.

(Crespo; 2004: 35).

De acuerdo a lo anterior se concluye que la distancia de visibilidad mínima para pasar a un vehículo, se expresa con la siguiente ecuación:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_1 + 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_2 + \frac{V}{3.6} * t_2$$

Donde:

d = distancia de visibilidad de paso en metros.

V = velocidad de proyecto del camino en kilómetros por hora.

m = diferencia de velocidades entre los dos vehículos, en kilómetros por hora.

S = distancia mínima de seguridad en metros entre los dos vehículos.

t_1 = tiempo de percepción y reacción para iniciar la maniobra, en segundos.

t_2 = tiempo en segundos, en el cual el vehículo que sobrepasa tarda en recorrer la distancia d_2 , mismo en el cual el vehículo del carril contrario tarda en recorrer la distancia d_3 .

En cambio si el vehículo sobrepasa a dos en lugar de a uno solo, deberá mantenerse acelerado mientras recorre la distancia (d_2) durante el tiempo (t_3), el cual se expresa de la manera siguiente:

$$t_3 = \sqrt{\left(\frac{21.6 S}{a}\right)}$$

La distancia de sobrepaso (d_2) y la distancia de visibilidad de paso (d) quedarán de la siguiente manera:

$$d_2 = 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_3$$

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_1 + 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right) * t_3 + \frac{V}{3.6} * t_3$$

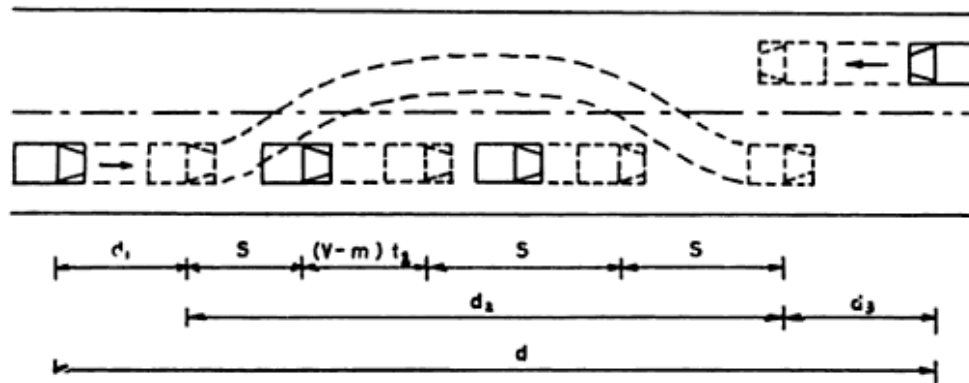


Figura 2.6. Distancia de visibilidad de paso en una vía de dos carriles para rebase de 2 vehículos. (Crespo; 2004: 37)

Los valores de aceleración (a) que se utilizan en las ecuaciones para el cálculo de la distancia de visibilidad de rebase se muestran en la tabla 2.2.

Velocidad de Proyecto en km/hora	Aceleración a en km/hora por segundo, para $m =$ diferencia entre V y la velocidad del vehículo sobrepasado:			
	15	24	32	40
	Sobrepaso de un vehículo			
50	4.2	4.6	5.1	5.7
65	3.4	3.7	4.2	4.6
80	2.7	3.0	3.4	3.7
95	2.1	2.2	2.7	3.0
110	1.6	1.8	2.1	2.2
	Sobrepaso de dos vehículos			
50	4.0	4.5	5.0	5.5
65	3.2	3.5	4.0	4.5
80	2.6	2.9	3.2	3.5
95	1.9	2.2	2.5	2.9
110	1.4	1.8	1.9	2.2

Tabla 2.2. Valores de (a) para la distancia de visibilidad de paso.

(Crespo; 2004: 37)

2.4. Elección de ruta.

De acuerdo con Olivera (2006), una ruta es la franja de la corteza terrestre donde se construirá una vía terrestre, la cual es de ancho variable, pues es amplia al principio del proyecto y al final del trabajo tiene el ancho de derecho de vía, elegir la ruta es la etapa más importante del proyecto, ya que los errores que se cometen en las etapas subsecuentes se corrigen de una manera más sencilla y económica que una falla en el proceso de elección de ruta.

Para elegir la ruta más favorable para el proyecto es necesario un acopio exhaustivo de datos de la zona por comunicar, mediante mapas del país, del estado o del municipio, de preferencia con curvas de nivel; mapas de climas, geológicos y de minas, fotografías aéreas, etcétera; mediante estos recorridos, fotointerpretaciones y restituciones de plantas topográficas y de perfiles es posible obtener datos de: pendientes longitudinales y transversales del terreno; tipo y densidad del drenaje natural; formaciones de rocas y suelos; y presencia de fallas estructurales, plegamientos de la posición de echados, bancos de materiales para construir la obra y zonas pantanosas y de inundación. Al finalizar esta etapa se contará con un informe de diferentes recorridos y estudios con planos restituidos, fotografías y mosaicos fotogramétricos donde se marcará la ruta aceptada.

2.5. Reconocimiento topográfico.

Crespo (2004), menciona que el objeto del reconocimiento topográfico es el de examinar una zona del relieve terrestre con el propósito de fijar los puntos obligados, los cuales se dividen en dos: los topográficos o técnicos y los políticos o sociales.

- Puntos obligados topográficos o técnicos: un punto obligado común en este caso es el llamado puerto topográfico, el cual es bajo de paso a través de una cordillera que se usa cuando se sale de un valle y no se quiere subir demasiado, por lo que se ahorra en el desarrollo longitudinal de la vía, evitando así que se tengan pendientes muy fuertes y por lo tanto disminuyendo los costos por movimiento de tierra. Otro punto obligado de este tipo es el cruce de un río, ya que topográficamente y geológicamente representa las mejores condiciones de paso.
- Puntos obligados políticos o sociales: dentro de estos puntos se encuentran las cabeceras de distrito, centros turísticos, minas o zonas de alto impacto económico.

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes y si es posible alguna de esas personas auxiliará como guía en el reconocimiento técnico del camino.

Una vez realizado esto se procederá a hacer un reconocimiento del camino para determinar las características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas y complementarias

De esta manera se conocerá el tipo de suelo sobre el cual se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

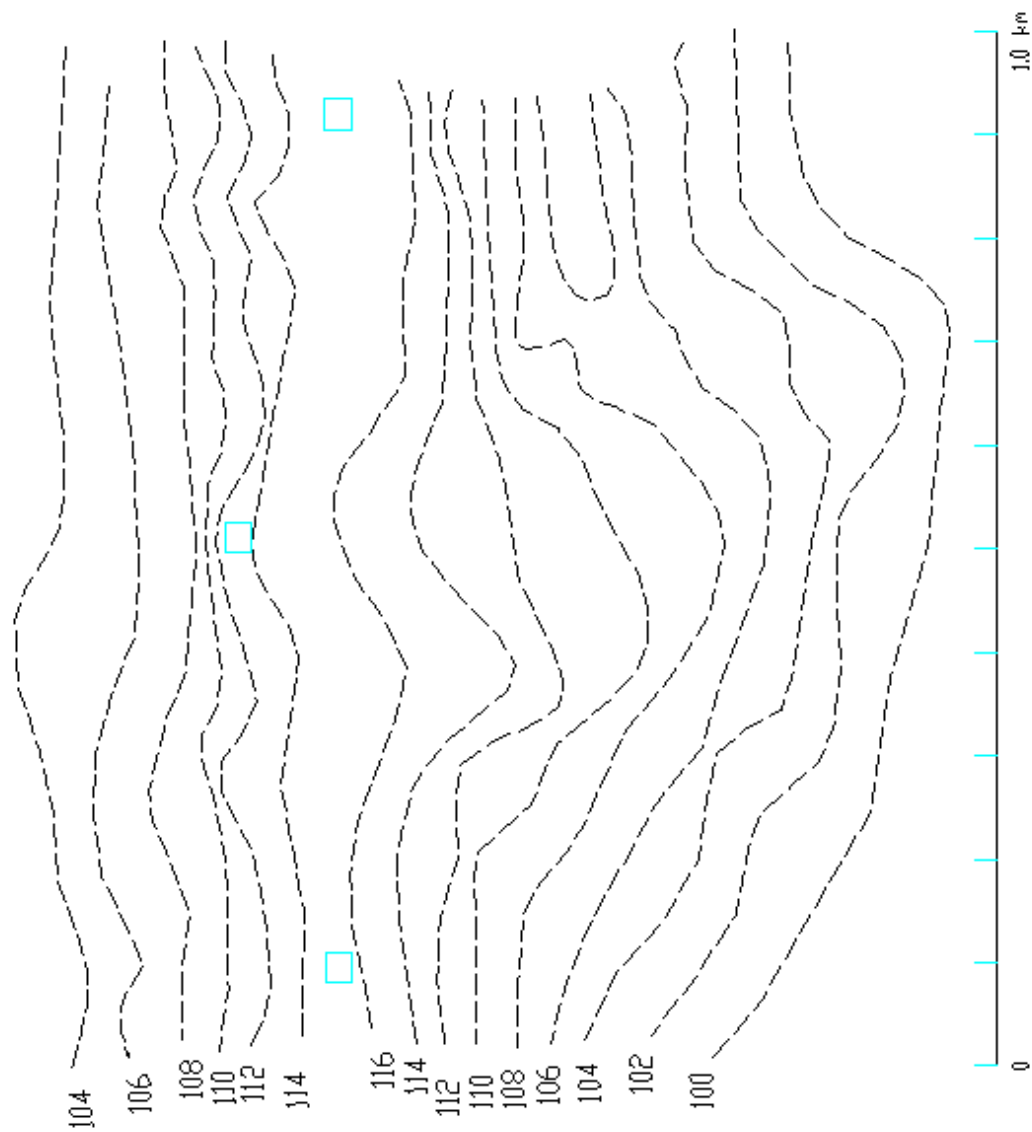


Figura 2.7. Ruta elegida por medio de puntos obligados. (Crespo; 2004: 73)

2.6. Trazo preliminar.

Según Bañón (2000), el trazado constituye la primera toma de contacto de la carretera con el medio físico en el que va a integrarse, siendo de suma importancia debido a que el drenaje, señalamiento, balizamiento, etcétera están integrados a él.

Dentro del trazo preliminar se encuentra el trazado en planta, el cual suele ser el punto por el cual comienza a diseñarse geoméricamente una carretera, ya que al ser una obra lineal define la forma y recorrido de la misma, el eje de un camino se halla compuesto de una serie de formas geométricas entrelazadas denominadas alineaciones, las cuales pueden ser de tres tipos:

- a) Alineaciones rectas: son las que definen el trazado de la carretera, se caracterizan por su ausencia de curvatura.
- b) Alineaciones curvas: están constituidas por curvas circulares, cuya principal misión es enlazar los tramos rectos, evitando quiebres bruscos en el trazado del camino, se caracterizan por una curvatura constante.
- c) Curvas de transición: sirven de enlace entre las dos anteriores, su característica principal es la variación gradual de su curvatura a lo largo de su longitud, posibilitando una transición suave entre alineaciones de distinta dirección.

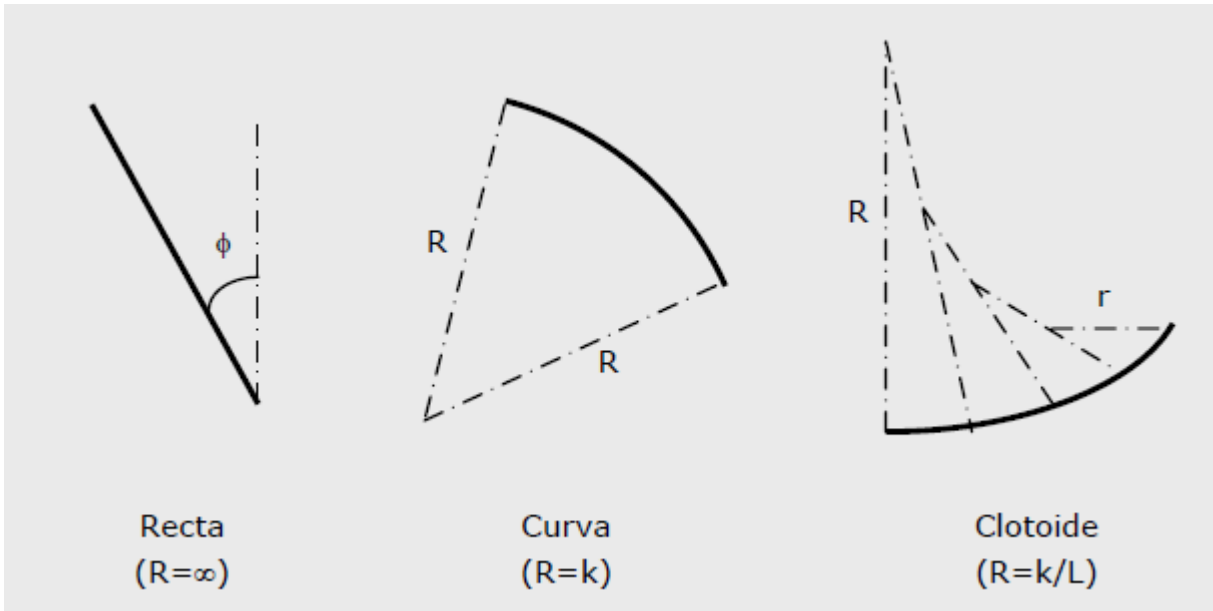


Figura 2.8. Tipos de alineaciones en planta. (Bañón; 2000: sección 10.4)

De acuerdo con Bañón (2000), existen tres etapas del trazado: la primera donde se realiza un primer trazado definido exclusivamente por alineaciones rectas, indicando así la zona afectada por el paso de la vía; en la segunda etapa se efectúa un refinamiento empleando alineaciones curvas que sirvan como enlace de las anteriores y cuyos radios se escogen en función de criterios que optimicen el trazado de la carretera; y por último en la tercera etapa se realiza el trazado definitivo el cual contará con curvas de transición entre los diferentes tipos de alineaciones existentes.

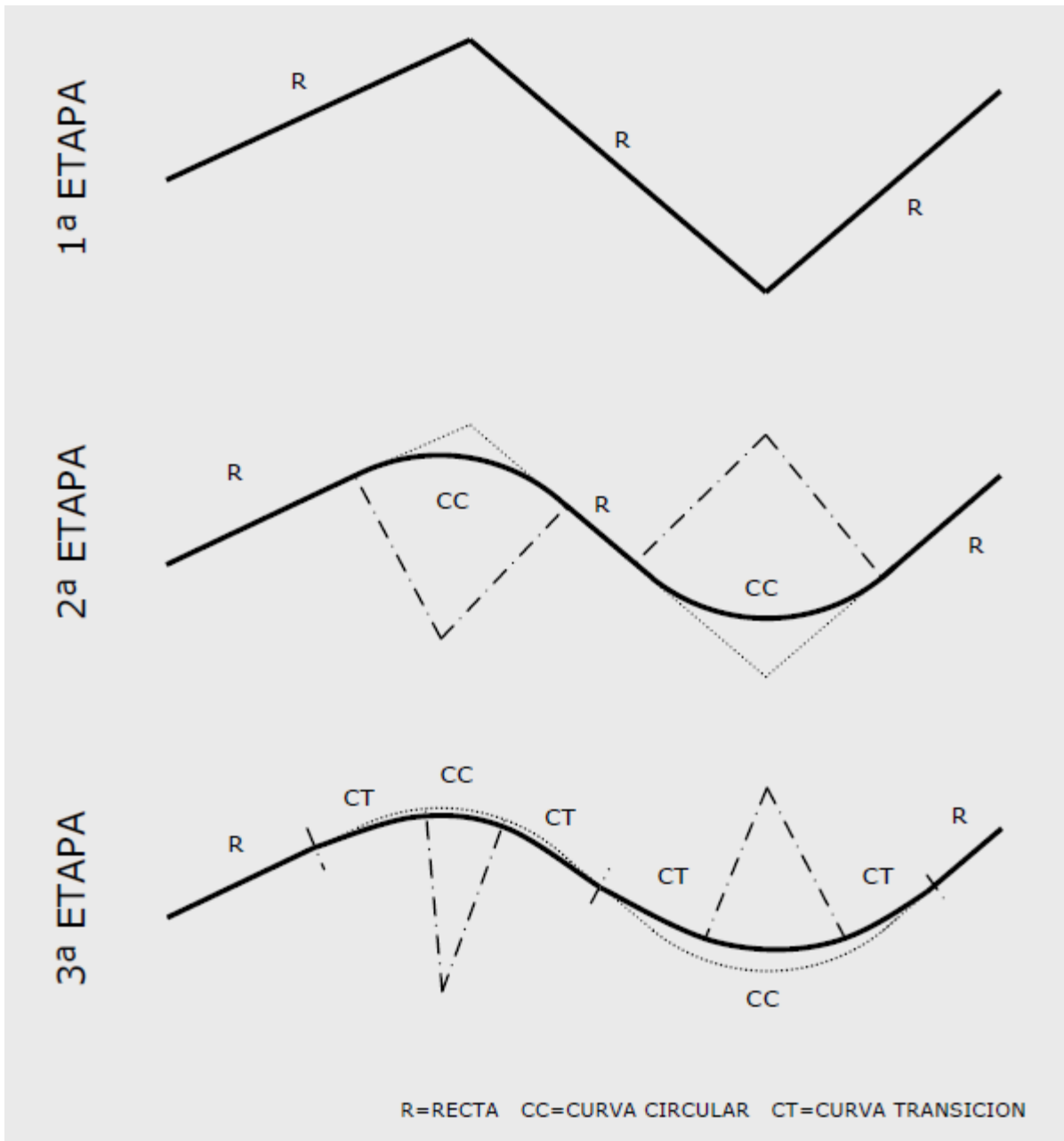


Figura 2.9. Etapas de trazado en planta. (Bañón; 2000: sección 10.5)

Con respecto a lo señalado por Crespo (2004), una vez que se tienen localizados los puntos obligados se procede a ligar estos mediante un procedimiento que requiere:

1. El trazo de una poligonal de apoyo lo más apegada posible a los puntos establecidos, con orientación astronómica, PIS referenciados y deflexiones marcadas con exactitud ya que será la base del trazo definitivo.
2. La poligonal de apoyo es una poligonal abierta a partir de un vértice o punto de inicio clavando estacas a cada 20 metros, y lugares intermedios hasta llegar al vértice siguiente. Para la ubicación de estos se utiliza el clisímetro o el círculo vertical del tránsito, empleando la pendiente deseada.
3. La pendiente será cuatro unidades debajo de la máxima especificada donde sea posible para que al trabajador en gabinete tenga más posibilidades de proyectar la subrasante, incrementando la pendiente a la máxima si es necesario para economizar volúmenes.
4. Nivelación de la poligonal, generalmente a cada 20 metros, que será útil para definir cotas de curvas de nivel cerradas a cada 2 metros.
5. Obtención de curvas de nivel en una franja de 80 ó 100 metros. En cada lado del eje del camino a cada 20 metros o estaciones intermedias importantes.
6. Dibujo de trazo y curvas de nivel con detalles relevantes como cruces, construcciones, fallas geológicas visibles, etc.

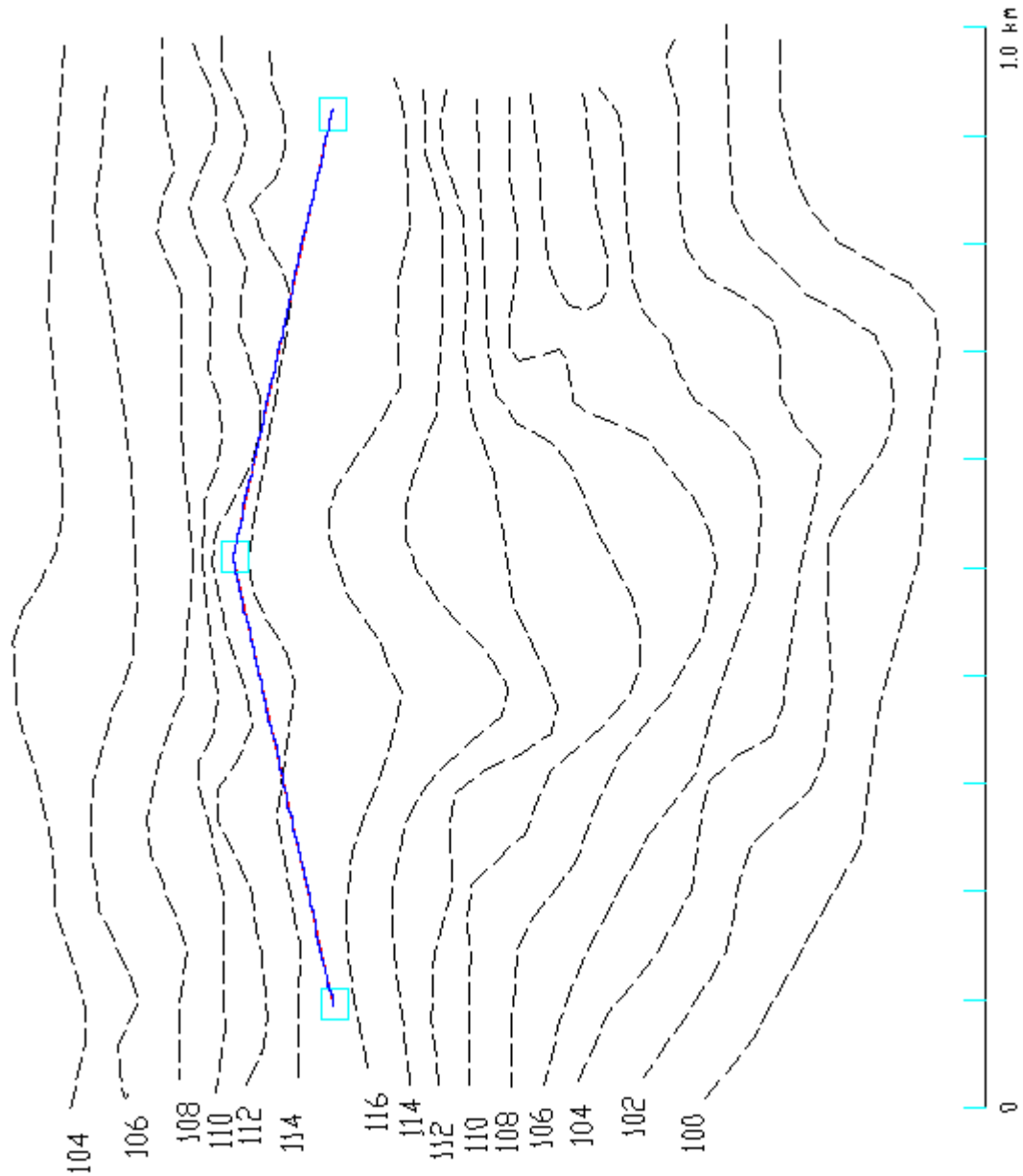


Figura 2.10. Línea tentativa del trazo preliminar. (Crespo: 2004: 77)

2.7. Línea definitiva.

Crespo (2004), menciona que una vez terminado el trazo de la línea preliminar es necesario proyectar, en dicho plano, la línea definitiva para después trazarla en el terreno, esto se logra por medio de tangentes unidas entre sí, a través de sus PIS o puntos de intersección que se utilizarán para ligar las tangentes a través de curvas

horizontales, cuanto más prolongadas se tracen las tangentes se obtendrá mejor alineamiento horizontal con la consecuencia que marcarlas prolongadas implica un mayor movimiento de volúmenes, por lo que se intentará ir compensando esta línea del lado izquierdo y derecho donde sea posible y cargar la línea hacia el lado firme donde se presenten secciones transversales fuertes cada vez que en el plano la línea de proyecto cruce la línea preliminar, se marcará este punto L y su cadenamiento, y con transportador se determina el ángulo X de cruce. En el caso de que no se crucen estas líneas, se medirá cada 500 metros o cada 1000 metros, la distancia que separa a una y otra para determinar los puntos de liga con los que iniciará el trazo definitivo en el campo.

Una vez dibujado el trazo de la línea definitiva se procede al trazado en el campo, pero antes es necesario dibujar un perfil deducido de acuerdo a los datos obtenidos de la poligonal de apoyo y las curvas de nivel, para dibujar el perfil, a cada estación ubicada en la línea teórica del camino se le asigna la elevación de la curva de nivel en este punto. Con este perfil tenemos una idea más clara de cómo se compensarán los volúmenes según el trazo propuesto e inclusive tener unas secciones deducidas para suponer un volumen.

Al haber hecho todo esto, se procede a trazar en el campo para corregir algún error o mejorar lo proyectado, El tener trazada la línea en el terreno requiere del uso de referencias en los PI, PC, PT, y PST, para poder ubicarlos nuevamente cuando por alguna circunstancia se pierden los trompos o estacas que indican su localización, ya sea por un retraso o construcción del camino.

Para referenciar un punto se emplea ángulos y distancias medidas con exactitud, procurando que las referencias queden fuera del derecho de vía, se dejarán referenciados los puntos que definen el trazo como PI, PC, PT y PST, que no disten entre sí más de 500 metros.

Los ángulos se medirán en cuadrantes, tomando como origen el eje del camino y en los PIS el origen será la tangente del lado de atrás y la numeración de los puntos de referencia se hará en el sentido de las manecillas del reloj de adentro hacia fuera y comenzando adelante y a la derecha del camino, cuando menos se tendrán dos visuales con dos P. R. Cada una, como visuales podrán emplearse árboles notables, aristas de edificios, postes fijos, etc. en caso de no encontrar ninguno de estos se colocaran trompos con tachuela en cada punto y junto una estaca con el número de referencia del punto y su distancia al eje del camino.

Una vez que sea ubicado el trazo preliminar en los planos topográficos, y también así decidido el tipo de camino que será necesario construir, es necesario definir algunas de las características importantes de la carretera como lo son, velocidad de proyecto, grado máximo de curvatura, longitudes, sobreelevación, y muchas otras de gran importancia. Es necesario revisar que en todo momento la pendiente de nuestro trazo definitivo nunca sea mayor que la pendiente máxima permitida.

A continuación se muestra en las figuras 2.11 y 2.12 el trazo de la línea definitiva de la carretera sobre una ladera ondulada y en la tabla 2.3 la clasificación y

características de una carretera, realizada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, (SCT).

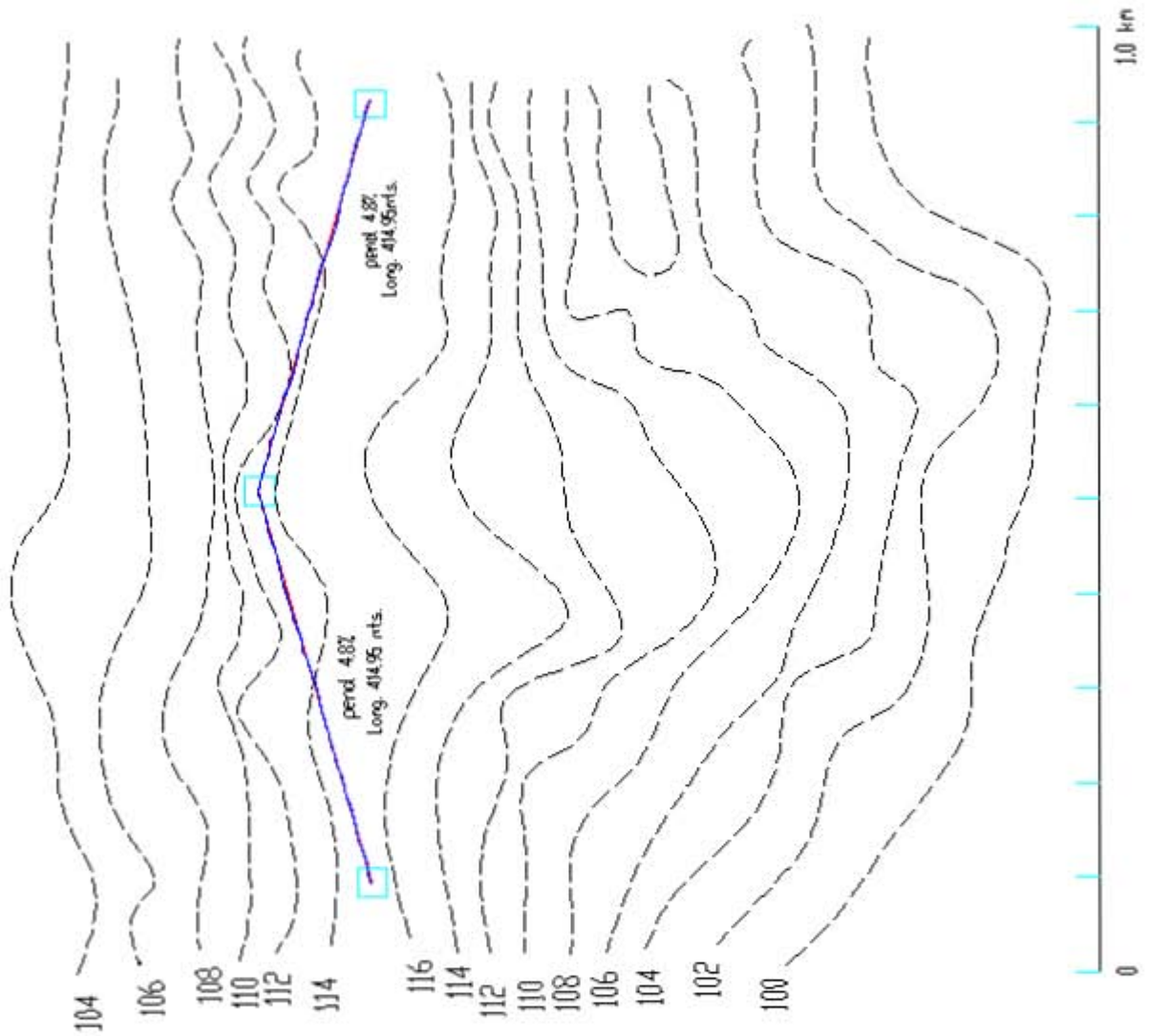


Figura 2.11. Trazo de la línea definitiva. (Crespo; 2004: 84)

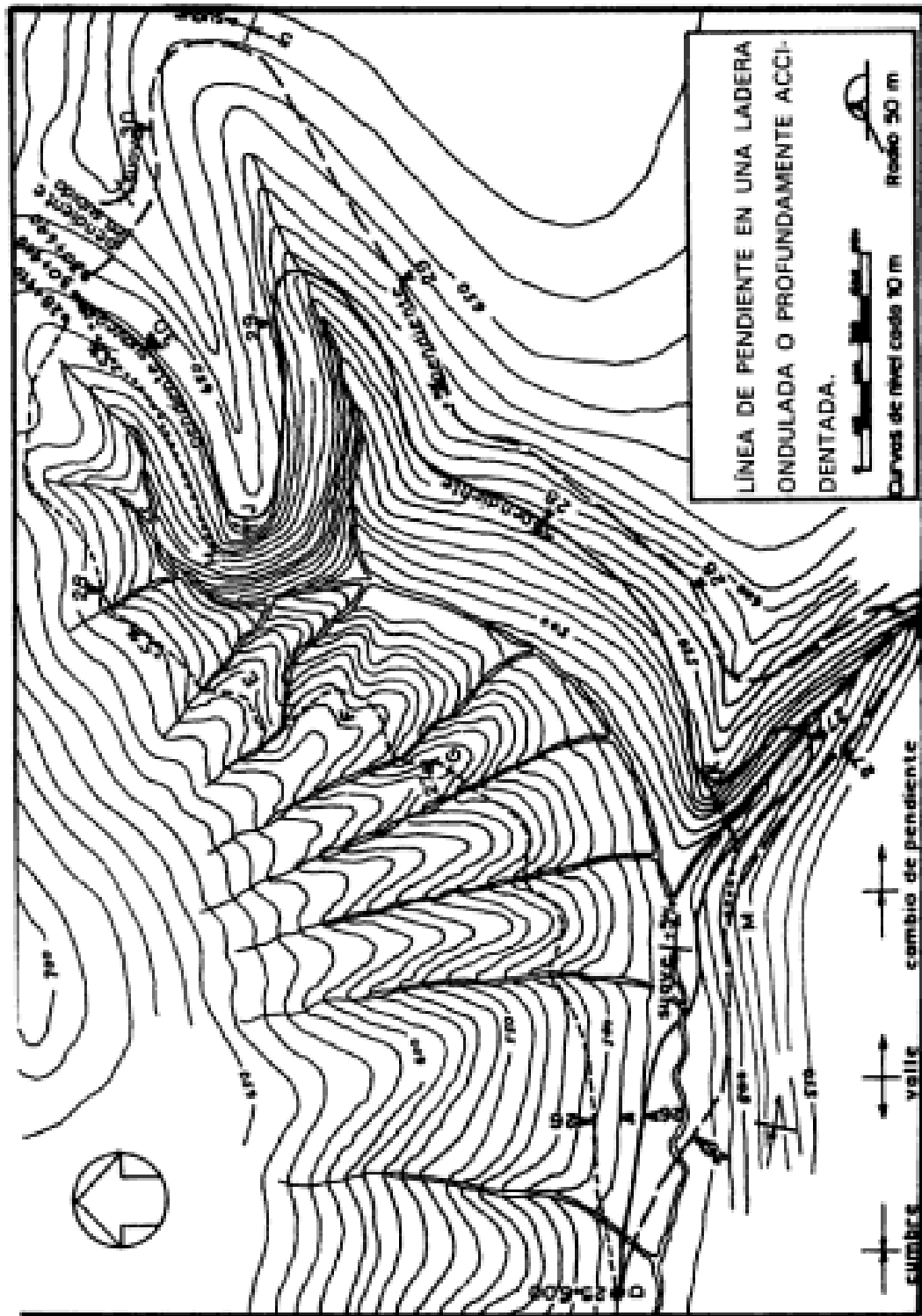


Figura 2.12. Trazo de línea definitiva en una ladera ondulada con pendientes indicadas. (Crespo; 2004: 85)

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA														
		E	D	C	B	A										
TDPA en el horizonte de proyecto	Veh/día	Hasta 100	100 a 500	500 a 1500	1500 a 3000	Mas de 3000										
TERRENO	Montañoso	-	-	-	-	-										
	Lomerío	-	-	-	-	-										
	Plano	-	-	-	-	-										
Velocidad de proyecto	Km/hr	30	40	60	80	100										
Distancia de visibilidad de parada	m	30	40	60	80	100										
Distancia de visibilidad de rebase	m	-	-	-	-	-										
Grado máximo de curvatura	°	60	70	80	90	100										
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	m / %	4	7	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		Columpio	m / %	4	7	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Longitud mínima	m	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Pendiente gobernadora	%	9	8	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	
Pendiente máxima	%	13	12	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	
Longitud crítica	m	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	Ver tabla long. crítica	
Ancho de calzada	m	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de corona	m	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de acotamientos	m	-	-	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Ancho de faja separadora central	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bombeo	%	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sobreelevación máxima	%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Sobre elevaciones para grados menores al máximo	%	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones	m	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	Ver tabla	

Tabla 2.3. Clasificación y características de una carretera de acuerdo a la SCT.

(Fuente: www.construaprende.com)

2.8. Alineaciones de carreteras.

Merritt, Loftin y Ricketts (2008), señalan que el diseño geométrico de una carretera tiene que ver con la alineación horizontal y vertical, así como los elementos de la sección transversal de la misma. Por su parte Crespo (2004), menciona que el alineamiento es de suma importancia en la construcción de un camino, ya que se busca la mayoría de las veces que su eje quede sobre un terreno plano, sin embargo no siempre es posible debido a la topografía del mismo, teniendo pendientes fuertes mayores a la máxima permitida, ocasionando que se desarrollen nuevos ejes necesarios para llegar a los puntos obligados. Dentro de lo posible se debe procurar que el alineamiento entre dos puntos obligados sea lo más recto posible y que las pendientes no afecten la capacidad de tránsito de los vehículos.

2.8.1. Alineamiento horizontal.

“El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino” (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 296).

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2010), menciona que el alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Según el manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT (1991), los elementos que integran el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

2.8.1.1. Tangentes.

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente, se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente PST.

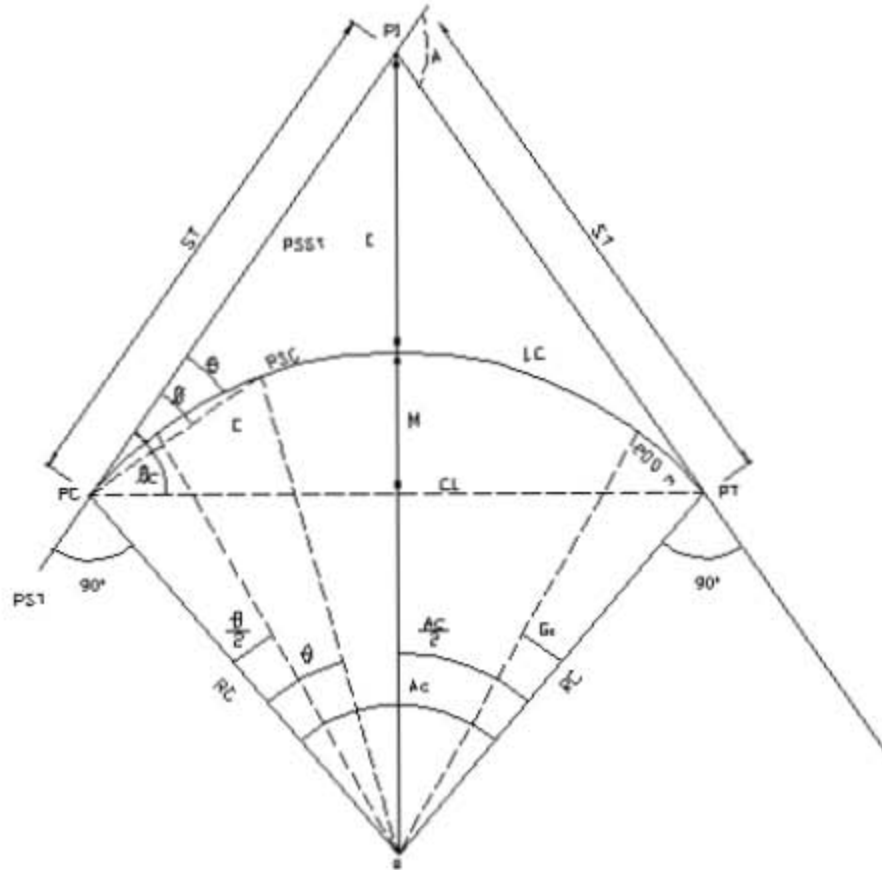
La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad, ya que las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que provocan; mientras que la longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas.

2.8.1.2. Curvas circulares.

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas.

- a) Curvas circulares simples: cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, en el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda hacia la derecha. Las curvas circulares simples

tienen como elementos característicos los mostrados en la figura 2.13 y los cuales se calculan como sigue:



PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes	θ	Angulo a una cuerda cualquiera
PC	Punto donde comienza la curva circular simple	θ_c	Angulo de la cuerda larga
PT	Punto en donde termina la curva circular simple	G_c	Grado de curvatura de la curva circular
PST	Punto sobra tangente	R_c	Radio de la curva circular
PSST	Punto sobra subtangente	ST	Subtangente
PSC	Punto sobra la curva circular	E	Externa
O	Centro de la curva circular	M	Ordenada media
A	Angulo de deflexión de la tangente	C	Cuerda
A_c	Angulo central de la curva circular	CL	Cuerda larga
θ	Angulo de deflexión a un PSC	t	Longitud de un arco
		L_c	Longitud de la curva circular

Figura 2.13. Elementos de la curva circular. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 299)

1. Grado de curvatura: es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros, se representa como G_c .

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R_c} \qquad G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

2. Radio de la curva: es el radio de la curva circular, se representa como R_c .

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c}$$

3. Ángulo central: es el ángulo subtendido por la curva circular, se simboliza como Δ_c . En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

4. Longitud de curva: es la longitud del arco entre el PC y el PT, se representa como l_c .

$$\frac{l_c}{2\pi R_c} = \frac{\Delta_c}{360^\circ} \quad \dots \quad l_c = \frac{\pi \Delta_c}{180^\circ} R_c \quad \dots \dots \quad l_c = \frac{\Delta_c}{G_c} 20$$

5. Subtangente: es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes, se representa como ST .

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2}$$

6. Externa: es la distancia mínima entre el PI y la curva, se representa con la letra E .

$$E = R_c \sec \frac{\Delta_c}{2} - R_c = R_c \left(\sec \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right)$$

7. Ordenada media: es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva, se simboliza con la letra M.

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta c}{2} = R_c \operatorname{sen} \operatorname{ver} \frac{\Delta c}{2}$$

8. Deflexión a un punto cualquiera de la curva: es el ángulo entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado, se le representa como θ .

$$\theta = \frac{Gc l}{20}$$

9. Cuerda: es la recta comprendida entre dos puntos de la curva, se le denomina con la letra C.

$$C = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}$$

Cuerda larga: es la recta comprendida entre el PC y el PT de la curva, se le denomina como CL.

$$CL = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta c}{2}$$

10. Ángulo de la cuerda: es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada, se representa como \emptyset .

$$\emptyset = \frac{\theta}{2}$$

$$\emptyset = \frac{Gc l}{40}$$

Las normas de servicios técnicos de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México), en la sección de proyecto geométrico de carreteras, indica las siguientes normas de cálculo para las curvas horizontales:

➤ Tangentes: las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

a) Longitud mínima.

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
4. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b) Longitud máxima: la longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.

c) Azimut: el azimut definirá la dirección de las tangentes.

➤ Curvas circulares: las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que la caracterizan están definidos en la figura 2.13.

a) Grado máximo de curvatura: el valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\max} = 14600 \frac{\mu + S_{\max}}{V^2}$$

En donde:

G_{\max} = Grado máximo de curvatura

μ = Coeficiente de fricción lateral

S_{\max} = Sobreelevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla 2.4 se muestran los grados máximos de curvatura de acuerdo al tipo de camino del proyecto.

TABLA DE GRADOS DE CURVATURA MÁXIMOS RECOMENDABLES				
TIPO DE CAMINO	Plano o poco lomerío	Lomerío fuerte	Montañoso o poco escarpado	Montañoso muy escarpado
Tipo especial	2° 30"	4° 40"	6°	6°
Tipo A	8°	11°	16° 30"	26°
Tipo B	11°	16° 30"	26°	35°
Tipo C	16° 30"	26°	47°	67°

Tabla 2.4. Grados máximos de curvatura recomendables de acuerdo al tipo de camino. (Crespo; 2004:17)

2.8.1.3. Curvas de transición.

El manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT (1991), define a la curva de transición como la curva que liga una tangente con una curva circular, formando así una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada.

Las curvas de transición se requieren cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias.

A. Para efectuar las transiciones se empleará la clotoide o espiral de Euler, cuya expresión es:

$$Rc Le = K^2$$

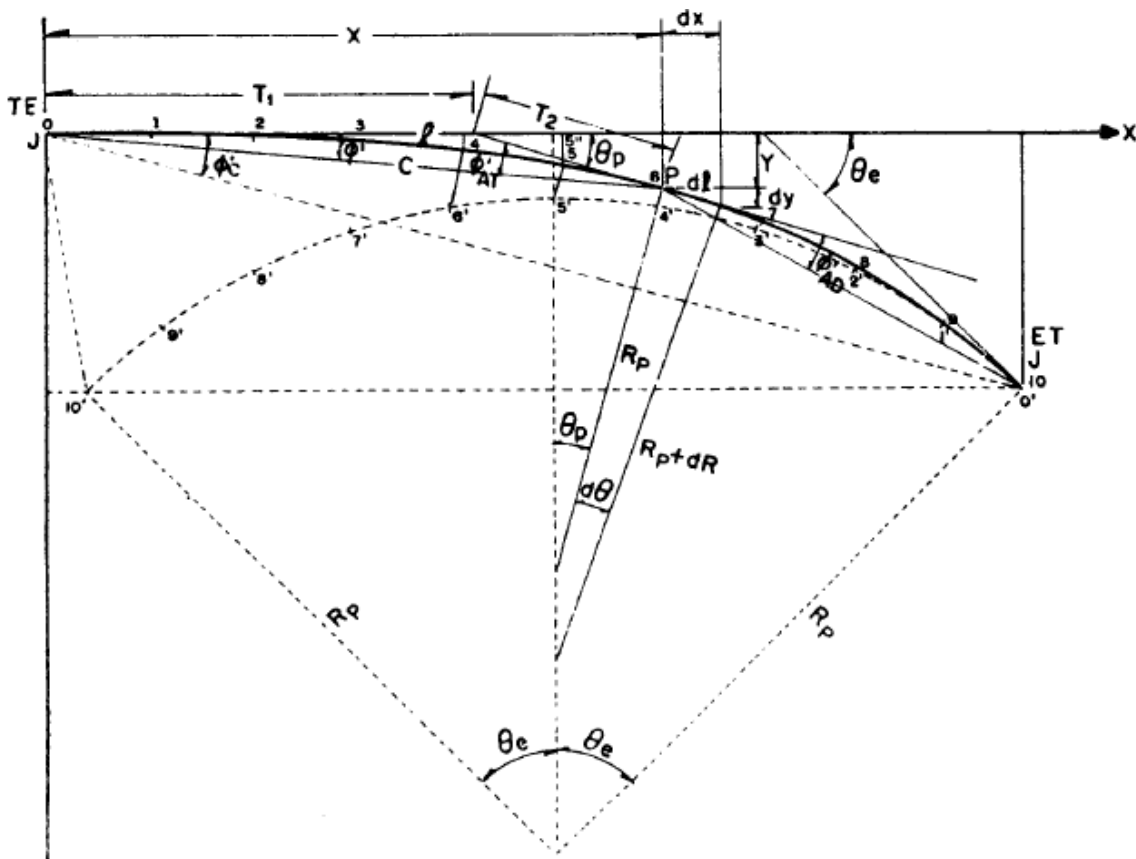
En donde:

Rc = Radio de la curva circular en metros.

Le = Longitud de la espiral de transición en metros.

K = Parámetros de la espiral en metros.

En la figura 2.14 se muestran los elementos que componen una curva clotoide o de espiral.



- P= Punto cualquiera sobre una espiral.
- o= Punto en donde se inicia la espiral.
- io= Punto en donde termina la espiral.
- θ_e = Deflexión total de la espiral.
- θ_p = Deflexión de la cuerda larga de la espiral.
- θ'_c = Ángulo de la cuerda larga de la espiral.
- θ'_p = Ángulo de la cuerda a un punto P.
- θ'_{AT} = Ángulo respecto a la tangente en P de una cuerda anterior que subtiende un arco de espiral JP, de longitud ℓ_P .
- θ'_{AD} = Ángulo respecto a la tangente en P, de una cuerda posterior que subtiende un arco de espiral JP, de longitud ℓ_P .
- ℓ = Longitud de la espiral del origen al punto P.
- C= Cuerda de la espiral desde el origen al punto P.
- R_P = Radio de curvatura de la espiral en el punto P.
- X,Y= Coordenadas del punto P.
- T₁= Tangente larga al punto P.
- T₂= Tangente corta al punto P.

Figura 2.14. Elementos de la espiral o clotoide. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 308)

- B. La longitud mínima de la espiral para carreteras tipo A de dos carriles y de cuatro carriles en cuerpos separados, B y C, estará dada por la expresión:

$$L_{e \text{ mín}} = 8VS$$

Donde:

$L_{e \text{ min}}$ = Longitud mínima de la espiral en metros

V = Velocidad de proyecto en Km/h

S = Sobreelevación de la curva circular en m/m

Para carreteras tipo A de cuatro carriles en un solo cuerpo, la longitud mínima de la espiral calculada con esta fórmula deberá multiplicarse por uno punto siete (1.7).

Las curvas espirales de transición se utilizarán exclusivamente para carreteras tipo A, B y C, y solo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea de siete por ciento (7%) o mayor.

2.8.2. Alineamiento vertical.

“El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.” (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991:351).

2.8.2.1. Elementos que lo integran.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y de curvas verticales.

2.8.2.1.1. Tangentes.

De acuerdo con el manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT (1991), las tangentes se caracterizan por su longitud y pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas, siendo la longitud de la tangente la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, mientras que su pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

2.8.2.1.2. Curvas verticales.

“Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectuó el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.” (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991:356).

Según Crespo (2004), los elementos que constituyen el perfil longitudinal de la subrasante deben enlazarse mediante curvas verticales, convexas o cóncavas, de longitud variable; de esta manera, las curvas verticales se emplean para pasar de gradualmente de un tramo en el que la subrasante tiene una pendiente determinada a otro en el que la pendiente es diferente, pudiendo presentarse dos casos: uno llamado cresta en el que primero se sube y luego se baja de la curva, el segundo

caso se le llama columpio en este primero se baja a través de la curva y luego se sube; estos casos se muestran en la figura 2.15.

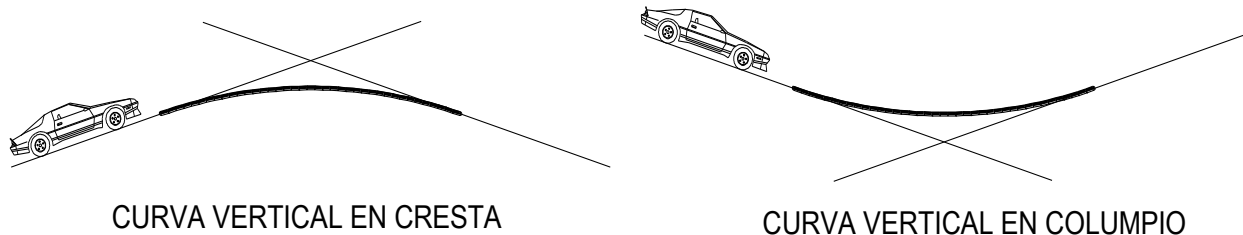


Figura 2.15. Tipos de curvas verticales.

Fuente: Propia.

Se proyectará una curva vertical únicamente cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes sea mayor de 0.5%, ya que en los casos de diferencia o menor a lo indicado, que la curva se perderá en el terreno durante su construcción debido a que el cambio de pendientes es muy pequeño.

Dos ejemplos de lo anterior se muestran a continuación, en donde en el primer caso se proyecta la curva vertical y en el segundo caso no:

Tramo ascendente=	+3%	Tramo ascendente=	+3%
Tramo descendente=	<u>-3%</u>	Tramo descendente=	<u>+2.8%</u>
=	+6%	=	+0.2%

A continuación se muestran los tipos de curvas verticales en cresta y en columpio y las diferencias algebraicas de pendiente en cada una de ellas.

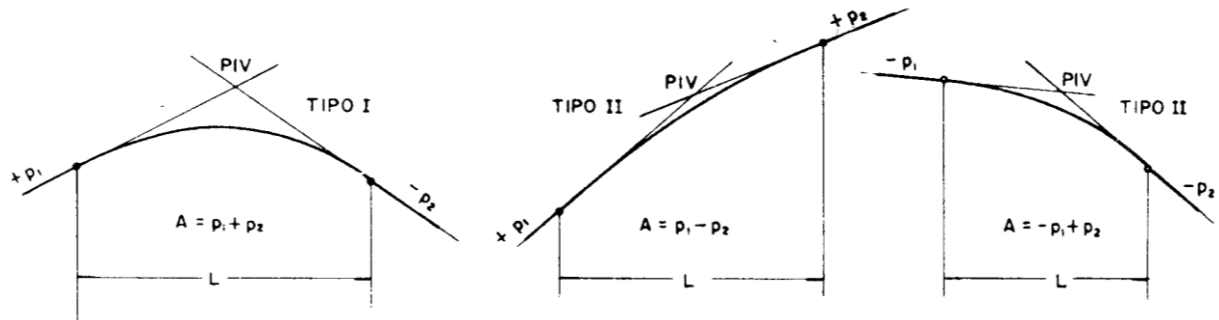


Figura 2.16. Curvas verticales en cresta. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 359)

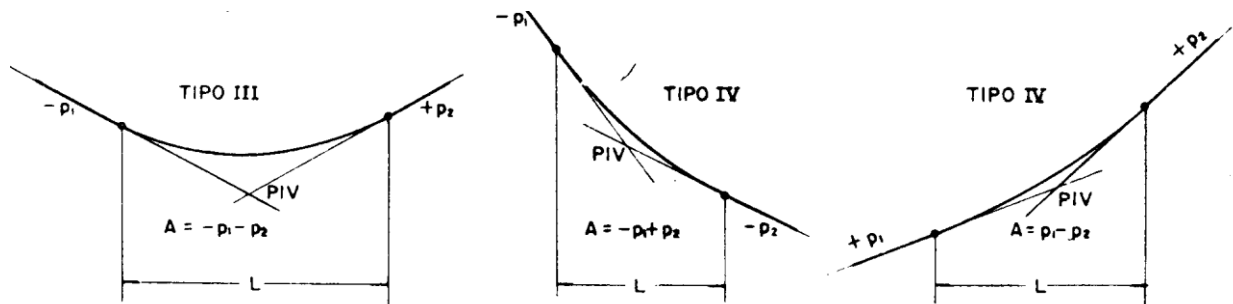


Figura 2.17. Curvas verticales en columpio. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 359)

De acuerdo con Crespo (2004), las curvas verticales son parábolas, ya que son las que mejor satisfacen el cambio gradual de una pendiente a otra y estas parábolas pueden ser simétricas o asimétricas en las curvas. Enseguida se muestra como se calculan una y otra.

➤ Curvas verticales simétricas.

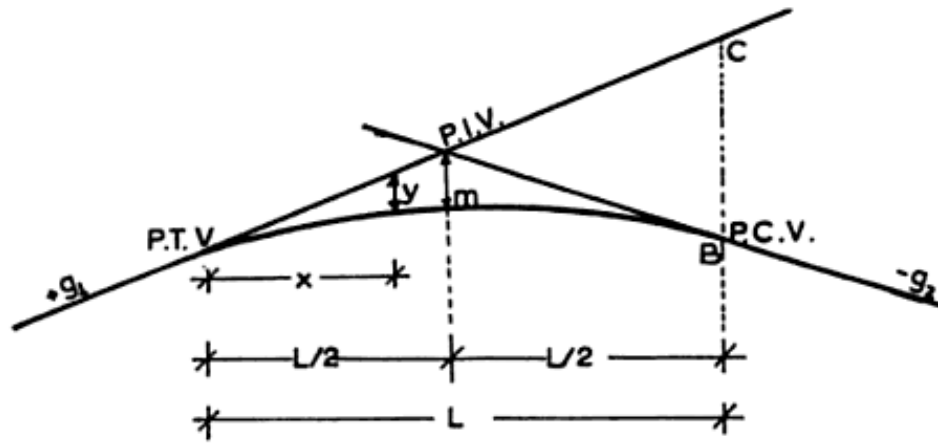


Figura 2.18. Curva vertical simétrica. (Crespo; 2004: 103)

En cualquier punto de la parábola debido a su simetría:

$$Y = \left(\frac{X}{L}\right)^2 \quad (m) = \left(\frac{X}{L}\right)^2 \quad m = \frac{PL}{8}$$

En donde:

m= ordenada media de la parábola o sea la correspondiente al vértice de las tangentes.

P= $(g_1 + g_2)$ = diferencia algebraica de pendientes.

L= longitud de la curva, en metros.

X= abscisas a contar de los extremos de la curva, en metros.

Si se expresa P en porcentaje en la formula entonces:

$$m = \frac{PL}{800} \quad Y = \frac{px^2}{2L}$$

➤ Curvas verticales asimétricas.

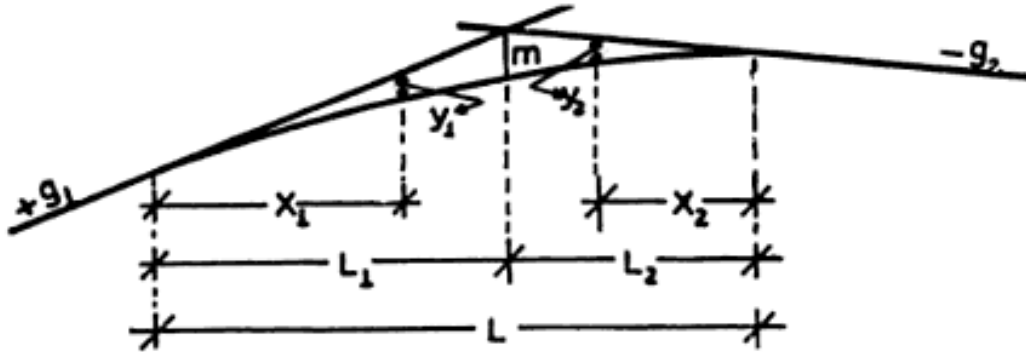


Figura 2.19. Curva vertical asimétrica. (Crespo; 2004: 106)

Para la ordenada media:

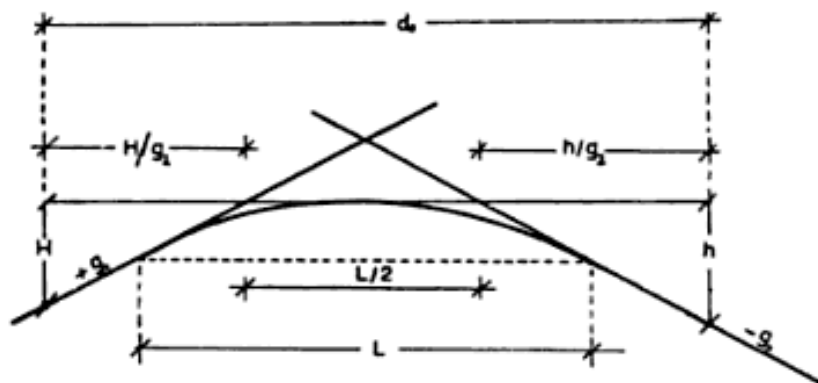
$$m = \frac{P * L1 * L2}{2(L1 + L2)}$$

Y para las demás ordenadas de la parábola:

$$Y1 = \left(\frac{X1}{L1}\right)^2 * m \quad Y2 = \left(\frac{X2}{L2}\right)^2 * m$$

Según la curva que se trate, la longitud mínima que debe tener una curva vertical se determina por la consideración de la distancia de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de proyecto elegida, según se trate de curvas verticales en cresta o en columpio, las longitudes requeridas para las curvas serán distintas, en el diseño de las curvas se presentan dos casos, uno en curvas verticales en cresta y otro en columpio.

1. Longitud mínima de curvas verticales en cresta; esta longitud está en función de la distancia de visibilidad de parada y dependiendo de si la distancia de visibilidad es mayor o menor a la longitud de la curva se presentan dos casos: El primer caso se presenta cuando el conductor y el objeto sobre la calzada están fuera de la curva, es decir, la distancia de visibilidad es mayor a la longitud de la curva $d_o > L$, entonces la longitud de la curva se calcula de la siguiente manera:

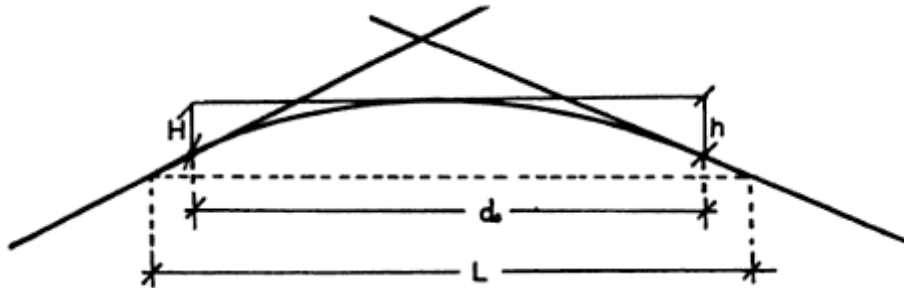


$$Lc \text{ min} = 2d_o - \frac{200(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{p}$$

$$Lc \text{ min} = 2dp - \frac{423.41}{\Delta}$$

Figura 2.20. Distancia de visibilidad mayor a la longitud de la curva en cresta. (Crespo; 2004: 107)

El segundo caso se presenta cuando el conductor y el objeto sobre la calzada están dentro de la curva, por lo tanto la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva, $d_o < L$.



$$Lc \min = \frac{p d_o^2}{200 (\sqrt{H} + \sqrt{h})^2} \qquad Lc \min = \frac{\Delta d p^2}{423.41}$$

Figura 2.21. Distancia de visibilidad menor a la longitud de la curva en cresta. (Crespo; 2004: 107)

En donde para ambos casos:

$Lc \min$ = longitud mínima de la curva, en metros.

d_o = distancia mínima de la visibilidad de parada, en metros.

p = diferencia algebraica de pendiente en porcentaje o decimal.

H = altura del ojo del conductor sobre la calzada, en metros. $H=1.14$ m.

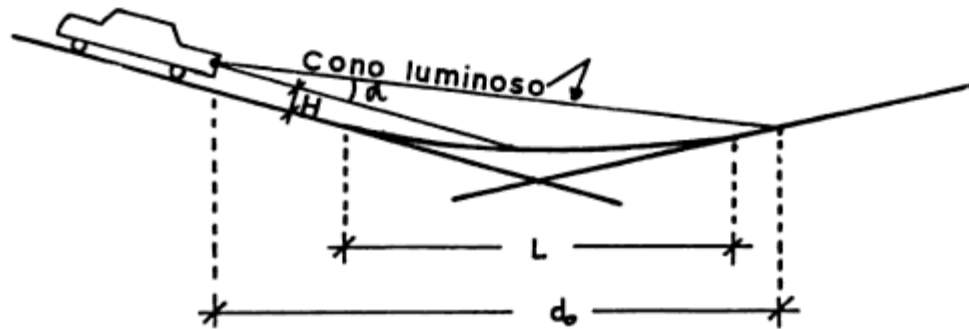
h = altura del objeto, en metros, actualmente se considera $h= 0.15$ m.

d_p = distancia de parada, en metros.

Δ = diferencia algebraica de pendientes

2. Longitud mínima de las curvas verticales en columpio; están en función de la distancia de parada, la longitud mínima de estas curvas se determina por la condición de visibilidad nocturna, en donde se presentan dos casos:

El primero ocurre cuando la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva, es decir, $d_o > L$.

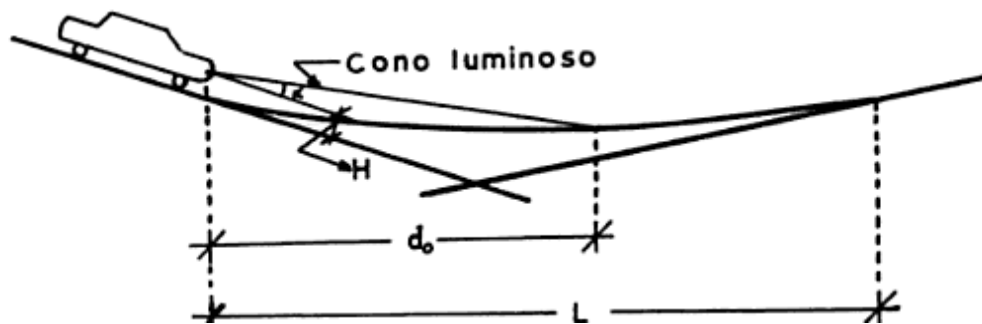


$$L_{min} = 2d_o - \frac{200(H+d_o \tan \alpha)}{p}$$

$$L_{c min} = 2dp - \frac{228+3.5dp}{\Delta}$$

Figura 2.22. Distancia de visibilidad mayor a la longitud de la curva en columpio. (Crespo; 2004: 108)

El segundo caso ocurre cuando la distancia de visibilidad es menor a la longitud de la curva, es decir, $d_o < L$.



$$L_{c min} = \frac{p d_o^2}{200 (H+d_o \tan \alpha)}$$

$$L_{c min} = \frac{\Delta dp^2}{208+3.5dp}$$

Figura 2.23. Distancia de visibilidad menor a la longitud de la curva en columpio. (Crespo; 2004: 108)

En estos dos casos:

H= altura del centro de los faros sobre la calzada, siendo actualmente considerado como de 0.60 m.

α = ángulo máximo de los rayos del cono luminosos de los faros sobre el eje prolongado del vehículo, usualmente 1° .

Debido a que las curvas verticales son parábolas, se calculan como ya se mencionó, simplificándolo se obtiene:

$$Y = K * x^2 \quad y \quad K = \frac{P}{10L}$$

En donde:

Y= ordenada de la curva vertical, considerada con relación a la tangente de la curva en la estación correspondiente. Estas ordenadas se restan de las cotas de las tangentes si la curva es una cresta y se suman si es un columpio.

p= diferencia algebraica de pendientes.

L= longitud de la curva vertical en estaciones de 20m.

x= número de orden que le corresponde a la estación para la cual se calcula la ordenada Y.

Crespo (2004), menciona que la longitud mínima que puede tener una curva vertical será en estaciones cerradas, la diferencia algebraica de pendientes, de tal modo que si $p=9.6$, se tomará para L un valor de 10, también es conveniente tener el PCV, PIV y PTV en estaciones cerradas o a mitad de ellas.

2.9. Sección transversal.

“La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.” (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991:367).

2.9.1. Elementos que la integran.

El manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT (1991), define que la sección transversal está integrada por: la corona, la subcorona, las cunetas y las contracunetas, los taludes y las partes complementarias, a continuación se muestran detalladamente estos elementos:

- Corona: es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, es decir, las aristas superiores de los taludes del terraplén; los elementos que define la corona son: la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.
 - ❖ Rasante: es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

❖ Pendiente transversal: es la pendiente que se da a la corona normal a su eje, se presentan tres casos dentro de este elemento de la corona.

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

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

2. Sobreelevación: es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales, se calcula de la siguiente manera:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - \mu$$

En donde:

S= sobreelevación, en valor absoluto.

V= Velocidad del vehículo, en km/hr.

R= Radio de la curva, en metros.

μ = Coeficiente de fricción lateral.

El manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT (1991), recomienda usar una sobreelevación máxima de 12% en lugares donde no exista nevadas ni heladas y el porcentaje de vehículos pesados que transitan es mínimo, usar 10% en lugares donde sin haber heladas ni nevadas se tiene un gran porcentaje de vehículos pesados, usar 8% en zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes y usar 6% en zonas urbanas.

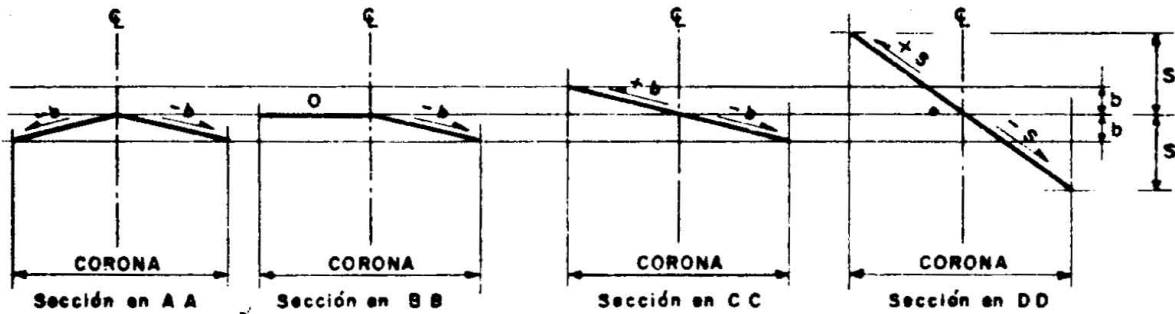
Una vez definida la sobreelevación se obtiene el grado máximo de curvatura con la siguiente expresión:

$$Gc = \frac{146000 (\mu + Smax)}{V^2}$$

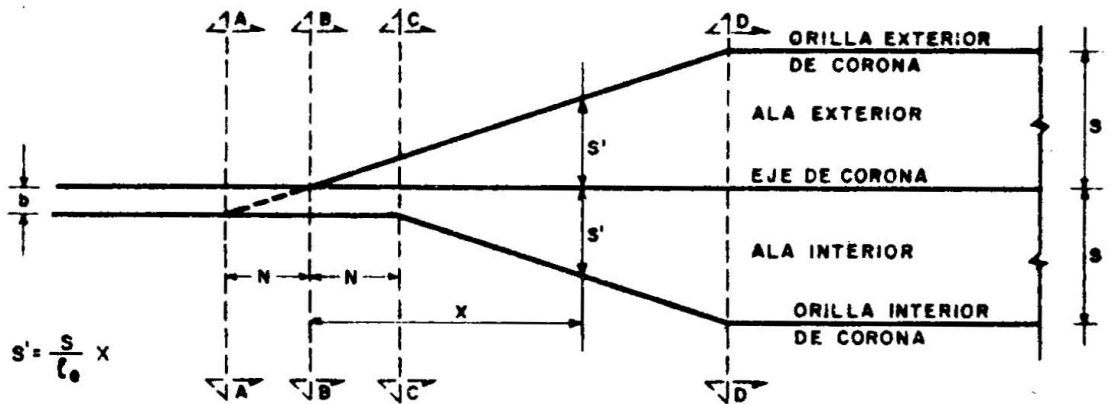
3. Transición del bombeo a la sobreelevación: en el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva: este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos; el primero y más recomendable consiste en girar la sección sobre el eje de la corona, el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona.

Enseguida se muestran los procedimientos antes mencionados.

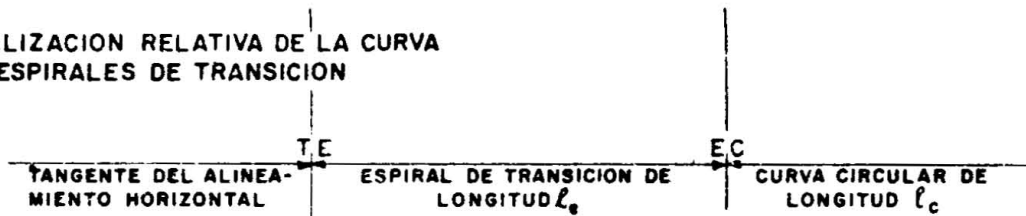
SECCIONES TRANSVERSALES



VARIACION DE LA SOBREELEVACION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CON ESPIRALES DE TRANSICION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE

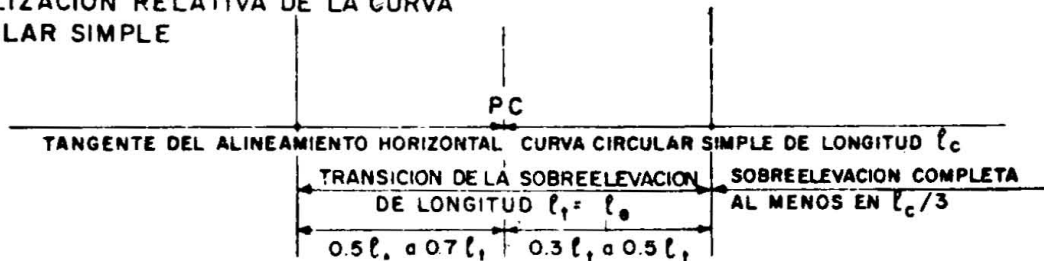


Figura 2.24. Transición de la sección en tangente a la sección en curva, girando sobre el eje de la corona. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 375)

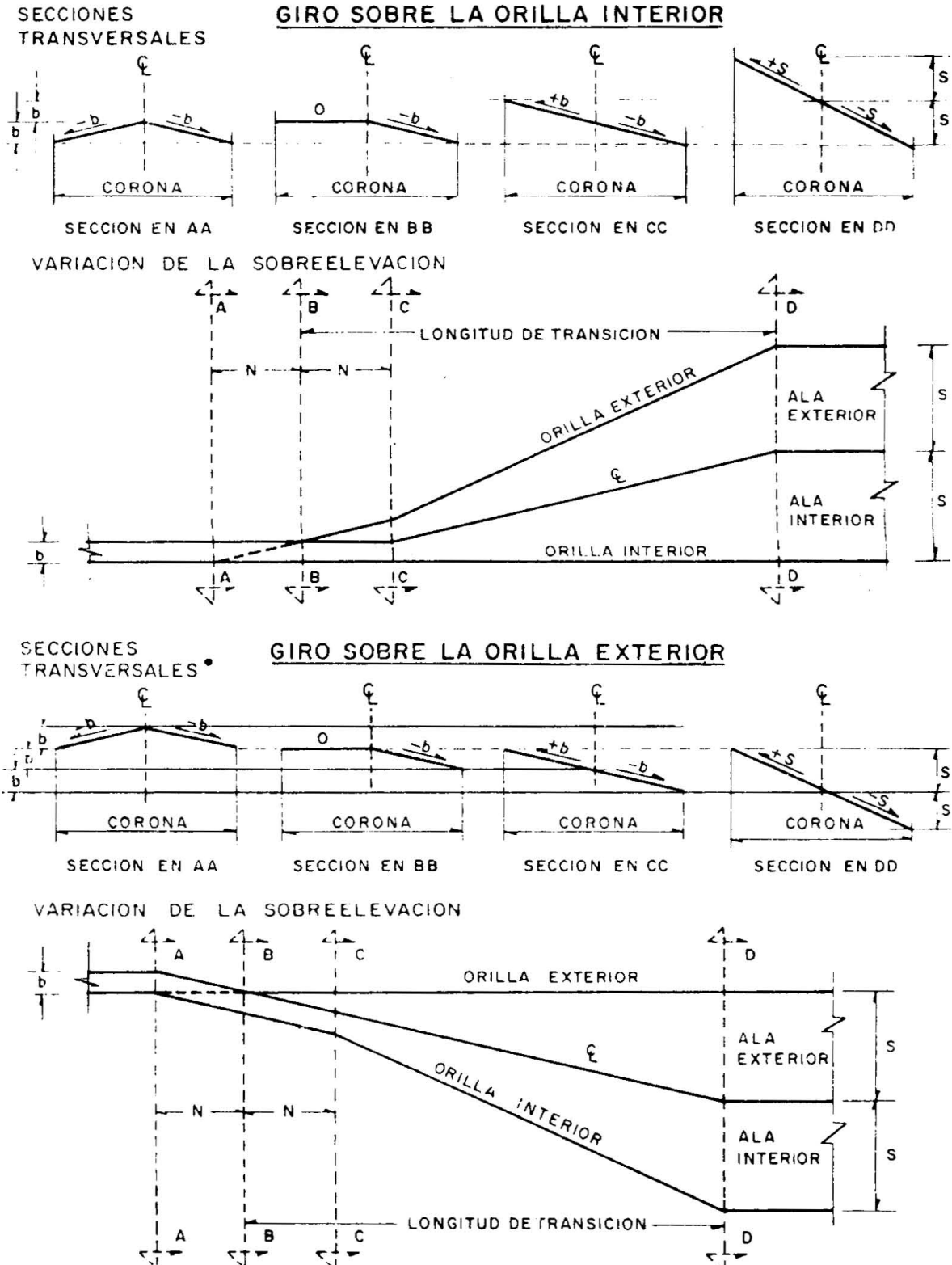


Figura 2.25. Transición de la sección en tangente a la sección en curva, girando sobre una orilla de la corona. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 377)

SÍMBOLOS :

- a - Ancho de calzada en tangente
- a_c - Ancho de calzada en curva
- A - Ampliación en curva
- V_t - Vuelo trasero
- V_d - Vuelo delantero
- DE - Distancia entre ejes
- EV - Entreavía (en este caso igual al ancho total del vehículo)
- C - Distancia libre entre vehículos
- U - Distancia entre huellas externas
- F_A - Proyección del vuelo delantero
- Z - Sobreancho por dificultad de maniobra

NOTA: Todas las medidas en metros y normales al alineamiento horizontal.

EXPRESIONES PARA EL CALCULO:

$$A = a_c - a$$

$$a_c = 2U + 2C + F_A + Z$$

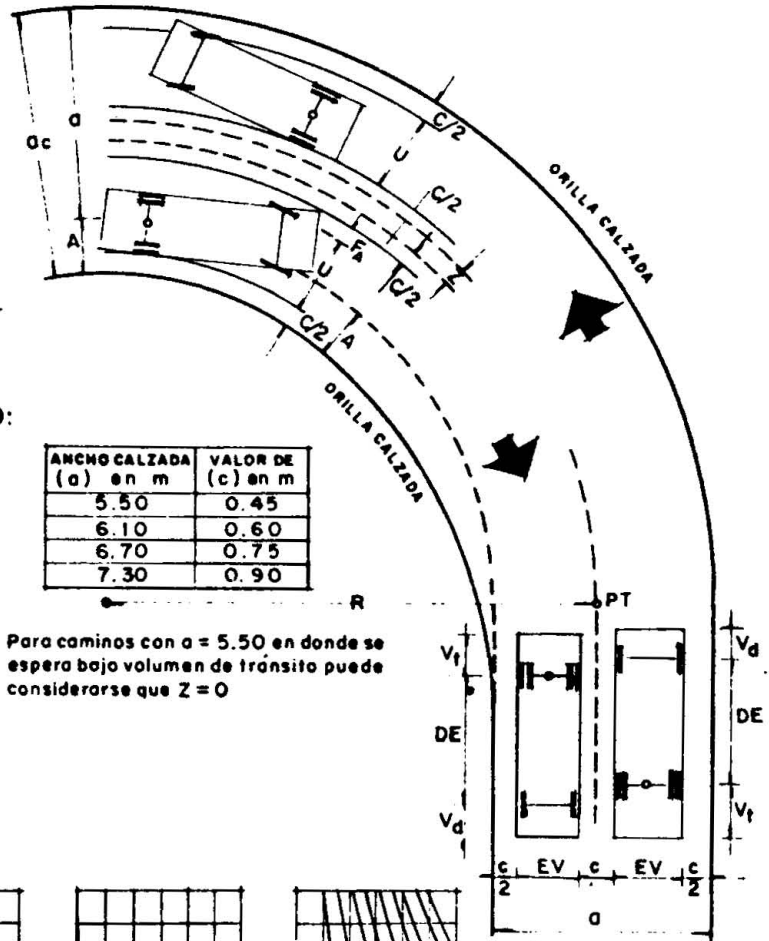
$$U = \frac{EV + R - \sqrt{R^2 - DE^2}}{2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + V_d(2DE + V_d)} - R$$

$$Z = 0.1 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

ANCHO CALZADA (a) en m	VALOR DE (c) en m
5.50	0.45
6.10	0.60
6.70	0.75
7.30	0.90

Para caminos con $a = 5.50$ en donde se espera bajo volumen de tránsito puede considerarse que $Z = 0$



GRAFICAS PARA EL CALCULO:

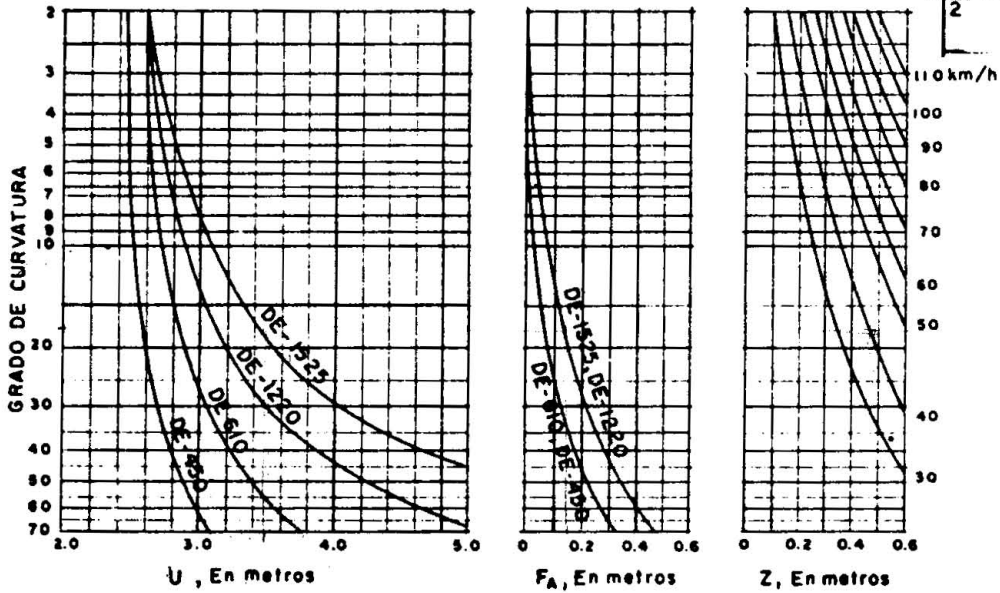


Figura 2.26. Ampliaciones en curvas del alineamiento horizontal. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 378)

- Subcorona: es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento, los elementos que componen la subcorona son: la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

Para calcular el ancho A_s de la subcorona se utiliza la siguiente expresión:

$$A_s = C + e_1 + e_2 + A$$

En donde:

A_s = ancho de la subcorona, en metros.

C = ancho de la corona en tangente, en metros.

e_1 y e_2 = ensanche a cada lado del camino, en metros.

A = ampliación de la calzada en la sección considerada, en metros.

A continuación en la figura 2.27 se observa el ensanche en la subcorona.

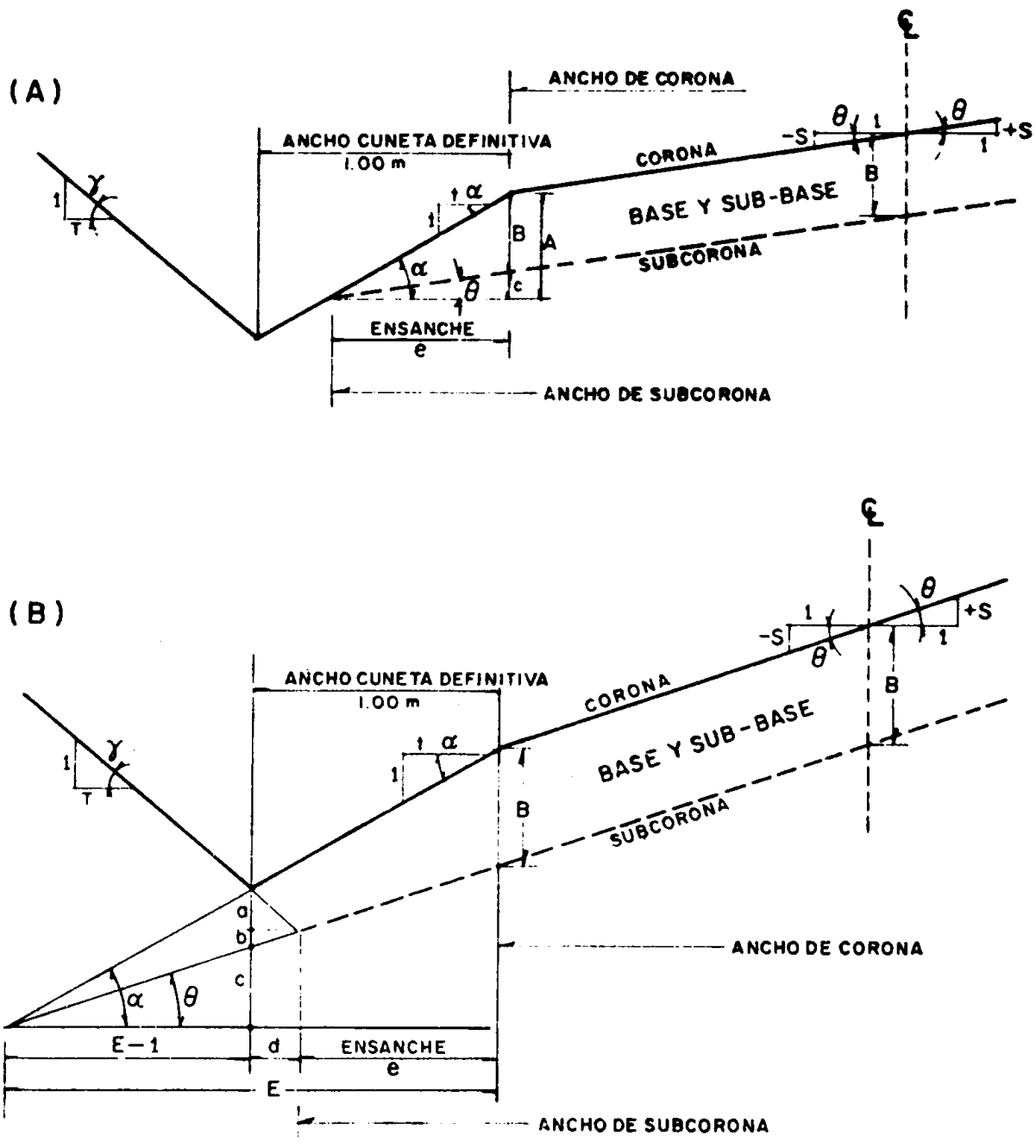


Figura 2.27. Ancho de la subcorona. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 382)

- Taludes: son la inclinación del paramento de los cortes o de las terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

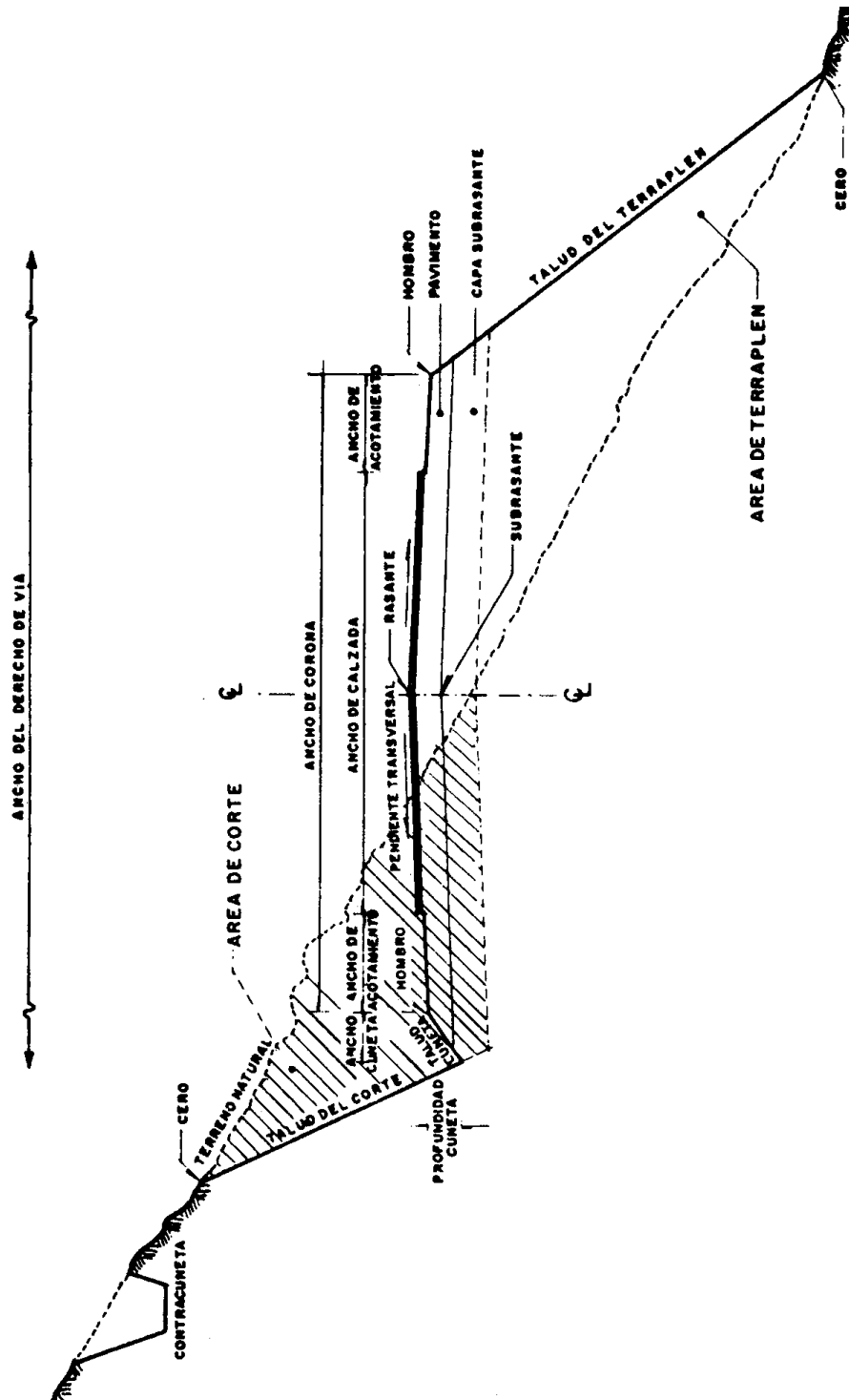


Figura 2.28. Sección transversal típica en una tangente de alineamiento horizontal. (Manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT; 1991: 368)

2.10. Materiales de construcción.

De acuerdo con Olivera (2006), se describirán a continuación los materiales que se utilizarán en una obra vial. Los principales materiales a emplear en una vía terrestre son: cuerpo del terraplén, capa subrasante y capa de pavimento.

- Cuerpo del terraplén: para la construcción del cuerpo del terraplén de una obra vial, principalmente se utilizarán los materiales provenientes de los cortes o de las zonas de préstamo, cuando el lugar es plano, la construcción de los terraplenes se realiza con material de préstamo, cuando la zona de préstamo está a una distancia máxima de 100 m. del centro de línea se le denomina préstamo lateral y cuando la distancia es mayor se le conoce como préstamo de banco.

En lugares de lomerío, la construcción de los terraplenes se realiza con material procedente de los cortes, se fija el movimiento de terracerías mediante un estudio de la curva masa en la cual se debe proyectar una rasante que sea económica. Y, por último, en lugares montañosos, generalmente en este tipo de terreno no se lleva a cabo la construcción de terraplenes, al contrario, por exceso de cortes se tiene una gran cantidad de volumen de desperdicio, en caso de que se requiera un terraplén, éste se debe construir como si fuera para lugares planos.

- Capa subrasante: generalmente la construcción de la capa subrasante utiliza material de banco que cumpla con las características adecuadas para el uso que vaya a tener la estructura vial. Si el material extraído en los cortes cumple

con estas características se puede emplear en la construcción del terraplén y en la construcción de la capa subrasante.

- Capa de pavimento: los materiales empleados en la capa de pavimento siempre provienen de banco, utilizándose aglomerados de arroyos y depósitos, o conglomerados suaves o duros y rocas fisuradas o sanas, las cuales requieren de uno o varios tratamientos como son: cribado, triturado, etc. Los materiales industriales como cemento portland, cal, acero, asfalto, son adquiridos en empresas que los producen los cuales deben de cumplir con los requerimientos de cada proyecto.

2.11. Pruebas para los materiales de construcción.

Es necesario realizar diversas pruebas a los materiales que se van a emplear en alguna obra vial ya que ésta proporcionará las características que posee cada tipo de material, las pruebas realizadas se pueden dividir en: pruebas de clasificación, de control y de proyecto.

1. Pruebas de clasificación: son aquellas donde se puede identificar a los materiales y decidir si es factible su uso en alguna de las capas estructurales.
2. Pruebas de control: permiten la verificación de la obra, es decir que la obra cumple con los requisitos de proyecto.
3. Pruebas de proyecto: Permiten realizar una estructuración racional de la sección transversal de una vía terrestre.

“Las principales pruebas de clasificación realizadas a los materiales pétreos y suelos utilizados en una vía terrestre son: granulometría, plasticidad, resistencia, expansión, valor cementante, densidad, adherencia con el asfalto, dureza y forma de la partícula.” (Olivera; 2006: 68)

“Las pruebas más usuales que se realizan a los productos asfálticos son: destilación, penetración, viscosidad, punto de encendido, asentamiento en cinco días, demulsibilidad con cemento portland, carga de la partícula y acidez.” (Olivera; 2006: 68)

- Granulometría: esta prueba sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que conforman un material. Para realizar esta prueba se utilizan tamices o mallas por la que debe pasar el material, las partículas retenidas en cada malla se deben pesar, encontrando así el porcentaje retenido con relación al peso seco total.

El resultado de esta prueba se representa de manera gráfica, si la curva no presenta cambios bruscos de pendiente, es una granulometría continua, en caso contrario cuando si presenta cambios bruscos, es discontinua. De acuerdo a varios estudios se concluye que el uso de granulometrías discontinuas en gravas y arenas para concretos, reducen el consumo de cemento.

- Plasticidad: “la plasticidad de un material se define como la facilidad que presenta a remodelarse sin cambio de volumen y teniendo un mínimo de resistencia al corte” (Olivera; 2006: 70). En la plasticidad de un material intervienen las características siguientes: humedad, peso volumétrico,

sensibilidad de las partículas, principalmente finas con respecto al agua y al porcentaje de éstas dentro del total. Las principales pruebas a emplear son: límites de Atterberg y contracción lineal, realizadas al material que pasa la malla núm. 40.

- Límites de Atterberg: estos límites representan al porcentaje de agua con respecto al peso de los sólidos, donde los materiales finos pasan de una consistencia a otra, es decir, el límite líquido es la humedad entre el estado semilíquido y plástico, bajo esta condición dicho material adquiere una resistencia al esfuerzo cortante de 25 g por cm², para determinar dicho límite se utiliza la copa de Casagrande en la cual debe cerrar una ranura de aproximadamente 1 cm al proporcionar 25 golpes sobre la base del aparato. Y el límite plástico es la humedad entre el estado plástico y el semisólido, para obtener este límite se realizan rollitos del material de aproximadamente 3mm los cuales llegan a su límite plástico en el momento que empiezan a agrietarse. El índice plástico es la diferencia que hay entre el límite líquido y el plástico.
- Prueba de contracción lineal: es una medida de la plasticidad de los materiales que pasan la malla 40 obteniendo la relación de longitudes, el material que corresponde al límite líquido es colocado en un molde el cual posteriormente se coloca en un horno durante un periodo en el cual sufra una disminución de longitud, el porcentaje que es disminuido con respecto a la longitud inicial, representa la contracción lineal.

- Resistencia y expansión: para obtener los parámetros de resistencia y expansión, principalmente se utilizan pruebas triaxiales y consolidímetros, no obstante también se utiliza la prueba Porter estándar donde se obtiene el peso volumétrico seco máximo (PVSM), la humedad óptima (W_o), la expansión (E) y el valor relativo de soporte (VRS).
- Prueba de valor cementante: en ocasiones las carpetas asfálticas no son lo suficientemente adecuadas para proporcionar un confinamiento adecuado a los materiales inertes de base y sub-base, para que resistan los esfuerzos sin deformarse, por lo cual es conveniente determinar si un material tiene suficiente aglutamiento, para esto se deberá realizar la prueba de valor cementante la cual consiste en colocar en un molde cubico de 7.5 cm, tres capas de material con una cantidad de agua, que al apretarse una porción, ésta se humedezca ligeramente, cada capa deberá recibir 15 golpes con una varilla de 900g, desde una altura de 50cm, posteriormente se introduce el molde con los especímenes en un horno hasta obtener un peso constante, se retiran del horno y cuando toman la temperatura ambiente se deben descimbrar para llevarlos a la ruptura por medio de la compresión sin confinar, el valor cementante se obtiene mediante una división, es decir: la carga de ruptura entre el área, se expresa en kg/cm^2 , se deberá repetir este proceso por lo menos en tres especímenes.

2.12. Tratamiento de los materiales.

Según Olivera (2006), a menudo, los materiales cercanos a las obras no cumplen con los requisitos para ser utilizados en alguna capa del pavimento de una obra, por lo que se realizan uno o varios tratamientos a estos materiales, con el fin de mejorar sus características y que resulten más económicos que acarrear material de grandes distancias de acarreo. Los tratamientos principales que se utilizan, son: disgregado, cribado, compactación y estabilización.

2.12.1. Disgregado.

Este tratamiento se usa en materiales finos agrumados, materiales granulares poco y medianamente cementados o en rocas alteradas, su finalidad es separar las partículas del material, para que estas sean de tamaños menores al máximo requerido. Para disgregar el material se usan rodillos lisos metálicos que pasan sobre el material una y otra vez hasta que el desperdicio o material con tamaño mayor al necesario sea menor del 10%, a continuación se retiran de forma manual estos desperdicios, hasta que el desperdicio final sea menor al 5%.

2.12.2. Cribado.

Se usa en material granular con un desperdicio mayor al 10%, su función es controlar la granulometría, separando las partículas menores al máximo requerido. Para cribarlo se utilizan mallas o tamices con una abertura un poco mayor al tamaño máximo permisible, para lo cual se instalan plantas de cribado con tamices de diferentes tamaños y bandas transportadoras de material cerca de la obra.

2.12.3. Trituración.

Al igual que los tratamientos anteriormente mencionados, este se utiliza para controlar la granulometría del material. Por lo general este tratamiento se usa cuando el desperdicio generado por el cribado es mayor del 25%, la trituración se lleva a cabo en plantas trituradoras, las cuales criban primero el material y después quiebran las partículas que sean mayores al máximo requerido o desperdicios producidos por el cribado, para finalmente ser transportado mediante bandas al lugar de almacenamiento.

2.12.4. Compactación.

Es el proceso mecánico por medio del cual se reduce el volumen de los materiales, en un tiempo relativamente corto, con la finalidad de que los materiales sean más resistentes a las cargas y además tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante la vida útil de la obra.

El grado de compactación dependerá del tipo de suelo y de la humedad del mismo, es decir, si el material se trata de un suelo expansivo en presencia de agua se trata de un material con bajo grado de compactación, por lo que deberá sustituirse con otro material o estabilizarlo con cal o cemento, en cambio si el material es compresible, el agua no provocará expansiones y con la humedad óptima requerida por el material su grado de compactación será alto.

CAPÍTULO 3

DRENAJE EN LAS VÍAS TERRESTRES

En este capítulo se menciona el principal elemento causante de los problemas de los caminos que es el agua, un factor principal que disminuye en general la resistencia del suelo, por lo cual permite que se presenten fallas en terraplenes, cortes y áreas de rodamiento. Para evitar lo anterior se debe construir drenajes artificiales que capten, conduzcan y alejen el agua lo más pronto posible de la obra. “podría decirse que un buen drenaje es el alma de los caminos”. (Olivera; 2006: 45).

3.1. Drenaje de la carretera.

“El drenaje apropiado es una consideración muy importante en el diseño de una carretera. Las instalaciones inadecuadas para drenaje pueden conducir al deterioro prematuro de la carretera y al desarrollo de condiciones adversas de seguridad, como el hidroplaneo. Por lo tanto, es común que se destine una parte apreciable del presupuesto de construcción de la carretera a las instalaciones de drenaje. La función general del sistema de drenaje de una carretera es extraer el agua de lluvia del camino, así como el agua del derecho de vía de la propia carretera.” (Merritt, Loftin y Ricketts; 2008: sección 16.27)

3.2. Clasificación del drenaje

La clasificación del drenaje prácticamente consta de dos elementos, drenaje natural y drenaje artificial. El primero es de forma natural como su nombre lo indica es decir se forma de acuerdo a la topografía del lugar y el segundo es el construido por el hombre cuando modifica o altera el paso del drenaje natural.

3.2.1. Drenaje natural.

De acuerdo con Olivera (2006) en la construcción de caminos, regularmente el escurrimiento natural es cortado, de manera que el paso del agua se permite en ciertos sitios elegidos estratégicamente para alejar el agua del camino de forma rápida. Permitiendo de esta forma canalizar el agua que escurría libremente de manera adecuada en obras de captación y de conducción para evitar así problemas de inundaciones y erosiones.

Cuando se construye un camino se modifican las condiciones en el uso de la tierra, por ejemplo, en las áreas boscosas se tiene que talar árboles lo cual altera la concentración de agua, aumentando la erosión de cuencas y generando acumulación de azolves aguas abajo afectando el régimen pluviométrico, para evitar estas alteraciones en la tierra se tendrá que analizar y estudiar desde el momento que se elija una ruta, procurando que ésta tenga menos problemas de escurrimiento, la elección correcta de la ruta genera el éxito del proyecto.

De manera contraria si la ruta no es la más adecuada se tendrán serios problemas durante la vida del camino y aumentando de manera innecesaria los costos de conservación.

3.2.2. Drenaje artificial.

Las obras de drenaje artificial se construyen sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, protección, y cruce del agua. Algunas de las obras de drenaje cumplen con varias funciones al mismo tiempo. Dentro de las obras de drenaje superficial podemos encontrar algunas de las más espectaculares como son los puentes.

3.3. Tipos de drenaje artificial

“el drenaje artificial se clasifica en superficial y subterráneo, dependiendo de si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre” (Olivera; 2006: 48). De acuerdo a la posición que las obras guardan respecto al eje del camino, el drenaje superficial puede ser:

- a) Drenaje longitudinal: se sitúa prácticamente paralelo al eje del camino y es el que capta los escurrimientos evitando que lleguen al camino o permanezcan en el causando problemas, principalmente se utilizan cunetas, contracunetas, bordillos y canales de encauzamiento.

- b) Drenaje transversal: da paso al agua que cruza de un lado a otro del camino retirando lo más pronto posible de la corona utilizando tubos, losas, cajones, bóvedas, lavaderos, vados, sifones invertidos, puentes

y bombeo de la corona cuando el claro es mayor a 6 m se le denomina puentes y cuando el claro es menor se le denomina, alcantarilla.

- c) Drenaje subterráneo: está compuesto una parte por agua de lluvia que se infiltra a las capas interiores de la tierra, así como de la condensación de vapores producidos por volcanes, o probablemente agua entrampado de antiguos lagos u océanos. Esta agua se encuentra entre las cavidades, fracturas y fallas de las rocas, que en ocasiones pueden llegar a formar lagos o corrientes subterráneas. En la construcción de caminos en corte si el flujo del agua no se controla esta puede llegar aflorar en los taludes o en la cama del camino, presentando fallas de tipo conchoidales o tipo creep en taludes o en la cama de la obra la cual inestabiliza la superficie de rodamiento ya sea provisional o definitivo.

3.3.1. Elementos del drenaje longitudinal

Como ya se mencionó anteriormente en el tema 3.2 los elementos del drenaje longitudinal son cuatro, a continuación se definirá cada uno de ellos para saber cuáles su uso y su función.

3.3.1.1. Cunetas.

Su función consiste en interceptar el agua que escurre de la corona, del talud o del terreno natural mediante un canal que se construye en los costados del camino, el cual conduce el agua hacia una corriente natural o hacia una obra transversal que pueda alejarla de la zona del camino. El área hidráulica de las cunetas depende de las características de la zona por drenar, básicamente se utiliza una sección transversal triangular la cual tiene una profundidad de 33 cm, 1 m de ancho, talud de la corona de 3:1 y del lado del corte depende del material que se encuentre.

Es recomendable que las cunetas no excedan una longitud mayor que 250 m de ser así es necesario construir una obra de alivio que permita reducir la longitud y conducir fuera del camino el caudal aguas abajo. Frecuentemente las obras de alivio cuentan con elementos auxiliares como son muros interceptores, los cuales se construyen dentro de las cunetas y los cajones de entrada con desarenadores, los cuales son muy recomendables.

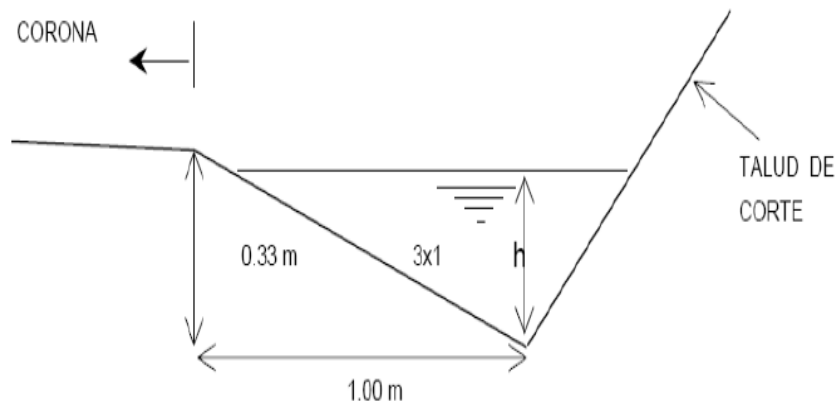


Figura 3.1. Sección tipo de una cuneta

Fuente: www.itm.gob.mx



Figura.3.2. cunetas de un camino.

Fuente: www.itm.gob.mx

Cuando las cunetas son de material erosionable, será necesario reducir la velocidad que alcance el agua, para esto será necesario disminuir la pendiente de la cuneta y si es necesario provocar caídas en la cuneta para que el fondo de la misma este por debajo del nivel de la subrasante, o bien, aumentando la sección del canal de la cuneta.

Material	Velocidad m/s	material	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.00
Arcilla arenosa	0.50	Tepetate	2.0
Arcilla ordinaria	0.85	Grava gruesa	3.5

Arcilla firme	1.25	Zampeado	3.4 - 3.5
Grava fina	2.00	Concreto	4.5 – 7.5

Tabla 3.1. Velocidades del agua a las cuales se erosionan diferentes materiales.

Fuente: Olivera, 2006.

Pendiente longitudinal %	Velocidad m/s	Gasto m/s
1	0.6	0.110
2	0.9	0.179
3	1.1	0.200
4	1.3	0.240
5	1.5	0.270
6	1.6	0.300
7	1.7	0.320
8	1.8	0.340
9	2.0	0.370
10	2.1	0.400

Tabla 3.2. Gastos y velocidades en cuneta tipo (1m x 33cm)

Fuente: Olivera, 2006

3.3.1.2. Contracunetas.

“Son zanjas de los cerros de los cortes y su finalidad es interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o a una

parte baja del terreno” (Olivera; 2006: 52). Evitando así que el escurrimiento del agua por el talud erosione y aumente la cantidad de agua en las cunetas.

Las contracunetas generan fallas de talud, esto debido a varios factores como son la mala calidad de materiales y la mala ubicación. Es recomendable que no se construyan en zonas donde existan cortes, ya que esto genera más daños que beneficios. La construcción ideal de las cunetas es cuando el escurrimiento sea transversal al camino y esta provenga de cuencas grandes de manera que pueda rebasar la capacidad de la cuneta para una buena localización se recomienda conocer la formación geológica, la topografía, y la cubierta vegetal.

La forma más utilizada es de forma trapezoidal y las dimensiones establecidas son de 0.8 m de plantilla y de 0.5 m de profundidad los taludes deben ser de manera que no se derrumben y se erosionen con el escurrimientos, la distancia mínima de la contracuneta a un borde de corte será de 5 m o igual que la altura del corte.

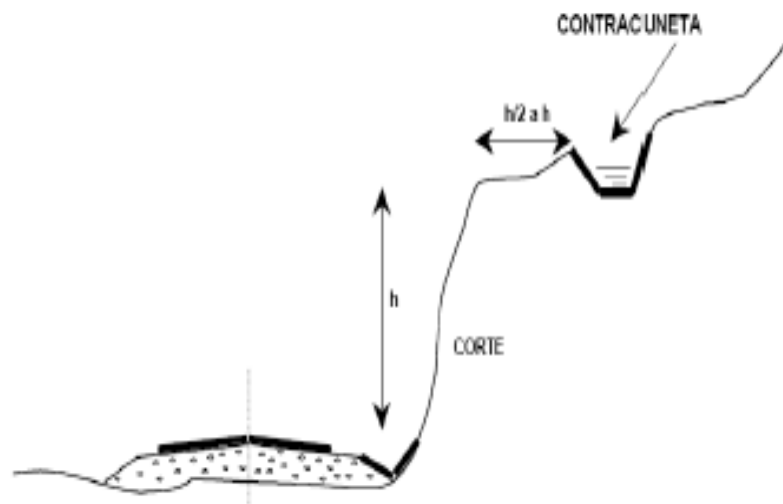


Figura 3.3. Contracuneta sin protección.

Fuente: www.itm.gob.mx

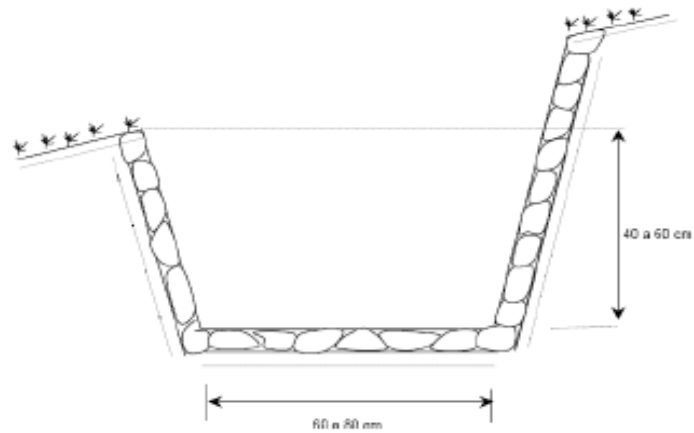


Figura 3.4. Sección tipo de contracuneta.

Figura 3.4. www.itm.gob.mx

3.3.1.3. Canales de encauzamientos.

La construcción de estos canales es necesaria cuando los escurrimientos son torrenciales y no hay cauces bien definidos, es decir, en terrenos sensiblemente planos interceptando el agua antes de que llegue al camino dirigiéndola a zonas elegidas donde permita la construcción de obras transversales para cruzar el agua de un lado a otro. De acuerdo a la zona establecida para la descarga se proyectará la pendiente del canal.

3.3.1.4.- Bordillos.

Son estructuras que se colocan en el lado exterior del acotamiento en las secciones en tangente, en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón o también se pueden colocar en la parte interior de las secciones de terraplén en curva. Son pequeños bordos que forman una barrera para conducir el agua hacia los lavaderos y bajadas, evitando erosiones en los taludes y saturación de éstos por el agua que cae sobre la corona del camino. Generalmente los bordillos son de sección trapecial, de concreto asfáltico o hidráulico.

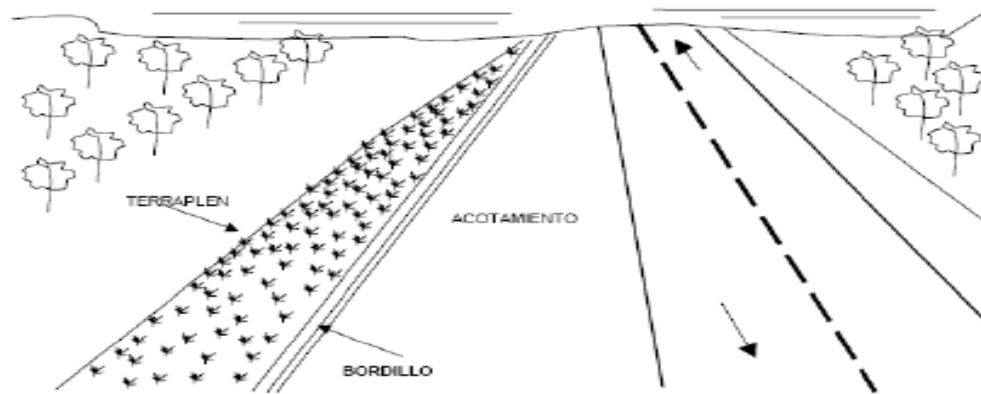


Figura 3.5. Acotamiento, bordillos y terraplén.

Fuente: www.itm.gob.mx

3.4. Elementos del drenaje transversal

Como ya se mencionó anteriormente en el tema 3.2 los elementos del drenaje transversal más comunes son cuatro, a continuación se definirá cada uno de ellos para saber cuál es su función.

3.4.1. Alcantarilla.

La función de las alcantarillas es conducir y desalojar rápidamente el agua de las partes bajas del terreno que atraviesan en el camino, existen diferentes tipos de alcantarillas que se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Para un mejor funcionamiento de la obra se mejora la entrada y salida del conducto con aleros, los cuales son muros de contención y guías para conducir el agua, regularmente los aleros son divergentes con un ángulo de 30° respecto al eje longitudinal, el cual inicia en el nivel de la corona de los estribos y desciende con talud 1.5:1 hasta llegar a una altura de 0.30 m a 0 m en la parte más alejada.

En el interior de la obra se realizará un zampeado de protección en el suelo el cual debe quedar a la misma altura del terreno natural, en los aleros de entrada y salida se colocara un dentellón con una profundidad mayor a la que puede socavar el agua. Se debe considerar un terraplén construido sobre ellas de capas compactadas de 15 a 20 cm de espesor para poder atacar ambos lados del terraplén.

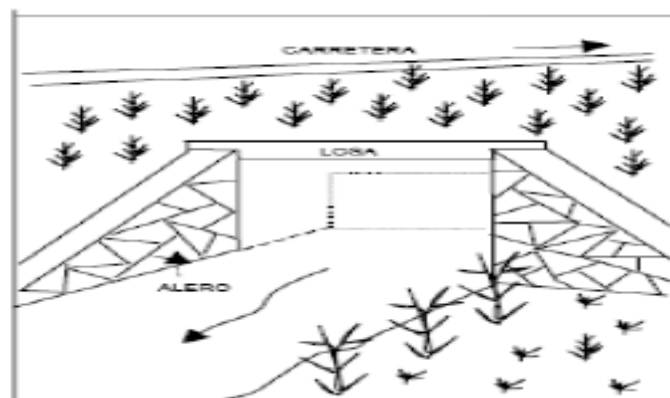


Figura 3.6. Alcantarilla típica con losa de concreto.

Fuente: www.itm.gob.mx

3.4.2. Bombeo.

Es una pendiente transversal que va del centro del camino hacia los hombros la cual tiene como función dar salida al agua que caiga sobre el pavimento evitando que este penetre la terracería y provoque fallas. En curvas horizontales se aprovecha la sobreelevación que contrarresta la fuerza centrífuga para desalojar el agua hacia el hombro interior de la curva. En caminos rurales donde únicamente se encuentra revestida la corona, el bombeo será del 4% como máximo, sin embargo en caminos con pendiente longitudinal fuerte se dará una pendiente transversal continua hacia el lado del corte de hasta 5% evitando así la erosión de los terraplenes en balcón.

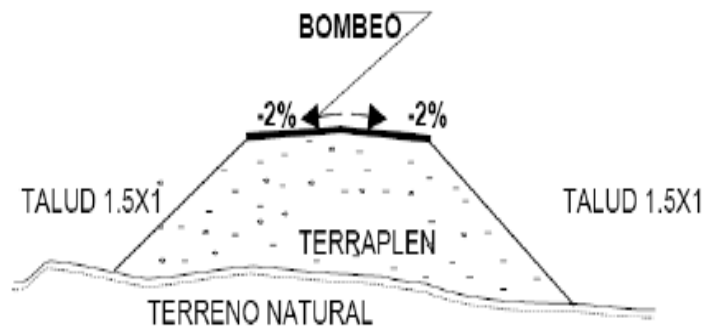


Figura 3.7. Pendiente de bombeo del camino

Fuente: www.itm.gob.mx.

3.4.3. Lavaderos

Son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, en donde no cause problemas a la carretera. En general son estructuras de muy fuerte pendiente, característica principal de éstos. Cuando se disponen en los caminos están sobre los

terraplenes, sobre los lados en terraplén, de cortes en balcón o en los lados interiores de curvas, cuando corresponden a secciones también en terraplén.

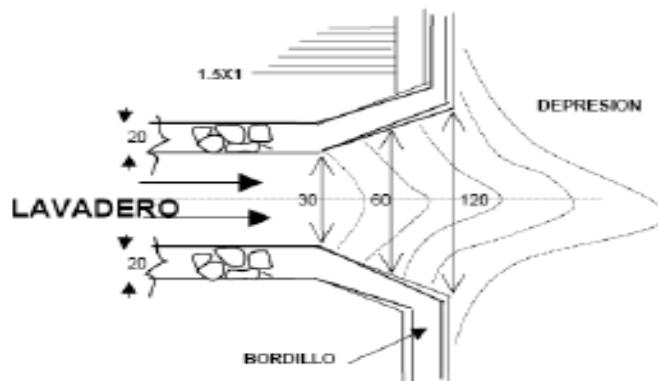


Figura 3.8. Sección de lavadero tipo.

Fuente: www.itm.gob.mx

3.4.4. Vados.

“Los vados son estructuras superficiales del camino, ubicadas en el cruce con un escurrimiento de agua efímero o permanente de tirante pequeño” (Olivera; 2006: 54). Frecuentemente se utilizan cuando hay corrientes que permiten el paso de vehículos la mayor parte del año donde solo se afecta el tránsito de dos a cuatro horas en promedio.

Para evitar que se altere el régimen hidráulico el vado debe tener una configuración lo más parecido al terreno natural, principalmente se utilizan cuando se tienen cauces amplios y la rasante de camino es baja, el vado se construirá con un espesor de 0.30 m asegurando así que resista la carga viva y a la corriente con

partículas flotante y en suspensión, para evitar socavaciones y proteger la superficie se utilizaran dentellones aguas arriba y aguas abajo con una profundidad de 0.50 m.

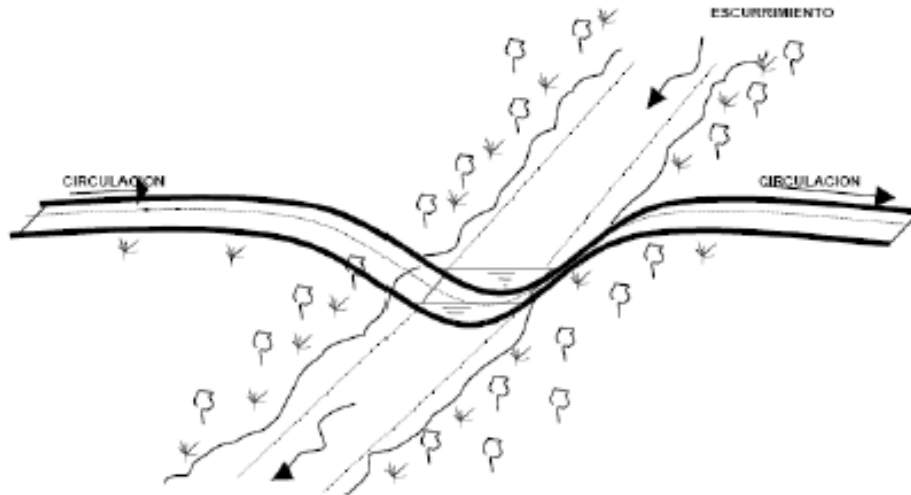


Figura 3.9. Empleo del vado en el cruce del río.

Fuente: www.itm.gob.mx

3.5. Consideraciones hidrológicas en el estudio del drenaje

Principales factores que afectan el escurrimiento del agua:

- Cantidad de precipitación.
- Tipo de precipitación.
- Tamaño de la cuenca.
- Declive de la cuenca.
- Permeabilidad de suelos y rocas.
- Condiciones de saturación.
- Cantidad y tipo de vegetación.

Se debe tener en cuenta la cantidad anual de agua que cae en la zona y el tipo de precipitación ya sea lluvia fina o en forma de aguaceros. Es muy importante la zona a drenar ya que en cuencas pequeñas es fácil alcanzar su máxima capacidad mientras que en cuencas grandes quizás la lluvia abarque sólo parte de ellas y al momento de escurrir sobre zonas sin mojar se puede infiltrar bastante. Las pendientes mayores son un factor importante debido a ellas el agua se concentra de manera rápida.

3.6. Elección de la obra

Al considerar la elección de tipo de obra de drenaje debe intervenir su funcionalidad hidráulica y estructural, así como el aspecto económico de acuerdo a los siguientes factores:

- 1) Altura del terraplén.
- 2) Forma de la sección en el cruce.
- 3) Pendiente de la plantilla de la obra.
- 4) Capacidad de sustentación del terreno.
- 5) Materiales de construcción disponibles en la región.
- 6) Tipificación de las obras y dimensiones.

Cuando la subrasante se encuentra definida, las obras de drenaje ya sean tubos o bóvedas requieren un colchón mínimo de terraplén en los hombros de 0.60 m y 1.0 m respectivamente, las losas y la parte superior de los cajones pueden quedar al mismo nivel de la rasante del camino. “por condiciones de construcción y de

operación, la pendiente de las losas se limita a 12% si la cimentación es continuo o 25% si es escalonada; la pendiente en las bóvedas se limita a 20 y 25%, respectivamente. La pendiente de los tubos puede ser de 30% sin anclajes intermedios ni en los extremos, o de 40% si cuenta con ellos” Olivera; 2006: 65. Por lo general los tubos son los más económicos para áreas hidráulicas de hasta 1.5 m².

3.7. Diseño hidráulico.

Consiste en calcular el área requerida para dar paso a la cantidad de agua que se concentra en la entrada de la obra de drenaje, para lo cual se requiere estudios previos los cuales deben abarcar: la precipitación pluvial, el área, la pendiente, y formación geológica de la cuenca, así como el uso que tendrá el terreno aguas arriba a la alcantarilla, para el cálculo de la área hidráulica de la obra de drenaje se empleas varios métodos que generalmente son: para alcantarillas la fórmula de Talbot, para puentes el método de sección y pendiente, y la fórmula de Manning.

La fórmula de Talbot se consideró para zonas de altas precipitación pluvial con una máxima de 100mm/h. su expresión es:

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

Donde:

a = Área hidráulica necesaria en la obra, en m².

A = Área hidráulica de la cuenca a drenar, en ha.

C = Coeficiente que varia de acuerdo con las características del terreno.

Valores para el coeficiente C.

C = 1 terrenos montañosos con suelo de roca y pendiente pronunciada.

C = 0.65 terrenos quebrados con pendientes moderadas.

C = 0.50 cuencas irregulares, muy largas.

C = 0.33 terrenos agrícolas ondulados, donde el largo de la cuenca es de 3 a 4 veces el ancho.

C = 0.20 terrenos llanos, sensiblemente horizontales, no afectados por inundaciones fuertes.

Cuando se trata de terrenos permeables, los valores de C deben de reducirse un 50 % además se debe conocer la formación geológica de la zona, así como el tipo de cubierta vegetal y el uso que se le dará.

3.7.1. Cálculo del área hidráulica para puentes.

Regularmente se calcula por medio del método de sección y pendiente y aplicando la fórmula de Manning. El método se aplica cuando los arroyos que cruzan llevan cauces bien definidos en los cuales hay huellas de las corrientes máximas además se tendrá que conocer la dimensiones de las secciones de escurrimiento, la pendiente del arroyo y el coeficiente de rugosidad del cauce.

Es necesario conocer el gasto máximo que pasara bajo los puentes en un periodo de retorno de avenidas que asila entre 25 y 50 años, así como la velocidad del agua y el nivel mayor del remanso que producirá el estrechamiento de la nueva sección hidráulica del puente, el cual no debe exceder de 0.40 m respecto al que se tenía antes de la construcción.

Para el cálculo del gasto máximo de la corriente, se debe encontrar el área hidráulica en diferentes secciones del arroyo y la velocidad media en cada una de ellas, para esto se aplicará la fórmula siguiente:

$$Q = A \times V$$

Donde:

A = Sección hidráulica en m²

V = Velocidad de la corriente en m/s

Q = Gasto en m³/s

Para el método de sección y pendiente, se deben elegir tramos del arroyo o río que más se acerquen a las siguientes condiciones:

- Cauce lo menos sinuoso posible.
- Sin zonas laterales de inundación, aun en época de creciente máxima.
- Pendiente longitudinal más o menos uniforme.

3.7.2. Estudios para el análisis de sección hidráulica.

1. Levantamiento del perfil a cada 20 m del fondo del río o de la superficie del agua.
2. Levantamiento de secciones hidráulicas. Se trazan tres secciones transversales al eje de corriente las cuales deben estar niveladas están deben estar en el cruce del camino, una aguas arriba y otra aguas abajo con una distancia de separación que va de los 300 a 500 m de la primera. Se debe cuidar que los extremos queden arriba del nivel de aguas máximas extraordinarias y se tenga una superficie cerrada que viene siendo el área hidráulica.
3. Se tendrá que localizar el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) para obtener a localización se recurrirá a personas del lugar o bien observando las huellas que dejan las avenidas en la vegetación, después se tiene que nivelar las huellas y los puntos obtenidos por información de ambos márgenes para poder elegir la elevación correspondiente al NAME en cada sección.
4. Se deben realizar los trabajos de gabinete los cuales consisten en dibujar el perfil del fondo del arroyo y las tres secciones levantadas colocándoles su línea de NAME con su elevación que le corresponda.

Para calcular el gasto máximo se requiere aplicar la siguiente fórmula:

$$Q = AV$$

Donde:

Q = Gasto de la corriente en m³/s.

A = Sección transversal en m².

V = Velocidad de la corriente en m/s.

La velocidad se calcula con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_3^2 S_2^1$$

En la que: V = velocidad de la corriente en m/s.

r = radio hidráulico en m, = área hidráulica / perímetro mojado.

S = Pendiente hidráulica en decimales.

n = Coeficiente de rugosidad.

Para obtener el perímetro mojado se mide en cada sección hidráulica la longitud de la sección en contacto con el agua.

3.8. Materiales

Para la construcción de los drenajes de los caminos se emplean materiales convencionales como son, concreto hidráulico, mampostería, lámina de acero, acero estructural y morteros de cal y cemento.

La calidad de los materiales usados es analizada en laboratorios de obra donde se verifica que los materiales y el procedimiento de construcción es la adecuada de acuerdo a las normas de construcción en vigor.

3.9. Tipos de carga.

Para el diseño de las obras de drenaje, se debe calcular un proyecto estructural en el cual es necesario conocer un vehículo tipo de acuerdo al carácter geométrico del camino, en un camino de bajo tránsito se considera un vehículo DE-427 con un peso de 13608 kg de los cuales se consideran 2722 kg en las ruedas delanteras y 10886 kg en las ruedas traseras y con estas cargas se efectuarán los cálculos de alcantarillas y puentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

CAPÍTULO 4

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

Durante este capítulo se profundizará sobre el tema de resumen de macro y microlocalización, en donde se definirá la ubicación del proyecto carretero en estudio, al igual que se mencionarán las principales características del municipio y localidades a las que favorecerá, tales como son los aspectos económicos, hidrológicos, ambientales, entre otros y con los cuales se detallará la localización del proyecto y el entorno que lo rodea.

4.1. Generalidades.

El proyecto en estudio se encuentra ubicado dentro de la República Mexicana la cual está situada en el continente americano en el hemisferio norte; parte de su territorio se encuentra en América del Norte, colindando con los Estados Unidos de América y el resto en América Central, limitando con Guatemala y Belice, al oriente limita con el golfo de México y el mar Caribe y al poniente con el océano Pacífico.

México es el décimo cuarto país más extenso del mundo con una superficie cercana a los dos millones de kilómetros cuadrados y el undécimo más poblado, con una población que ronda los 118 millones según la CONAPO en un estudio realizado el 1 de Agosto de 2013.

De acuerdo con el INEGI, México se encuentra entre las coordenadas 32° y 14° norte y 86° y 118° oeste, en cuanto al relieve, se caracteriza por ser muy accidentado y alojar múltiples volcanes, el territorio es recorrido por las sierras Madre

Oriental y Madre Occidental, que son una prolongación de las Montañas Rocosas. La Sierra Madre Occidental termina en Nayarit, en la confluencia con el Eje Neovolcánico. A partir de allí, paralela a la costa del Pacífico, corre la Sierra Madre del Sur.

La Federación mexicana está compuesta por 32 entidades federativas, de las cuales 31 son estados libres y soberanos en su régimen interior y un Distrito Federal donde residen los Poderes Federales, en la figura 4.1 se muestra la división territorial en México.



Figura 4.1. División territorial de México.

Fuente: www.mexicodiplomatico.com

En cuanto al clima, México cuenta con una gran diversidad, debido a que la situación geográfica del país lo ubica en dos áreas bien diferenciadas, separadas por el trópico de Cáncer. Este paralelo divide al país en dos zonas cuyos climas serían claramente distintos (una zona tropical y una templada).

Dentro de la República Mexicana, el proyecto se encuentra ubicado en el estado de Michoacán, el cual colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con el estado de México, al sureste con Guerrero y al suroeste con el Océano Pacífico, además cuenta con una superficie de 58,585 kilómetros cuadrados, en la siguiente figura 4.2 se muestra la ubicación del estado de Michoacán con respecto a la República Mexicana.

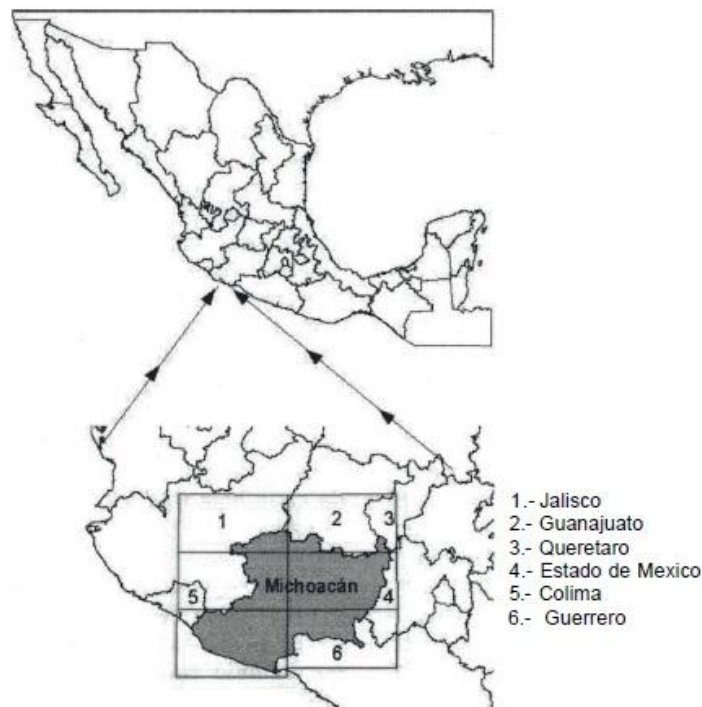


Figura 4.2. Ubicación de estado de Michoacán y sus limitaciones.

Fuente: www.scielo.org.mx

El nombre oficial del estado es Michoacán de Ocampo y su capital es Morelia, antiguamente llamada Valladolid, sus coordenadas geográficas extremas son al norte 20°24', al sur 17°55' de latitud norte; al este 100°04', y al oeste 103°44' de longitud oeste, el estado representa el 3% de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México.

La orografía de Michoacán es una de las más accidentadas de México y contiene numerosos volcanes que forman parte del Eje Volcánico Transversal (44,98 % de su superficie) y de la Sierra Madre del Sur (55,02 % de la superficie), además su altitud oscila entre los 0 y 3840 msnm, teniendo como principales elevaciones las siguientes:

- Pico de Tancítaro: 3,840 msnm.
- Cerro de San Andrés: 3,600 msnm.
- Cerro Patamban: 3,500 msnm.
- Cerro El Campanario: 3,420 msnm.
- Cerro del Pílon: 3,400 msnm.
- Cerro El Tecolote: 3,360 msnm.
- Cerro San Isidro: 3,350 msnm.
- Cerro del Águila (Paracho): 3,340 msnm.
- Cerro La Nieve : 3,330 msnm.
- Cerro Zirate: 3.320 msnm.
- Cerro Cherán: 3,300 msnm.
- Volcán del Parícutín: 2,800 msnm.

El estado cuenta con 113 municipios y 228 km de costas, sus principales lagos son: el lago Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, el lago de Zirahuén, una parte del lago de Chapala, y la Presa Infiernillo, en cuanto a ríos los principales son: el río Lerma, el río Balsas y su afluente el río Cupatitzio.

En lo referente al 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 y una temperatura promedio anual es de 22.2 °C, se le considera la tercer entidad federativa más cálida del país. 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.

La economía del estado depende en gran medida de la agricultura, siendo el cultivo de aguacate el más importante, lo sigue el limón, garbanzo, ajonjolí, sorgo y fresa, en cuanto a su demografía de acuerdo con datos del último censo poblacional del 2011 del INEGI, el estado de Michoacán contaba hasta ese año con un total de 4,351,037 habitantes.

En la figura 4.3 se muestra la localización del estado de Michoacán dentro de la República Mexicana y en la figura 4.4 se ilustra la división territorial del estado de Michoacán.



Figura 4.3. Localización del estado de Michoacán.

Fuente: www.travelbymexico.com



Figura 4.4. División territorial del estado de Michoacán.

Fuente: www.mapasdemexico.com

4.2. Entorno geográfico del sitio del proyecto.

El proyecto carretero se ubica dentro del estado de Michoacán, en el municipio de Uruapan, el cual es el segundo municipio más poblado de los 113 municipios con que cuenta el estado, y se localiza en la zona centro occidente con coordenadas 19° 25´ latitud norte y 102° 3´ longitud oeste.

Uruapan cuenta con una extensión territorial de 954.17 kilómetros cuadrados que equivalen al 1.62% de la extensión total del estado y se encuentra a una altitud de 1620 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen; al este con los municipios de Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan; al sur con los municipios de Gabriel Zamora y Parácuaro; al oeste con los municipios de Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Tancítaro y Los Reyes, en la figura 4.5 se muestra el municipio de Uruapan y sus limitaciones.

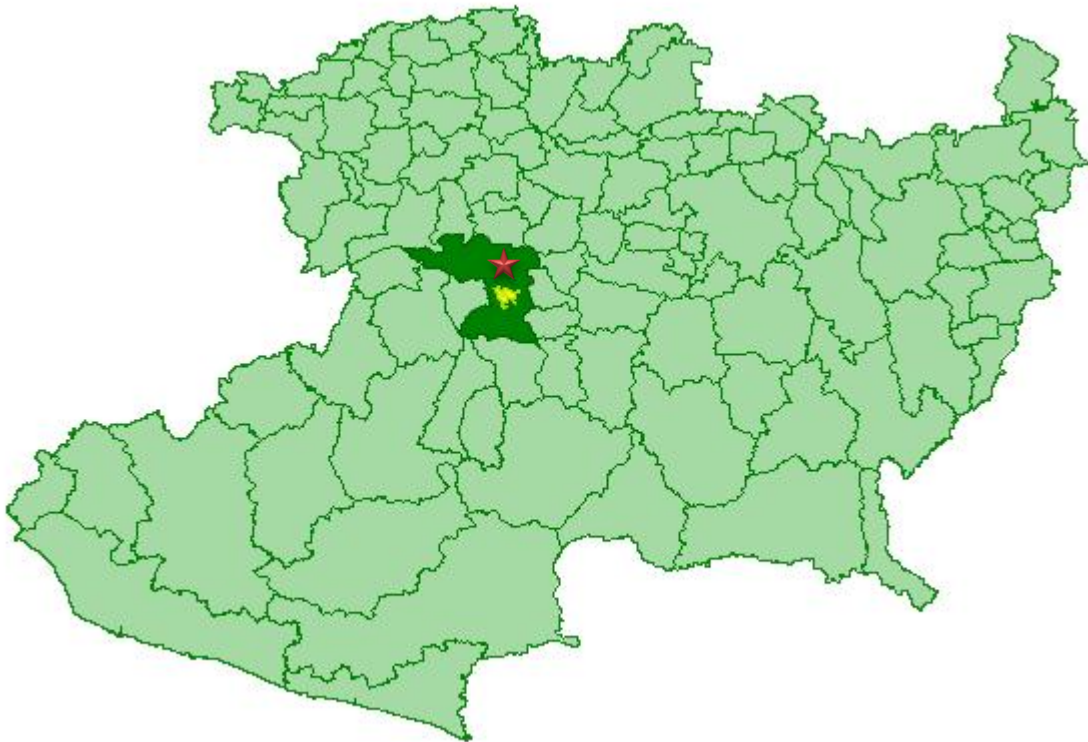


Figura 4.5. Ubicación de Uruapan en el estado de Michoacán.

Fuente: www.scielo.org.mx

4.3. Breve historia de la región.

La ciudad de Uruapan Michoacán fue fundada en el año 1533, por Fray Juan de San Miguel, quien evangelizó al asentamiento purépecha de la época, la palabra Uruapan, viene de la lengua purépecha Ulhupani, que significa lugar de la eterna formación y fecundidad de los botones florales. Reséndiz 1991, menciona que existen diversas versiones sobre el significado de la palabra Uruapan, ya que para unos es jícara, para otros "En donde los árboles siempre tienen frutos" y otros, determinan que deriva del vocablo "Urhuapani" que significa reverdecer o florecer, es decir, el lugar donde todo florece que se traduce como el acto en que brotan los cogollos de las plantas, así como las flores y gozan de perenne primavera.

4.4. Orografía y clima.

Uruapan se encuentra totalmente inmerso en el eje neovolcánico transversal o cordillera neovolcánica, por lo que su territorio es accidentado y montañoso, destacando los cerros: Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena hacia el oeste, y ya fuera del municipio se encuentra el volcán Pico de Tancítaro, la mayor elevación del estado. El Municipio de Uruapan se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 417.9 metros como mínima y una altura máxima de 3,340 msnm.

En la tabla siguiente de la INEGI se muestran las principales elevaciones en el municipio, además en la figura 4.6 se ilustra un mapa con las elevaciones en la región.

ELEVACIONES PRINCIPALES

NOMBRE	LATITUD NORTE		LONGITUD OESTE		ALTITUD METROS
	GRADOS	MINUTOS	GRADOS	MINUTOS	
CERRO ARACATA	19	33	102	11	3,280
CERRO EL HORNO	19	33	102	07	2,900
CERRO EL METATE	19	32	101	59	2,900
CERRO EL VARAL	19	31	102	03	2,520
CERRO LA CRUZ	19	27	102	02	2,300
CERRO COPITIRO	19	29	102	03	2,180
CERRO LAS VENTANAS	19	20	102	02	1,840
CERRO EL MALUCO	19	18	102	05	1,460

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Topográfica, 1:250 000, serie II.
INEGI. Carta Topográfica, 1:50 000 (segunda edición).

Tabla 4.1. Elevaciones principales en la región de Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.inegi.org.mx

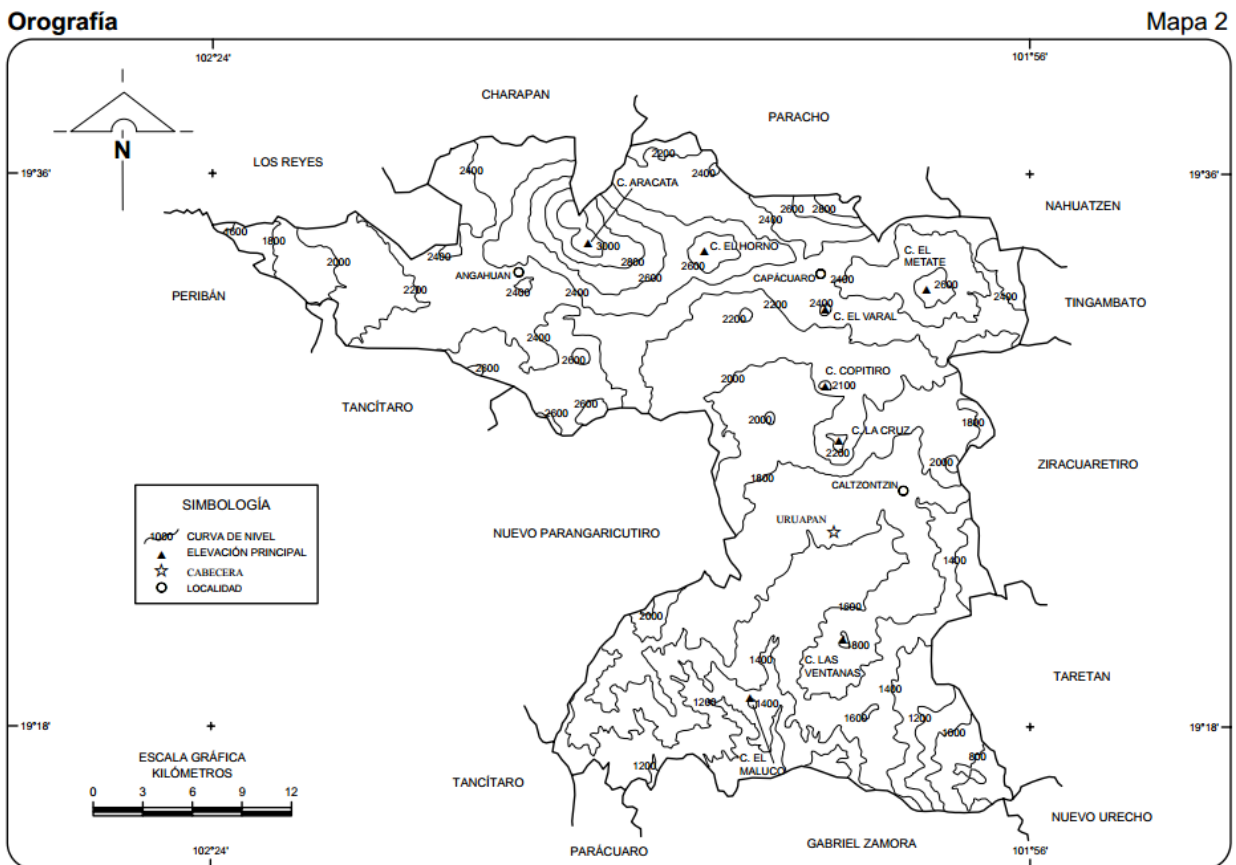


Figura 4.6. Orografía de la región de Uruapan y sus alrededores.

Fuente: www.inegi.org.mx

En lo referente al clima el municipio de Uruapan mantiene en el transcurso del año y a través de sus diferentes situaciones geográficas, climas con temperaturas promedio diferentes como; Cálido subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura promedio de 23.4 grados y una precipitación pluvial promedio anual de 1,127mm.; Semicálido subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura de 23 grados, precipitación promedio anual de 1,622 mm.; y Templado húmedo con abundante lluvias en verano y una temperatura de 18.8°C.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 12 a 16 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 16 y 24 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 24 a 28 °C el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1,500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1,200 a 1,500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

4.5. Hidrología.

Uruapan, Michoacán, cuenta con cinco ríos entre los más importantes y la superficie que recorren en el mismo son: Río Cupatitzio con una superficie del municipio de 58.4%, Río Paracho con 19.6%, Río la Parota con una superficie del municipio de 15.3%, Río Itzícuaró con una superficie del municipio del 6.0% y Río Bajo Tepalcatepec ocupando una superficie en el municipio de 0.7%.

Entre los manantiales, aprovechamientos y canales más importantes del municipio están: Llanos de Uruapan, Matangarán, Santa Bárbara, Los Conejos, La Cofradía, El Vainillo, El Cangrejo, El Sauce, Cario, La Loma, Tejerías, Jicalán, Tamacua, entre otros.

Además dentro del municipio existen dos presas que son la Presa de Cupatitzio y la Presa de Caltzonzin, en la tabla siguiente se muestran las cuencas, ríos y efluentes dentro del municipio y en la figura 4.7 se muestra un mapa de la región con su hidrografía.

REGIONES, CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROLOGICAS

REGION		CUENCA		SUBCUENCA		% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	
RH18	BALSAS	I	RIO TEPALCATEPEC- INFIERNILLO	d	RIO LA PAROTA	20.71
				f	PARACHO-NAHUATZEN	11.64
				g	RIO CUPATITZIO	50.42
		J	RIO TEPALCATEPEC	a	RIO BAJO TEPALCATEPEC	1.59
				f	RIO ITZICUARO	15.64

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000, serie I.

Tabla 4.2. Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas en el municipio de Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.inegi.org.mx

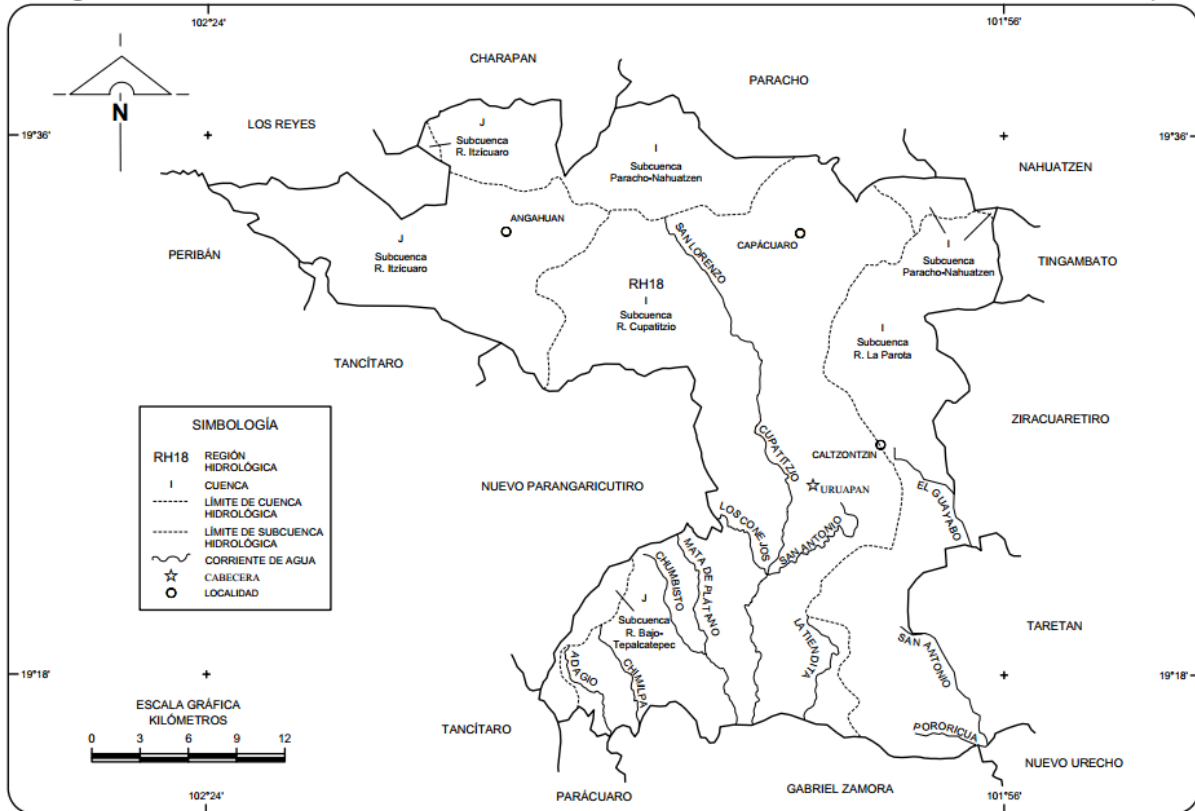


Figura 4.7. Hidrografía de la región de Uruapan y sus alrededores.

Fuente: www.inegi.org.mx

4.6. Flora y fauna de la región.

La naturaleza en Uruapan es muy rica en clima y agua, cuenta con buen cielo y gente amante de la belleza han hecho de cada casa un jardín donde se encuentran azaleas, gardenias, rosas, claveles, nardos, gladiolas, malvas, aves de paraíso, magnolias, bugambilias, floripondios, jazmines y una amplia gama de plantas y flores que es atractivo.

Uruapan Michoacán cuenta con una variada y extensa Flora, un sector del territorio, el centro y norte se dedican a la agricultura, mientras que el resto del municipio se encuentra cubierto en gran parte por bosque, El inventario forestal de 1888, señalaba las siguientes especies poblando los montes del municipio: pino, encino, brasil, campincirán, cirrián, cinco hoja, caulote, zangoricua, sabino, tepehuaje, cuerazo y azulillo en los montes que corrían hacia la parte sur. Los del norte tenían: pino, encino, madroño, manzanillo, haya, pinabete, cedro, sirimo, aile, jaboncillo y nogal. En los montes de la parte suroeste: pinos, encinos, madroños, tepehuajes, palo dulce, zopilote, zangoricua, fresno, baril, vara blanca, inchahuevo, ucás cuerazo, parota, zaiba, canelo sicomoro y otros no específicos mientras que en la parte más baja, debido a la poca precipitación y más escasa vegetación que el Norte ya no hay pino solo especies como parota, guaje, mezquite, nopales, cascalote y cirrián.

La explotación moderna de los bosques ha hecho disminuir mucho las reservas tradicionales de maderas industriales y a cambio se ha dado en hacer de Uruapan una importante zona aguacatera. Sin embargo el municipio cuenta todavía con un 52% de su superficie en recursos forestales.

Fauna: Uruapan es el enlace entre dos zonas, la fría y la caliente, lo cual hace ser una tierra de venados, tejones, coyotes, gran variedad de pájaros, zorrillo, zorra, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca. En las regiones donde aumenta el calor pueden aparecer escuadrones de zancudos, chancharras, alacranes, gorupos, niguas, armadillo, gavián, víbora de cascabel, cuiniques, entre otras especies de la tierra caliente.

La zona no es muy abundante en el ramo de la ganadería pues el registro de estas distintas especies apenas daba en 1971.

4.7. Actividades económicas de la región.

La ciudad de Uruapan cuenta con una variedad de riquezas naturales, un amplio ramo comercial e industrial, ya que está considerada como la segunda ciudad después de Morelia más importante del Estado.

Dentro de las actividades económicas más importantes de dicha ciudad podemos encontrar las siguientes:

- Agricultura: Siendo el aguacate el producto más importante de la región, es por esto que Uruapan es conocida como la capital mundial del aguacate, este se exporta a varios países de América y Europa entre otros.

La actividad económica principal y considerada más importante para la región de Uruapan es la agrícola, que sin duda es el cultivo del aguacate, que ha sido llamado el oro verde de Michoacán. El gran auge de la producción de aguacate en el estado se dio a partir del año 1997, este fue el año donde se suspendió la prohibición de exportar aguacate Mexicano a Estados Unidos decreto impuesto desde el año de 1913. A partir de 1997 el municipio ha exportado aguacate a los Estados Unidos siendo este el mayor consumidor de la producción uruapense alcanzando las 200 mil toneladas de un total de 300 mil toneladas exportadas al extranjero.

Sin embargo también se debe considerar la gran importancia que tienen las actividades agrícolas del municipio como son; el cultivo de la caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile y calabaza. La actividad pecuaria tiene importancia, además se cría bovino, porcino, caprino, equino, avícola y existe un pequeño sector de silvicultura.

- Industria: La mayoría de estas son microempresas, pero también contamos con grandes industrias como son la papelera, la chocolatera y artífibras, que arrojan un gran capital a nuestra ciudad.

La actividad industrial no está muy desarrollada, aunque existen empresas dedicadas a la fabricación de plásticos, fabricación de papel, productos a base del chocolate y empaques de aguacate.

- Turismo: Es muy importante para la ciudad, cada año vienen visitantes tanto nacionales como extranjeros, dentro de los atractivos más importantes de la ciudad tenemos el parque nacional, la tzararácua, el centro de la ciudad donde contamos con el mercado de antojitos. Durante el año se realiza en la temporada de semana santa el mercado artesanal que está considerado como el más grande de Latinoamérica, y a fin de año se realiza la feria del aguacate.
- Comercio y servicios: se integra por la actividad de hoteles y restaurantes de la ciudad, así como de los centros comerciales, entre los cuales se encuentran grandes cadenas internacionales y nacionales como son Soriana,

Comercial Mexicana, Walmart de México, conformada por Walmart Supercenter, Sam's Club y Aurrerá, Office Depot, Home Depot.

El municipio cuenta con aproximadamente 1,158 comercios clasificados en 80 giros de los cuales el 11.6% son de abarrotes, el 8% farmacias, el 6.6% abarrotes con venta de vinos, el 5.7% tiendas de ropa, el 5.1% refaccionarais y accesorios para autos y aviones, el 4.8% son papelería e imprentas, el 4.5% de zapaterías y el 4.3 por ciento de ferreterías.

4.8. Red de comunicaciones.

El municipio cuenta con ferrocarril línea Salamanca - Lázaro Cárdenas, 142 km., de carreteras de las cuales 67 km., son vías pavimentadas, 63. 4 km., son carreteras secundarias y 11. 3 km., son caminos rurales. Se cuenta con un aeropuerto con una longitud de pista de 2,400 mts., además cuenta con oficinas de telégrafos, oficinas postales, teléfono y con las siguientes carreteras:

- 1) Carretera Federal 37 Es una carretera que parte de la ciudad de León, cruzando el estado de Michoacán, en ciudades como La Piedad, esta a su paso por Uruapan se convierte en el Paseo Lázaro Cárdenas, divide la ciudad en dos partes y sigue su camino a la costa. Hay una carretera de cuota, que inicia varios kilómetros al Este de la ciudad.

2) Carretera Federal 14 Existe una carretera libre y una autovía de cuota, que tienen un trazado paralelo, iniciando en la ciudad de Pátzcuaro con destino a Uruapan.

3) Autopista siglo XXI Es una autopista que comunica a Uruapan, Morelia y Lázaro Cárdenas.

Además existen los siguientes Proyectos para la ciudad de Uruapan

- Autopista Uruapan-Zamora pero se espera entroncarla con la Autopista 15D, con este proyecto se espera reducir el tiempo de traslado entre ambas poblaciones, además de reducir el tiempo de traslado a otras ciudades del noroeste.
- Ampliación a 4 carriles de la Autopista 14D: El proyecto consiste en que el tramo que comunica con la ciudad de Pátzcuaro es una autovía de 2 carriles, dificultando a veces el tránsito, con esto se pretende librar a la carretera de esos problemas y reducir el tiempo de traslado.
- Libramiento Norte Uruapan-Paracho
- Libramiento Cheranguerán-San Juan Nuevo

A continuación se mostraran unas imágenes en las cuales se puede apreciar los mapas de la región en las cuales se puede observar la distribución de redes carreteras, el uso de suelo y principales accesos de comunicación.

En las siguiente imagen se muestra la distribución carretera del estado de Michoacán.

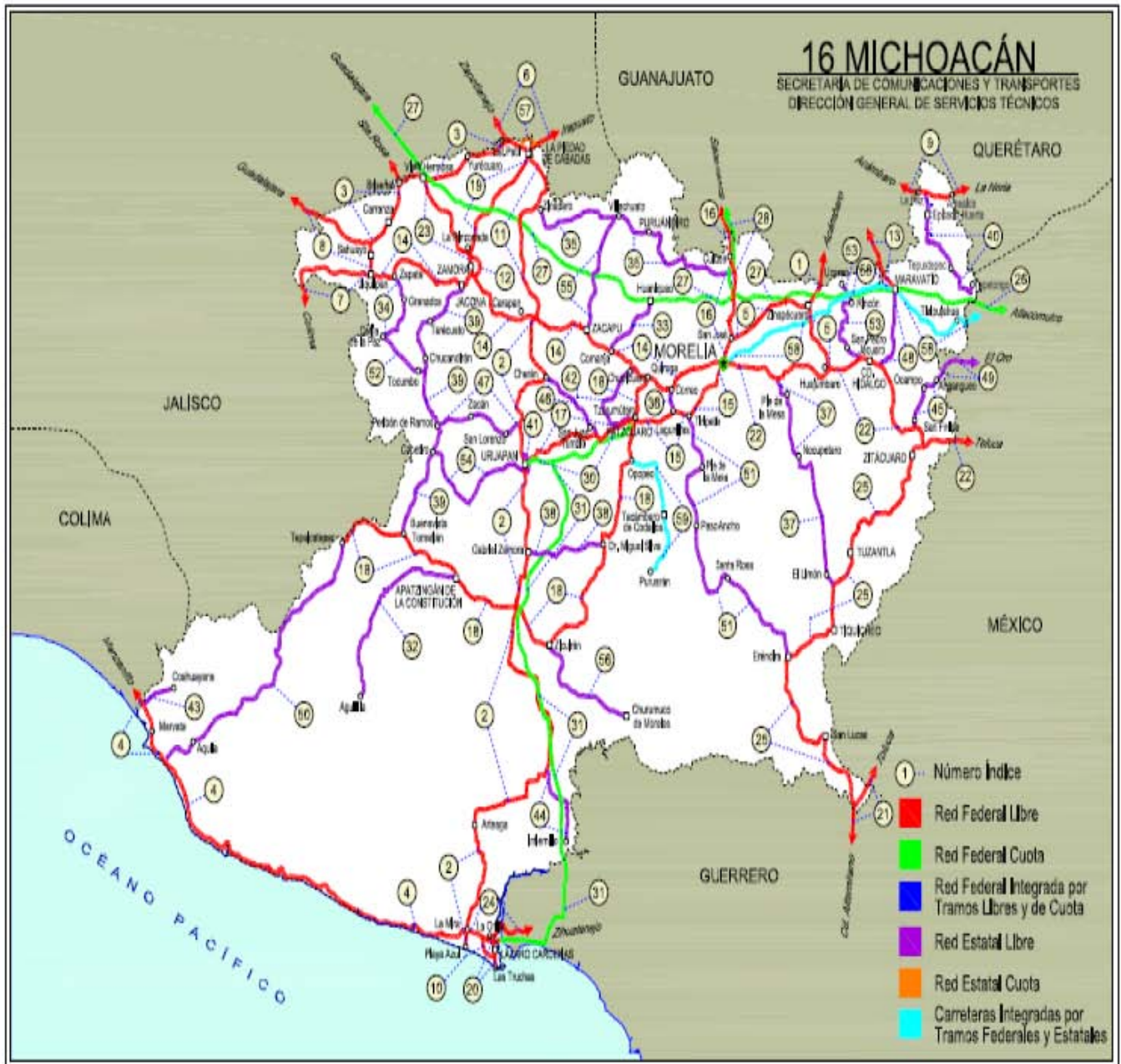


Figura 4.8. Red carretera del estado de Michoacán.

Fuente: inegi.org.mx

Uso de suelo

Fuente: INEGI. *Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.*
INEGI. *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000, Serie II (Continuo Nacional).*
INEGI. *Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II.*

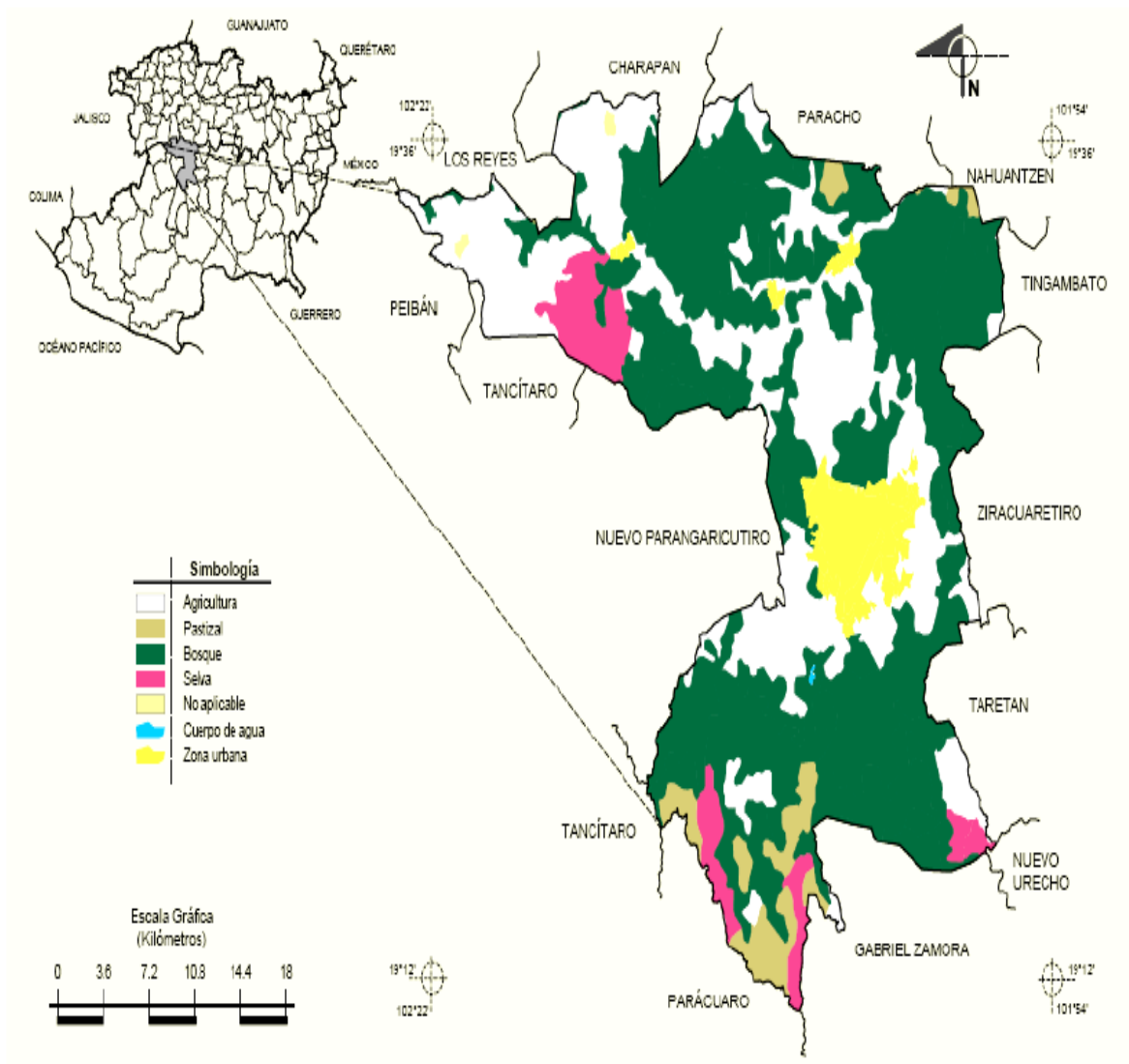
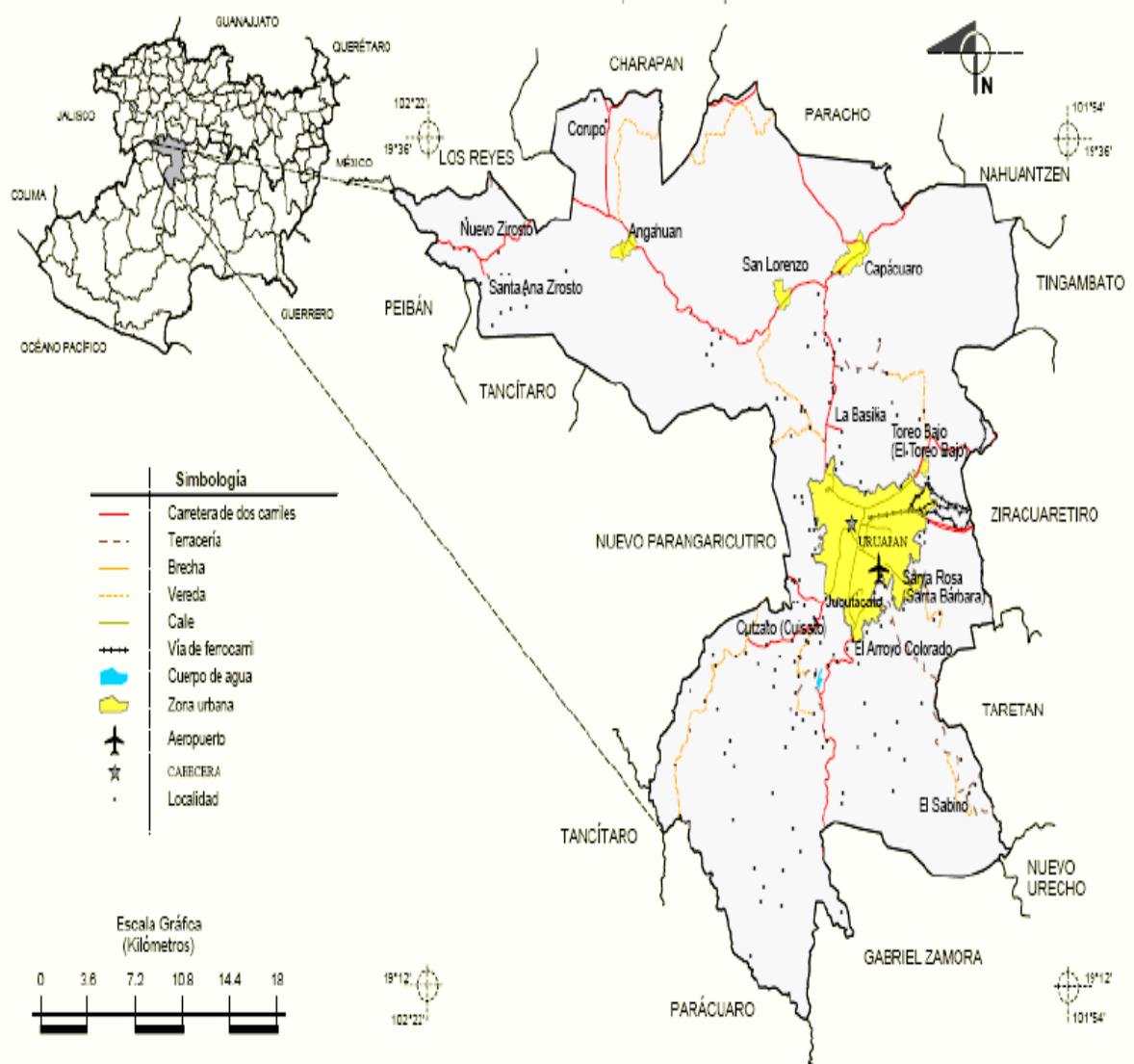


Figura 4.9. Zonas de uso agrícola del estado de Michoacán.

Fuente: inegi.org.mx

Vías de comunicación



Fuente: INEGI. Marco Geoespacial Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II y III.

Figura 4.10. Principales vías del estado de Michoacán.

Fuente: inegi.org.mx

4.9. Reporte fotográfico.

En las siguientes fotografías se muestra el estado actual del camino donde se pretende llevar a cabo el proyecto de diseño geométrico y drenaje, lo cual beneficiará a los habitantes de las comunidades aledañas.

En la siguiente imagen se muestra el principio del tramo en estudio, el cual conecta con la carretera Santa Rosa – San Marcos, en la zona oriente de la ciudad.



Figura 4.11. km 0+000 del tramo en estudio

Fuente. Propia

En las fotografías siguientes se aprecia la primera curva que esta ubicada en km 0+150 y su continuación como curva de transición, además se muestra la vegetación existente.



Figura 4.12 Curva horizontal

Fuente. Propia



Figura 4.13. Curva prolongada en el eje del camino.

Fuente. Propia



Figura 4.14. Zona de accesos a huertos y viviendas.

Fuente. Propia



Figura 4.15. Zona escolar del tramo en estudio.

Fuente: Propia.



Figura 4.16. Esgurrimiento natural transversal a la vía
Fuente. Propia



Figura 4.17. Km 1+625 del tramo en estudio, conexión al panteón municipal
“Jardines de la paz”.

Fuente. Propia



Figura 4.18. Equipo para la realización del levantamiento topográfico

Fuente. Propia



Figura 4.19. Visualización de las curvas del camino

Fuente. Propia



Figura 4.20. Nivelación de la estación total

Fuente. Propia



Figura 4.21. Toma de puntos sobre el eje del camino

Fuente. Propia.



Figura 4.22. Nivelación de la baliza con el prisma

Fuente. Propia.



Figura 4.23. Comunicación entre balicero y estación total a través del uso de radios

Fuente. Propia

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

En este capítulo se abordarán los métodos necesarios para la realización de la presente investigación, se mencionan de igual manera los enfoques, alcances y tipos de investigaciones utilizados durante el desarrollo de la misma. Dentro del capítulo también se mencionan los instrumentos de recopilación de datos necesarios para el diseño del tramo carretero, así como, el proceso de investigación realizado.

5.1. Método científico.

El método científico “es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo.” (Tamayo y Tamayo; 2004: 28). Es recomendable este método para esta investigación porque según Tamayo y Tamayo (2004), en él se aplica la lógica a las realidades o hechos observados, rechazando o eliminando todo procedimiento que manipule la realidad en forma caprichosa, tales como los prejuicios, las creencias o los deseos que no se ajusten a la realidad y a los problemas que se investigan, es decir, con este método se logra una investigación refutada.

5.1.1. Método matemático.

De acuerdo con Mendieta Alatorre (2000), el método matemático capta la noción de cantidad al comparar cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad. Tiene la función de expresar relaciones

entre variables u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Es recomendable este método, debido a que en la presente tesis se requieren datos numéricos o cantidades para las diferentes hipótesis que se manejan.

5.2. Enfoque de la investigación.

De acuerdo con Hernández y Cols. (2007), los enfoques de la investigación se dividen en tres:

- a) Cualitativo: este enfoque recolecta datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación, fundamentándose en un proceso inductivo en el que no se prueban hipótesis, sino que éstas se generan durante el proceso y se refinan conforme se recaban datos, los cuales no son estandarizados.
- b) Cuantitativo: este enfoque recolecta datos numéricos de los objetos, fenómenos o participantes que estudia para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para así establecer patrones de comportamiento y probar teorías apoyándose en el uso de la lógica o el razonamiento deductivo.
- c) Mixto: este enfoque surge de la combinación del enfoque cualitativo y el cuantitativo.

El enfoque de la presente investigación es del tipo cuantitativo, ya que en ésta se planteó un problema de estudio concreto y delimitado, del que se derivaron varias hipótesis, las cuales fueron probadas con base en la recolección de datos numéricos

de los objetos y fenómenos en estudio, para después analizarse mediante procedimientos estadísticos y así predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones casuales entre elementos.

5.2.1. Alcance de la investigación.

Según Hernández y Cols. (2007), el alcance de la investigación se divide en tres estudios:

- a) Estudios explorativos: se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o un problema de investigación poco estudiado y del cual se tienen muchas dudas o no ha sido abordado anteriormente, sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, siendo común esta clase de estudios en situaciones donde hay poca información.
- b) Estudios descriptivos: especifican las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, ya que evalúan, miden y recolectan datos sobre distintos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, para así describir lo que se investiga.
- c) Estudios correlacionales: asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población, teniendo como propósito conocer la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, es decir miden cada variable presuntamente relacionada, y luego miden y analizan la correlación.

Para la presente investigación se utilizaron los estudios descriptivos ya que los datos que se recolectaron se tuvieron que definir uno a uno, tal es el caso de los materiales, los vehículos, las personas, la vegetación, entre muchas otras, en donde se tuvieron que señalar cuales y cuantos estaban involucrados en la investigación, describiendo de manera profunda cada uno de ellos y que función tenían en el proyecto.

5.3.- Tipo de diseño de la investigación.

De acuerdo con Hernández y Cols. (2007), se utilizará el diseño de tipo no experimental, que consiste en la recolección de datos de una determinada dimensión temporal o número de momentos en el tiempo. Dicha investigación se centra básicamente en: a) el análisis de la modalidad de una o diversas variables en un cierto momento; b) evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo. Y c) determinar cuál es la relación que existe entre un conjunto de variables en un momento. Con lo anterior se determina que la investigación es de tipo no experimental porque para el diseño del proyecto se cuenta con una base de datos que ya fue evaluada en su debido tiempo, la cual sirve como referencia una vez que se determinen las variables actuales.

5.3.1.- Investigación transeccional.

Hernández y Cols. (2007), define a esta investigación como una recopilación de datos en un momento único, los cuales describen las variables y analizan su incidencia e interrelación en un momento dado abarcando grupos y subgrupos de

personas, objetos o indicadores, diferentes comunidades, situaciones o eventos. Se dividen en tres partes: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales.

- a) Diseños transeccionales exploratorios: consiste en una exploración inicial en un momento específico, generalmente aplicados a problemas de investigación nuevos o poco conocidos, donde los resultados son exclusivamente válidos para el tiempo y lugar en que se efectúa el estudio.
- b) Diseños transeccionales descriptivos: consiste en ubicar en una o más variables a un grupo de personas, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades; para proporcionar su descripción.
- c) Diseños transeccionales- causales: describen la relación entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado ya sea en términos correlacionales o en relación causa-efecto.

De acuerdo a lo anterior se corrobora que la presente investigación es de tipo transeccional porque para la elaboración del proyecto es necesaria la recopilación de datos de un cierto tramo carretero en un cierto tiempo, los cuales arrojan información nueva que permitirá elaborar los proyectos de acuerdo a las necesidades del lugar.

5.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

En la presente investigación se emplearon el uso de diversas herramientas para recopilar información con la cual se determinan las necesidades del proyecto a

través de software especializados, los cuales son: Microsoft Excel, Microsoft Word, Autodesk AutoCAD y CivilCAD.

- Microsoft Excel: es una aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo. Este programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, y es utilizado normalmente en tareas financieras y contables.
- Microsoft Word: es un software destinado al procesamiento de textos.
- Autodesk AutoCAD: es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.
- CivilCAD: es el software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD® Full, Bricscad® PRO y ZWCAD+ 2012 Professional, cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana.

También se empleó el uso de herramientas como estación total, la cual es un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

De igual manera se usó la observación a través de la vista del ojo humano, la cual es una actividad realizada por un ser vivo, que detecta y asimila los rasgos de un elemento utilizando los sentidos como instrumentos principales.

5.5.- Descripción del proceso de investigación.

La presente investigación surge por la necesidad de una vialidad que favorezca la comunicación entre las poblaciones de La Cortina, El Sabino, Río Escondido y Santa Bárbara, para que los servicios puedan llegar hasta esos lugares y brindar una mejor calidad de vida a los habitantes de la población.

Una vez elegido el sitio de investigación se proponen diferentes soluciones, de las cuales se elige la más factible que se adapte al lugar y a las necesidades de la localidad y de los habitantes.

Para realizar la investigación se inició con la recopilación de datos tanto teóricos como técnicos de diferentes libros en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., para después comenzar con la investigación de campo en el lugar donde se realizará el tramo en cuestión, la cual consta de un estudio topográfico, de vialidad, de suelo, necesidades de la población, impacto ambiental y beneficios comerciales.

Una vez recopilados los datos de campo se prosiguió al trabajo de gabinete, el cual con la ayuda de programas especializados para el diseño de carreteras como Autocad y Civilcad se obtuvo el diseño óptimo del tramo carretero.

CAPÍTULO 6

CÁLCULOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrarán los cálculos realizados para el diseño de este proyecto geométrico y como se llegó a los resultados obtenidos, además de los análisis y resultados del diseño del drenaje para el proyecto en estudio, mostrando los estudios realizados, tanto de aforo vehicular como de precipitación pluvial, al igual que el de seguridad y de escurrimiento superficial.

6.1. Aforo vehicular.

Como ya se mencionó en el capítulo 1, específicamente en el subcapítulo 1.7. Capacidad de un camino; el aforo vehicular de un camino puede realizarse de dos maneras: de manera manual, es decir contando manualmente los vehículos que pasan por un camino en un determinado tiempo, generalmente en un hora o en un día, identificando el tipo de vehículo y número de ejes; el otro método es el conteo automático con la ayuda de una manguera sensible al paso de los ejes de los vehículos.

Para este estudio se utilizó el conteo manual, el cual se realizó en diferentes días aleatorios y diferentes horas, esto con la finalidad de obtener resultados fiables del tránsito en el lugar. En este conteo se identificaron los tipos de vehículos; tales como: autos, motocicletas, autobuses, camiones y bicicletas, esto de acuerdo al peso, tamaño y número de ejes del vehículo, además se cuantificó la cantidad de peatones que transitan en el lugar.

A continuación se muestra la tabla de aforo vehicular realizada con el método manual.






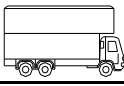
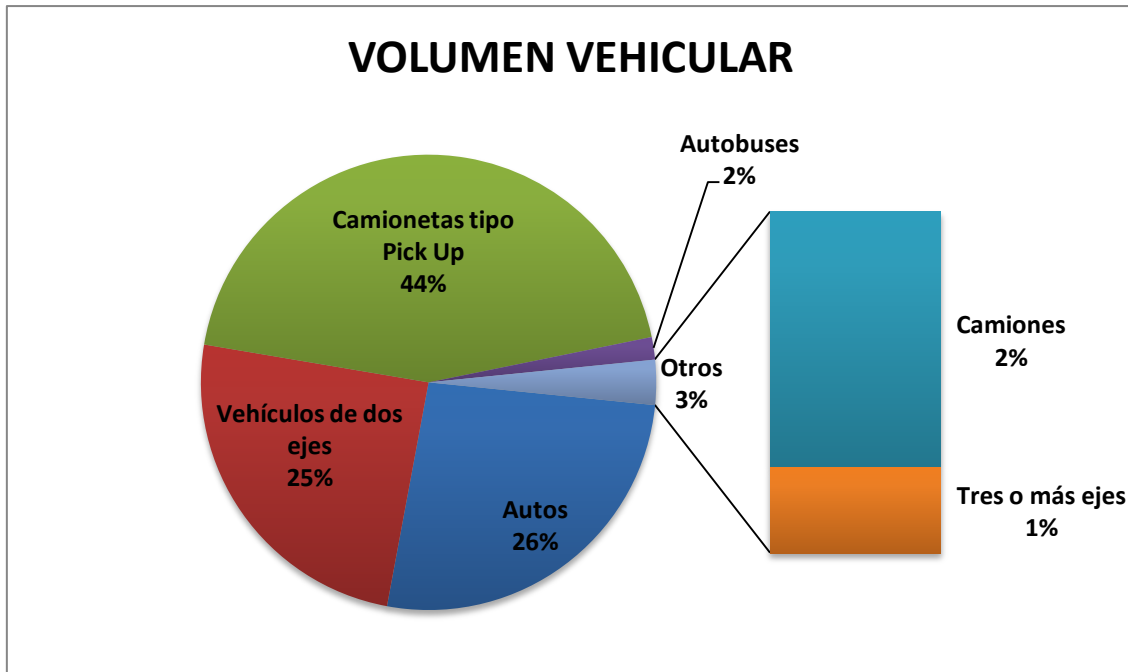
AFORO VEHÍCULAR									
Lugar:	Tramo "Los cultivos - Río escondido"			Estado del camino:	Terracería				
Estado del tiempo:	Bueno			Copiladores:	Luis ángel Sánchez Trejo, Adolfo Molina Duarte				
DIAS	HORA	AUTOS	VEHÍCULOS DE DOS EJES	CAMIONETAS TIPO PICK UP	AUTOBUSES	CAMIONES	TRES O MÁS EJES	TOTAL	PEATONES
									
Sábado 07 de Septiembre	08:00 - 09:00	6	4	11	1	0	0	22	12
	09:00 - 10:00	4	5	8	0	1	1	19	9
	10:00 - 11:00	5	2	6	0	0	0	13	5
Domingo 08 de Septiembre	13:00 - 14:00	2	4	5	0	0	0	11	9
	14:00 - 15:00	3	5	7	0	1	0	16	3
	15:00 - 16:00	1	2	4	0	0	0	7	5
Lunes 09 de Septiembre	10:00 - 11:00	4	5	11	1	1	0	22	6
	11:00 - 12:00	6	2	8	0	0	0	16	3
	12:00 - 13:00	7	6	9	0	2	1	25	3
Martes 10 de Septiembre	19:00 - 20:00	6	5	7	0	0	0	18	2
	20:00 - 21:00	3	3	6	0	0	0	12	1
	21:00 - 22:00	2	2	3	0	0	0	7	0
Miércoles 11 de Septiembre	12:00 - 13:00	6	5	9	1	0	0	21	9
	13:00 - 14:00	7	6	10	0	1	0	24	4
	15:00 - 16:00	4	3	5	0	0	0	12	2
Jueves 12 de Septiembre	06:00 - 07:00	5	3	9	0	1	0	18	2
	07:00 - 08:00	9	5	12	1	1	1	29	15
	08:00 - 09:00	8	6	10	1	0	0	25	19
Viernes 13 de Septiembre	17:00 - 18:00	5	8	7	0	1	0	21	3
	18:00 - 19:00	4	7	9	1	0	0	21	2
	19:00 - 20:00	2	5	10	0	0	0	17	3
TOTAL:		99	93	166	6	9	3	376	117

Tabla 6.1. Aforo vehicular por el método manual.

Fuente: Propia

De acuerdo a la tabla 6.1, los vehículos que más transitan por el camino son las camionetas tipo pick up, también se puede observar la frecuencia con que pasan los demás vehículos y peatones, siendo los vehículos con más de tres ejes los que transitan con menos frecuencia por el camino, esto debido a las condiciones actuales del tramo en estudio, estos datos se muestran con más claridad en la gráfica 6.1.

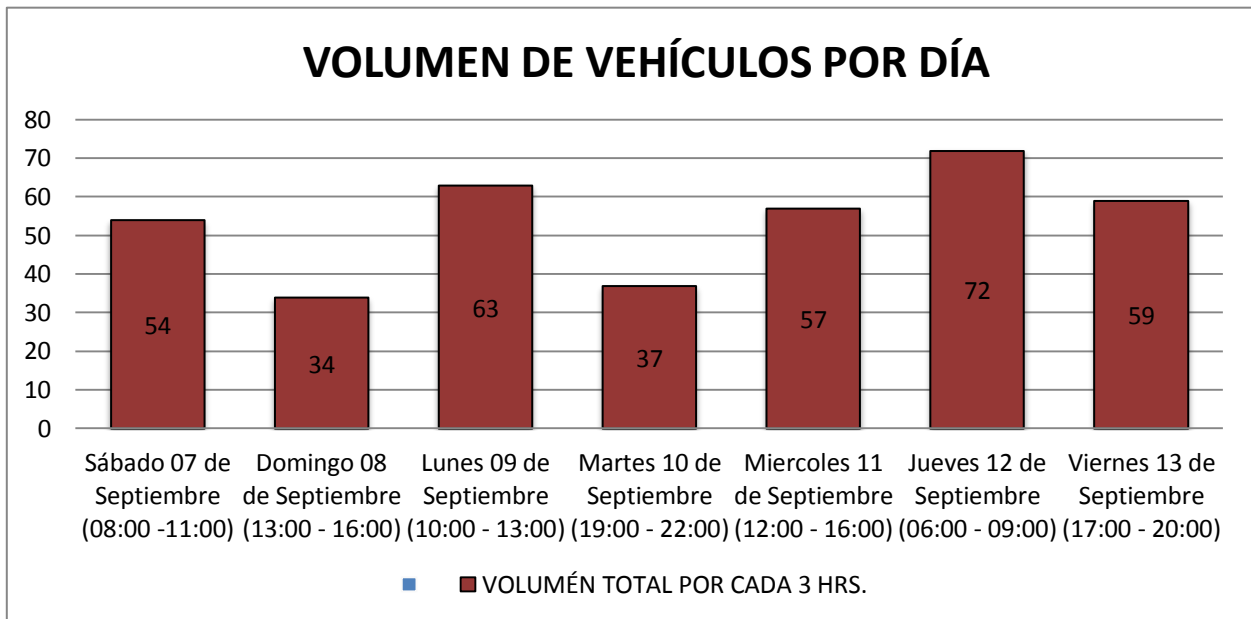


Gráfica 6.1. Volumen vehicular del tramo en estudio en un lapso de una semana.

Fuente: Propia.

Al igual que los vehículos, los peatones toman un rol importante para el diseño del tramo carretero, ya que son un factor para la velocidad de proyecto y para las señalizaciones correspondientes, es por eso que se tomaron en cuenta en este estudio de tránsito.

A continuación se muestran en forma de resumen los datos que arrojó el estudio en cuanto al tránsito horario por día, en ellos se omiten a los peatones ya que no cuentan como vehículo:



Gráfica 6.2. Volumen de vehículos por día.

Fuente: Propia.

6.1.1. Volumen promedio horario o de proyecto.

El volumen horario de proyecto o volumen horario de diseño, es un volumen proyectado que sirve para determinar las características geométricas de la vía, es la cantidad de vehículos que pasan en una hora y se obtiene de la siguiente manera:

$$VPH = \frac{\text{Total de vehículos}}{\text{Horas aforadas}}$$

El aforo se realizó en el transcurso de una semana a distintas horas del día, el estudio arrojó los siguientes resultados y de lo que se deduce el VPH:

- Total de vehículos: 376
- Horas aforadas: 21 horas

$$VPH = \frac{376}{21}$$

$$VPH = 17.9 = 18 \text{ veh/hora}$$

6.1.2. Volumen horario de máxima demanda.

De acuerdo con el manual de modelación de demanda para carreteras de la SCT (2006), el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección del carril, o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. En este caso el VHMD del proyecto es el que se presentó el día Jueves 12 de Septiembre de las 07:00 horas a las 08:00 horas y el cual fue de 29 vehículos por hora.

$$VHMD = 29 \text{ veh/hora}$$

6.1.3. Tránsito promedio diario.

Como ya se mencionó en el capítulo 1, el tránsito promedio diario (TPD) es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección del carril en el transcurso de un día y sirve como base para el diseño geométrico de la carretera; en este caso se tomará en base al tránsito horario de proyecto y tomando en cuenta que después de las 11:00 p.m. no transita ningún vehículo por la zona debido a las condiciones del

mismo, se tomará horario transitable de las 6:00 a.m. a las 11:00 p.m., lo que representa 17 horas de tránsito vehicular, por lo tanto:

$$TPD = (18 \text{ veh/h} * 17h)$$

$$TPD = 306 \text{ veh/día}$$

Ahora tomando los factores de ajustes diarios para el volumen de tránsito, queda:

$$TPD = 300 \text{ a } 350 \text{ veh/día}$$

6.2. Clasificación y tipo del camino.

En base al Tránsito Promedio Diario (TPD) obtenido, es decir, a los vehículos que transitan por día en el tramo carretero, se definirá la clasificación y las características de la carretera; todas las características se tomarán de la tabla 2.3 de la clasificación y características de una carretera de acuerdo a la SCT.

Las características para el diseño se definen a continuación:

- TPDA= 300 a 350 veh/día
- Carretera: tipo "D"
- Tipo del camino: plano con poco lomerío.
- Velocidad del proyecto: 40 – 50 km/hr
- Grado máximo de curvatura: 30° 00´
- Pendiente gobernadora: 8%

- Pendiente máxima: 12%
- Ancho de la calzada: 6.00 metros.
- Ancho de la corona: 6.00 metros.
- Bombeo: 3%
- Sobreelevación máxima: 10%

6.3. Curvas horizontales.

Como ya se mencionó en el capítulo 2, el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, el cual deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición; para este proyecto se calcularon curvas horizontales simples a partir de tangentes y puntos de inflexión, el grado de curvatura, sobre ancho y sobre elevación se determinaron a partir de la velocidad de proyecto y del tipo de camino que se trata.

A continuación se muestran los cálculos realizados para el diseño de cada una de las 12 curvas horizontales con que cuenta el proyecto:

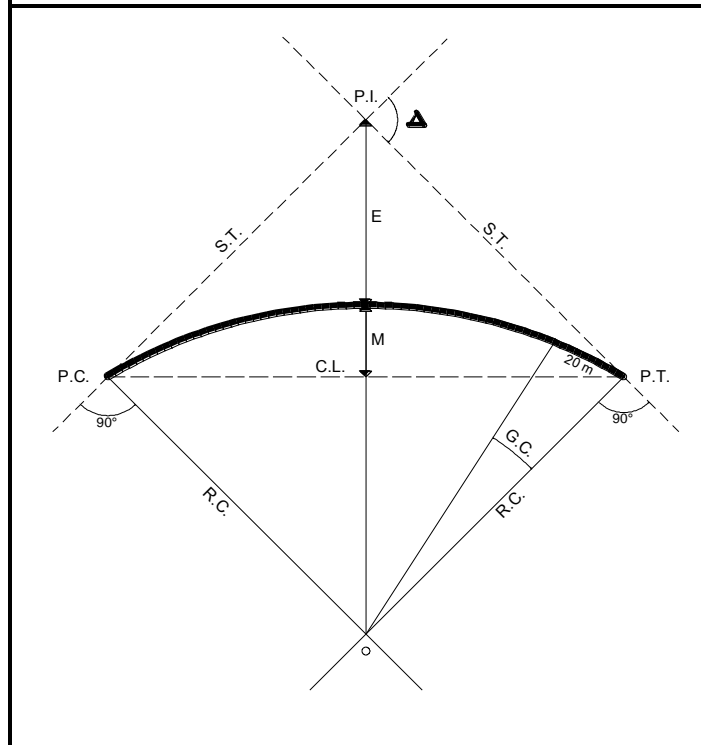
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 1

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 134.00
P.I.=	134.00 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	4 °
Δ=	3° 58' 33.63''
Δ=	3.976 °
No. de carrile	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=

286.480 metros

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=

19.880 metros

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=

9.944 metros

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=

124.056 metros

P.C.=

km **0+124.05**

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	143.936 metros
P.T.=	km 0 + 143.93

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.17 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	7.84 metros
-----	-------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

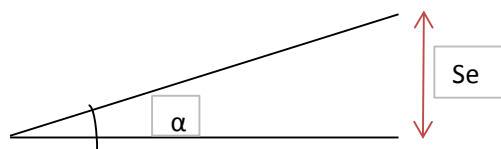
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	0.31 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.10	m
Sobre elevación:	3	%



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.183 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	2.52 °
----	--------

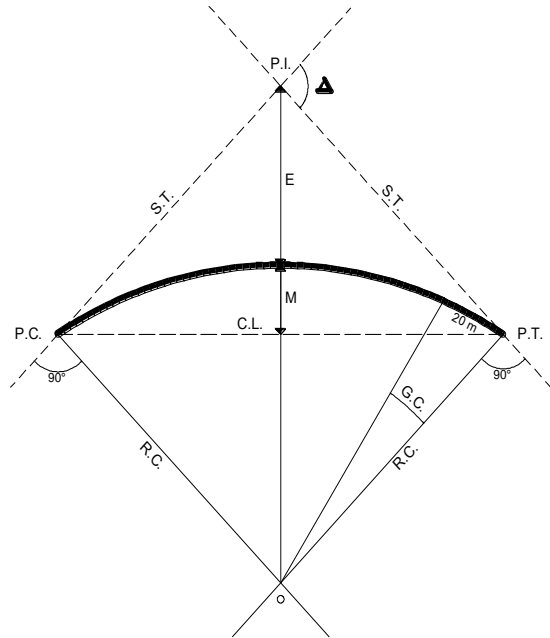
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 2

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 181.10
P.I.=	181.10 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	30 °
Δ=	59°11'0.68''
Δ=	59.1835 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	38.197 metros
--------------	----------------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	39.456 metros
------------	----------------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	21.692 metros
------------	----------------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	159.408 metros
P.C.=	km 0 + 159.40

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	198.864 metros
P.T.=	km 0 + 198.86

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	4.98 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN (SHORTT)

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	58.81 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

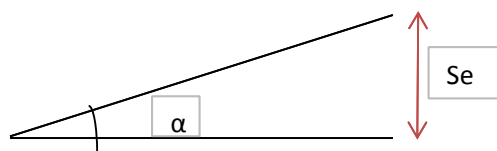
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	2.34 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	1.40	m
Sobre elevación:	12.8	%



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.947 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	18.25 °
----	---------

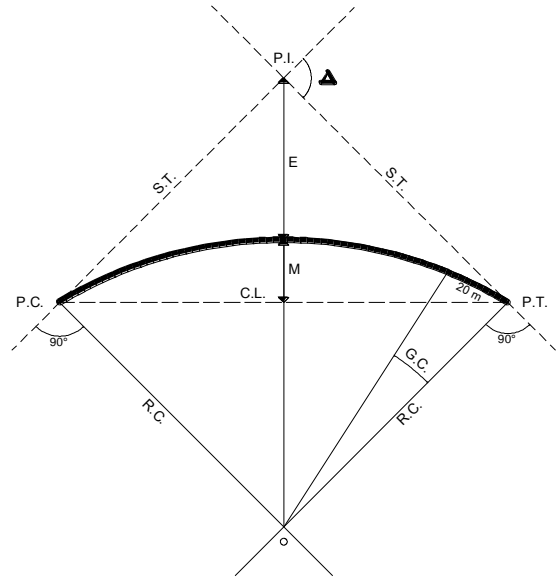
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 3

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 246.12
P.I.=	246.12 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	23 °
Δ =	22° 39' 50.22''
Δ =	22.6639 °
No. de carrile	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	49.823 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	19.708 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	9.984 metros
-----	--------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	236.14 metros
P.C.=	km 0 + 236.14

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	255.84 metros
P.T.=	km 0 + 255.84

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.97 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	45.09 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

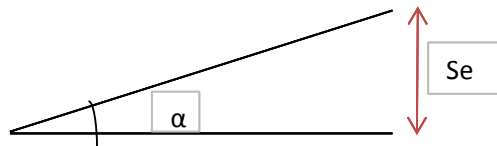
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.79 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.50 m
Sobre elevación:	7.7 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.501 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

alpha=	14.19 °
--------	---------

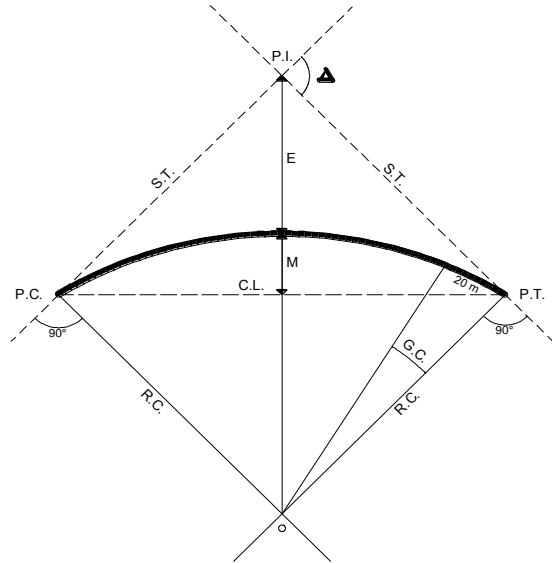
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 4

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 274.05
P.I.=	274.05 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	22 °
Δ =	8°14'42.66"
Δ =	8.24518 °
No. de carriles	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	52.087 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	7.496 metros
-----	--------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	3.754 metros
-----	--------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	270.30 metros
P.C.=	km 0 + 270.30

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	277.791 metros
P.T.=	km 0 + 277.79

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.13 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	43.13 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

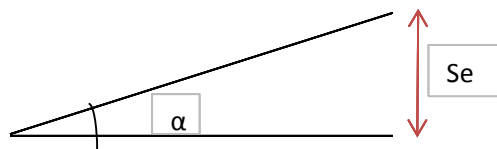
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.72 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.15 m
Sobre elevación:	7.3 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.449 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	13.60 °
----	---------

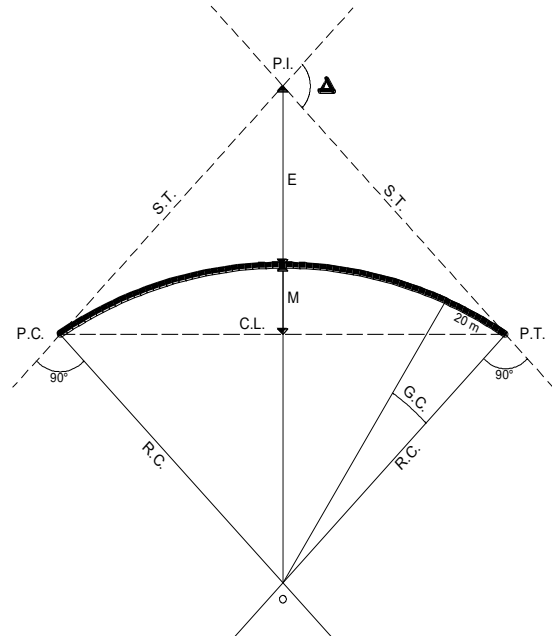
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 5

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 345.04
P.I.=	345.04 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	16 °
Δ =	10° 50' 2.77''
Δ =	10.8341 °
No. de carrile	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	71.620 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	13.543 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	6.792 metros
-----	--------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	338.248 metros
P.C.=	km 0 + 338.24

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	351.791 metros
P.T.=	km 0 + 351.79

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.32 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	31.37 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

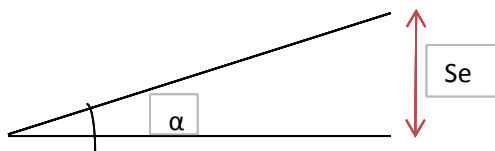
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.25 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.10 m
Sobre elevación:	5.3 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.323 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	9.98 °
----	--------

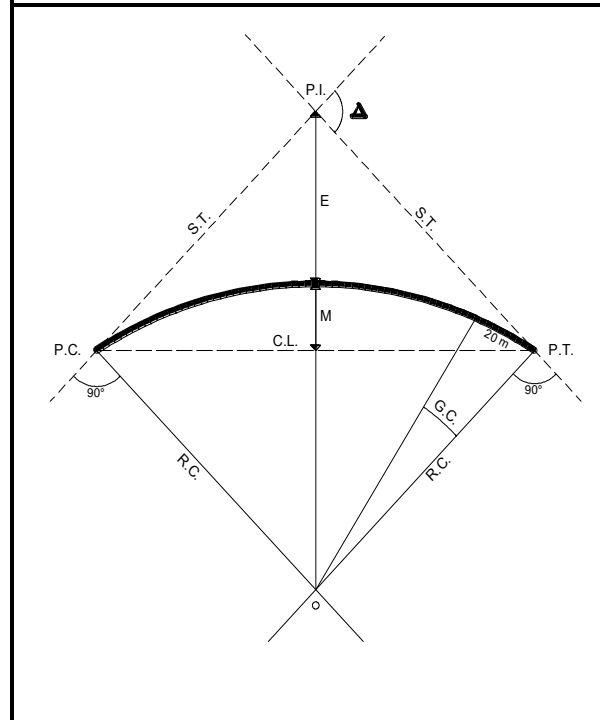
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 6

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 478.95
P.I.=	478.95 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	14 °
Δ=	52° 27' 29.54''
Δ=	52.4582 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	81.851 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	74.940 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	40.328 metros
-----	---------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	438.62 metros
P.C.=	km 0 + 438.62

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	513.56 metros
P.T.=	km 0 + 513.56

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	8.43 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	27.44 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

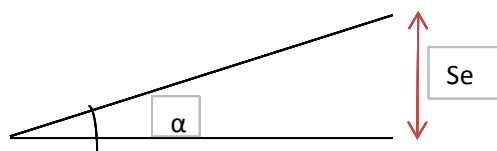
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.09 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	1.09 m
Sobre elevación:	4.7 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.33 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	8.75 °
----	--------

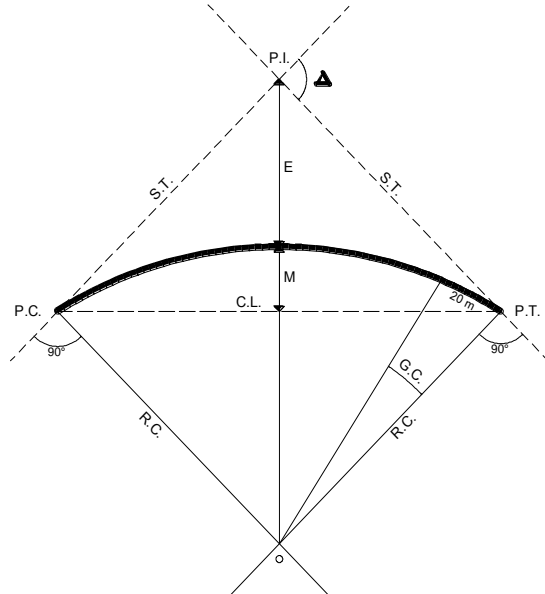
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 7

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	0 + 799.79
P.I.=	799.79 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	14 °
Δ=	21° 49' 24.6''
Δ=	21.8235 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	81.851 metros
-------	----------------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	31.176 metros
-----	----------------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	15.780 metros
-----	----------------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	784.01 metros
P.C.=	km 0 + 784.01

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	815.19 metros
P.T.=	km 0 + 815.19

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	1.48 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	27.44 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

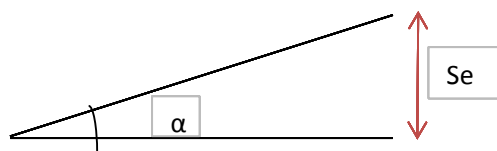
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.09 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.80	m
Sobre elevación:	4.7	%



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.32 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

alpha=	8.75 °
--------	--------

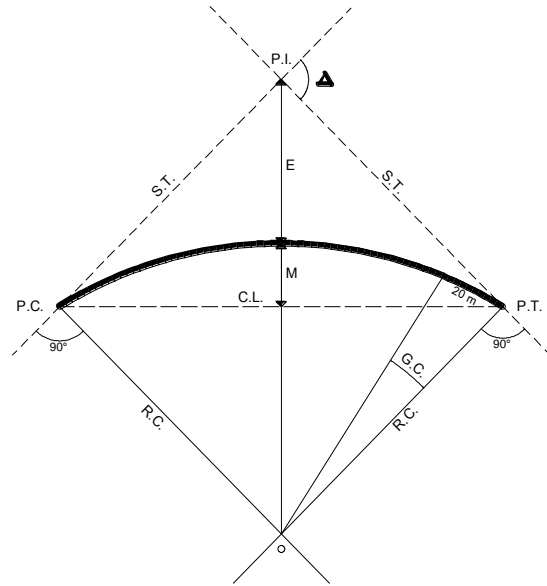
CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 8

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	1+024.07
P.I.=	1024.07 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	11°
Δ=	14° 39' 32.32''
Δ=	14.6589°
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	104.175 metros
-------	-----------------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	26.653 metros
-----	----------------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	13.40 metros
-----	---------------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	1010.67 metros
P.C.=	km 1+010.67

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	1037.32 metros
P.T.=	km 1 + 037.32

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.85 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	21.56 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO

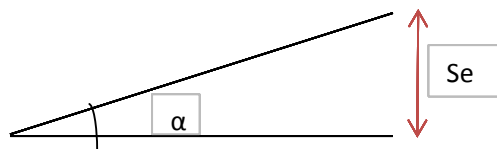
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	0.86 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.30 m
Sobre elevación:	3.7 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.23 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

alpha=	6.90 °
--------	--------

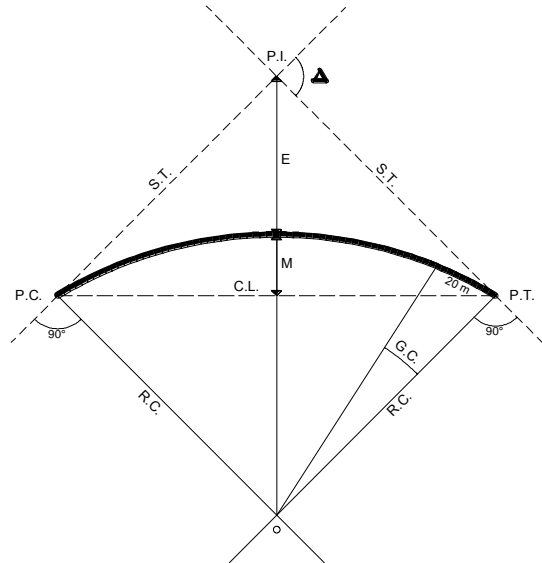
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 9

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	1+079.76
P.I.=	1079.76 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	16 °
Δ=	11° 05' 39.24''
Δ=	11.0942 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	71.620 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	13.868 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	6.956 metros
-----	--------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	1072.80 metros
P.C.=	km 1+072.80

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	1086.67 metros
P.T.=	km 1 + 086.67

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	0.34 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	31.37 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

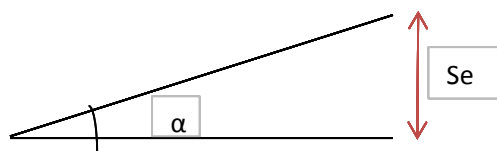
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.25 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.10 m
Sobre elevación:	5.3 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.32 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	9.98 °
----	--------

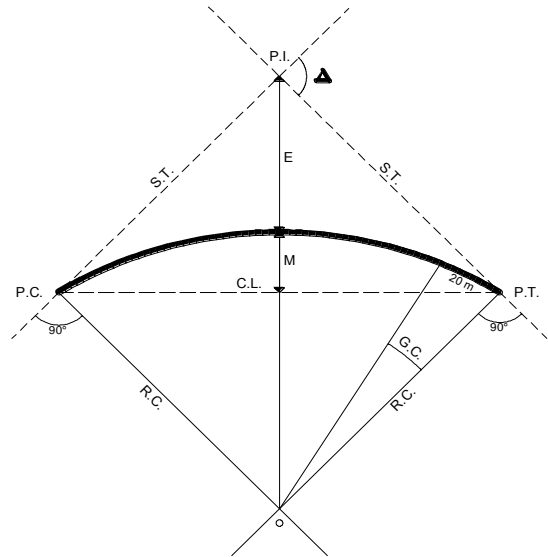
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 10

DATOS:

Estación:	km 0+
Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	1 + 298.15
P.I.=	1298.15 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	30 °
Δ =	62° 27 '43.34''
Δ =	62.46203 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	38.197 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	41.641 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	23.161 metros
-----	---------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	1274.99 metros
P.C.=	km 1 + 274.99

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	1316.630 metros
P.T.=	km 1 + 316.63

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	5.54 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	58.81 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

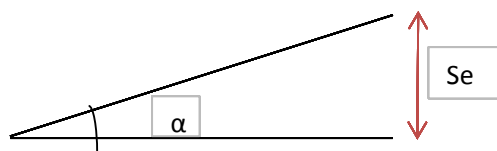
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	2.34 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	1.40 m
Sobre elevación:	10 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.74 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	18.25 °
----	---------

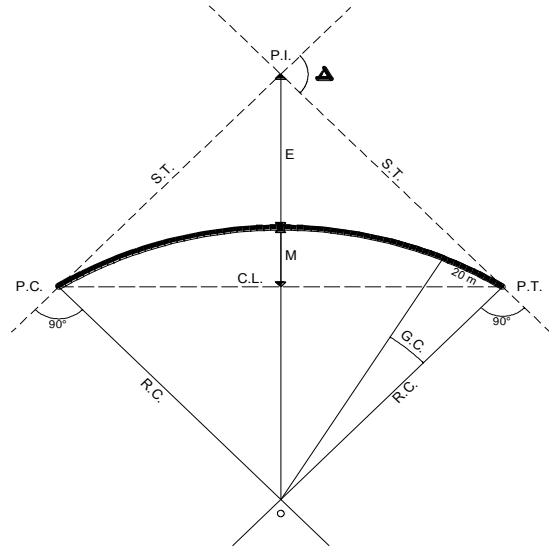
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 11

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	1 + 371.21
P.I.=	1371.21 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	15 °
Δ=	22° 25' 44.93"
Δ=	22.42914 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	76.395 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	29.906 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	15.147 metros
-----	---------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I - ST$$

P.C.=	1356.06 metros
P.C.=	km 1 + 356.06

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	1385.97 metros
P.T.=	km 1 + 385.97

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	1.46 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	29.41 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

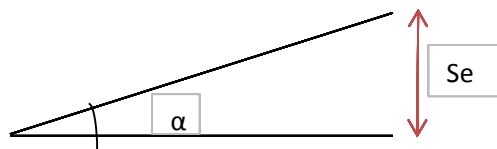
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.17 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.60 m
Sobre elevación:	5 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.33 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	9.36 °
----	--------

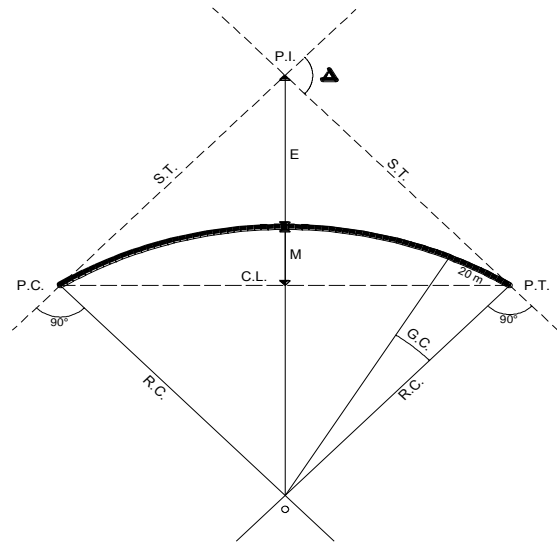
DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

CURVA 12

DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"
Condición del camino:	Plano con poco lomerío
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Gc máx=	30 °
P.I.=	1 + 495.43
P.I.=	1495.43 m
ancho de calzada:	6.00 m
Gc=	21 °
Δ =	29° 0' 16.73''
Δ =	29.0046 °
No. de carriles:	2

ESQUEMA DE CURVA HORIZONTAL



1.- RADIO DE CURVATURA

$$R.c. = \frac{1145.92}{Gc}$$

R.c.=	54.568 metros
-------	---------------

2.- LONGITUD DE LA CURVA

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{Gc}$$

Lc=	27.623 metros
-----	---------------

3.- SUBTANGENTE

$$ST = Rc * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

ST=	14.114 metros
-----	---------------

4.- PRINCIPIO DE CURVA

$$P.C. = P.I. - ST$$

P.C.=	1481.316 metros
P.C.=	km 1 + 481.31

5.- PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA

$$P.T. = Lc + P.C.$$

P.T.=	1508.94 metros
P.T.=	km 1 + 508.94

6.- ORDENADA MEDIA

$$M = Rc - Rc * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

M=	1.74 metros
----	-------------

7.- LONGITUD DE TRANSICIÓN

$$LT = 0.0351 \left(\frac{V^3}{Rc} \right)$$

LT=	41.17 metros
-----	--------------

8.- SOBRE ANCHO MÁXIMO

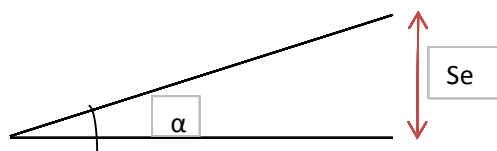
$$X' = \left[Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} + \frac{26.62}{Rc} \right] * N$$

X'=	1.64 metros
-----	-------------

L (Dist. De eje trasero a defensa delantera)= 6 m

9.- SOBRE ELEVACIÓN

Sobre ancho óptimo:	0.60 m
Sobre elevación:	7 %



SOBRE ELEVACIÓN	
Se=	0.46 m

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{127 * Rc}$$

α=	13.00 °
----	---------

6.4. Curvas verticales.

Tal y como se mencionó en el capítulo 2 el alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, al cual se le llama línea subrasante, y se compone de tangentes y curvas verticales.

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectuó el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida, estas curvas pueden ser convexas o cóncavas, de longitud variable y pueden presentarse dos casos: uno llamado cresta en el que primero se sube y luego se baja de la curva, y el otro caso llamado columpio en el que primero se baja a través de la curva y luego se sube.

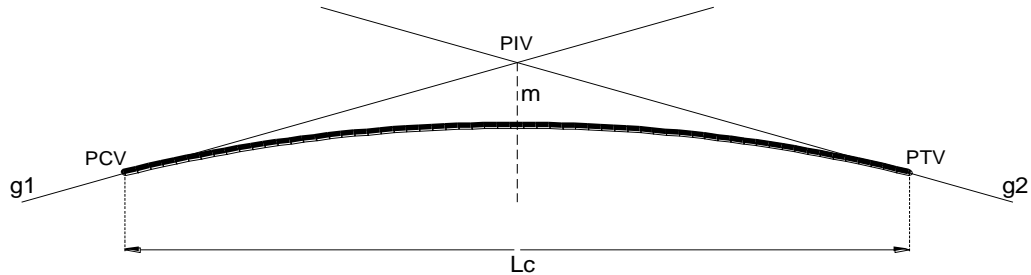
En este proyecto se diseñaron tanto curvas en cresta como en columpio, siendo 4 curvas verticales en total, 2 en cresta y otras 2 en columpio, el diseño se basó en la pendiente de entrada y de salida de las tangentes, cuidando el corte y el terraplén en cada una de ellas.

Enseguida se muestran los cálculos realizados para el diseño de las curvas verticales en cresta y en columpio del proyecto:

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

> CURVA 1

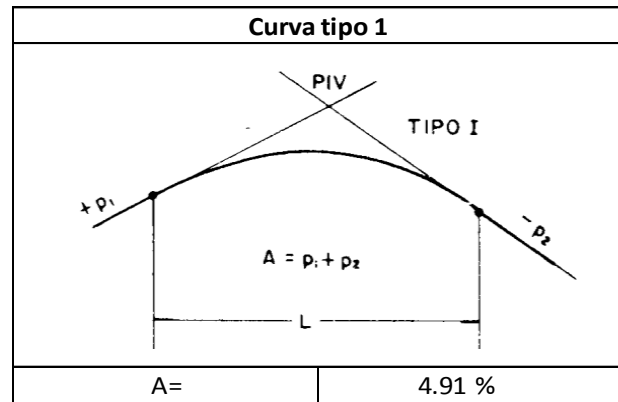
ESQUEMA DE CURVA VERTICAL EN CRESTA



DATOS:

Clasificación del camino:	Tipo "D"	
Condición del camino:	Plano con poco lomerío	
Velocidad de proyecto:	40	km/hr
Pendiente de entrada (g1):	1.3681	%
Pendiente de salida (g2):	3.5382	%
PIV:	0 + 112.66	
PIV:	Km	112.66
COTA PIV:	51.741	m

Curva tipo 1



A = $p_1 + p_2$

A = 4.91 %

1.- ESTACIÓN CERRADA

PIV=	Km	0 + 112.66
PIV=	Km	0 + 120.00
PIV=	Km	120

2.- LONGITUD DE CURVA

> COTA P1		
P1:	Km	0 + 000
P1:	Km	0
Cota P1=	50.20	m

>COTA NUEVA PIV2		
PIV2=	Km	120
Cota PIV2=	51.48	m

> LONGITUD DE CURVA		
Lc=	4.9063	estaciones
Lc=	6	estaciones
Lc=	120	m

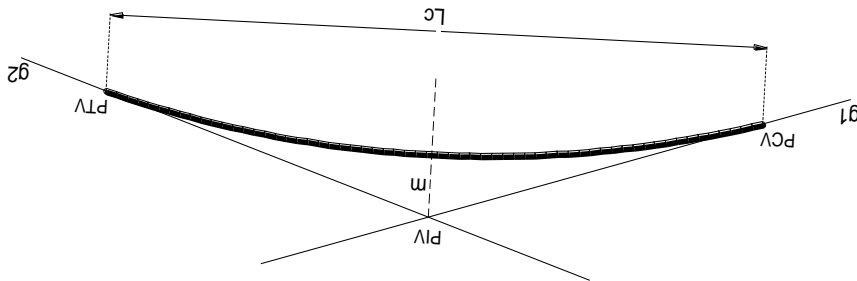
> PENDIENTE PIV2		
Pend (g1)=	1.108	%

3.- DISTANCIA DE REACCIÓN												
$dr = \frac{V * t}{3.6}$		dr=		27.78 m								
4.- DISTANCIA DE FRENADO												
$df = \frac{V^2}{254 * (f \pm P)}$		df=		14.47 m								
5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA												
$dp = dr + df$		dp=		42.25 m								
6.- LONGITUD DE CURVA MÍNIMA												
$dp < Lc$		$Lc \min = \frac{\Delta dp^2}{423.41}$		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Lc mín=</td> <td style="width: 50%;">19.59 m</td> </tr> <tr> <td>Lc mín=</td> <td>40 m</td> </tr> <tr> <td>Lc mín=</td> <td>2 estaciones</td> </tr> </table>			Lc mín=	19.59 m	Lc mín=	40 m	Lc mín=	2 estaciones
Lc mín=	19.59 m											
Lc mín=	40 m											
Lc mín=	2 estaciones											
$dp \geq Lc$		$Lc \min = 2dp - \frac{423,41}{\Delta}$										
7.- FACTOR DE CORRECCIÓN (K)												
$K = \frac{\Delta}{10L}$		K=		0.0774								
	CADENAMIENTO	ORDEN	ORDEN²	ORDEN² (K)	COTAS TANGENTE	COTAS CURVA						
PCV	0 + 052.66	0	0	0.0000	50.82	50.82						
	0 + 072.66	1	1	0.0774	51.04	50.96						
	0 + 092.66	2	4	0.3098	51.26	50.95						
PIV	0 + 112.66	3	9	0.6970	51.48	50.78						
	0 + 132.66	4	16	1.2391	51.70	50.46						
	0 + 152.66	5	25	1.9361	51.92	49.99						
PTV	0 + 172.66	6	36	2.7880	52.15	49.36						
Comprobación COTAS:		50.77										

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

> CURVA 2

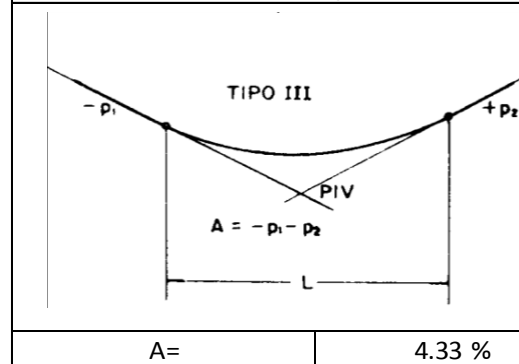
ESQUEMA DE CURVA VERTICAL EN COLUMPIO



DATOS:

Clasificación del	Tipo "D"	
Condición del camino:	Plano con poco lomerío	
Velocidad de	40	km/hr
Pendiente de entrada	3.5382	%
Pendiente de	0.7882	%
PIV:	0 + 408.28	
PIV:	Km	408.28
COTA PIV:	41.282	m

Curva tipo 1



A = 4.33 %

1.- ESTACIÓN CERRADA

PIV=	Km	0 + 408.28
PIV=	Km	0 + 400.00
PIV=	m	400

2.- LONGITUD DE CURVA

> COTA P1		
P1:	Km	0+220
P1:	Km	220
Cota P1=	47.94	m

>COTA NUEVA PIV2		
PIV2=	Km	400
Cota PIV2=	41.22	m

> LONGITUD DE CURVA		
Lc=	4.3264	estaciones
Lc=	6	estaciones
Lc=	120	m

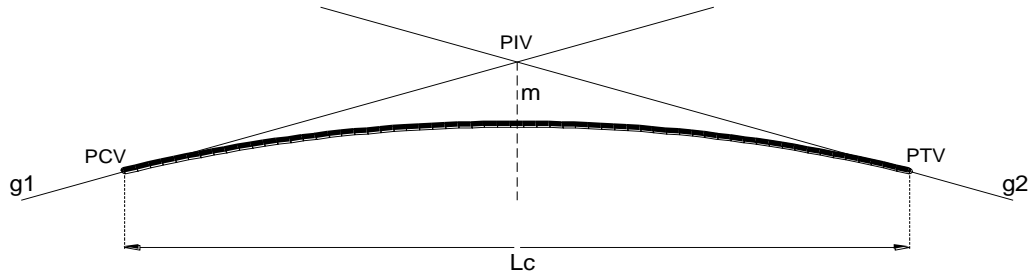
> PENDIENTE PIV2		
Pend (g1)=	-3.473	%
	3.473	

3.- DISTANCIA DE REACCIÓN						
$dr = \frac{V * t}{3.6}$		dr=		27.78 m		
4.- DISTANCIA DE FRENADO						
$df = \frac{V^2}{254 * (f \pm P)}$		df=		16.06 m		
5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA						
$dp = dr + df$		dp=		43.84 m		
6.- LONGITUD DE CURVA MÍNIMA						
$dp < Lc$		$Lc \min = \frac{\Delta dp^2}{423.41}$		Lc mín= 19.34 m		
$dp \geq Lc$				Lc mín= 20 m		
$Lc \min = 2dp - \frac{423,41}{\Delta}$				Lc mín= 1 estaciones		
7.- FACTOR DE CORRECCIÓN (K)						
$K = \frac{\Delta}{10L}$		K=		0.0710		
	ADENAMIEN	ORDEN	ORDEN ²	ORDEN ² (K)	COTAS TANGENTE	COTAS CURVA
PCV	0 + 348.282	0	0	0.0000	43.30	43.30
	0 + 378.282	1	1	0.0710	42.61	42.68
	0 + 388-282	2	4	0.2841	41.91	42.20
PIV	0 + 408.282	3	9	0.6392	41.22	41.86
	0 + 428.282	4	16	1.1363	40.52	41.66
	0 + 448.282	5	25	1.7755	39.83	41.60
PTV	0 + 468.282	6	36	2.5567	39.13	41.69
Comprobación COTAS:		41.14				

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

> CURVA 3

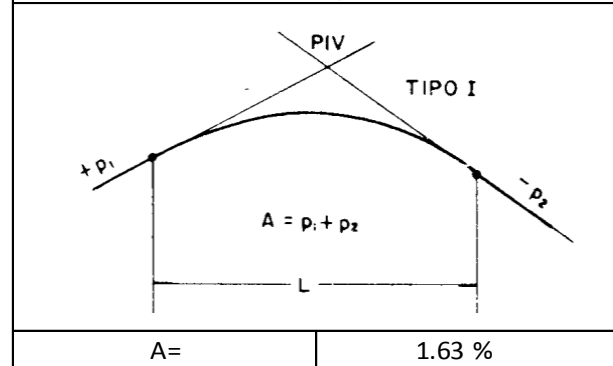
ESQUEMA DE CURVA VERTICAL EN CRESTA



DATOS:

Clasificación del	Tipo "D"	
Condición del camino:	Plano con poco lomerío	
Velocidad de	40	km/hr
Pendiente de entrada	0.7882	%
Pendiente de	0.8446	%
PIV:	0 + 845.46	
PIV:	Km	845.46
COTA PIV:	44.728	m

Curva tipo 1



A = 1.63 %

1.- ESTACIÓN CERRADA

PIV=	Km	0 + 845.46
PIV=	Km	0 + 840.00
PIV=	Km	840

2.- LONGITUD DE CURVA

> COTA P1		
P1:	Km	0 + 680
P1:	Km	680
Cota P1=	43.42	m

> LONGITUD DE CURVA		
Lc=	1.6328	estaciones
Lc=	2	estaciones
Lc=	40	m

>COTA NUEVA PIV2		
PIV2=	Km	840
Cota PIV2=	44.77	m

> PENDIENTE PIV2		
Pend (g1)=	0.834	%

3.- DISTANCIA DE REACCIÓN

$$dr = \frac{V * t}{3.6}$$

dr=	27.78 m
------------	----------------

4.- DISTANCIA DE FRENADO

$$df = \frac{V^2}{254 * (f \pm P)}$$

df=	15.42 m
------------	----------------

5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

$$dp = dr + df$$

dp=	43.20 m
------------	----------------

6.- LONGITUD DE CURVA MÍNIMA

$$dp < Lc$$

$$Lc \text{ min} = \frac{\Delta dp^2}{423.41}$$

Lc mín=	-165.79 m
Lc mín=	0 m
Lc mín=	0 estaciones

$$dp \geq Lc$$

$$Lc \text{ min} = 2dp - \frac{423,41}{\Delta}$$

7.- FACTOR DE CORRECCIÓN (K)

$$K = \frac{\Delta}{10L}$$

K=	0.0839
-----------	---------------

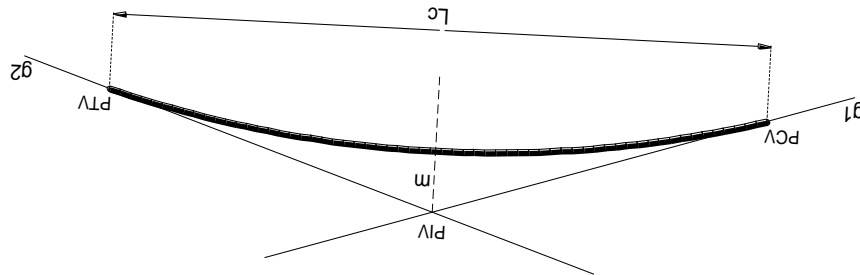
	ADENAMIEN	ORDEN	ORDEN ²	ORDEN ² (K)	COTAS TANGENTE	COTAS CURVA
PCV	0 + 825.464	0	0	0.0000	44.61	44.61
PIV	0 + 845.464	1	1	0.0839	44.77	44.69
PTV	0 + 865.464	2	4	0.3358	44.94	44.61

Comprobación COTAS:	44.77
----------------------------	--------------

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

> CURVA 4

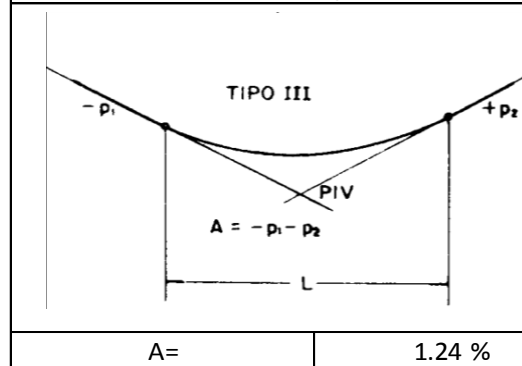
ESQUEMA DE CURVA VERTICAL EN COLUMPIO



DATOS:

Clasificación del	Tipo "D"	
Condición del camino:	Plano con poco lomerío	
Velocidad de	40	km/hr
Pendiente de entrada	0.8446	%
Pendiente de	0.3951	%
PIV:	1 + 203.12	
PIV:	Km	1203.12
COTA PIV:	41.707	m

Curva tipo 1



A=

1.24 %

1.- ESTACIÓN CERRADA

PIV=	Km	1 + 203.12
PIV=	Km	1 + 200.00
PIV=	m	1200

2.- LONGITUD DE CURVA

> COTA P1		
P1:	Km	1 + 060
P1:	Km	1060
Cota P1=	42.92	m

> LONGITUD DE CURVA		
Lc=	1.2397	estaciones
Lc=	2	estaciones
Lc=	40	m

>COTA NUEVA PIV2		
PIV2=	Km	1200
Cota PIV2=	41.69	m

> PENDIENTE PIV2		
Pend (g1)=	-0.832	%
	0.832	

3.- DISTANCIA DE REACCIÓN

$$dr = \frac{V * t}{3.6}$$

dr=	27.78 m
------------	----------------

4.- DISTANCIA DE FRENADO

$$df = \frac{V^2}{254 * (f \pm P)}$$

df=	15.91 m
------------	----------------

5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

$$dp = dr + df$$

dp=	43.68 m
------------	----------------

6.- LONGITUD DE CURVA MÍNIMA

$$dp < Lc$$

$$Lc \text{ min} = \frac{\Delta dp^2}{423.41}$$

Lc mín=	-257.61 m
Lc mín=	20 m
Lc mín=	1 estaciones

$$dp \geq Lc$$

$$Lc \text{ min} = 2dp - \frac{423,41}{\Delta}$$

7.- FACTOR DE CORRECCIÓN (K)

$$K = \frac{\Delta}{10L}$$

K=	0.0614
-----------	---------------

	ADENAMIEN	ORDEN	ORDEN ²	ORDEN ² (K)	COTAS TANGENTE	COTAS CURVA
PCV						
	1 + 183.126	0	0	0.0000	41.86	41.86
PIV	1 + 203.126	1	1	0.0614	41.69	41.76
	1 + 223.126	2	4	0.2455	41.53	41.77
PTV						

Comprobación COTAS:	41.66
---------------------	-------

CAMINO: "LOS CULTIVOS - RÍO ESCONDIDO" EN URUAPAN MICHOACÁN	
TRAMO: 0+000 AL 1+625.98	ESTACION:
SUB-TRAMO: 0+052.66 AL 1.223.126	ORIGEN: 0+052.66

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

Datos de curva (1)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
1.368	-3.538	0+112.660	51.7413	120.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 4.906%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+052.660	50.920	50.920
1		0+072.660	51.194	51.112
2		0+092.660	51.468	51.141
3		0+112.660	51.741	51.005
4		0+132.660	51.034	50.707
5		0+152.660	50.326	50.244
6	PTV	0+172.660	49.618	49.618

Datos de curva (2)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-3.538	0.788	0+408.282	41.2817	120.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -4.326%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+348.282	43.405	43.405
1		0+368.282	42.697	42.769
2		0+388.282	41.989	42.278
3		0+408.282	41.282	41.931
4		0+428.282	41.439	41.728
5		0+448.282	41.597	41.669
6	PTV	0+468.282	41.755	41.755

Datos de curva (3)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.788	-0.845	0+845.464	44.7276	40.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 1.633%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+825.464	44.570	44.570
1		0+845.464	44.728	44.646
2	PTV	0+865.464	44.559	44.559

Datos de curva (4)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.845	0.384	1+203.126	41.7067	40.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -1.228%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	1+183.126	41.876	41.876
1		1+203.126	41.707	41.768
2	PTV	1+223.126	41.783	41.783

6.5. Estudios hidrológicos.

Antes de realizar el diseño geométrico de la carretera y de sus obras de drenaje es necesario estudiar la topografía en general de la zona, el clima, las viviendas aledañas y las principales escorrentías que se generan en el lugar y que afectan directamente el diseño de la carretera.

6.5.1. Ubicación del proyecto y datos relevantes.

El proyecto se ubica en la zona oriente de la ciudad, el tramo abarca del km 0+000 en la carretera Santa Rosa- El sabino al km 1+625 de la población de Río Escondido y La cortina, terminando el tramo justo en la entrada al nuevo panteón municipal de la ciudad de Uruapan Michoacán, el panteón “Jardines de la paz”.

Además cabe resaltar que la carretera pasará a un lado de la planta tratadora de aguas residuales Santa Rosa, por lo que es de suma importancia tomarla en cuenta para el diseño de drenaje del proyecto, ya que el canal de desagüe de la planta fluye paralelo al eje de la carretera y algunos efluentes provenientes de huertas y viviendas transcurren perpendicularmente al eje del proyecto y desembocan en el canal de aguas tratadas, por lo que hay que diseñar obras de drenaje para estos desagües y que no afecten la estructura de la carretera.

En la siguiente imagen se muestra la localización satelital del tramo en estudio, indicándose el inicio y el término del proyecto.

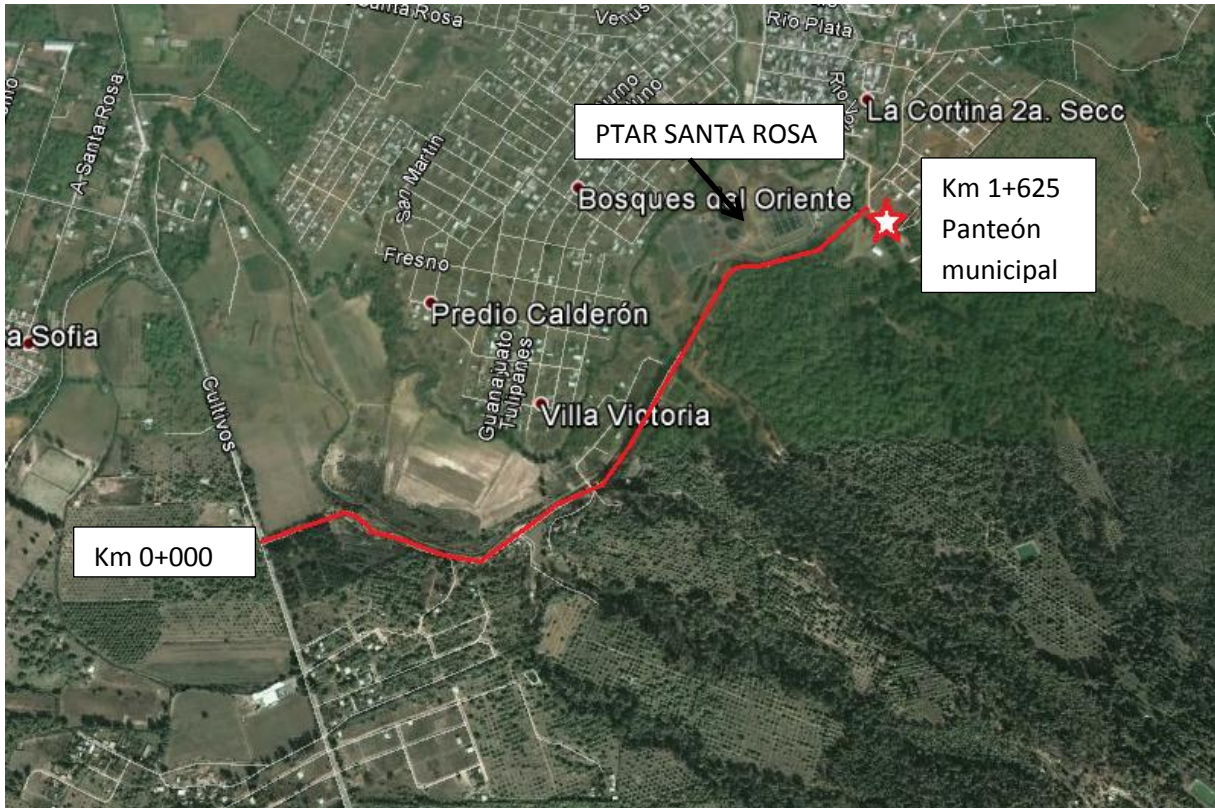


Imagen 6.1. Localización del tramo carretero “Los cultivos – Río escondido”.

Fuente: Google Earth 2013.

6.5.2. Cartografía.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), considera a la cartografía como la disciplina que trata sobre la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas, los cuales son documentos de información gráfica relativa a toda o una parte de una superficie real o ideal, que contiene información seleccionada, generalizada y simbolizada, sobre una cierta distribución espacial de un área grande, que generalmente es una superficie terrestre.

Los mapas se clasifican de diversas formas de acuerdo a varios criterios y al interés que se tenga sobre ellos, como lo son en función de:

- La escala.
- El nivel de información.
- El sistema de producción.
- El propósito del mapa.
- La precisión del mapa.
- El origen del mapa.
- La forma de presentación.
- El tipo de información.

De acuerdo a lo que requiere el proyecto es necesario un mapa topográfico de la zona, en donde se especifiquen las elevaciones y las curvas de nivel existentes, para así determinar hacía donde fluye el escurrimiento del agua pluvial y de los desagües de viviendas y huertas aledañas.

Es de suma importancia analizar el mapa topográfico para ubicar las obras de drenaje como cunetas, contracunetas, losas de drenaje, lavaderos, vados y tubería diversa, de tal manera de que se desvíen los cauces hacía un cuerpo receptor donde no afecte ni al proyecto ni a los habitantes del lugar.

En las siguientes imágenes se muestran, el mapa topográfico de la ciudad de Uruapan y específicamente de la zona de estudio, en la figura 6.2 se observa el relieve general de la ciudad de Uruapan, la cual está a una elevación sobre el nivel del mar entre los 1600 y 1800 m.s.n.m.

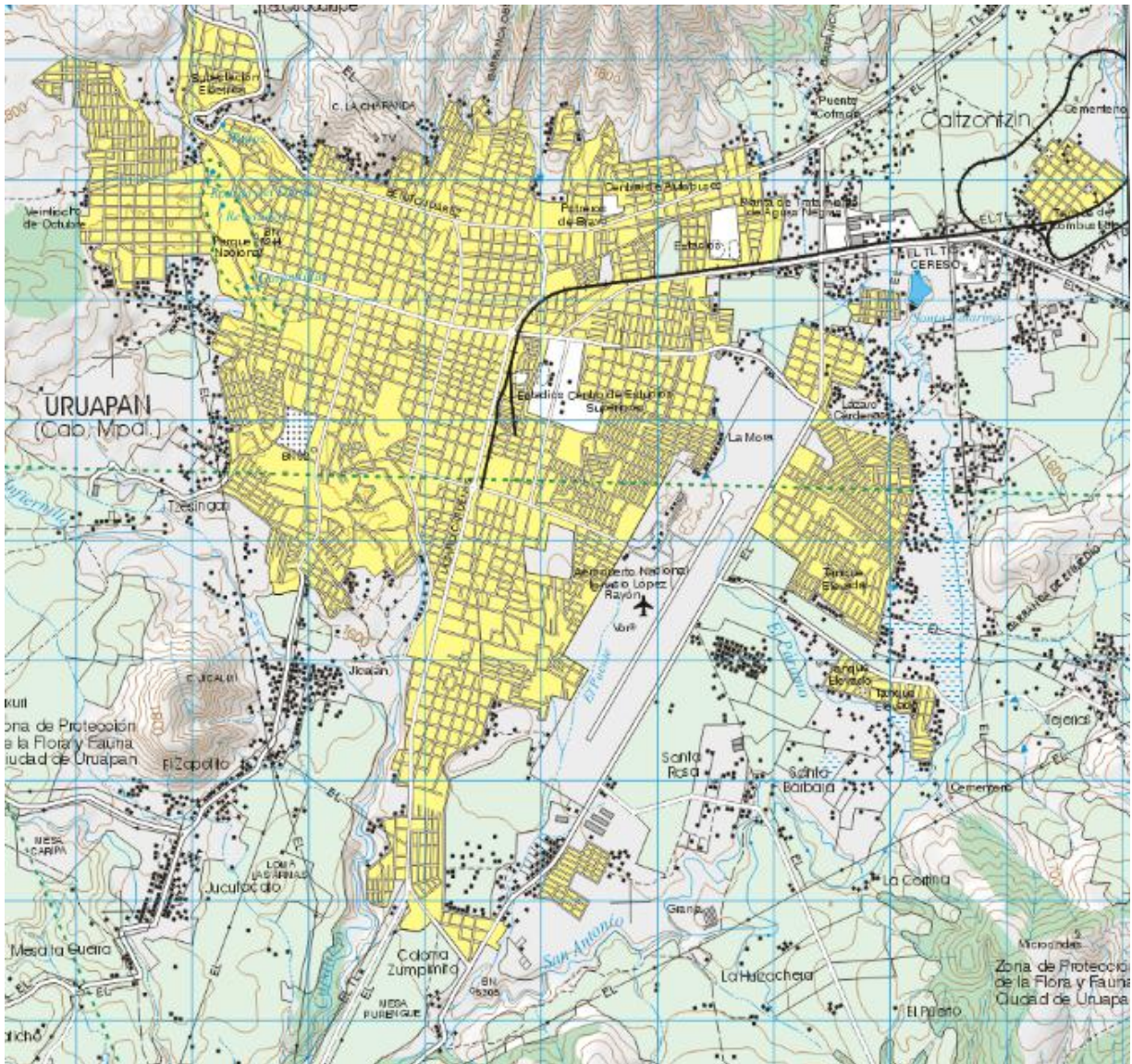


Imagen 6.2. Carta topográfica de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Fuente: INEGI.



Imagen 6.3. Topografía de la zona en estudio.

Fuente: INEGI.

En la imagen 6.3 se observa que el tramo carretero se encuentra entre las curvas de nivel 1600 y 1700 m.s.n.m., además puede observarse una elevación en la zona oriente del proyecto, lo que se deduce como un cerro con su cresta justo en la curva de nivel 1800m., lo que indica que hay un escurrimiento natural del cerro hacia el tramo carretero y que deberá tomarse en cuenta para el diseño de cunetas.

En la carta topográfica del INEGI, se localizaron dos corrientes superficiales que pasan transversalmente al eje del proyecto.

6.6. Diseño de alcantarilla.

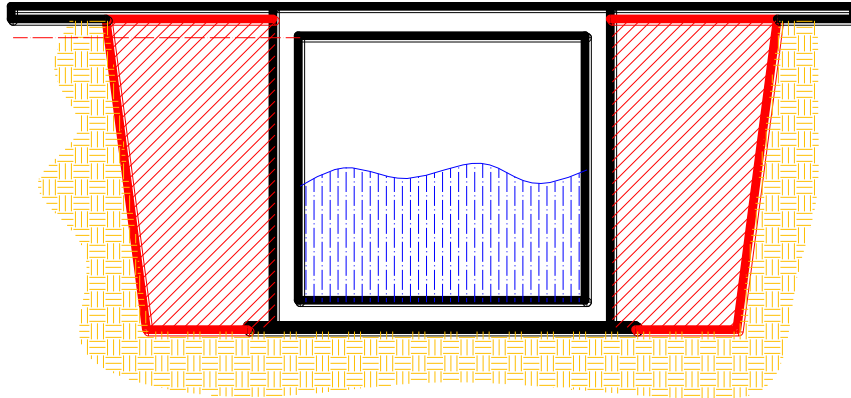
De acuerdo al estudio hidrológico de la zona y de la geografía del lugar como refiere la imagen 6.2 y 6.3 de las cartas topográficas por donde cruzará el proyecto carretero se lograron obtener los datos necesarios para dimensionar la obra de drenaje que satisface y cumple con los requerimientos del cauce del agua.

Basándose en lo mencionado en el tema 3.5 de diseño hidráulico, se utiliza la fórmula de Talbot para el cálculo del área hidráulica en el cual se toma el valor del coeficiente de 0.65 para terrenos quebrados con pendientes moderadas y un área de la cuenca para la obra uno de 7.5 hectáreas y 9 hectáreas para la obra dos.

DISEÑO Y CALCULO DE ALCANTARILLA

ALCANTARILLA 1 (KM 0+640)

ESQUEMA DE ALCANTARILLA



DATOS:			AREA HIDRAULICA	
Clasificación de la alcantarilla	de cajon cuadrado			
Condición del camino:	Plano con poco lomerio			
Longitud de la alcantarilla	19	m		
Tiempo de retorno	25	años		
Sup a drenar	7.5	hectareas		
coef escurrimiento	0.65		A=	1.00 M ²

1.- CALCULO DEL AREA MÍNIMA

FORMULA DE TALBOT

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

a=	0.54	m ²
----	------	----------------

a= area que debe tener la alcantarilla

C= coeficiente de escurrimiento

A= superficie a drenar

2.- CALCULO DEL GASTO

$$Q = \frac{V}{t}$$

t=	3	seg.
vol=	170	lts.

=	56.67	lts/seg.
	0.057	m ³ /seg

3.- CALCULO DE VELOCIDAD

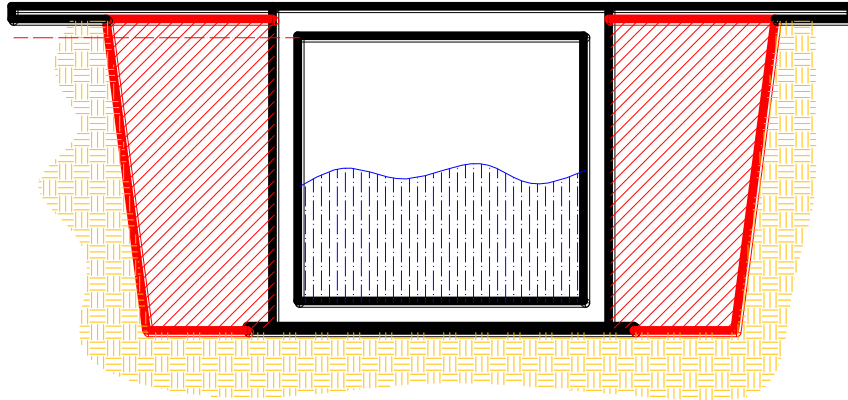
$$v = \frac{Q}{A}$$

=	0.057	m/s
---	-------	-----

DISEÑO Y CALCULO DE ALCANTARILLA

ALCANTARILLA 2 (KM 1+040)

ESQUEMA DE ALCANTARILLA



DATOS:

Clasificación de la alcantarilla	de cajon cuadrado	
Condición del camino:	Plano con poco lomerio	
Longitud de la alcantarilla	19	m
Tiempo de retorno	25	años
Sup a drenar	9.0	hectareas
coef escurrimiento	0.65	

AREA HIDRAULICA

A=	1.00	M ²

1.- CALCULO DEL AREA MÍNIMA

FORMULA DE TALBOT

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

a=	0.62	m ²
----	------	----------------

a= area que debe tener la alcantarilla

C= coeficiente de escurrimiento

A= superficie a drenar

2.- CALCULO DEL GASTO

$$Q = \frac{V}{t}$$

t=	3	seg.
vol=	260	lts.
=	86.67	lts/seg.
	0.087	m ³ /seg

3.- CALCULO DE VELOCIDAD

$$v = \frac{Q}{A}$$

=	0.087	m/s
---	-------	-----

6.7. Interpretación de resultados.

Dentro de este análisis, se interpreta que el camino en sus condiciones actuales se encuentra en un muy mal estado, lo que lo vuelve intransitable en tiempos de lluvia debido a la cantidad de encharcamientos, lodos y las dos corrientes transversales intermitentes que pasan por el eje del camino, una de las corrientes pasa en el cadenamiento 0+640 con un gasto promedio de 56.67 litros por segundo en tiempo de lluvias; la otra corriente pasa en el cadenamiento 1+040 con un gasto promedio de 86.67 litros por segundo en temporada de lluvias, ambas corrientes con tendencia a crecer en lluvias torrenciales, con estos datos se obtuvo un área mínima requerida para dimensionar la alcantarilla la cual fue de 0.54 m² y 0.62 m² respectivamente, para fines prácticos y para garantizar la funcionalidad de la obra se propuso una alcantarilla de cajón cuadrado con una dimensión de 1m x 1m, de tal forma que la obra hidráulica esta sobrada respecto al estudio previo, con lo cual se pueden prevenir avenidas mayores que pudieran presentarse en caso de algún suceso meteorológico inesperado.

La pendiente del camino se respetó para no afectar demasiado a los vecinos de la carretera y las entradas a sus huertos o casas, debido a esto la compensación entre cortes y terraplenes fue la mínima.

Donde se encuentra ubicada la escuela, es decir, en el cadenamiento 0+540 se implementarán reductores de velocidad sobre la carretera, además de un tope y señalamiento de cruce de peatones y de alto total para la seguridad de los peatones.

Se diseñó el proyecto geométrico basado en el reglamento de diseño de proyecto geométrico de carreteras de la SCT, por lo que todos los resultados obtenidos en los cálculos están sustentados en tal reglamento.

CONCLUSIONES

Luego de establecer los resultados del proyecto y la interpretación de los mismos, se puede concluir que se ha cumplido el objetivo principal planteado desde un principio: diseñar el proyecto geométrico y de drenaje de la carretera “Los cultivos – Río escondido” del km 0+000 al 1+625, en el municipio de Uruapan, Michoacán, el cual se logró gracias a los estudios realizados en el camino y a la implementación de tecnología para el diseño geométrico, desde la estación total hasta el uso de programas computacionales como Autocad y Civilcad.

Además de cumplir con el objetivo principal, se han cumplido los 5 objetivos particulares que se plantearon al inicio; el primero fue conceptualizar el término vías terrestres, el cual quedó conceptualizado en el capítulo 1 satisfactoriamente gracias a la investigación realizada; el segundo fue obtener el aforo vehicular del tramo en estudio, que también se cumplió y quedó conceptualizado en el capítulo 6 con una tabla de aforo vehicular horaria; el tercer objetivo fue señalar el proceso de diseño de un proyecto geométrico, mismo que quedó señalado en el capítulo 2 de proyecto geométrico; el cuarto objetivo fue determinar la velocidad de proyecto del tramo en estudio, la cual quedó definida en el capítulo 6 de 40 km/hora después del análisis del aforo vehicular y del tipo de camino; por último en quinto objetivo particular fue el de establecer la mejor alternativa de drenaje para la carretera, quedando establecida en el capítulo 6 gracias a los estudios hidrológicos y cálculos de dimensionamiento de las obras de drenaje.

De la pregunta de investigación planteada al principio ¿Cuál es el diseño óptimo para el proyecto geométrico y de drenaje del tramo carretero “Los cultivos – Río escondido”, del km 0+000 al km 1+625 en el municipio de Uruapan, Mich.?, se le pudo dar solución en gran parte gracias a la implementación de los programas computacionales antes mencionados y de la investigación a fondo realizada del tema, mostrándose los resultados de cuál fue el diseño óptimo del proyecto geométrico y de drenaje en el análisis de resultados y en los planos ubicados en los anexos.

En cuanto a las preguntas secundarias generadas a partir de la pregunta de investigación, se les dio la siguiente respuesta a cada una de ellas:

1. ¿Qué comunidades están próximas?, las comunidades próximas al tramo carretero son Río escondido, La cortina, Santa Bárbara, Los Cultivos, Tejerías y El sabino.
2. ¿Cuál es la ruta más favorable?, la ruta favorable en este caso solo es una, ya que actualmente existe un camino de terracería en mal estado que comunica a la comunidad de La cortina y Río escondido con la de Los cultivos y Santa Bárbara.
3. ¿Cuáles son los beneficios socioeconómicos?, los principales beneficios económicos son para los dueños de las huertas ubicadas en el tramo carretero y para los transportistas debido a que podrán transitar los taxis y colectivos para trasladar a las personas hacia la escuela o el panteón municipal, debido a que es una ruta más corta entre Santa Bárbara y el nuevo panteón municipal, por lo que se pronostica un buen tránsito vehicular, en cuanto al sector social beneficia

a todos los habitantes de las poblaciones aledañas y del tramo mismo debido a que harán menos tiempo en trasladarse de un lugar a otro y además de que no tendrán más problemas de estancamientos de agua y arrastre de lodos.

4. ¿Qué tipo de carretera es la más conveniente?, en este caso y debido a los resultados obtenidos, una carretera de pavimento flexible es la más conveniente debido a su rapidez de colocación, impermeabilidad y su fácil mantenimiento.

5. ¿Cuáles son los factores de seguridad necesarios para el diseño del proyecto geométrico y de drenaje?, los factores de seguridad dentro de proyecto geométrico es la velocidad de proyecto y la pendiente máxima y en cuanto al drenaje es la precipitación máxima y el dimensionamiento de las obras de drenaje.

6. ¿Qué tipo de vehículos transitan por el tramo en estudio?, por el tramo carretero en estudio transitan todo tipo de vehículos, desde bicicletas hasta camiones de 3 ejes, algunos en menor cantidad que otros debido a las condiciones actuales del mismo, siendo las camionetas tipo pick up las de mayor tránsito.

7. ¿Cuáles son los servicios y accesos con los que contará la carretera?, la carretera contará con servicios de seguridad tales como señalamientos, reductores de velocidad y reflectores de luz para el tránsito nocturno; el tramo en estudio tiene dos accesos uno del lado de la carretera Santa Bárbara – El sabino, el cual es un entronque y el segundo del lado del panteón municipal y la planta tratadora de aguas residuales “Santa Bárbara”.

8. ¿Cuál es el ancho óptimo de la carpeta asfáltica?, el ancho óptimo tanto de la carpeta como de la calzada de la carretera es de 6 metros, debido a que se trata de una carretera tipo “D”.

9. ¿Cuántas obras de drenaje son necesarias en el tramo carretero?, según los estudios realizados tanto en campo como en cartas topográficas, se tienen 2 flujos de agua superficial que fluyen transversalmente al eje de la carretera, por lo que son necesarias 2 obras de drenaje para solucionar este problema, además de la cuneta típica.

Cabe mencionar que durante el estudio de campo se encontraron irregularidades, tales como que las entradas a las huertas o viviendas invadían parte del derecho de vía del camino, además de que en algunas partes fue necesario modificar la rasante del terreno para no afectar a las viviendas ya existentes.

Con todo lo mencionado se concluye que el diseño del proyecto geométrico y de drenaje para el tramo “Los cultivos – Río escondido” presentado cumple satisfactoriamente con los requerimientos necesarios y es factible para llevarse a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

Bañón Blázquez, Luis y Beviá García, José F. (2000)

Manual de carreteras 1

Ed. Ortiz

Crespo Villalaz, Carlos. (2004)

Vías de comunicación.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y colaboradores.

Metodología de la investigación, 4ª edición.

Ed. McGraw-Hill, México.

Medina Martínez, Omar. (2011)

Diseño del 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., de Uruapan Michoacán, México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2000)

Métodos de investigación y manual académico.

Ed. Porrúa, México.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Manual de diseño geométrico de carreteras.

Empresa Editora Macro. Perú.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de vías terrestres.

Compañía Editorial Continental, México.

S. Merrit, Frederick y colaboradores. (2008)

Manual del Ingeniero Civil, Tomo II.

Ed. McGraw-Hill, 4ª edición en español, México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2004)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa, México.

Otras fuentes de información:

Cartas topográficas de la ciudad de Uruapan, Michoacán, INEGI.

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/urbana/ciud_cap.aspx

Mapa y relieve de la ciudad de Uruapan.

<https://maps.google.com.mx/>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT. (1991)

Manual de proyecto geométrico de carreteras.

<http://dc.sct.gob.mx/index.php?id=544>

Trazo y construcción de una carretera.

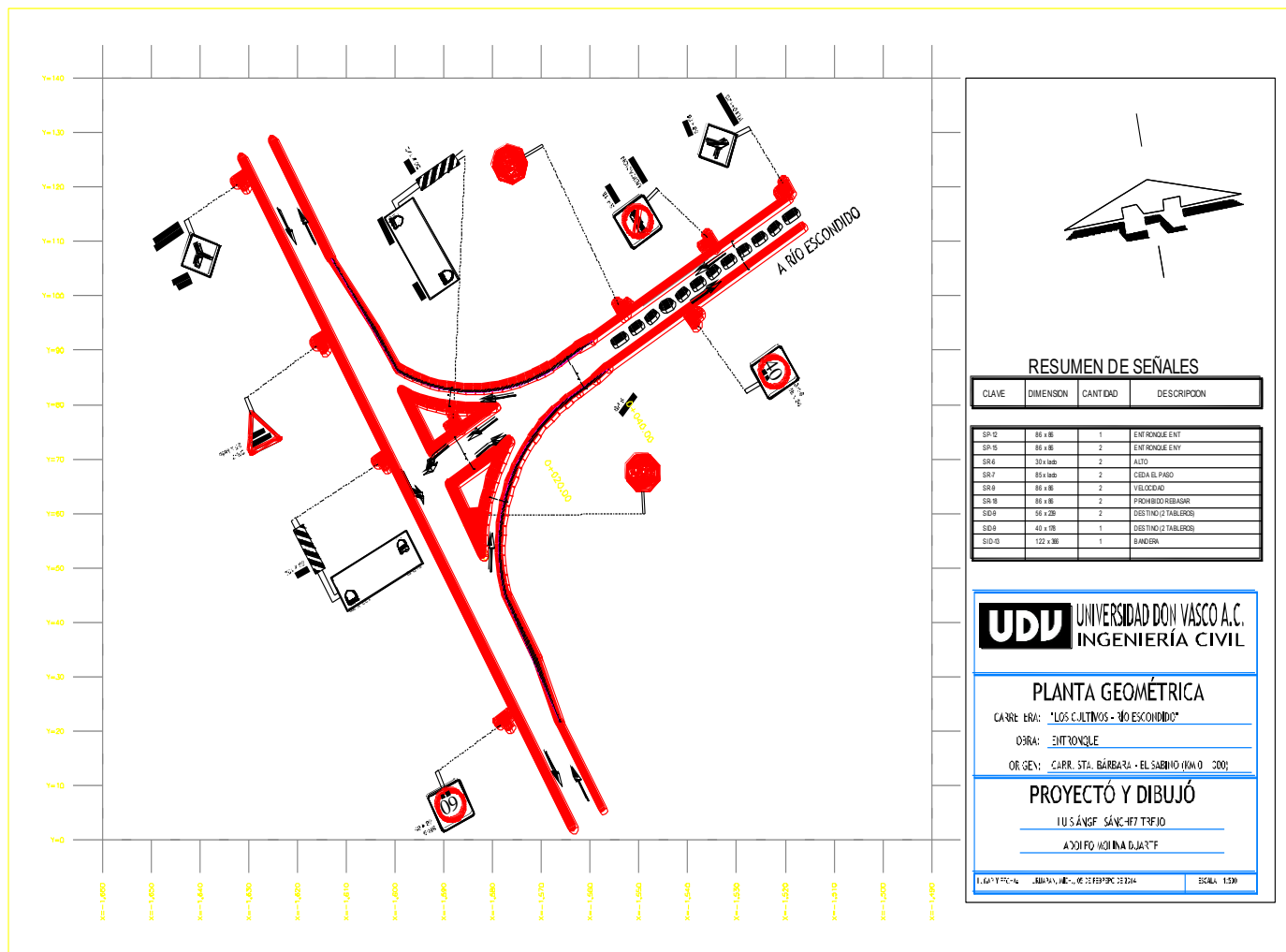
<http://www.construaprende.com/docs/tesis/297-trazo-construccion-carretera>

www.scielo.org.mx

www.wikipedia.org

ANEXOS

ANEXO 1. Plano del Entronque carretero



RESUMEN DE SEÑALES

CLAVE	DIMENSION	CANTIDAD	DESCRIPCION
SP-02	88 x 88	1	ENTRONQUE ENT
SP-05	88 x 88	2	ENTRONQUE ENT
SR-6	30x30	2	AUTO
SR-7	85x140	2	CEDA EL PASE
SR-8	88 x 88	2	VELOCIDAD
SR-8	88 x 88	2	PROHIBIDO REBASAR
SD-8	56 x 28	2	DESTINO (2 TABLEROS)
SD-9	40 x 18	1	DESTINO (2 TABLEROS)
SD-03	122 x 36	1	BANDERA

UDU UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
INGENIERÍA CIVIL

PLANTA GEOMÉTRICA

CARRERA: "LOS CULTIVOS - NO ESCONDIDO"

OBRA: ENTRONQUE

ORIGEN: CARR. STA. BARBARA - EL SABINO (H.M.O. 200)

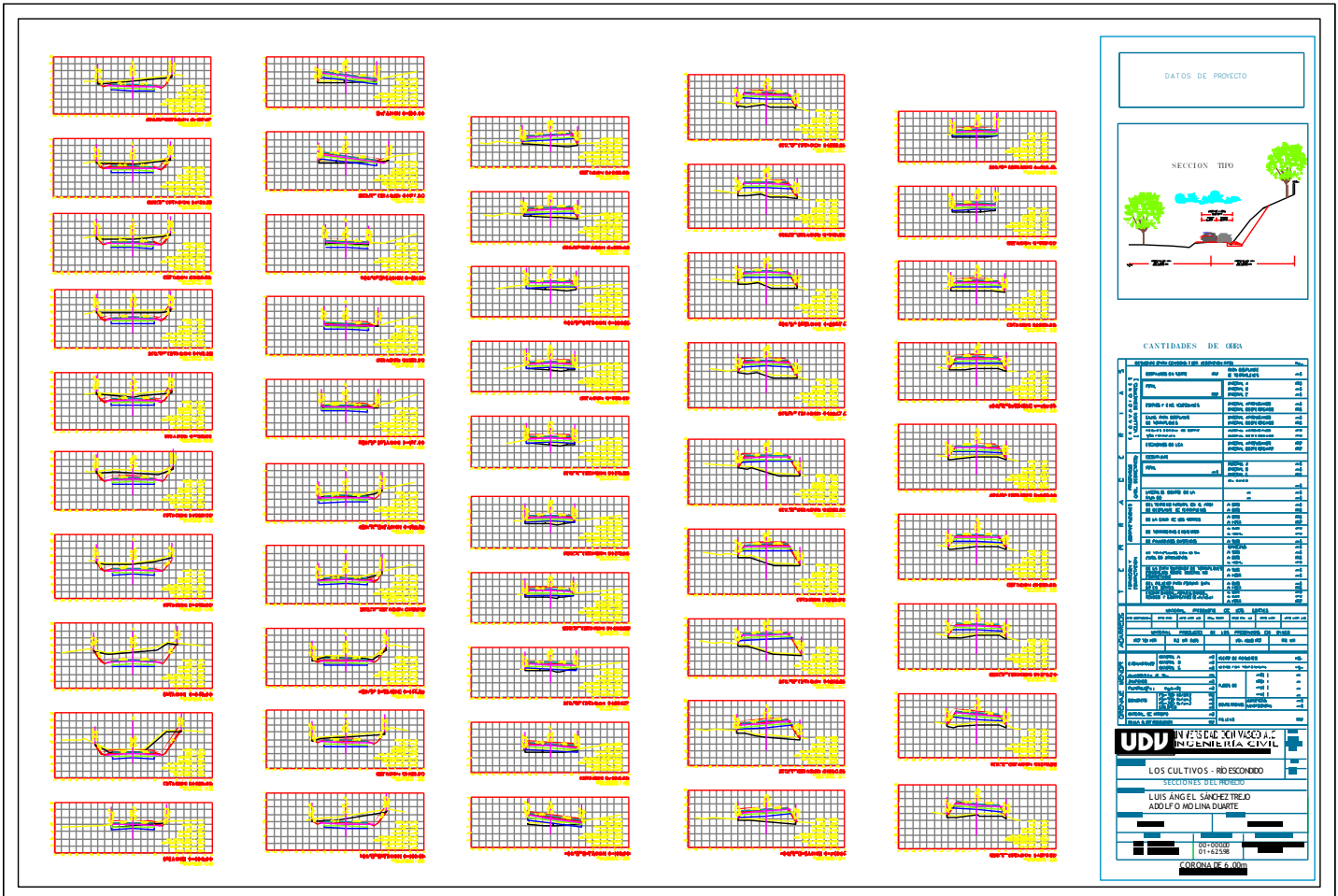
PROYECTÓ Y DIBUJÓ

IUSÁNGEL SÁNCHEZ TRUJILLO

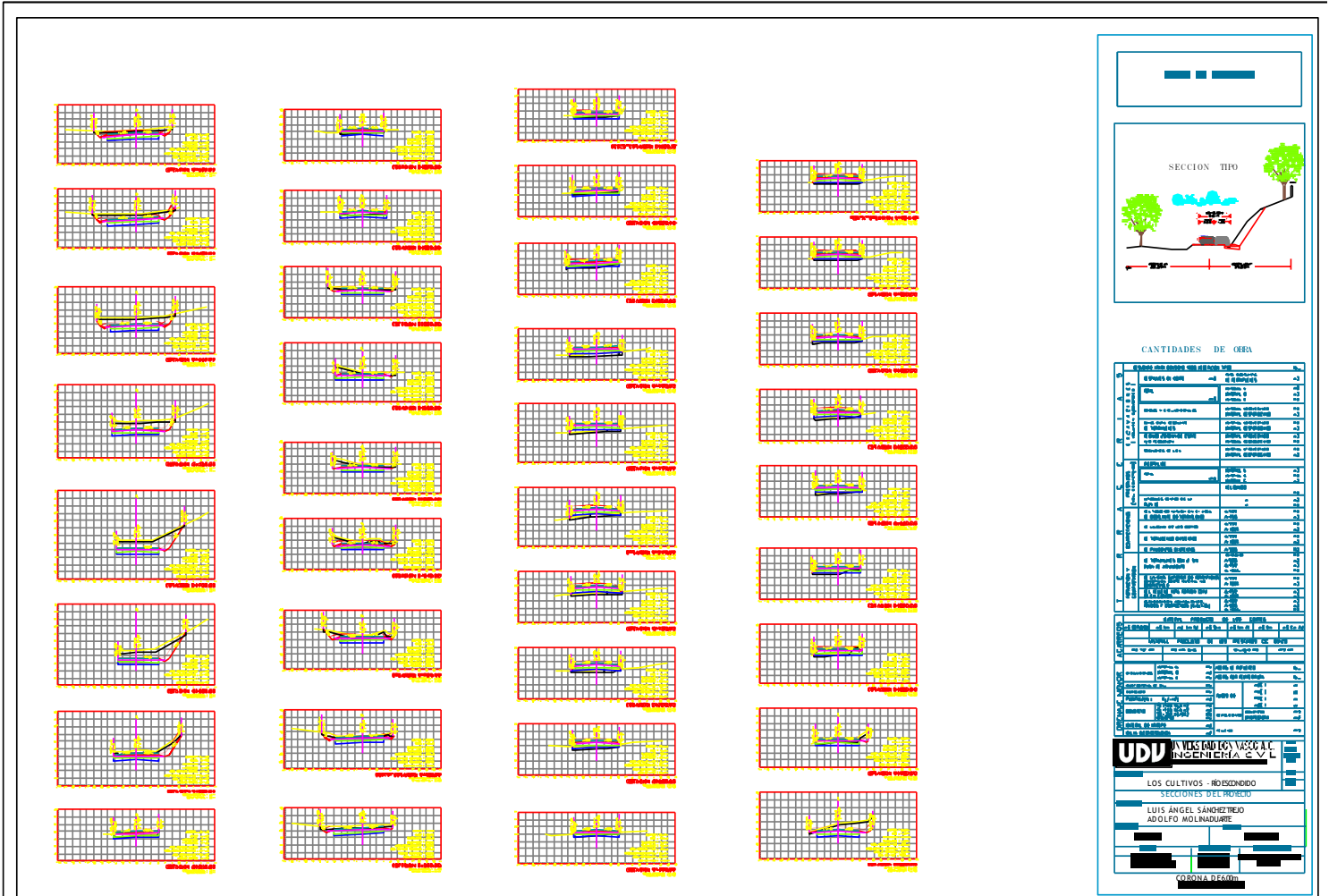
ADRIÁN AGUIRRE DJARTE

LOGO Y FICHA: ... ESCALA: 1:500

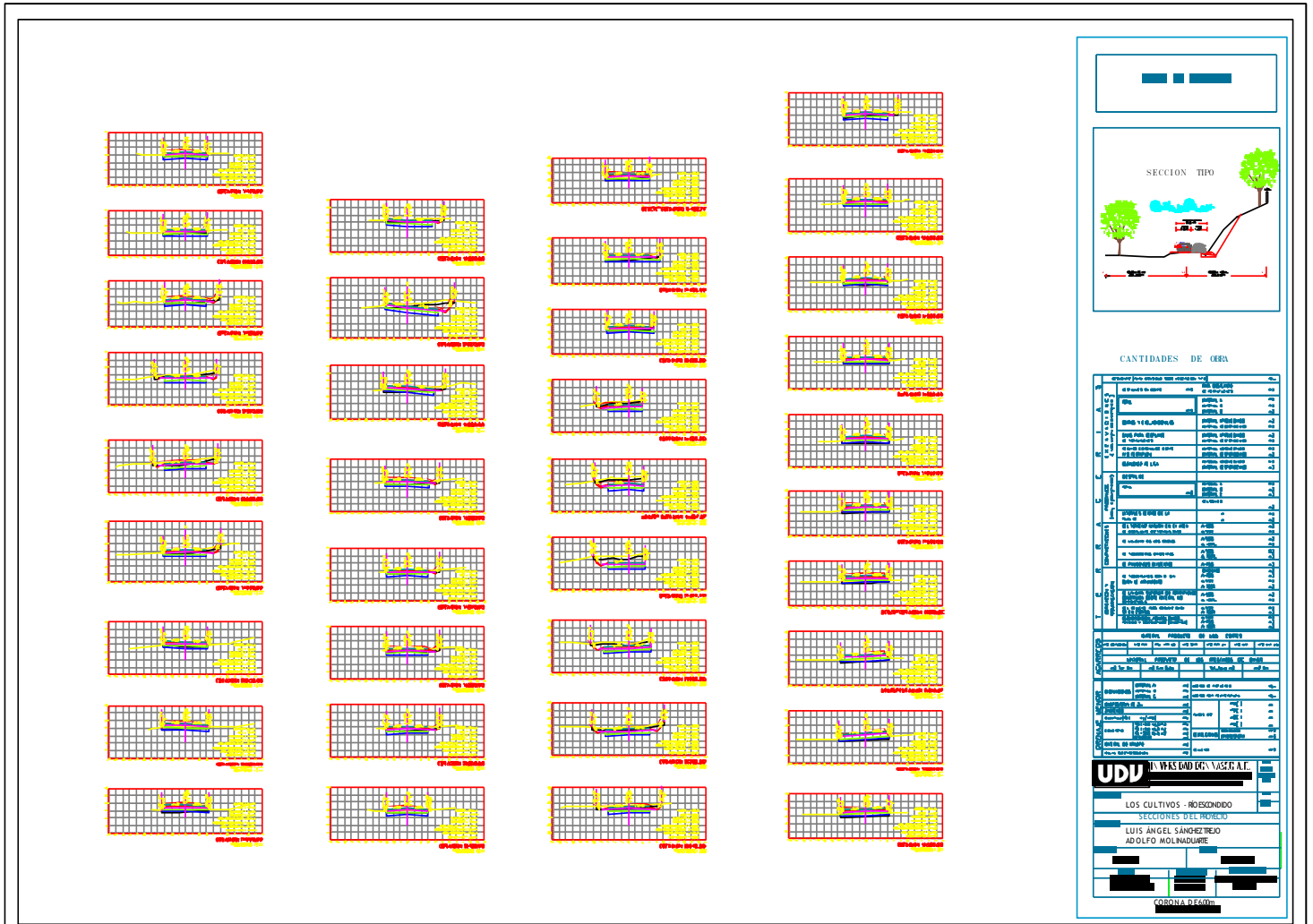
ANEXO 8. Secciones del proyecto 1 de 3.



ANEXO 9. Secciones del proyecto 2 de 3.



ANEXO 9. Secciones del proyecto 3 de 3.



ANEXO 10. Reporte de eje de trazo.

CAMINO:		" LOS CULTIVOS - RIO ESCONDIDO" EN URUAPAN, MICHOACÁN					
TRAMO:		0+000 AL 1+625.98				ESTACION:	
SUB-TRAMO:						ORIGEN:	0+000
ESTACION		deflexión	CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimuth	Azimut Astronómico Calculado	Descripción
KM	TIPO						
0+000.00							
0+020.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+040.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+060.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+080.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+100.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+120.00			20.000		57° 12' 36.26"		
0+124.06	PC		4.057	D = 3° 58' 33.63" der	57° 12' 36.26"		
0+140.00		1° 35' 39.52"	15.941	ST = 9.944	58° 48' 15.78"		
0+143.94	PT	1° 59' 16.82"	19.876	PI = 0+134.00	59° 11' 53.08"		
				Gc = 4° 0' 0.00"			
				Lc = 19.880			
				Rc = 286.479			
0+159.41	PC		15.473	D = 59° 11' 0.68" der	61° 11' 9.90"		
0+160.00		0° 26' 33.09"	0.590	ST = 21.692	61° 37' 42.99"		
0+180.00		15° 26' 33.09"	20.342	PI = 0+181.10	76° 37' 42.99"		
0+198.87	PT	29° 35' 30.34"	37.725	Gc = 30° 0' 0.00"	90° 46' 40.24"		
				Lc = 39.456			
				Rc = 38.197			
0+200.00			1.134		120° 22' 10.58"		
0+220.00			20.000		120° 22' 10.58"		
0+236.15	PC		16.145	D = 22° 39' 50.22" izq	120° 22' 10.58"		
0+240.00		357° 47' 0.63"	3.854	ST = 9.984	118° 9' 11.21"		
0+255.85	PT	348° 40' 4.89"	19.580	PI = 0+246.13	109° 2' 15.47"		
				Gc = 23° 0' 0.00"			
				Lc = 19.708			
				Rc = 49.822			
0+260.00			4.147		97° 42' 20.37"		
0+270.30	PC		10.302	D = 8° 14' 42.66" der	97° 42' 20.37"		
0+277.80	PT	4° 7' 21.33"	7.489	ST = 3.754	101° 49' 41.70"		
				PI = 0+274.06			
				Gc = 22° 0' 0.00"			
				Lc = 7.496			
				Rc = 52.087			
0+280.00			2.202		105° 57' 3.03"		
0+300.00			20.000		105° 57' 3.03"		
0+320.00			20.000		105° 57' 3.03"		
0+338.25	PC		18.249	D = 10° 50' 2.77" izq	105° 57' 3.03"		
0+340.00		359° 17' 58.36"	1.751	ST = 6.792	105° 15' 1.39"		
0+351.79	PT	354° 34' 58.62"	13.522	PI = 0+345.04	100° 32' 1.64"		

				Gc = 16° 0' 0.00"		
				Lc = 13.543		
				Rc = 71.620		
0+360.00			8.209		97° 28' 57.00"	
0+364.62	PI		4.616	D = 2° 9' 42.07" der	97° 28' 57.00"	
0+380.00			15.384		95° 19' 14.93"	
0+400.00			20.000		95° 19' 14.93"	
0+420.00			20.000		95° 19' 14.93"	
0+438.63	PC		18.629	D = 52° 27' 29.54" izq	95° 19' 14.93"	
0+440.00		359° 31' 12.63"	1.371	ST = 40.327	94° 50' 27.56"	
0+460.00		352° 31' 12.63"	21.310	PI = 0+478.96	87° 50' 27.56"	
0+480.00		345° 31' 12.63"	40.932	Gc = 14° 0' 0.00"	80° 50' 27.56"	
0+500.00		338° 31' 12.63"	59.943	Lc = 74.940	73° 50' 27.56"	
0+513.57	PT	333° 46' 15.23"	72.350	Rc = 81.851	69° 5' 30.16"	
0+520.00			6.431		42° 51' 45.39"	
0+540.00			20.000		42° 51' 45.39"	
0+560.00			20.000		42° 51' 45.39"	
0+580.00			20.000		42° 51' 45.39"	
0+582.60	PI		2.597	D = 5° 21' 10.95" izq	42° 51' 45.39"	
0+600.00			17.403		48° 12' 56.34"	
0+620.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+640.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+660.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+680.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+700.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+720.00			20.000		48° 12' 56.34"	
0+733.43	PI		13.431	D = 2° 59' 6.03" der	48° 12' 56.34"	
0+740.00			6.569		45° 13' 50.32"	
0+760.00			20.000		45° 13' 50.32"	
0+780.00			20.000		45° 13' 50.32"	
0+784.02	PC		4.016	D = 21° 49' 24.60" izq	45° 13' 50.32"	
0+800.00		354° 24' 19.62"	15.959	ST = 15.779	39° 38' 9.93"	
0+815.19	PT	349° 5' 17.70"	30.988	PI = 0+799.80	34° 19' 8.02"	
				Gc = 14° 0' 0.00"		
				Lc = 31.176		
				Rc = 81.851		
0+820.00			4.808		23° 24' 25.72"	
0+840.00			20.000		23° 24' 25.72"	
0+860.00			20.000		23° 24' 25.72"	
0+880.00			20.000		23° 24' 25.72"	
0+890.86	PI		10.860	D = 6° 33' 5.51" der	23° 24' 25.72"	
0+900.00			9.140		16° 51' 20.20"	
0+920.00			20.000		16° 51' 20.20"	
0+940.00			20.000		16° 51' 20.20"	
0+960.00			20.000		16° 51' 20.20"	
0+980.00			20.000		16° 51' 20.20"	
1+000.00			20.000		16° 51' 20.20"	
1+010.68	PC		10.679	D = 14° 39' 32.32" de	16° 51' 20.20"	
1+020.00		2° 33' 48.27"	9.318	ST = 13.400	19° 25' 8.47"	
1+037.33	PT	7° 19' 46.16"	26.580	PI = 1+024.08	24° 11' 6.37"	
				Gc = 11° 0' 0.00"		
				Lc = 26.653		

				Rc = 104.174		
1+040.00			2.669		31° 30' 52.53"	
1+060.00			20.000		31° 30' 52.53"	
1+072.81	PC		12.808	D = 11° 5' 39.24" izq	31° 30' 52.53"	
1+080.00		357° 7' 23.97"	7.189	ST = 6.956	28° 38' 16.50"	
1+086.68	PT	354° 27' 10.38"	13.846	PI = 1+079.76	25° 58' 2.91"	
				Gc = 16° 0' 0.00"		
				Lc = 13.868		
				Rc = 71.620		
1+100.00			13.324		20° 25' 13.29"	
1+120.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+140.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+160.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+180.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+200.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+220.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+240.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+260.00			20.000		20° 25' 13.29"	
1+275.00	PC		14.995	D = 62° 27' 43.34" de	20° 25' 13.29"	
1+280.00		3° 45' 13.27"	5.001	ST = 23.161	24° 10' 26.56"	
1+300.00		18° 45' 13.27"	24.561	PI = 1+298.16	39° 10' 26.56"	
1+316.64	PT	31° 13' 51.67"	39.610	Gc = 30° 0' 0.00"	51° 39' 4.96"	
				Lc = 41.641		
				Rc = 38.197		
1+320.00			3.364		82° 52' 56.63"	
1+340.00			20.000		82° 52' 56.63"	
1+356.07	PC		16.069	D = 22° 25' 44.93" izq	82° 52' 56.63"	
1+360.00		358° 31' 32.63"	3.931	ST = 15.147	81° 24' 29.26"	
1+380.00		351° 1' 32.63"	23.834	PI = 1+371.22	73° 54' 29.26"	
1+385.97	PT	348° 47' 7.53"	29.715	Gc = 15° 0' 0.00"	71° 40' 4.17"	
				Lc = 29.906		
				Rc = 76.394		
1+400.00			14.026		60° 27' 11.70"	
1+420.00			20.000		60° 27' 11.70"	
1+440.00			20.000		60° 27' 11.70"	
1+443.28	PI		3.277	D = 5° 9' 30.47" izq	60° 27' 11.70"	
1+460.00			16.723		65° 36' 42.17"	
1+480.00			20.000		65° 36' 42.17"	
1+481.32	PC		1.319	D = 29° 0' 16.73" izq	65° 36' 42.17"	
1+500.00		350° 11' 32.24"	18.590	ST = 14.114	55° 48' 14.42"	
1+508.94	PT	345° 29' 51.63"	27.329	PI = 1+495.43	51° 6' 33.81"	
				Gc = 21° 0' 0.00"		
				Lc = 27.623		
				Rc = 54.567		
1+520.00			11.058		36° 36' 25.44"	
1+540.00			20.000		36° 36' 25.44"	
1+560.00			20.000		36° 36' 25.44"	
1+580.00			20.000		36° 36' 25.44"	
1+600.00			20.000		36° 36' 25.44"	
1+620.00			20.000		36° 36' 25.44"	
1+626.05			6.047		36° 36' 25.44"	

ANEXO 12. Elevaciones y espesores de terreno y subrasante.

ELEVACIONES Y ESPESORES DE TERRENO Y SUBRASANTE Obra: "LOS CULTIVOS - RÍO ESCONDIDO"

Autor: ADOLFO MOLINA- LUIS ÁNGEL SANCHEZ

ESTACION	ELEVACIONES(M)		ESPESORES(M)	
	TERRENO	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN
0+000.00	50.20	50.20		0.00
0+020.00	50.91	50.62	0.30	
0+040.00	52.34	51.03	1.31	
0+060.00	52.06	51.39	0.68	
0+080.00	52.42	51.52	0.90	
0+100.00	51.97	51.49	0.49	
0+112.29	52.21	51.38	0.82	
0+120.00	51.73	51.29	0.44	
0+120.13	51.72	51.29	0.43	
0+127.97	51.85	51.17	0.68	
0+136.48	51.77	51.01	0.76	
0+140.00	51.57	50.93	0.64	
0+144.32	51.16	50.83	0.33	
0+152.16	50.84	50.63	0.21	
0+152.32	50.83	50.63	0.20	
0+157.00	50.55	50.50	0.05	
0+160.00	50.37	50.41		0.04
0+161.69	50.27	50.36		0.09
0+177.00	49.08	49.84		0.75
0+180.00	48.82	49.73		0.92
0+188.86	48.43	49.42		0.99
0+200.00	48.12	49.03		0.91
0+204.17	47.97	48.88		0.91
0+208.86	47.74	48.71		0.97
0+213.55	47.56	48.55		0.99
0+218.35	47.42	48.38		0.96
0+220.00	47.37	48.32		0.95
0+226.14	47.10	48.10		1.00
0+233.93	46.70	47.83		1.12
0+240.00	46.31	47.61		1.30
0+246.14	45.93	47.39		1.47
0+250.85	45.30	47.23		1.93
0+256.95	44.57	47.01		2.44
0+260.00	44.61	46.90		2.29
0+260.85	44.64	46.87		2.23
0+264.74	44.78	46.74		1.96
0+265.74	44.81	46.70		1.89
0+267.80	44.89	46.63		1.74
0+269.85	44.96	46.55		1.60
0+272.80	45.00	46.45		1.45
0+275.29	44.93	46.36		1.43
0+278.24	44.86	46.26		1.40
0+280.00	44.81	46.20		1.39
0+280.29	44.80	46.19		1.39
0+282.35	44.74	46.11		1.37

0+300.00	44.23	45.49		1.26
0+320.00	43.82	44.78		0.96
0+325.45	43.78	44.59		0.81
0+332.24	43.73	44.35		0.62
0+339.04	43.68	44.11		0.42
0+340.00	43.67	44.07		0.40
0+344.24	43.63	43.92		0.29
0+345.79	43.62	43.87		0.25
0+350.99	43.69	43.68	0.01	
0+357.79	43.71	43.46	0.25	
0+360.00	43.71	43.39	0.32	
0+364.58	43.70	43.25	0.44	
0+380.00	43.72	42.84	0.88	
0+400.00	43.37	42.43	0.94	
0+415.86	43.18	42.21	0.97	
0+420.00	43.08	42.17	0.91	
0+428.62	42.91	42.10	0.81	
0+440.00	42.85	42.05	0.80	
0+441.39	42.85	42.05	0.80	
0+448.62	42.83	42.04	0.79	
0+460.00	42.66	42.08	0.58	
0+480.00	42.62	42.22	0.40	
0+500.00	42.64	42.38	0.26	
0+503.56	42.54	42.41	0.13	
0+510.80	42.52	42.46	0.06	
0+520.00	42.55	42.54	0.02	
0+523.56	42.57	42.57	0.00	
0+536.33	42.81	42.67	0.14	
0+540.00	42.87	42.70	0.18	
0+560.00	42.98	42.85	0.13	
0+580.00	43.16	43.01	0.15	
0+600.00	43.12	43.17		0.05
0+620.00	43.03	43.33		0.30
0+640.00	43.10	43.48		0.39
0+660.00	43.10	43.64		0.54
0+680.00	42.87	43.80		0.93
0+700.00	42.96	43.96		0.99
0+720.00	43.11	44.11		1.01
0+740.00	43.40	44.27		0.87
0+760.00	43.34	44.43		1.09
0+761.24	43.35	44.44		1.08
0+774.01	43.53	44.54		1.01
0+780.00	43.57	44.59		1.02
0+786.78	43.88	44.64		0.76
0+794.01	44.03	44.70		0.67
0+800.00	44.09	44.74		0.65
0+805.19	44.21	44.79		0.58
0+812.42	44.37	44.84		0.47
0+820.00	44.48	44.90		0.42
0+825.19	44.54	44.94		0.41
0+837.95	45.09	45.01	0.08	
0+840.00	45.84	45.02	0.83	

0+860.00	44.66	44.97		0.32
0+880.00	44.17	44.81		0.64
0+900.00	43.81	44.64		0.83
0+920.00	43.53	44.47		0.94
0+940.00	43.35	44.30		0.95
0+960.00	43.25	44.14		0.89
0+980.00	43.10	43.97		0.87
0+984.46	43.06	43.93		0.87
1+000.00	43.08	43.80		0.72
1+000.67	43.08	43.79		0.71
1+016.89	43.13	43.65		0.52
1+020.00	43.16	43.63		0.46
1+020.67	43.16	43.62		0.46
1+032.33	43.17	43.52		0.35
1+034.22	43.13	43.51		0.38
1+040.00	42.95	43.46		0.51
1+042.33	43.07	43.44		0.37
1+050.43	43.17	43.37		0.20
1+060.00	42.97	43.29		0.32
1+060.01	42.97	43.29		0.32
1+066.80	42.97	43.23		0.26
1+073.60	43.05	43.18		0.12
1+078.80	43.14	43.13	0.00	
1+080.00	43.15	43.12	0.03	
1+080.67	43.16	43.12	0.05	
1+085.88	43.25	43.07	0.17	
1+092.67	43.30	43.01	0.28	
1+099.46	43.05	42.96	0.09	
1+100.00	43.03	42.95	0.07	
1+120.00	42.49	42.78		0.29
1+140.00	42.20	42.62		0.42
1+160.00	42.06	42.45		0.38
1+180.00	41.96	42.28		0.32
1+200.00	41.88	42.15		0.27
1+220.00	41.93	42.15		0.22
1+240.00	41.94	42.21		0.27
1+249.52	41.96	42.24		0.27
1+259.07	41.99	42.26		0.27
1+260.00	42.00	42.27		0.27
1+268.62	41.94	42.29		0.35
1+280.00	42.03	42.32		0.30
1+290.91	42.16	42.36		0.19
1+300.00	42.47	42.38	0.09	
1+306.63	42.33	42.40		0.07
1+320.00	42.40	42.44		0.04
1+320.63	42.41	42.44		0.04
1+326.63	42.43	42.46		0.03
1+332.63	42.46	42.48		0.02
1+334.06	42.48	42.48		0.00
1+340.00	42.54	42.50	0.04	
1+346.06	42.57	42.52	0.06	
1+358.06	42.67	42.55	0.12	

1+360.00	42.72	42.56	0.16	
1+366.06	42.87	42.57	0.30	
1+375.97	42.92	42.60	0.32	
1+380.00	42.98	42.61	0.36	
1+383.97	43.02	42.63	0.40	
1+395.97	43.29	42.66	0.63	
1+400.00	43.35	42.67	0.67	
1+407.97	43.45	42.70	0.76	
1+420.00	43.14	42.73	0.41	
1+440.00	42.62	42.79		0.17
1+460.00	42.45	42.85		0.40
1+462.74	42.42	42.85		0.43
1+471.31	42.34	42.88		0.54
1+479.89	42.28	42.90		0.63
1+480.00	42.28	42.90		0.63
1+491.31	42.29	42.94		0.65
1+498.94	42.31	42.96		0.65
1+500.00	42.32	42.96		0.65
1+510.37	42.38	42.99		0.61
1+518.94	42.41	43.02		0.61
1+520.00	42.41	43.02		0.61
1+527.51	42.44	43.04		0.60
1+540.00	42.48	43.08		0.60
1+560.00	42.63	43.14		0.51
1+580.00	42.67	43.20		0.52
1+600.00	42.95	43.25		0.30
1+620.00	43.20	43.31		0.11

ANEXO 13. Volúmenes de despalme en corte y terraplén.

VOLUMENES DE DESPALME EN CORTE Y TERRAPLEN Obra: "LOS CULTIVOS - RÍO ESCONDIDO"

Autor: ADOLFO MOLINA- LUIS ÁNGEL SANCHEZ

ESTACION	ESPESORES(M)		AREAS(M2)		DISTANCIA D/2	FACTOR ABUND.	VOLUMENES(M3)	
	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN			CORTE	TERRAPLEN
0+000.00	0.30	0.30	2.35	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
0+020.00	0.30	0.30	3.93	0.00	10.00	1.00	62.82	0.00
0+040.00	0.30	0.30	3.55	0.00	10.00	1.00	74.80	0.00
0+060.00	0.30	0.30	3.18	0.00	10.00	1.00	67.27	0.00
0+080.00	0.30	0.30	3.22	0.00	10.00	1.00	63.96	0.00
0+100.00	0.30	0.30	3.11	0.00	10.00	1.00	63.29	0.00
0+120.00	0.30	0.30	3.04	0.00	3.85	1.00	23.65	0.00
0+140.00	0.30	0.30	3.00	0.00	1.76	1.00	10.76	0.00
0+160.00	0.30	0.30	1.89	0.00	1.50	1.00	5.55	0.00
0+180.00	0.30	0.30	1.14	1.41	1.50	1.00	3.85	3.61
0+188.86	0.30	0.30	0.97	1.35	4.43	1.00	9.35	12.25
0+200.00	0.30	0.30	0.59	1.69	5.57	1.00	8.70	16.93
0+220.00	0.30	0.30	0.65	1.44	0.82	1.00	1.10	2.34
0+240.00	0.30	0.30	0.00	2.38	3.03	1.00	0.00	14.28
0+260.00	0.30	0.30	0.00	2.71	1.52	1.00	0.00	8.39
0+260.85	0.30	0.30	0.00	2.68	0.43	1.00	0.00	2.30
0+280.00	0.30	0.30	0.00	2.52	0.88	1.00	0.00	4.45
0+300.00	0.30	0.30	0.00	2.33	8.82	1.00	0.00	42.62
0+320.00	0.30	0.30	0.00	1.88	10.00	1.00	0.00	42.07
0+340.00	0.30	0.30	1.95	0.00	0.48	1.00	1.87	0.00
0+360.00	0.30	0.30	3.14	0.00	1.10	1.00	6.87	0.00
0+380.00	0.30	0.30	2.97	0.00	7.71	1.00	46.57	0.00
0+400.00	0.30	0.30	2.96	0.00	10.00	1.00	59.30	0.00
0+420.00	0.30	0.30	2.62	0.00	2.07	1.00	10.77	0.00
0+440.00	0.30	0.30	3.27	0.00	5.69	1.00	34.42	0.00
0+460.00	0.30	0.30	3.41	0.00	5.69	1.00	39.14	0.00
0+480.00	0.30	0.30	3.24	0.00	10.00	1.00	66.52	0.00
0+500.00	0.30	0.30	3.04	0.00	10.00	1.00	62.76	0.00
0+520.00	0.30	0.30	3.11	0.00	4.60	1.00	28.26	0.00
0+540.00	0.30	0.30	2.79	0.00	1.83	1.00	10.31	0.00
0+560.00	0.30	0.30	2.65	0.00	10.00	1.00	54.34	0.00
0+580.00	0.30	0.30	2.52	0.00	10.00	1.00	51.70	0.00
0+600.00	0.30	0.30	2.77	0.00	10.00	1.00	52.88	0.00
0+620.00	0.30	0.30	1.85	0.00	10.00	1.00	46.14	0.00
0+640.00	0.30	0.30	1.92	0.00	10.00	1.00	37.67	0.00
0+660.00	0.30	0.30	1.97	0.00	10.00	1.00	38.88	0.00
0+680.00	0.30	0.30	0.56	1.52	10.00	1.00	25.24	15.21
0+700.00	0.30	0.30	0.17	1.98	10.00	1.00	7.30	34.99
0+720.00	0.30	0.30	0.00	2.20	10.00	1.00	1.74	41.76
0+740.00	0.30	0.30	0.70	1.53	10.00	1.00	6.95	37.28
0+760.00	0.30	0.30	0.25	1.97	10.00	1.00	9.46	35.02
0+780.00	0.30	0.30	0.00	2.26	2.99	1.00	0.00	13.35
0+800.00	0.30	0.30	2.24	0.00	2.99	1.00	13.56	0.00
0+820.00	0.30	0.30	2.01	0.00	3.79	1.00	15.66	0.00

0+840.00	0.30	0.30	2.51	0.00	1.02	1.00	5.16	0.00
0+860.00	0.30	0.30	2.46	0.00	10.00	1.00	49.68	0.00
0+880.00	0.30	0.30	2.19	0.00	10.00	1.00	46.46	0.00
0+900.00	0.30	0.30	0.89	1.15	10.00	1.00	30.78	11.46
0+920.00	0.30	0.30	0.60	1.39	10.00	1.00	14.91	25.37
0+940.00	0.30	0.30	0.71	1.33	10.00	1.00	13.07	27.22
0+960.00	0.30	0.30	0.62	1.48	10.00	1.00	13.30	28.09
0+980.00	0.30	0.30	0.69	1.42	10.00	1.00	13.11	28.95
1+000.00	0.30	0.30	2.06	0.00	7.77	1.00	21.47	10.90
1+020.00	0.30	0.30	2.06	0.00	1.55	1.00	6.46	0.00
1+040.00	0.30	0.30	2.01	0.00	2.89	1.00	11.62	0.00
1+060.00	0.30	0.30	2.46	0.00	4.78	1.00	22.91	0.00
1+080.00	0.30	0.30	2.76	0.00	0.60	1.00	3.31	0.00
1+100.00	0.30	0.30	2.66	0.00	0.27	1.00	1.42	0.00
1+120.00	0.30	0.30	2.35	0.00	10.00	1.00	50.18	0.00
1+140.00	0.30	0.30	1.93	0.00	10.00	1.00	42.80	0.00
1+160.00	0.30	0.30	1.92	0.00	10.00	1.00	38.42	0.00
1+180.00	0.30	0.30	1.89	0.00	10.00	1.00	38.09	0.00
1+200.00	0.30	0.30	1.87	0.00	10.00	1.00	37.65	0.00
1+220.00	0.30	0.30	1.85	0.00	10.00	1.00	37.24	0.00
1+240.00	0.30	0.30	1.87	0.00	10.00	1.00	37.24	0.00
1+260.00	0.30	0.30	1.92	0.00	0.46	1.00	1.77	0.00
1+268.62	0.30	0.30	2.06	0.00	4.31	1.00	17.18	0.00
1+280.00	0.30	0.30	2.67	0.00	5.69	1.00	26.87	0.00
1+290.91	0.30	0.30	2.99	0.00	5.46	1.00	30.84	0.00
1+300.00	0.30	0.30	2.94	0.00	4.54	1.00	26.94	0.00
1+320.00	0.30	0.30	2.47	0.00	6.68	1.00	36.25	0.00
1+340.00	0.30	0.30	2.77	0.00	2.97	1.00	15.04	0.00
1+360.00	0.30	0.30	3.04	0.00	0.97	1.00	5.84	0.00
1+380.00	0.30	0.30	2.58	0.00	2.01	1.00	10.78	0.00
1+400.00	0.30	0.30	2.26	0.00	2.01	1.00	9.16	0.00
1+407.97	0.30	0.30	2.15	0.00	3.99	1.00	17.59	0.00
1+420.00	0.30	0.30	2.01	0.00	6.01	1.00	24.99	0.00
1+440.00	0.30	0.30	1.83	0.00	10.00	1.00	38.35	0.00
1+460.00	0.30	0.30	2.35	0.00	10.00	1.00	41.77	0.00
1+480.00	0.30	0.30	2.12	0.00	0.05	1.00	0.23	0.00
1+500.00	0.30	0.30	2.22	0.00	0.53	1.00	2.35	0.00
1+510.37	0.30	0.30	2.13	0.00	5.19	1.00	22.54	0.00
1+520.00	0.30	0.30	2.04	0.00	0.53	1.00	2.16	0.00
1+540.00	0.30	0.30	2.02	0.00	6.24	1.00	25.29	0.00
1+560.00	0.30	0.30	1.97	0.00	10.00	1.00	39.93	0.00
1+580.00	0.30	0.30	1.95	0.00	10.00	1.00	39.18	0.00
1+600.00	0.30	0.30	1.90	0.00	10.00	1.00	38.41	0.00
1+620.00	0.30	0.30	2.33	0.00	10.00	1.00	42.31	0.00
TOTAL VOLUMENES DESPALME(M3):							3233.11	674.06

ANEXO 14. Sobreelevaciones y ampliaciones.

CAMINO: "LOS CULTIVOS - RÍO ESCONDIDO" EN URUAPAN, MICHOACÁN									
TRAMO: KM 0+000 AL KM 1+625						ESTACION: 1.000			
SUB-TRAMO:						ORIGEN: KM 0+000			
DESCRIPCION	ESTACION	BOMBEO		AMPLIACION (Ac)		Ancho Total de Calzada		ENSANCHES (Talud)	
		IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
	0+000.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.10	0.22
	0+020.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.83	2.10
	0+040.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.94	1.61
	0+060.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.62	0.83
	0+080.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.62	0.98
	0+100.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.59	0.74
SEC."A"	0+112.30	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.58	0.73
	0+120.00	-0.1 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.37	0.74
SEC."B"	0+120.14	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.37	0.74
SEC."C"	0+127.98	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.10	3.00	3.10	0.19	0.90
SEC."E"	0+136.49	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.10	3.00	3.10	0.15	1.09
	0+140.00	1.7 %	-3.0 %	0.00	0.06	3.00	3.06	0.09	0.80
SEC."B"	0+144.33	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.02	1.01
SEC."A"	0+152.17	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.80	0.59
SEC."A"	0+152.32	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.78	0.58
SEC."B"	0+157.01	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.04	0.02
	0+160.00	1.9 %	-3.0 %	0.01	0.21	2.99	3.21	2.99	0.07
SEC."C"	0+161.70	3.0 %	-3.0 %	0.13	0.33	2.87	3.33	2.87	0.10
SEC."E"	0+177.01	12.8 %	-12.8 %	0.00	1.40	3.00	4.40	0.64	0.09
	0+180.00	12.8 %	-12.8 %	0.00	1.40	3.00	4.40	0.97	0.12
SEC."E"	0+188.87	12.8 %	-12.8 %	0.00	1.40	3.00	4.40	0.22	0.11
	0+200.00	5.7 %	-5.7 %	0.00	0.62	3.00	3.62	0.68	0.29
SEC."C"	0+204.18	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.33	3.00	3.33	0.64	0.36
SEC."B"	0+208.87	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.60	0.43
SEC."A"	0+213.55	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.53	0.47
SEC."A"	0+218.35	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.41	0.53
	0+220.00	-3.0 %	-2.4 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.38	0.55
SEC."B"	0+226.15	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.44	0.69
SEC."C"	0+233.94	-3.0 %	3.0 %	0.19	0.00	3.19	3.00	0.61	0.96
	0+240.00	-4.8 %	4.8 %	0.25	0.00	3.25	3.00	0.68	1.00
SEC."E"	0+246.15	-6.6 %	6.6 %	0.40	0.00	3.40	3.00	0.73	1.31
SEC."E"	0+250.85	-7.7 %	7.7 %	0.50	0.00	3.50	3.00	0.77	1.70
SEC."C"	0+256.96	-3.0 %	3.0 %	0.19	0.00	3.19	3.00	0.94	2.03
	0+260.00	-3.0 %	0.7 %	0.04	0.00	3.04	3.00	0.97	1.85
SEC."B"	0+260.85	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.98	1.79
SEC."A"	0+264.75	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	1.01	1.49
SEC."A"	0+265.75	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	1.01	1.44
SEC."B"	0+267.80	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	1.08	1.35
SEC."C"	0+269.86	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.06	3.00	3.06	1.18	1.29
SEC."E"	0+272.80	7.3 %	-7.3 %	0.00	0.15	3.00	3.15	1.24	1.09
SEC."E"	0+275.30	7.3 %	-7.3 %	0.00	0.15	3.00	3.15	1.23	1.06
SEC."C"	0+278.24	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.06	3.00	3.06	1.16	1.16
	0+280.00	0.4 %	-3.0 %	0.00	0.01	3.00	3.01	1.11	1.16

SEC."B"	0+280.30	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	1.10	1.16
SEC."A"	0+282.35	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	1.03	1.19
	0+300.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.77	0.97
	0+320.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.36	3.00	2.64	0.62	2.64
SEC."A"	0+325.46	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.22	3.00	2.78	0.50	2.78
SEC."B"	0+332.25	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.04	3.00	2.96	0.35	2.96
SEC."C"	0+339.04	-3.0 %	3.0 %	0.08	0.00	3.08	3.00	0.23	0.07
	0+340.00	-3.4 %	3.4 %	0.10	0.00	3.10	3.00	0.21	0.04
SEC."E"	0+344.25	-5.3 %	5.3 %	0.15	0.00	3.15	3.00	0.10	0.53
SEC."E"	0+345.79	-5.3 %	5.3 %	0.15	0.00	3.15	3.00	0.07	0.72
SEC."C"	0+351.00	-3.0 %	3.0 %	0.08	0.00	3.08	3.00	0.20	0.02
SEC."B"	0+357.79	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.57	1.33
	0+360.00	-3.0 %	-1.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.34	1.72
SEC."A"	0+364.58	-3.0 %	-3.0 %	0.11	0.00	2.89	3.00	2.89	2.06
	0+380.00	-3.0 %	-3.0 %	0.43	0.00	2.57	3.00	2.57	2.24
	0+400.00	-3.0 %	-3.0 %	0.13	0.00	2.87	3.00	2.87	2.07
SEC."A"	0+415.86	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.10	0.98
	0+420.00	-3.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.38	0.85
SEC."B"	0+428.63	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.96	0.79
	0+440.00	-3.0 %	2.7 %	0.62	0.00	3.62	3.00	0.39	0.86
SEC."C"	0+441.40	-3.0 %	3.0 %	0.70	0.00	3.70	3.00	0.63	0.84
SEC."E"	0+448.63	-4.7 %	4.7 %	1.09	0.00	4.09	3.00	0.62	0.83
	0+460.00	-4.7 %	4.7 %	1.09	0.00	4.09	3.00	0.50	0.73
	0+480.00	-4.7 %	4.7 %	1.09	0.00	4.09	3.00	0.29	0.40
	0+500.00	-4.7 %	4.7 %	1.09	0.00	4.09	3.00	0.20	0.32
SEC."E"	0+503.57	-4.7 %	4.7 %	1.09	0.00	4.09	3.00	0.25	0.46
SEC."C"	0+510.80	-3.0 %	3.0 %	0.70	0.00	3.70	3.00	0.35	0.37
	0+520.00	-3.0 %	0.8 %	0.19	0.00	3.19	3.00	0.62	0.04
SEC."B"	0+523.57	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.73	0.12
SEC."A"	0+536.34	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.34	0.15
	0+540.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.25	0.14
	0+560.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.10	0.11
	0+580.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.73	0.07
	0+600.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.19	0.02
	0+620.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.13	0.02
	0+640.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.30	0.09
	0+660.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.39	0.16
	0+680.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.57	0.33
	0+700.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.67	0.50
	0+720.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.76	0.56
	0+740.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.92	0.45
	0+760.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.89	0.49
SEC."A"	0+761.25	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.89	0.49
SEC."B"	0+774.02	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.77	0.53
	0+780.00	-3.0 %	1.4 %	0.24	0.00	3.24	3.00	0.71	0.59
SEC."C"	0+786.78	-3.0 %	3.0 %	0.51	0.00	3.51	3.00	0.64	0.35
SEC."E"	0+794.02	-4.7 %	4.7 %	0.80	0.00	3.80	3.00	0.52	0.27
	0+800.00	-4.7 %	4.7 %	0.80	0.00	3.80	3.00	0.41	0.22
SEC."E"	0+805.19	-4.7 %	4.7 %	0.80	0.00	3.80	3.00	0.40	0.19
SEC."C"	0+812.43	-3.0 %	3.0 %	0.51	0.00	3.51	3.00	0.38	0.17
	0+820.00	-3.0 %	1.2 %	0.21	0.00	3.21	3.00	0.33	0.16
SEC."B"	0+825.19	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.32	0.16
SEC."A"	0+837.96	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.08	0.16
	0+840.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.03	0.26
	0+860.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.32	0.32

	0+880.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.54	0.33
	0+900.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.61	0.09
	0+920.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.20	0.41
	0+940.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.43	0.33
	0+960.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.62	0.38
	0+980.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.58	0.43
SEC."A"	0+984.46	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.58	0.43
	1+000.00	-0.1 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.50	0.37
SEC."B"	1+000.68	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.50	0.37
SEC."C"	1+016.89	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.24	3.00	3.24	0.51	0.25
	1+020.00	3.2 %	-3.2 %	0.00	0.17	3.00	3.17	0.47	0.23
SEC."E"	1+020.68	3.2 %	-3.2 %	0.00	0.18	3.00	3.18	0.46	0.22
SEC."E"	1+032.33	3.7 %	-3.7 %	0.00	0.30	3.00	3.30	0.33	0.16
SEC."C"	1+034.22	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.24	3.00	3.24	0.30	0.16
	1+040.00	0.9 %	-3.0 %	0.00	0.07	3.00	3.07	0.35	0.24
SEC."B"	1+042.33	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.33	0.30
SEC."A"	1+050.44	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.21	0.00
	1+060.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.29	0.35
SEC."A"	1+060.02	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.29	0.35
SEC."B"	1+066.81	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.16	0.33
SEC."C"	1+073.60	-3.0 %	3.0 %	0.06	0.00	3.06	3.00	0.08	0.44
SEC."E"	1+078.81	-5.3 %	5.3 %	0.10	0.00	3.10	3.00	0.01	0.13
	1+080.00	-5.3 %	5.3 %	0.10	0.00	3.10	3.00	0.02	0.02
SEC."E"	1+080.68	-5.3 %	5.3 %	0.10	0.00	3.10	3.00	0.03	0.46
SEC."C"	1+085.88	-3.0 %	3.0 %	0.06	0.00	3.06	3.00	0.03	0.28
SEC."B"	1+092.68	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.01	0.36
SEC."A"	1+099.47	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.35	0.45
	1+100.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.34	0.46
	1+120.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.21	0.12
	1+140.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.30	0.11
	1+160.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.23	0.15
	1+180.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.20	0.11
	1+200.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.19	0.04
	1+220.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.12	0.05
	1+240.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.16	0.08
SEC."A"	1+249.52	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.16	0.08
SEC."B"	1+259.08	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.28	0.08
	1+260.00	0.3 %	-3.0 %	0.00	0.04	3.00	3.04	0.29	0.08
SEC."C"	1+268.63	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.42	3.00	3.42	0.40	0.04
	1+280.00	6.1 %	-6.1 %	0.00	0.76	3.00	3.76	0.49	0.11
SEC."E"	1+290.92	9.0 %	-9.0 %	0.00	1.24	3.00	4.24	0.48	0.65
	1+300.00	10.0 %	-10.0 %	0.00	1.40	3.00	4.40	0.21	0.66
SEC."E"	1+306.64	10.0 %	-10.0 %	0.00	1.40	3.00	4.40	0.30	0.60
	1+320.00	3.3 %	-3.3 %	0.00	0.46	3.00	3.46	0.14	0.13
SEC."C"	1+320.64	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.42	3.00	3.42	0.14	0.12
SEC."B"	1+326.64	0.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.07	0.13
SEC."A"	1+332.64	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.01	0.16
SEC."A"	1+334.07	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.01	0.17
	1+340.00	-3.0 %	-1.5 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.01	0.20
SEC."B"	1+346.07	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.07	0.32
SEC."C"	1+358.07	-3.0 %	3.0 %	0.36	0.00	3.36	3.00	0.17	0.43
	1+360.00	-3.5 %	3.5 %	0.42	0.00	3.42	3.00	0.19	0.46
SEC."E"	1+366.07	-5.0 %	5.0 %	0.60	0.00	3.60	3.00	0.27	0.11
SEC."E"	1+375.97	-5.0 %	5.0 %	0.60	0.00	3.60	3.00	0.32	0.72
	1+380.00	-4.0 %	4.0 %	0.48	0.00	3.48	3.00	0.34	0.19

SEC."C"	1+383.97	-3.0 %	3.0 %	0.36	0.12	3.36	2.88	0.34	2.88
SEC."B"	1+395.97	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.43	3.00	2.57	0.46	2.57
	1+400.00	-3.0 %	-1.0 %	0.00	0.54	3.00	2.46	0.51	2.46
SEC."A"	1+407.97	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.74	3.00	2.26	0.34	2.26
	1+420.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.96	3.00	2.04	0.11	2.04
	1+440.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.06	0.01
	1+460.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.31	-0.01
SEC."A"	1+462.75	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.33	0.04
SEC."B"	1+471.32	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.38	0.32
SEC."C"	1+479.89	-3.0 %	3.0 %	0.26	0.00	3.26	3.00	0.42	0.39
	1+480.00	-3.0 %	3.0 %	0.26	0.00	3.26	3.00	0.42	0.39
SEC."E"	1+491.32	-7.0 %	7.0 %	0.60	0.00	3.60	3.00	0.35	0.43
SEC."E"	1+498.94	-7.0 %	7.0 %	0.60	0.00	3.60	3.00	0.36	0.44
	1+500.00	-6.6 %	6.6 %	0.57	0.00	3.57	3.00	0.37	0.44
SEC."C"	1+510.37	-3.0 %	3.0 %	0.26	0.00	3.26	3.00	0.46	0.38
SEC."B"	1+518.94	-3.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.45	0.35
	1+520.00	-3.0 %	-0.4 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.45	0.35
SEC."A"	1+527.51	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.44	0.32
	1+540.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.42	0.32
	1+560.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.33	0.24
	1+580.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.27	0.21
	1+600.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.20	0.11
	1+620.00	-3.0 %	-3.0 %	0.00	0.00	3.00	3.00	0.15	0.09

ANEXO 15. Resumen.

CAMINO: CULTIVOS- RIO ESCONDOZO, ENRIQUARRAN, IMCHACACAN	
TRAMO: KM 0+000 AL KM 1+625.88	ESTACION: 1.00
SUB-TRAMO:	ORIGEN: KM 0+000

SIMBOLOGIA

DC	DESPALME EN CORTE
DT	DESPALME EN TERRAPLEN
C	CORTE
I	TERRAPLEN
SBY	SUBYACENTE
SBR	SUBRASANTE
BH	BASE
CA	CARPEA

NOTA: Los conceptos que se incluían en el cálculo de volúmenes aparecen subrayados. Se ha considerado el terreno ya despalmeado al calcular áreas y volúmenes de corte y terraplén.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA											10,000.00											AREAS											VOLUMENES											RESUMEN (ORDENADAS DE LA CURVA MASA)										
SECCIONES DE LEVANTADAS EN CAMPO		ELEVACIONES		ESPESORES		DESPALME		C		I		SBR		BH		CA		Factor de abundamiento en corte		SEMI-DISTANCIA		DESPALME		C		I		SBR		BH		CA																						
TN	TN	TN	TN	T	DC	DT	DC	DT	DC	I	SBR	BH	CA	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DC	DT	DC	DT	C	I	SBR	BH	CA	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DC	DT	C	I	SBR	BH	CA																					
0+000.000	50.200	50.200	0.00	0.00	2.35	0.00	3.55	0.03	1.83	1.83	1.28	0.30	0.30	1.00	10.00	62.82	0.00	166.65	1.10	36.29	36.29	26.12	6.00	0+000.000	10.000.00																													
0+020.000	50.914	50.816	0.30	0.00	3.93	0.00	13.12	0.08	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	74.80	0.00	305.30	1.43	36.00	36.00	26.67	6.00	0+020.000	10.086.80																													
0+040.000	52.344	51.032	1.31	0.00	3.55	0.00	17.41	0.06	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	67.27	0.00	287.21	0.96	36.00	36.00	26.67	6.00	0+040.000	10.272.00																													
0+060.000	52.083	51.385	0.68	0.00	3.18	0.00	11.31	0.03	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	63.96	0.00	229.13	1.05	36.00	36.00	26.67	6.00	0+060.000	10.469.58																													
0+080.000	52.416	51.517	0.90	0.00	3.22	0.00	11.60	0.07	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	63.29	0.00	210.48	1.36	36.00	36.00	26.67	6.00	0+080.000	10.588.99																													
0+100.000	51.971	51.485	0.49	0.00	3.11	0.00	9.44	0.06	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	63.85	0.00	73.58	0.48	13.87	13.87	10.25	2.31	0+100.000	10.689.44																													
0+120.000	51.728	51.290	0.44	0.00	3.04	0.00	8.23	0.06	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	107.6	0.00	34.35	0.22	6.40	6.40	4.70	1.07	0+120.000	10.798.04																													
0+140.000	51.567	50.931	0.64	0.00	3.00	0.00	8.98	0.07	1.82	1.82	1.34	0.30	0.30	1.00	17.6	10.76	0.00	9.20	0.00	5.53	5.53	3.68	0.91	0+140.000	10.886.65																													
0+160.000	50.371	50.409	0.00	0.04	1.89	0.00	2.83	0.00	1.88	1.88	1.25	0.31	0.31	1.00	1.50	5.55	0.00	3.61	1.28	8.16	7.09	6.92	4.50	1.11	0+160.000	10.891.38																												
0+180.000	48.816	49.734	0.00	0.92	1.14	1.41	0.33	3.34	2.38	2.32	1.51	0.37	0.37	1.00	1.50	3.85	3.61	1.28	8.16	7.09	6.92	4.50	1.11	0+180.000	10.792.25																													
0+200.000	48.117	49.026	0.00	0.91	0.59	1.69	0.02	2.66	2.20	2.12	1.35	0.33	0.33	1.00	5.57	8.70	16.93	1.31	30.98	25.14	24.68	15.90	3.90	0+200.000	10.614.07																													
0+220.000	47.371	48.319	0.00	0.95	0.65	1.44	0.00	2.48	2.04	1.94	1.23	0.30	0.30	1.00	0.82	1.10	2.34	0.00	4.10	3.37	3.20	2.02	0.49	0+220.000	10.463.57																													
0+240.000	46.310	47.611	0.00	1.30	0.00	2.38	0.00	6.14	2.13	2.01	1.28	0.31	0.31	1.00	3.03	0.00	14.28	0.00	33.39	12.89	12.17	7.71	1.89	0+240.000	10.265.57																													
0+260.000	44.613	46.803	0.00	2.29	0.00	2.71	0.00	14.07	2.07	1.95	1.24	0.30	0.30	1.00	1.52	0.00	8.39	0.00	44.98	6.38	6.01	3.81	0.93	0+260.000	9.938.07																													
0+280.000	44.230	45.688	0.00	1.26	0.00	2.33	0.00	5.52	2.07	1.94	1.23	0.30	0.30	1.00	0.88	0.00	4.45	0.00	13.63	3.64	3.43	2.17	0.53	0+280.000	9.634.56																													
0+300.000	43.822	44.780	0.00	0.96	0.00	1.88	0.00	2.56	1.82	1.76	1.14	0.28	0.28	1.00	8.82	0.00	42.07	0.00	80.84	38.89	37.05	23.68	5.82	0+300.000	9.401.51																													
0+320.000	43.673	44.073	0.00	0.40	1.95	0.00	0.69	0.00	1.91	1.90	1.24	0.30	0.30	1.00	0.48	1.87	0.00	0.57	0.00	18.3	1.83	1.19	0.29	0+320.000	9.215.97																													
0+340.000	43.892	43.885	0.01	0.00	2.21	0.00	2.85	0.08	1.83	1.83	1.29	0.30	0.30	1.00	2.60	11.54	0.00	13.23	0.20	10.19	10.17	6.72	1.59	0+340.000	9.100.88																													
0+360.000	43.706	43.390	0.32	0.00	3.14	0.00	7.03	0.01	1.90	1.90	1.31	0.30	0.30	1.00	1.10	6.87	0.00	14.90	0.01	4.28	4.28	2.91	0.66	0+360.000	9.065.20																													
0+380.000	43.722	42.839	0.88	0.00	2.97	0.00	12.18	0.06	1.87	1.87	1.18	0.28	0.28	1.00	7.71	46.57	0.00	15.791	1.73	26.50	26.50	18.69	4.42	0+380.000	9.159.04																													
0+400.000	43.373	42.432	0.94	0.00	2.96	0.00	13.03	0.05	1.76	1.76	1.24	0.29	0.29	1.00	10.00	59.30	0.00	25.218	1.13	34.33	34.33	24.22	5.72	0+400.000	9.319.57																													
0+420.000	43.083	42.169	0.91	0.00	2.62	0.00	11.13	0.03	1.91	1.91	1.32	0.30	0.30	1.00	2.07	10.77	0.00	46.08	0.17	7.74	7.74	5.38	1.24	0+420.000	9.460.49																													
0+440.000	42.848	42.051	0.80	0.00	3.27	0.00	11.80	0.04	1.99	1.99	1.45	0.33	0.33	1.00	5.69	34.42	0.00	131.17	0.39	23.16	23.09	15.77	3.59	0+440.000	9.590.84																													
0+460.000	42.655	42.077	0.58	0.00	3.41	0.00	10.33	0.07	2.13	2.13	1.54	0.35	0.35	1.00	5.69	39.14	0.00	127.84	0.75	24.19	24.19	17.53	4.03	0+460.000	9.697.49																													
0+480.000	42.619	42.222	0.40	0.00	3.24	0.00	7.53	0.06	2.13	2.13	1.54	0.35	0.35	1.00	10.00	66.52	0.00	178.57	1.29	42.54	42.54	30.83	7.09	0+480.000	9.788.05																													
0+500.000	42.644	42.380	0.26	0.00	3.04	0.00	5.89	0.04	2.13	2.13	1.54	0.35	0.35	1.00	10.00	62.76	0.00	134.21	1.05	42.54	42.54	30.83	7.09	0+500.000	9.776.10																													
0+520.000	42.554	42.537	0.02	0.00	3.11	0.00	5.52	0.05	1.86	1.86	1.36	0.31	0.31	1.00	4.60	28.26	0.00	45.34	0.70	17.78	17.78	13.00	2.96	0+520.000	9.750.73																													
0+540.000	42.872	42.895	0.18	0.00	2.79	0.00	6.65	0.04	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	1.83	10.31	0.00	24.81	0.15	6.60	6.60	4.89	1.10	0+540.000	9.789.45																													
0+560.000	42.978	42.853	0.13	0.00	2.65	0.00	5.75	0.06	1.80	1.80	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	54.34	0.00	124.00	1.06	36.00	36.00	26.67	6.00	0+560.000	9.814.73																													
0+580.000	43.158	43.010	0.15	0.00	2.52	0.00	6.09	0.11	2.02	2.02	1.33	0.30	0.30	1.00	10.00	51.70	0.00	118.30	1.71	38.19	38.19	26.67	6.00	0+580.000	9.832.05																													

0+600.000	43.116	43.168	0.00	0.05	2.77	0.00	3.57	0.20	1.80	1.80	1.33	0.30	1.00	10.00	52.88	0.00	96.54	3.08	38.19	38.19	26.67	6.00	0+600.000	9.81868	
0+620.000	43.026	43.326	0.00	0.30	1.85	0.00	1.71	0.00	1.84	1.84	1.22	0.30	1.00	10.00	46.14	0.00	52.75	2.02	36.45	36.45	25.51	6.00	0+620.000	9.77074	
0+640.000	43.096	43.483	0.00	0.39	1.92	0.00	1.00	0.00	1.92	1.90	1.23	0.30	1.00	10.00	37.67	0.00	27.07	0.00	37.62	37.42	24.43	6.00	0+640.000	9.69967	
0+660.000	43.102	43.641	0.00	0.54	1.97	0.00	0.36	0.21	1.96	1.92	1.23	0.30	1.00	10.00	38.88	0.00	13.60	2.07	38.80	38.16	24.53	6.00	0+660.000	9.61038	
0+680.000	42.868	43.799	0.00	0.83	0.56	1.52	0.00	2.27	2.03	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	25.24	15.21	3.60	24.77	39.93	38.61	24.54	6.00	0+680.000	9.45706	
0+700.000	42.862	43.956	0.00	0.89	0.17	1.98	0.00	3.13	2.06	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	7.30	34.99	0.01	53.96	40.94	38.86	24.54	6.00	0+700.000	9.32909	
0+720.000	43.105	44.114	0.00	1.01	0.00	2.20	0.00	3.55	2.07	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	1.74	41.76	0.00	66.72	41.29	38.86	24.54	6.00	0+720.000	9.15770	
0+740.000	43.397	44.271	0.00	0.87	0.70	1.53	0.00	3.10	2.06	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	6.95	37.28	0.00	66.48	41.24	38.86	24.54	6.00	0+740.000	8.98651	
0+760.000	43.335	44.429	0.00	1.09	0.25	1.97	0.00	4.05	2.06	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	9.46	35.02	0.00	71.52	41.22	38.86	24.54	6.00	0+760.000	8.81041	
0+780.000	43.566	44.587	0.00	1.02	0.00	2.26	0.00	3.84	2.13	2.01	1.27	0.31	1.00	10.00	2.99	0.00	13.35	0.00	22.38	12.56	11.83	7.49	1.83	0+780.000	8.62967
0+800.000	44.092	44.744	0.00	0.65	2.24	0.00	0.12	0.84	2.23	2.17	1.39	0.34	1.00	2.99	13.56	0.00	0.53	6.11	13.41	13.02	8.30	2.03	0+800.000	8.47978	
0+820.000	44.485	44.902	0.00	0.42	2.01	0.00	0.71	0.00	2.01	1.98	1.27	0.31	1.00	3.79	15.66	0.00	4.20	0.27	15.62	15.36	9.84	2.41	0+820.000	8.38844	
0+840.000	45.942	45.017	0.83	0.00	2.51	0.00	9.22	0.00	1.81	1.81	1.27	0.30	1.00	1.02	5.16	0.00	14.22	0.00	3.71	3.71	2.60	0.61	0+840.000	8.31854	
0+860.000	44.658	44.974	0.00	0.32	2.46	0.00	2.08	0.01	1.90	1.87	1.28	0.30	1.00	10.00	49.68	0.00	113.03	0.13	37.06	36.80	25.52	6.00	0+860.000	8.33363	
0+880.000	44.171	44.811	0.00	0.64	2.19	0.00	1.34	0.95	2.03	1.97	1.26	0.30	1.00	10.00	46.46	0.00	34.25	9.66	39.27	36.41	25.43	6.00	0+880.000	8.25726	
0+900.000	43.810	44.642	0.00	0.83	0.89	1.15	0.52	1.48	1.96	1.90	1.23	0.30	1.00	10.00	30.78	11.46	18.62	24.35	39.89	38.67	24.88	6.00	0+900.000	8.14626	
0+920.000	43.534	44.473	0.00	0.94	0.60	1.39	0.00	2.49	1.98	1.93	1.23	0.30	1.00	10.00	14.91	25.37	5.17	39.69	39.39	38.26	24.53	6.00	0+920.000	8.01013	
0+940.000	43.949	44.304	0.00	0.95	0.71	1.33	0.00	2.44	2.02	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	13.07	27.22	0.02	49.29	40.01	38.72	24.54	6.00	0+940.000	7.88813	
0+960.000	43.248	44.135	0.00	0.89	0.62	1.48	0.00	2.24	2.04	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	13.30	28.09	0.02	46.85	40.66	38.86	24.54	6.00	0+960.000	7.70748	
0+980.000	43.096	43.966	0.00	0.87	0.69	1.42	0.00	2.19	2.06	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	13.11	28.95	0.00	44.37	41.00	38.86	24.54	6.00	0+980.000	7.55882	
1+000.000	43.077	43.986	0.00	0.72	2.06	0.00	0.00	1.29	2.04	1.94	1.23	0.30	1.00	7.77	21.47	10.90	0.00	27.05	31.82	30.18	19.07	4.66	1+000.000	7.41748	
1+020.000	43.165	43.629	0.00	0.46	2.06	0.00	0.37	0.32	2.04	1.98	1.26	0.31	1.00	1.55	6.46	0.00	0.99	1.32	6.39	6.19	3.94	0.96	1+020.000	7.29946	
1+040.000	42.947	43.460	0.00	0.51	2.01	0.00	0.45	0.01	2.00	1.95	1.24	0.30	1.00	2.89	11.62	0.00	3.97	0.03	11.58	11.39	7.27	1.78	1+040.000	7.20577	
1+060.000	42.974	43.291	0.00	0.32	2.46	0.00	1.94	0.05	1.89	1.87	1.28	0.30	1.00	4.78	22.91	0.00	21.24	0.71	17.93	17.93	12.24	2.87	1+060.000	7.13785	
1+080.000	43.154	43.122	0.03	0.00	2.76	0.00	4.30	0.15	1.83	1.83	1.34	0.30	1.00	0.60	3.31	0.00	5.03	0.19	2.18	2.18	1.60	0.36	1+080.000	7.09359	
1+100.000	43.025	42.953	0.07	0.00	2.66	0.00	4.96	0.15	1.80	1.80	1.33	0.30	1.00	0.27	1.42	0.00	2.64	0.00	0.96	0.96	0.71	0.16	1+100.000	7.09196	
1+120.000	42.490	42.784	0.00	0.29	2.35	0.00	1.72	0.14	1.86	1.86	1.28	0.30	1.00	10.00	50.18	0.00	66.86	2.91	36.62	36.58	26.14	6.00	1+120.000	7.05724	
1+140.000	42.196	42.615	0.00	0.42	1.93	0.00	0.82	0.00	1.92	1.90	1.23	0.30	1.00	10.00	42.80	0.00	25.47	1.37	37.85	37.62	25.07	6.00	1+140.000	6.98134	
1+160.000	42.062	42.446	0.00	0.38	1.92	0.00	1.04	0.00	1.92	1.91	1.23	0.30	1.00	10.00	38.42	0.00	18.62	0.00	38.39	38.12	24.54	6.00	1+160.000	6.89888	
1+180.000	41.962	42.277	0.00	0.32	1.89	0.00	1.45	0.00	1.89	1.89	1.22	0.30	1.00	10.00	38.09	0.00	24.91	0.00	38.08	37.98	24.54	6.00	1+180.000	6.82276	
1+200.000	41.878	42.152	0.00	0.27	1.87	0.00	1.69	0.00	1.87	1.87	1.22	0.30	1.00	10.00	37.65	0.00	31.43	0.00	37.64	37.58	24.48	6.00	1+200.000	6.75400	
1+220.000	41.931	42.148	0.00	0.22	1.85	0.00	2.02	0.00	1.85	1.85	1.22	0.30	1.00	10.00	37.24	0.00	37.14	0.00	37.23	37.20	24.43	6.00	1+220.000	6.69193	
1+240.000	41.941	42.208	0.00	0.27	1.87	0.00	1.74	0.00	1.87	1.87	1.22	0.30	1.00	10.00	37.24	0.00	37.62	0.00	37.23	37.23	24.46	6.00	1+240.000	6.63105	
1+260.000	41.997	42.266	0.00	0.27	1.92	0.00	1.45	0.00	1.92	1.90	1.23	0.30	1.00	0.46	1.77	0.00	1.35	0.00	1.77	1.75	1.14	0.28	1+260.000	6.56446	
1+280.000	41.942	42.291	0.00	0.35	2.06	0.00	1.16	0.08	2.05	2.01	1.30	0.32	1.00	4.31	17.18	0.00	11.24	0.33	17.14	16.87	10.94	2.69	1+280.000	6.53174	
1+300.000	42.027	42.324	0.00	0.30	2.67	0.00	1.56	0.39	2.15	2.10	1.44	0.34	1.00	5.69	26.87	0.00	15.43	2.66	23.93	23.33	15.60	3.75	1+300.000	6.48351	
1+320.000	42.468	42.382	0.09	0.00	2.94	0.00	6.89	0.03	2.28	2.28	1.58	0.37	1.00	4.54	26.94	0.00	50.53	1.25	20.80	20.52	14.19	3.33	1+320.000	6.44382	
1+340.000	42.541	42.440	0.00	0.04	2.47	0.00	3.22	0.06	1.98	1.98	1.37	0.32	1.00	6.68	36.25	0.00	53.79	0.64	28.69	28.52	19.73	4.63	1+320.000	6.41216	
1+360.000	42.716	42.596	0.16	0.00	2.77	0.00	3.68	0.24	1.80	1.80	1.33	0.30	1.00	2.97	15.04	0.00	21.08	0.85	10.68	10.68	7.71	1.78	1+360.000	6.37570	
1+380.000	42.978	42.614	0.36	0.00	3.04	0.00	5.08	0.09	1.93	1.93	1.41	0.32	1.00	0.97	5.84	0.00	9.37	0.19	3.70	3.70	2.70	0.62	1+380.000	6.35700	
1+400.000	43.346	42.672	0.67	0.00	2.26	0.00	8.25	0.03	1.64	1.64	1.16	0.27	1.00	2.01	10.78	0.00	30.79	0.11	8.45	8.43	5.72	1.32	1+400.000	6.38314	
1+420.000	43.142	42.731	0.41	0.00	2.01	0.00	5.34	0.03	1.51	1.51	1.07	0.25	1.00	6.01	24.99	0.00	79.58	0.36	18.58	18.58	13.19	3.10	1+420.000	6.49945	
1+440.000	42.822	42.788	0.00	0.17	1.83	0.00	2.16	0.00	1.82	1.82	1.21	0.30	1.00	10.00	38.35	0.00	74.95	0.32	33.33	33.33	22.86	5.52	1+440.000	6.49213	
1+460.000	42.947	42.847	0.00	0.40	2.35	0.00	2.11	0.00	2.34	2.34	1.28	0.30	1.00	10.00	41.77	0.00	42.69	0.00	41.62	41.58	24.92	6.00	1+460.000	6.43775	
1+480.000	42.277	42.905	0.00	0.63	2.12	0.00	0.00	0.89	2.11	2.02	1.28	0.31	1.00	0.05	0.23	0.00	0.00	0.10	0.23	0.22	0.14	0.03	1+480.000	6.33557	
1+500.000	42.317	42.963	0.00	0.65	2.22	0.00	0.00	0.00	2.20	2.11	1.34	0.33	1.00	0.53	2.35	0.00	0.00	0.00	0.89	0.23	2.24	1.42	0.35	1+500.000	6.20705
1+520.000	42.413	43.021	0.00	0.61	2.04	0.00	0.00	0.66	2.03	1.94	1.23	0.30	1.00	0.53	2.16	0.00	0.00	0.71	2.15	2.05	1.30	0.32	1+520.000	6.09043	
1+540.000	42.477	43.079	0.00	0.60	2.02	0.00	0.01	0.48	2.02	1.94	1.23	0.30	1.00	6.24	25.29	0.00	0.13	6.60	25.20	24.25	15.32	3.75	1+540.000	5.98547	
1+560.000	42.630	43.137	0.00	0.51	1.97	0.00	0.25	0.01	1.97	1.94	1.23	0.30	1.00	10.00	39.38	0.00	2.62	4.86	39.88	38.78	24.54	6.00	1+560.000	5.85952	