



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Anteproyecto geométrico de  
la carretera Santa María  
Puxmetacán- Tierra Negra**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Gustavo Eligio Cruz Bastida

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Guillermo Luis Lauro Esquivel Castañeda



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**

*“No es siempre el mejor camino el más corto”*

*-Refrán popular*

# Agradecimientos

La culminación de este trabajo de tesis, así como de la carrera de ingeniería civil es fruto de muchos esfuerzos no sólo individuales sino de muchas personas que como acompañantes y participantes, merecen reconocimiento por este logro.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería y la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas a un mundo nuevo de conocimiento y sabiduría que de otro modo no habría podido alcanzar.

A mis profesores, por casi cinco años de enseñanza y guía. Por todo lo que no sabía y ahora sé.

Gracias a mi director de tesis, el ingeniero Guillermo Esquivel Castañeda, por su tiempo, paciencia, dedicación y compromiso para ayudarme a completar esta tesis.

A mis sinodales, por su buena voluntad para apoyarme en esta etapa tan importante.

Mi reconocimiento al Departamento de Proyecto Preliminar de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por las facilidades otorgadas, la amabilidad y buena disposición de sus ingenieros; Alfonso, Miguel, Everardo y Luis.

A mis amigos y seres queridos, pilares de mi vida. Roberto, un hermano. Guillermo, Rodrigo, Isaac, Carolina, Melani y Juan, que abantes siempre alegres van. José, colega de tesis incansable. Arturo, Manuel, Rizal, Elizabeth, Sebastián, Juan Pablo y Alejandro que hicieron de la universidad un hogar. Brenda, en las buenas y en las malas. Ana, por todo el amor. Luis S., Raúl, Zuriel, Luis C. y Jaime que siempre han estado para mí.

Por último, agradezco a mi familia, todo lo que tengo y todo lo que soy se los debo a su amor y apoyo incondicional. Azu y Marce, ejemplos de trabajo, esfuerzo y superación. Keni, compañera de vida. Margarita, dosis extra de cariño. Esto es por y para ustedes.

Y a todos los que fueron, son y serán. Gracias.

## Resumen

En el diseño de carreteras, el proyecto geométrico es la primera parte de una serie de procedimientos que conforman la totalidad del diseño mencionado. La etapa de anteproyecto está conformada por: la selección de ruta, alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal; que tienen como finalidad proponer diferentes alternativas para compararlas y escoger la que será el recorrido definitivo de la carretera. El objetivo de esta tesis es hacer el análisis técnico de los rubros mencionados anteriormente, para seleccionar la mejor ruta de una propuesta inédita de carretera que conecta los pueblos de Santa María Puxmetacán y Tierra Negra, en el estado de Oaxaca, México

## **Abstract**

In road design, the geometric project is the first step of a series of procedures that shape the entire mentioned design. Preliminary stage is made up by: route selection, alignment, profile and cross section; their goal is to come up with different alternatives to compare them and choose one that would be the road definitive route. The purpose of this thesis is to do a technical analysis about the items previously mentioned, in order to select the best route for an unpublished road project that will communicate both towns Santa María Puxmetacán and Tierra Negra, located in Oaxaca state, Mexico.

# Contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Elementos básicos de una carretera .....	3
2.1	Carretera .....	3
2.2	Clasificación de carreteras .....	3
2.2.1	Clasificación por transitabilidad o etapa constructiva.....	3
2.2.2	Clasificación administrativa .....	3
2.2.3	Clasificación técnica oficial .....	4
2.3	Alineamiento .....	4
2.4	Usuario .....	4
2.4.1	El conductor .....	5
2.4.1.1	Visión.....	5
2.4.1.2	Expectativa.....	6
2.4.1.3	Reacción .....	6
2.4.1.4	Respuesta .....	6
2.5	Vehículo.....	6
2.5.1	Vehículo de proyecto.....	7
2.6	Tránsito .....	8
2.6.1	Volumen de tránsito.....	8
2.6.1.1	Densidad de tránsito .....	8
2.6.1.2	Tránsito promedio diario .....	9
2.6.1.3	Tránsito máximo horario .....	9
2.6.1.4	Volumen horario de proyecto .....	9
2.6.1.5	Tránsito generado.....	9
2.6.1.6	Tránsito desviado o inducido .....	9
2.7	Velocidad.....	9
2.7.1	Velocidad media .....	10
2.7.2	Velocidad deseada.....	10
2.7.3	Velocidad de punto. ....	11
2.7.4	Velocidad de marcha. ....	11

2.7.5	Velocidad de operación.....	11
2.7.6	Velocidad global.....	11
2.7.7	Velocidad de proyecto.....	12
2.7.8	Velocidad de proyecto ponderada.....	12
2.8	Visibilidad.....	12
2.8.1	Distancia de visibilidad de parada.....	12
2.8.1.1	Distancia de reacción.....	13
2.8.1.2	Distancia de frenado.....	14
2.8.1.3	Distancia de visibilidad de parada para diseño.....	14
2.8.1.4	Efecto de la pendiente.....	15
2.8.2	Distancia de visibilidad de rebase.....	15
3.	Selección de ruta.....	19
3.1	Selección preliminar de ruta.....	19
3.2	Recopilación de Datos.....	20
3.2.1	Cartografía.....	20
3.2.2	Datos de tránsito.....	20
3.2.3	Datos hidrológicos e hidráulicos.....	21
3.2.4	Datos geológicos y geotécnicos.....	21
3.2.5	Datos de planes de desarrollo urbano, regionales y estatales.....	21
3.2.6	Datos catastrales.....	22
3.2.7	Identificación de áreas naturales protegidas, áreas de importancia biológica y sitios de monumentos arqueológicos registrados.....	22
3.3	Puntos obligados origen-destino.....	22
3.4	Análisis topográfico.....	23
3.5	Traza preliminar.....	23
3.6	Línea definitiva.....	24
3.7	Propuestas de características geométricas.....	26
3.8	Selección de ruta.....	27
4.	Elementos básicos del proyecto geométrico.....	28
4.1	Alineamiento horizontal.....	28
4.1.1	Tangentes horizontales.....	28

4.1.1.1	Longitud máxima .....	28
4.1.1.2	Longitud mínima.....	29
4.1.2	Curvas Circulares .....	29
4.1.2.1	Curvas Circulares Simples.....	31
4.1.2.2	Curvas circulares compuestas.....	34
4.1.2.3	Curvas circulares con espiral de transición. ....	34
4.2	Alineamiento vertical .....	40
4.2.1	Tangentes Verticales.....	41
4.2.1.1	Pendiente gobernadora.....	41
4.2.1.2	Pendiente máxima .....	41
4.2.1.3	Pendiente mínima.....	42
4.2.2	Curvas verticales .....	42
4.3	Sección Transversal. ....	46
4.3.1	Corona.....	47
4.3.1.1	Rasante.....	47
4.3.1.2	Pendiente transversal .....	48
4.3.1.3	Calzada.....	49
4.3.1.4	Acotamientos.....	51
4.3.2	Subcorona.....	51
4.3.2.1	Subrasante.....	52
4.3.2.2	Pendiente transversal .....	52
4.3.2.3	Ancho .....	52
4.3.3	Cunetas y contracunetas .....	54
4.3.3.1	Cunetas .....	54
4.3.3.2	Contracunetas .....	55
4.3.4	Taludes.....	55
4.3.5	Estructuras complementarias .....	59
4.3.5.1	Guarniciones y bordillos.....	59
4.3.5.2	Banquetas.....	61
4.3.5.3	Fajas separadoras y camellones .....	61
4.3.6	Derecho de vía .....	61



5.	Carretera Puxmetacán – Tierra Negra.....	62
5.1	Generalidades de la zona.....	62
5.2	Infraestructura carretera existente.....	63
5.3	Justificación del proyecto.....	65
5.4	Selección de ruta preliminar.....	67
5.4.1	Recopilación de información.....	67
5.4.2	Análisis topográfico y línea a pelo de tierra.....	70
5.4.3	Trazo preliminar.....	74
5.5	Propuesta de elementos geométricos.....	76
5.5.1	Alineamiento horizontal.....	76
5.5.2	Alineamiento Vertical.....	82
5.5.3	Secciones Transversales.....	88
5.5.4	Volúmenes de excavación.....	96
6.	Conclusiones.....	97
7.	Referencias.....	99
8.	Anexos.....	100
8.1	Alineamiento horizontal.....	100
8.1.1	Alternativa 1.....	100
8.1.2	Alternativa 2.....	127
8.1.3	Alternativa 3.....	146
8.2	Alineamiento Vertical.....	158
8.2.1	Alternativa 1.....	158
8.2.2	Alternativa 2.....	175
8.2.3	Aternativa 3.....	190

# Índice de figuras

Figura 2-1. Maniobra de rebase según AASHO. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).....	17
Figura 3-1. Cálculo de apertura de compás. ....	24
Figura 3-2. Línea a pelo de tierra, línea preliminar, línea definitiva. (Crespo, 2004).....	25
Figura 3-3 Ejemplo de larguillo.....	27
Figura 4-1. Elementos de las curvas circulares simples. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).....	30
Figura 4-2. Elementos de una curva con espiral de transición.....	35
Figura 4-3. Elementos de la curva vertical. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984). .....	43
Figura 4-4. Ejemplo de sección transversal para carretera de dos carriles. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).....	47
Figura 4-5. Ensanche de subcorona cuando corta en cuneta. ....	53
Figura 4-6. Ensanche de subcorona cuando corta en talud.....	54
Figura 4-7. Tipos de guarnición.....	60
Figura 4-8. Bordillo. ....	60
Figura 5-1. Localización del distrito Mixe en el estado de Oaxaca. ....	63
Figura 5-2. Carreteras en la zona mixe. (Secretaría de comunicaciones y Transportes, 2008). ....	64
Figura 5-3. Caminos existentes. ....	66
Figura 5-4. Carta San Felipe Zihualtepec E15C32. ....	67
Figura 5-5. Carta San Juan Mazatlán E15C42. ....	68
Figura 5-6. Carta topográfica completa.....	68
Figura 5-7. Puntos obligados. ....	69
Figura 5-8. Restitución en Civil 3D.....	70
Figura 5-9. Detalle de curvas de nivel.....	71
Figura 5-10. Ejemplo de compaseo y línea a pelo de tierra. ....	72
Figura 5-11. Distribución de zonas.....	73
Figura 5-12. Conexión con caminos existentes Santa María Puxmetacán.....	73
Figura 5-13. Conexión con caminos existentes Santa Cruz Tierra Negra. ....	73
Figura 5-14. Línea a pelo de tierra.....	74
Figura 5-15. Reducción de curvas.....	75
Figura 5-16. Ubicación de PI. ....	75
Figura 5-17. Trazos preliminares con PI propuestos.....	76
Figura 5-18. Alineamientos horizontales a partir de polilíneas. ....	77
Figura 5-19. Detalle alternativa 1. ....	77
Figura 5-20. Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo C. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).....	78
Figura 5-21. Primera propuesta de curvas horizontales.....	79

Figura 5-22. Advertencias de curvas que no cumplen parámetros.....	80
Figura 5-23. Detalle de curva perteneciente a alternativa 1.....	80
Figura 5-24. Detalle de curva alternativa 2.....	81
Figura 5-25. Perfil alternativa 1.....	82
Figura 5-26. Perfil alternativa 2.....	82
Figura 5-27. Perfil alternativa 3.....	82
Figura 5-28. Rasante alternativa 1.....	83
Figura 5-29. Rasante alternativa 2.....	83
Figura 5-30. Rasante alternativa 3.....	83
Figura 5-31. Detalle alternativa 1.....	84
Figura 5-32. Detalle alternativa 2.....	84
Figura 5-33. Propuesta puente alternativa 2.....	85
Figura 5-34. Propuesta de puentes alternativa 3.....	85
Figura 5-35. Advertencias de rasante.....	86
Figura 5-36. Alineamiento horizontal después de correcciones.....	87
Figura 5-37. Alineamiento vertical después de correcciones.....	87
Figura 5-38. Corte y terraplén de la sección propuesta en assembly.....	89
Figura 5-39. Detalle del assembly.....	89
Figura 5-40. Assembly tipo puente.....	90
Figura 5-41. Detalle del corredor de la alternativa 1.....	90
Figura 5-42. Detalle del corredor de la alternativa 2.....	90
Figura 5-43. Detalle del corredor de la alternativa 3.....	91
Figura 5-44. Comparación alineamiento horizontal y sección transversal.....	91
Figura 5-45. Planta y sección de la zona de estudio.....	91
Figura 5-46. Planta y sección con assembly tipo puente.....	92
Figura 5-47. Detalle de posible corrección en alternativa 2.....	92
Figura 5-48. Vista general de línea de ceros amplia.....	93
Figura 5-49. Dirección de movimiento de la sección transversal.....	93
Figura 5-50. Propuesta de solución.....	94
Figura 5-51. Propuesta final de alineamiento horizontal.....	95
Figura 5-52. Propuesta final de alineamiento vertical.....	95

## Índice de Tablas

Tabla 2-1. Características de un vehículo de proyecto. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).....	8
Tabla 2-2. Distancias de visibilidad de diseño. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).....	15
Tabla 4-1. Elementos de las curvas circulares simples. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).....	30
Tabla 4-2. Grado máximo de curvatura. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991). .....	32
Tabla 4-3. Elementos de una curva con espiral de transición.....	36
Tabla 4-4. Valores máximos de las pendientes gobernadora y de las pendientes máximas. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984). .....	42
Tabla 4-5. Elementos de la curva vertical. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984). .....	43
Tabla 4-6. Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984). .....	45
Tabla 4-7. Valores K para criterio de rebase. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984). .....	45
Tabla 4-8. Bombeo de la corona. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991). .....	48
Tabla 4-9. Taludes recomendados en cortes. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991). .....	56
Tabla 5-1. Datos de curva perteneciente a alternativa 1. ....	80
Tabla 5-2. Datos de curva perteneciente a alternativa 2. ....	81
Tabla 5-3. Volúmenes de excavación totales. ....	96
Tabla 6-1. Comparativa de las tres alternativas. ....	97

# 1. Introducción

México es una nación de riqueza inigualable, con recursos, paisajes, gente y cultura únicas, contenidas en un territorio de gran magnitud, territorio que a lo largo de la historia ha sido recorrido por las diferentes culturas que han habitado este país, desde caminos rudimentarios hasta las carreteras de la actualidad.

La movilidad por tierra ha sido la columna vertebral de la comunicación entre los pueblos mexicanos y ha sido el eje del desarrollo económico del país.

En el estado de Oaxaca, la movilidad terrestre es particularmente complicada debido a las características geográficas de la zona, por lo que el desarrollo carretero en esta entidad ha sido poco en los últimos años; la falta de vías de comunicación ha generado un pobre desarrollo económico en zonas alejadas de los principales centros urbanos como las ciudades de Oaxaca y Tuxtepec.

Ejemplo de lo anterior es la infraestructura vial que se tiene en el distrito Mixe, al oriente del estado, en dónde existen pocos caminos para conectar algunos pueblos de la zona e históricamente esta falta de comunicación entre las comunidades ha generado poco o nulo desarrollo económico que tiene como consecuencia directa un nivel bajo en cuestión de calidad de vida para los habitantes de la región.

Por las razones mencionadas anteriormente, en esta tesis se propondrá una nueva vía de comunicación que unirá los municipios de San Juan Cotzocón y San Juan Mazatlán a través de los pueblos de Santa María Puxmetacán y Santa Cruz Tierra Negra, comunicando así, dos regiones entre las cuales no existe actualmente una vía de directa.

La realización de una nueva propuesta de carretera incluye diferentes etapas que conforman todo el proyecto en las cuales se diseñan y proponen aspectos que harán de la carretera un proyecto funcional. Todas las etapas están vinculadas entre sí, el desarrollo de una depende del desarrollo de otra, pero a pesar de esto, necesitan un orden de ejecución para darle acomodo y orientación al proyecto.

Este trabajo de tesis se enfocará en la etapa de **anteproyecto**, que es la primera en ejecución y que se toma como punto de partida para el resto de las etapas.

El anteproyecto incluye un elemento muy importante en cual se basa mayoritariamente, que es el **proyecto geométrico**, el cual se refiere al trazo de la nueva carretera; consta de analizar el terreno que se recorrerá para poder hacer propuestas de la geometría del camino, es decir, en dónde y cómo se ubicarán las rectas (tangentes) y curvas que conformarán este inédito proyecto.

Los temas por tratar en esta tesis serán: selección de ruta, alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal. Todos basados en datos obtenidos únicamente de la topografía de lugar, no se consideran datos hidrológicos o de geotecnia.

Se hará una mención al respecto de volúmenes de excavación, pero por la ausencia de información geotécnica, esta información será sólo teórica y para fines ilustrativos.

En México, los diseños carreteros están regulados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que a lo largo de los años ha recopilado la información necesaria para desarrollar proyectos de calidad y funcionalidad. Toda esta información está condensada como lineamientos, reglas y recomendaciones contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico del año 1991, así como su actualización del año 2016 y las Normas de Servicios Técnicos del año 1984; documentos que fueron consultados y tomados como base para la redacción de esta investigación.

El fin es hacer diferentes propuestas de proyecto geométrico para compararlas dentro de un ámbito técnico y poder decidir cuál es la opción más viable o incluso descartar el proyecto.

Cuando se toma la decisión de continuar con el proyecto a partir de una propuesta definitiva de proyecto geométrico, dicha propuesta debe continuar su recorrido en otras etapas de diseño, tales como geotecnia, hidráulica e hidrología, intersecciones con caminos existentes y movimiento de tierras. Es hasta que todas las etapas mencionadas han sido cumplidas, que un proyecto cualquiera, puede llevarse a cabo en la realidad.

## **2. Elementos básicos de una carretera**

### **2.1 Carretera**

Se puede definir a la carretera como la adaptación de una faja sobre la superficie de la tierra que cumpla con las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente que permita el rodamiento adecuado de vehículos para los cuales ha sido diseñada y creada (Crespo, 2004).

### **2.2 Clasificación de carreteras**

Las carreteras se han clasificado bajo diversos criterios en distintos lugares del mundo. Para la práctica vial mexicana se utilizan los siguientes criterios (Crespo, 2004):

#### **2.2.1 Clasificación por transitabilidad o etapa constructiva**

Corresponde a las etapas de construcción de la carretera y se divide en:

- Terracerías: Se ha construido hasta el nivel de subrasante transitable.
- Revestida: Se ha colocado una capa de material granular sobre la subrasante.
- Pavimentada: Se ha construido completamente el pavimento sobre la subrasante.

#### **2.2.2 Clasificación administrativa**

- Federales: Su costo es solventado por la Federación y esta está a su cargo.
- Estatales: Son construidas a razón de 50% por el estado donde se encuentran y 50% por la federación. Están a cargo de las autoridades locales.
- Vecinales: Su construcción se divide entre la cooperación de vecinos, el Estado y la Federación. Están a cargo de autoridades locales.
- De cuota: Están a cargo de la Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), en ellas la inversión se recupera mediante cuotas de paso.

### 2.2.3 Clasificación técnica oficial

Esta última permite distinguir de manera precisa a los diferentes tipos de carretera; se basa en los volúmenes de tránsito (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

Para entender esta clasificación es necesario conocer el concepto de “Tránsito diario promedio anual” (TDPA), que se define más adelante en esta tesis, en el apartado “*Tránsito*”.

La clasificación es la siguiente:

- Tipo A
  - Tipo A<sub>2</sub>: Para un TDPA de tres mil (3,000) a cinco mil (5,000) vehículos.
  - Tipo A<sub>4</sub>: Para un TDPA de cinco mil (5,000) a veinte mil (20,000) vehículos.
- Tipo B: Para un TDPA de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos.
- Tipo C: Para un TDPA de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos.
- Tipo D: Para un TDPA de cien (100) a quinientos (500) vehículos.
- Tipo E: Para un TDPA de hasta cien (100) vehículos.

## 2.3 Alineamiento

Es la línea sobre la cual recorrerá la carretera, siempre se busca que esta quede alojada sobre terreno plano y que sea en línea recta, sin embargo, esto no es del todo posible debido a la configuración topográfica del terreno; en muchas ocasiones la pendiente del terreno es mayor que la pendiente máxima permitida para el camino por lo que será necesario *desarrollar* la ruta (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

El desarrollo mencionado provocará que la longitud de la carretera sea mayor que la longitud en línea recta entre los dos puntos a unir.

Aún con la antes mencionado se deberá buscar que el alineamiento sea lo más recto en relación con la topografía de la zona y además se debe prever que en un futuro se puedan realizar mejoras y modificaciones al alineamiento.

## 2.4 Usuario

Parte esencial de la planificación de un proyecto de carretera, así como el control y operación de esta, es el conocimiento de las características del usuario del camino. El ser humano, ya sea como conductor o como peatón, individual o colectivamente, debe ser considerado como el elemento



crítico en la determinación de las características del tránsito. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Existen condiciones del medio ambiente que afectan directamente el comportamiento del usuario como lo son:

- La tierra: uso y actividades.
- El ambiente atmosférico: estado del tiempo y visibilidad.
- Obras viales: carreteras, ferrocarriles, puentes y terminales.
- Tránsito: sus características, las cuales son manifiestas al usuario.

El usuario se verá afectado además por condiciones de su propio sistema orgánico, como el consumo de alguna sustancia, deficiencias físicas e incluso problemas emocionales, pueden influir en la conducta del ser humano afectando directamente en la corriente del tránsito.

## 2.4.1 El conductor

Es quien opera los vehículos automotores que circulan en la carretera. Sus limitaciones se refieren principalmente a la visión, la expectativa, la reacción y su respuesta. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

### 2.4.1.1 Visión

La visión es la limitación más importante para conducir, en particular la agudeza visual, la visión periférica, el deslumbramiento, la percepción de colores y la profundidad de percepción. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

La agudeza visual es la facultad de distinguir claramente un objeto. Aunque esta se puede ver disminuida por defectos congénitos o adquiridos, el 85% de personas visualmente saludables distingue objetos claramente en un cono de visión de 10 grados.

La visión periférica es la facultad de ver a los lados de la cabeza. Cuando se conduce, se perciben objetos en un cono de visión de 100° para una velocidad de 30 km/h y sólo 40° para una velocidad de 100 km/h. Para abarcar un mayor campo visual, por ejemplo 180°, se debe de realizar un movimiento de ojos de un lado a otro que puede tardar entre 0.5 y 1.3 segundos con luz de día a 30 km/h, pero con luz artificial puede requerir de otro tanto de igual magnitud por cada 15 km/h de incremento de velocidad.

El **deslumbramiento** es la falta de adaptación al cambio de luz. La adaptación de la pupila al pasar de la oscuridad a la luz es de unos 5 segundos y del doble al pasar de la luz a la oscuridad.

La **percepción de color** no es un problema grave para la población en general, sin embargo, individuos con daltonismo podrían experimentar problemas cuando se usan semáforos, pero puede mitigarse el problema si se uniformiza la posición de la luz en el dispositivo, para lo cual es necesario que todas luces sean visibles.

La **profundidad de percepción** es la facultad de ubicar la distancia a la que se encuentran los objetos. Esta facultad está asociada con la visión estereoscópica que depende de la correcta separación de los ojos y su buen funcionamiento. En el proyecto, las deficiencias en esta facultad se consideran, asegurándose que existan referencias cuyo tamaño sea familiar a la mayoría de los conductores; pero si no los hubiera, quizá habría que aumentar las distancias de visibilidad.

#### *2.4.1.2 Expectativa*

Es la predisposición de un conductor para responder de manera predecible y exitosa a situaciones, eventos e informaciones; puesto que cuando se enfrentan situaciones nuevas o inesperadas, la probabilidad de accidentes es mayor, por lo tanto, las características de la carretera deben responder a la experiencia del conductor. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

La uniformidad y consistencia del proyecto geométrico es una de las condiciones necesarias para satisfacer la expectativa del conductor, otras condiciones importantes de las carreteras son: un señalamiento de tránsito adecuado y superficies de rodadura regulares, con antiderrapantes y sin baches.

#### *2.4.1.3 Reacción*

Es el tiempo que tarda un conductor para responder a un estímulo. El tiempo de respuesta para un estímulo visual es de 0.18 segundos, mayor que cuando es auditivo o táctil que es de 0.14 segundos. Los tiempos de reacción son variables, pero se pueden estandarizar para fines de proyecto.

En proyecto se utiliza un tiempo de reacción de 2.5 segundos, que cubre el 90% de las situaciones usuales. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

#### *2.4.1.4 Respuesta*

Se refiere al conjunto de decisiones que toma el usuario al conducir un vehículo y que son la resultante de las condiciones planteadas. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

## **2.5 Vehículo**

Una carretera tiene por objeto permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda, de vehículos autopropulsados sujetos al control del conductor. Por tanto, la carretera debe

proyectarse de acuerdo con las características del vehículo que la va a usar y considerando en lo posible, las reacciones y limitaciones del conductor. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Los vehículos se han clasificado según alguno de sus atributos; por ejemplo, según su función se han clasificado como de pasajeros o de carga, según su peso como ligeros o pesados, según su régimen de propiedad como particulares o comerciales, según su configuración como unitarios o articulados, según su uso y tamaño, como autos (A), autobuses (B) y camiones (C). Aunque esta última clasificación en A, B y C suele ser muy común, conviene establecer una tipología más fina para camiones, que incluya sus principales características. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

De tal modo que la letra C se ha reservado para los camiones unitarios. Los camiones articulados se designan con la primera letra del nombre de las unidades de que constan: T para el tracto camión, S para el semirremolque o primera unidad de carga, y R que es el remolque o segunda mitad de carga que se apoya en dos ejes.

A cada una de las letras mencionadas C, T, S ó R, se le agrega un dígito que indica al número de ejes sencillos de que consta esa parte de la unidad. Los vehículos más comunes en la red nacional y que cubren mas del 99% del flujo de tránsito, son los denominados. A2, B3, C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R3, que coloquialmente se les conoce como automóvil, autobús, camión sencillo o camión rabón, torton, tráiler y full tráiler, respectivamente. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Las principales dimensiones de los vehículos que influyen en el proyecto geométrico de las carreteras son alto, ancho y longitud, así como las distancias entre los ejes consecutivos del vehículo y su entrevía, altura de los ojos del conductor y altura de las luces.

### **2.5.1 Vehículo de proyecto**

Es un vehículo hipotético cuyas dimensiones y características operativas se usan para dimensionar los elementos de la carretera. De acuerdo con los vehículos que se espera circulen por las carreteras de red nacional, SCT estableció tres vehículos de proyecto (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016):

Tabla 2-1. Características de un vehículo de proyecto. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

<b>Vehículo de proyecto</b>	<b>TS</b>	<b>C</b>	<b>A</b>
Longitud total, en <i>m</i>	31.00	14.00	6.00
Entre-eje equivalente, en <i>m</i>	14.50	7.50	3.75
Vuelo delantero, en <i>m</i>	1.20	1.00	0.90
Ancho total, en <i>m</i>	2.60	2.60	2.20
Entrevía, en <i>m</i>	2.60	2.40	1.90
Altura total, en <i>m</i>	4.25	4.25	3.50
Altura ojos conductor, en <i>m</i>	2.00	1.50	1.08
Altura de faros, en <i>m</i>	0.60	0.60	0.60
Ángulos del haz de luces, en grados	1.00	1.00	1.00
Peso bruto vehicular, en <i>ton</i>	67.50	22.50	3.50
Potencia de operación, en <i>hp</i>	450	150	70
Tipo de vehículo que representa	T3S2R4	C3	A2

## 2.6 Tránsito

El tránsito es el conjunto de vehículos que utilizan la carretera en un momento dado; por lo cual sus características son indicativas del servicio que presta la carretera, ya que afecta a los elementos que integran el proyecto geométrico. Los datos del tránsito se encuentran disponibles en el acervo de información sobre datos viales que periódicamente publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las secciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente de la demanda, es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante un tiempo previsto, bien con volúmenes muy por debajo de su capacidad o que se presenten problemas de congestión.

### 2.6.1 Volumen de tránsito

Es el número de vehículos que pasan por un tramo de carretera en cierto período y se determina con un conteo directo, denominado aforo. Según la duración del aforo, el volumen puede ser horario, diario, semanal, mensual o anual. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

#### 2.6.1.1 Densidad de tránsito

Es el número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud de camino en un instante dado.

### 2.6.1.2 *Tránsito promedio diario*

Es el promedio de los volúmenes diarios registrados en un determinado período. Los más usuales y utilizados son el tránsito diario promedio semanal *TDPS* y el tránsito diario promedio anual *TDPA*. Para fines de esta tesis se utilizará siempre el *TDPA*.

### 2.6.1.3 *Tránsito máximo horario*

Es el máximo número de vehículos que pasan en un tramo del camino durante una hora, para un lapso establecido de observación, normalmente un año.

### 2.6.1.4 *Volumen horario de proyecto*

Volumen horario de tránsito que servirá para determinar las características geométricas del camino. Se representa como *VHP*.

### 2.6.1.5 *Tránsito generado*

Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera o por el desarrollo de la zona por donde cruza.

### 2.6.1.6 *Tránsito desviado o inducido*

Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o mejora.

## 2.7 **Velocidad**

La velocidad es un factor determinante en todo proyecto, ya que de esta depende la calidad del flujo del tránsito. Es de suma importancia debido a que es un parámetro en el cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

La velocidad está definida como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, es una relación de movimiento que se expresa con la fórmula:

$$V = \frac{d}{t} \quad [0.0.1]$$

En donde

$V$  = velocidad

$d$  = distancia

$t$  = tiempo

### 2.7.1 Velocidad media

Como la velocidad de un vehículo se ve afectada por distintos factores como: sus propias características, características del conductor, de la vía, volumen de tránsito o condiciones atmosféricas, esta varía constantemente por lo que se obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

La velocidad media puede definirse con respecto al tiempo o la distancia.

La velocidad media con respecto al tiempo está definida como la suma de velocidades dividida entre el número total de velocidades consideradas:

$$\bar{V}_d = \frac{\sum_{i=1}^N d / t_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i}{N} \quad [0.0.2]$$

En donde:

$\bar{V}_d$  = Velocidad media con respecto a la distancia

$d$  = Distancia recorrida

$t_i$  = Tiempo de recorrido del vehículo  $i$

$N$  = Número total de vehículos observados

La velocidad se encuentra bajo el control del conductor y de esta dependerá el tiempo de recorrido según su variación, por lo que siempre debe ser estudiada, regulada y controlada. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### 2.7.2 Velocidad deseada

Es a la que aspiran los conductores para circular por la carretera. Es subjetiva para cada conductor según su habilidad, preferencias y valores; características operativas del vehículo; sus expectativas sobre la carretera en función de la orografía, uso de suelo, clima y estado de la superficie de rodadura; presencia de otros vehículos y velocidad límite. Puede caracterizarse con una variable aleatoria, cuyos parámetros se determinan con observaciones de velocidad en tramos sin restricciones geométricas ni del tránsito. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.3 Velocidad de punto.**

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de un camino. Los valores usuales para estimarla son el promedio de las velocidades en un punto de todos los vehículos, o de una clase establecida de vehículos. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.4 Velocidad de marcha.**

Es la velocidad de un vehículo en un tramo de un camino, obtenida al dividir la distancia del recorrido entre el tiempo en el cual el vehículo estuvo en movimiento. Los valores empleados se determinan como el cociente de la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, entre la suma de tiempos correspondientes. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.5 Velocidad de operación.**

Es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajar en un tramo de un camino, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad de proyecto del tramo.

Se caracteriza por con una variable aleatoria, cuyos parámetros se estiman a partir de la *velocidad de punto* de cada uno de los vehículos que pasan por un punto representativo. Para análisis de tipo determinista corresponde al percentil 85 de las velocidades de punto. Para condiciones ideales, la velocidad de operación tiende a ser la velocidad deseada. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.6 Velocidad global.**

Es el resultado de dividir la distancia recorrida por un vehículo entre el tiempo total de viaje. En este tiempo total van incluidas todas aquellas demoras por paradas y reducciones de velocidad provocadas por el tránsito y el camino. No incluye aquellas demoras fuera del camino, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes y recreación.

Los valores empleados se determinan como el cociente de la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos por un grupo determinado de ellos, entre la suma de tiempos totales de viaje. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.7 Velocidad de proyecto.**

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo.

En México, la velocidad de proyecto varía entre 30 y 110 km/h con incrementos de 10 km/h. Se fija de acuerdo con la importancia de la red, tipo de carretera, velocidad deseada y restricciones ambientales, económicas, políticas o sociales. Una vez fijada, debe conservarse en tramos largos de carretera; pero si se cambia, las razones deben ser claras para los conductores. El cambio entre tramos no debe ser mayor de 20 km/h; preferentemente con transiciones de la mitad.

En las carreteras de mayor jerarquía se justifica el uso de velocidades de proyecto más altas que en las demás, para condiciones orográficas similares, particularmente cuando los ahorros en costos de operación y accidentalidad son significativamente más altos que los de construcción y conservación. Sin embargo, se deben de evitar velocidades de proyecto bajas en carreteras de menor jerarquía cuyo trazo se desarrolle en terreno plano ya que los conductores, en tales circunstancias, esperan circular a mayor velocidad. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.7.8 Velocidad de proyecto ponderada.**

Cuando dentro de un tramo bajo estudio existen subtramos con diferentes velocidades de proyecto, la velocidad representativa del tramo será el promedio ponderado de las diferentes velocidades de proyecto. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

## **2.8 Visibilidad**

La distancia de visibilidad es la longitud de carretera que el conductor ve continuamente cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito lo permiten. Existen dos tipos de distancias de visibilidad: la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

### **2.8.1 Distancia de visibilidad de parada**

Es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita cerca, o a la velocidad de proyecto, vea un objeto en su camino y pueda parar el vehículo antes de llegar a él. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Es la distancia mínima de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.



Está conformada por la suma de dos distancias: la distancia recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor ve el objeto hasta que coloca su pie en el pedal del freno y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos.

A la primera se le llama distancia de **reacción** y a la segunda, distancia de **frenado**.

Se expresa en forma de ecuación como:

$$D_p = d_R + d_F \quad [0.0.3]$$

En donde:

$D_p$  = Distancia de visibilidad de parada

$d_R$  = Distancia de reacción

$d_F$  = Distancia de frenado

#### 2.8.1.1 *Distancia de reacción*

Esta distancia puede determinarse fácilmente si se supone que el vehículo circula a velocidad uniforme y se conoce el tiempo de reacción del conductor. De acuerdo con el apartado *Reacción* de esta tesis, el tiempo considerado es de 2.5 segundos. Sin embargo, en situaciones complejas, como las que se presentan en intersecciones, pueden requerirse tiempos mayores. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

La distancia de reacción se determina suponiendo que el vehículo circula a la velocidad de proyecto durante el tiempo de reacción. De tal manera:

$$d_R = \frac{V}{3.6} t \quad [0.0.4]$$

En donde:

$d_R$  = Distancia de reacción en m

$V$  = Velocidad de proyecto en km/h

$t$  = Tiempo de reacción en s

### 2.8.1.2 *Distancia de frenado*

La distancia de frenado se calcula igualando la energía cinética del vehículo con el trabajo que realiza la fuerza para detenerlo (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016), que es:

$$\frac{1}{2}mV^2 = Wfd_F$$

En donde:

$$m = \text{Masa del vehículo} \left( m = \frac{W}{g} \right)$$

$V$  = Velocidad del vehículo en m/s

$W$  = Peso del vehículo

$f$  = Coeficiente de fricción longitudinal

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $g=9.81 \text{ m/s}^2$ )

$d_F$  = Distancia de frenado

Expresando la velocidad en km/h y sustituyendo  $m$ , la expresión queda:

$$(0.278V)^2 \frac{W}{2 \times 9.81} = Wfd_F$$

Simplificando:

$$d_F = \frac{V^2}{254f} \quad [0.0.5]$$

### 2.8.1.3 *Distancia de visibilidad de parada para diseño*

La distancia de visibilidad de parada es la suma de la distancia de reacción más la distancia de frenado (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016). Si se redondea a los diez metros superiores, estas distancias resultan:

Tabla 2-2. Distancias de visibilidad de diseño. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

<b>Velocidad de proyecto</b> <i>km / hr</i>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>
Coeficiente de fricción longitudinal	0.346	0.346	0.324	0.308	0.295	0.285	0.276	0.269	0.261
Distancia de reacción, <i>m</i>	20.83	27.78	34.72	41.67	48.61	55.56	62.50	69.44	76.39
Distancia de frenado, <i>m</i>	10.24	18.21	30.36	46.05	65.39	88.48	115.39	146.16	182.85
Distancia de visibilidad de parada (DVP), <i>m</i>	31.07	45.98	65.08	87.72	114.00	144.04	177.89	215.61	259.24
DVP de diseño, <i>m</i>	40	50	70	90	120	150	180	220	260

#### 2.8.1.4 Efecto de la pendiente

En tangentes verticales, con pendiente longitudinal  $p$  en m/m, si se usa el mismo criterio (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016), la distancia de frenado está dada por:

$$d_F = \frac{V^2}{254(f \pm p)} \quad [0.0.6]$$

En donde:

$d_{F=}$  Distancia de frenado en m

$V$  = Velocidad de proyecto en km/h

$f$  = Coeficiente de fricción lateral

$p$  = Pendiente longitudinal en m/m

#### 2.8.2 Distancia de visibilidad de rebase

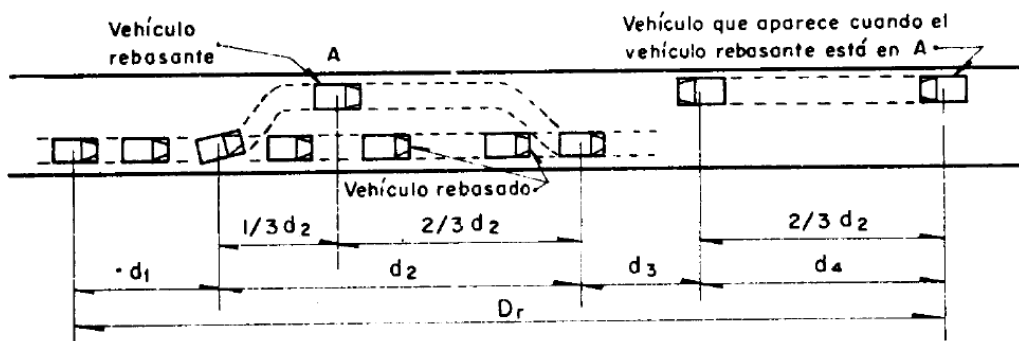
La distancia de visibilidad de rebase es un tramo suficiente para que el conductor pueda adelantar a otro vehículo que circula por el mismo carril sin peligro de interferir con un tercer vehículo que circule en sentido contrario.

Esta distancia sólo aplica en carreteras de dos carriles; en carreteras de cuatro carriles o más, el rebase no representa un inconveniente ya que las maniobras de rebase se llevan a cabo sobre los carriles en misma dirección del tránsito por lo que no hay peligro de interferir con el tránsito del sentido opuesto.

No hay criterios rígidos para determinar la frecuencia y longitud de los tramos de rebase que debe tener una carretera de dos carriles, ya que depende de varias variables como el volumen de tránsito, la configuración topográfica, la velocidad de proyecto, el costo y el nivel de servicio; aunque es recomendable proporcionar tantos tramos de rebase como sea económicamente posible (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

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

1. El vehículo que va a ser rebasado circula a velocidad uniforme, de magnitud semejante a la que adoptan los conductores en caminos con volúmenes de tránsito intermedios.
2. El vehículo que va a rebasar alcanza al vehículo que va a ser rebasado y circulan a la misma velocidad, hasta que inicia la maniobra de rebase.
3. Cuando se llega al tramo de rebase, el conductor del vehículo a rebasar después de un tiempo para percibir la nueva condición reacciona acelerando su vehículo para iniciar el rebase.
4. El rebase se realiza bajo lo que puede llamarse maniobra de arranque demorado y retorno apresurado, pues cuando se ocupa el carril izquierdo para iniciar el rebase, se presenta un vehículo en sentido contrario con igual velocidad que el vehículo rebasante. Aunque el rebase se realiza acelerando durante toda la maniobra, se considera que la velocidad del vehículo rebasante mientras ocupa el carril izquierdo, es constante y tiene un valor de  $15 \text{ km/h}$  mayor que la del vehículo rebasante.
5. Cuando el vehículo rebasante regresa a su carril, hay suficiente distancia entre él y el vehículo que viene en sentido contrario, para lo cual se considera que el vehículo que viene en sentido contrario, viaja a la misma velocidad que el vehículo que está rebasando, y la distancia que recorre es dos tercios de la distancia que ocupa el vehículo rebasante en el carril izquierdo.



- $d_1$  – Distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto en donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.
- $d_2$  – Distancia recorrida por el vehículo rebasante desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.
- $d_3$  – Distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.
- $d_4$  – Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

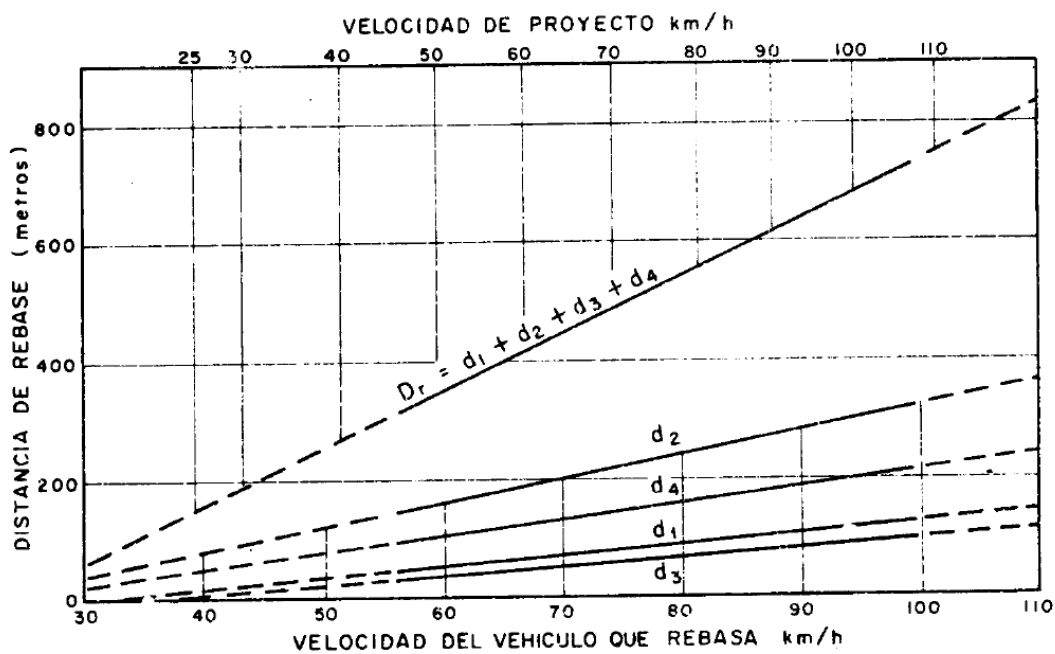


Figura 2-1. Maniobra de rebase según AASHO. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

En la gráfica puede observarse que la distancia de visibilidad de rebase es casi siete veces la velocidad de proyecto en km/h dando valores muy altos, por lo tanto, en México se considera que los conductores efectúan maniobras de rebase en forma menos conservadora que el modelo propuesto por la AASHO.

En 1958, la entonces Secretaria de Obras Públicas, basada en un número limitado de observaciones, recomendó 500 metros como límite para la distancia de visibilidad de rebase, a velocidad de proyecto de 110 km/h. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Las Especificaciones Inglesas consideran que la distancia de visibilidad de rebase no debe ser menor que la distancia recorrida por un vehículo a la velocidad de proyecto en 16 segundos, lo cual significa que para 110 km/h se tendrá una distancia de visibilidad de rebase de 490 m. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Para velocidades menores a 110 km/h las distancias de visibilidad de rebase se reducirán proporcionalmente, esto es:

$$D_R = \frac{500}{110}V = 4.545V$$

Esta expresión coincide notablemente con la recomendada por las normas inglesas que es:

$$D_R = 4.445V$$

Para proyecto, la expresión para calcular la distancia de visibilidad de rebase mínima es:

$$D_R = 4.5V \quad [0.0.7]$$

### 3. Selección de ruta

Cuando ya se han definido los estudios socioeconómicos que justifican la construcción de un nuevo camino, se necesita establecer la conveniencia y prioridades para elaborar nuevos proyectos y sus obras correspondientes.

Para lo último, se necesita realizar una serie de trabajos y estudios preliminares que comparen todas las rutas posibles para poder seleccionar la más adecuada, es decir, la que ofrezca mayores ventajas económicas, técnicas y sociales.

El término *ruta*, hace referencia a una franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro del cual es factible localizar un camino (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Los *puntos obligados* son aquellos sitios por los que necesariamente deberá de pasar el camino por razones técnicas, económicas, sociales y políticas, tales como: poblaciones, sitios o áreas productivas y puertos orográficos. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

La selección de ruta es una etapa importante porque de ella dependen los costos y los beneficios que se cuantifican en etapas posteriores. En esta etapa se elige la mejor ruta que satisfaga los objetivos que previamente se establecieron para atender la demanda de transporte, en términos de seguridad, economía y preservación del medio ambiente.

#### 3.1 Selección preliminar de ruta

Este estudio se realiza en gabinete y consiste en reunir todos los estudios y propuestas del estudio de Costo–Beneficio de la Etapa de Planeación, la información que se requiere del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con las cartas topográficas, geológicas, de uso de suelo, entre otras, además de las fotografías aéreas o con el apoyo de programas cartográficos existentes en el internet, como pudiera ser Google Earth (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

La información se obtiene principalmente de cartas y planos disponibles a diferentes escalas (1:250,000, 1:100,000, 1:50,000), fotografías aéreas escala 1:25,000 e imágenes satelitales, así como vuelos de reconocimiento si estos están disponibles. En esta etapa, los ejes de alternativa suelen dibujarse en cartas topográficas y mosaicos de fotografías aéreas. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

La intención es la de seleccionar con precisión varias alternativas de ruta, de las cuales, una será la ruta seleccionada en función de sus características geotécnicas, topográficas, de impacto ambiental, sociales, costos, etc.

Algunos ejemplos sobre las consideraciones que se deben tomar en cuenta al escoger una ruta son:

- Se deben proyectar las curvas de acuerdo con la topografía para que los vehículos puedan circular con seguridad y comodidad a la velocidad de proyecto
- Se debe diseñar las pendientes o inclinaciones para que los vehículos pesados puedan ascender o descender adecuadamente.
- La geología y topografía debe tomarse en cuenta para procurar que los volúmenes de excavación de los cortes sea lo más parecido al relleno para los terraplenes.
- Se analizan también las distancias de visibilidad de rebase y de parada para delimitar zonas en que se pueda rebasar.

## **3.2 Recopilación de Datos**

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, el estudio y análisis de estos, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios que permitan determinar los costos y las ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

### **3.2.1 Cartografía**

Se requiere la información topográfica, geológica, edafológica y de uso de suelo más actualizada, a escalas 1:250,000, 1:50,000 y otras, disponibles en INEGI y otras dependencias oficiales y privadas, en forma digital o vectorial, georeferenciada (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

También resultan de gran utilidad las orto fotografías y las fotografías aéreas de INEGI o de empresas privadas a diversas escalas y fechas de vuelo

### **3.2.2 Datos de tránsito**

Los datos históricos de tránsito y su clasificación detallada pueden obtenerse de los libros de Datos Viales que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes anualmente; asimismo, de estas publicaciones se puede deducir información relevante para el proyecto.

También se pueden consultar estudios de Origen y Destino que pueden complementarse con estudios específicos en la zona de influencia del proyecto, los cuales son insumos básicos para el cálculo de asignación de tránsito para el horizonte de proyecto (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).



### **3.2.3 Datos hidrológicos e hidráulicos**

Si al construir una carretera se altera notablemente el equilibrio natural de alguna de las corrientes que cruza, el agua busca de nuevo su equilibrio modificando las características hidráulicas y geométricas de su cauce, y en ese proceso, puede causar severos daños. El buen funcionamiento de una obra de drenaje depende de su adecuada ubicación y de que tenga capacidad hidráulica y estructural suficientes.

Con el fin de ubicar y dimensionar las obras de drenaje menor, los puentes y los viaductos que requiere cada alternativa de ruta, se debe consultar la información hidrológica disponible, como las gráficas de precipitación por cuencas en la región del proyecto, las precipitaciones máximas registradas, los gastos y las velocidades de las corrientes principales, las isoyetas y los periodos de retorno de las avenidas máximas extraordinarias especificadas por la Comisión Nacional del Agua a fin de realizar el diseño de las obras de cruce. Para cada obra menor o mayor se requiere contar con las características de la cuenca en cuanto a su superficie, vegetación, geomorfología, suelos, erosión o depósito, así como las características de las estructuras existentes, en su caso (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

### **3.2.4 Datos geológicos y geotécnicos**

En entidades oficiales como INEGI, el Instituto de Geología y el Consejo de Recursos Minerales pueden obtenerse mapas geológicos del país a escala 1:100,000 y 1:50,000, los que complementados con cartas edafológicas de INEGI y fotografías aéreas e imágenes satelitales, permiten conocer en forma general, las formaciones y fallas geológicas, rocas y suelos existentes en la zona del proyecto e identificar zonas de suelos inestables para buscar evitarlas o de no ser posible, estudiar soluciones realizables. Esta información servirá también para conocer los usos probables de los materiales de los cortes, para su aprovechamiento en la formación de la estructura del camino, y en forma preliminar, los bancos de materiales para terracerías, pavimentos y estructuras (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

### **3.2.5 Datos de planes de desarrollo urbano, regionales y estatales**

Los planes de desarrollo urbano contienen el pan maestro de uso futuro de los terrenos de un municipio, una ciudad o una región para fines residenciales, comerciales, industriales, para servicio público, escolares, deportivos, agrícolas, bosques o reserva territorial. Esta información puede obtenerse localmente y debe estar actualizada y complementada con los mapas de uso de suelo que produce INEGI, para considerarlos durante el estudio de ruta, de manera que la nueva carretera o la modernización de la existente, se integren y sea tomada en cuenta con los planes de desarrollo referidos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

### **3.2.6 Datos catastrales**

Los planos de catastro, urbanos y rurales, pueden conseguirse en las dependencias respectivas de los estados y debidamente actualizados permiten conocer, principalmente, linderos de las propiedades particulares, ejidales, comunales, etc. Estos linderos se representan, por lo general, en orto fotografías a escala 1:20,000 elaborados por INEGI. Conocer la ubicación de esos linderos, permitirá que, junto con los planos topográficos que contienen las líneas de ductos y líneas de transmisión, sean tomados en cuenta para la localización del eje de la ruta (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

### **3.2.7 Identificación de áreas naturales protegidas, áreas de importancia biológica y sitios de monumentos arqueológicos registrados**

Cada vez es más necesario considerar el desarrollo sustentable en los proyectos de carreteras, la legislación, reglamentos, normas y guías que inciden en el proyecto y construcción son cada día más abundantes (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016), algunos ejemplos de aspectos que pueden afectar a un proyecto son:

- Ordenamiento ecológico
- Áreas naturales protegidas
- Regiones prioritarias
- Zonas de riesgo
- Factibilidad ambiental preliminar
- Monumentos arqueológicos registrados

## **3.3 Puntos obligados origen-destino**

Se deben definir los puntos obligados de paso de la ruta entre el origen y el destino (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

Estos puntos obligados de paso obedecen a diferentes circunstancias, por ejemplo, pueden ser cruces con ríos, que de acuerdo con las condiciones geotécnicas o a las condiciones hidráulicas conviene cruzarlos en lugares muy particulares.

Pueden ser también lugares o zonas que deben evitarse, por ejemplo, laderas de montaña cuyas condiciones geotécnicas no son adecuadas para pasar, ya que podrían ocurrir deslaves o deslizamiento de tierras.

Pantanos o zonas bajas con suelo compresible o sujeto a inundaciones estacionales, que representarían un peligro inminente.

Otro punto obligado de paso podría corresponder al cruce de una montaña, es decir el paso desde un sitio o población situada en un valle, en un lado de la montaña, a una población situada del otro lado de esta, este paso habría que ser localizado en el punto más bajo entre ambas poblaciones, que corresponde a lo que se conoce como *puerto* (Crespo, 2004).

Otro punto importante sería el acceso a poblaciones intermedias entre el origen y el destino final, acceso a zonas de desarrollo futuro, tanto social como económico, o bien zonas que deban evitarse por posibilidades de deterioro ambiental y ecológico (Crespo, 2004).

### **3.4 Análisis topográfico**

Una vez que se tienen los puntos de origen, destino y puntos obligados de la ruta, se inicia el análisis topográfico sobre las cartas topográficas del INEGI.

El análisis consiste en trazar a mano varias rutas posibles sobre las cartas topográficas que tienen escala de 1:50,000. Aunque la topografía a esta escala es solo aproximada (tiene curvas de nivel a cada 10 m), es muy útil en esta etapa del estudio, ya que permite analizar el desarrollo del trazo tomando en cuenta la orografía; es decir, se puede trazar la ruta tomando en cuenta pendientes de ascenso, magnitud de cortes y terraplenes, e incluso ubicar posibles túneles y puentes.

El estudio topográfico estará completo cuando se tengan las alternativas suficientes para asegurar que se hayan tomado en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la ubicación topográfica de la ruta.

En este caso y de acuerdo con los reglamentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se plantearán tres diferentes alternativas (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

### **3.5 Trazo preliminar**

Cuando se han definido los puntos obligados, se lleva a cabo el trazo preliminar, que es una poligonal abierta, que parte de un punto al que se denomina Km 0+000 y debe pasar por los puntos establecidos anteriormente, desde el origen, continuando por todo lo largo de la línea hasta llegar al destino.

Para la selección del punto de partida y punto de llegada, es conveniente se seleccione, si es posible, un cruce de carretas o un puente que pueda ser fácilmente identificado. En caso de no existir, se debe establecer un lugar que pueda ser encontrado fácilmente.

### 3.6 Línea definitiva

Una vez definida la línea preliminar, se debe proyectar la línea definitiva (posteriormente podrá ser ajustada de acuerdo con las necesidades del proyecto) para después trazarla en el terreno.

Se conoce la equidistancia entre curvas de nivel y la pendiente gobernadora (1 o 2% menor que la máxima) y con esta información se calcula la abertura del compás para que al interceptar con sus puntas dos curvas de nivel contiguas, la línea imaginaria que une estos puntos tenga la pendiente deseada (Crespo, 2004).

Se recomienda no usar el valor de pendiente máxima, sino un valor uno o dos por ciento menor para que la línea final resulte más apegada a las condiciones que se esperan.

#### Ejemplo 1

Se tiene una equidistancia en el plano entre curvas de nivel de dos metros y una pendiente de 6%, es decir, se subirán o bajarán dos metros entre cada curva. ¿Cuál será la abertura del compás para cumplir la condición de pendiente de 6%?

Primero tomaremos como referencia una distancia de 100 metros para descender o ascender un valor  $i$  (en este ejemplo  $i=6$  m, para cumplir la condición de 6%). Se establece la proporción:

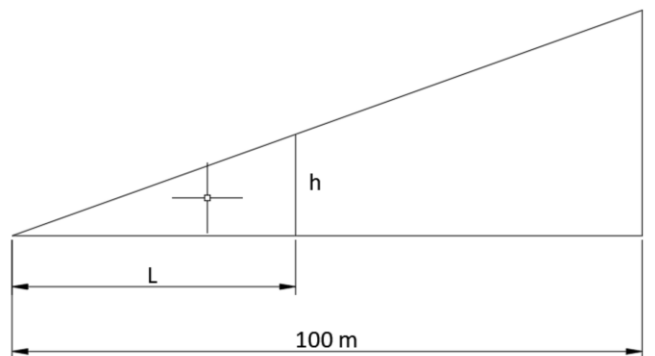


Figura 3-1. Cálculo de apertura de compás.

$$\frac{L}{100} = \frac{h}{i}$$
$$L = \frac{100h}{i} \quad [3.1.1]$$

Para este ejemplo:

$$L = \frac{100 \times 2}{6} = \frac{200}{6} = 33.33m$$

Se deben de separar las puntas del compás a la misma escala a la que esté dibujado el plano y partiendo del punto inicial se procede a ascender o descender pasando de curva en curva; uniendo estos puntos nos da una línea quebrada llamada línea a pelo de tierra.

La línea a pelo de tierra es la base para proyectar la línea definitiva que, con tangentes de la mayor longitud posible, debe apegarse lo más que se pueda a la línea a pelo de tierra (Crespo, 2004).

Se recomienda, para hacer una compensación aproximada longitudinal, que la línea de proyecto compense a izquierda y derecha la línea a pelo de tierra. Lo último no debe ser tomado como una regla fija porque si el terreno tiene una pendiente transversal fuerte (muy pronunciada), conviene que el eje de la línea se encuentre hacia arriba de la línea a pelo de tierra para que el camino quede en suelo firme al proyectar la subrasante posteriormente. En ese caso no habría compensación de terracerías, sólo sería desperdicio (Crespo, 2004).

Si el resultado del primer tanteo no es satisfactorio, se hacen modificaciones hasta obtener el resultado deseado.

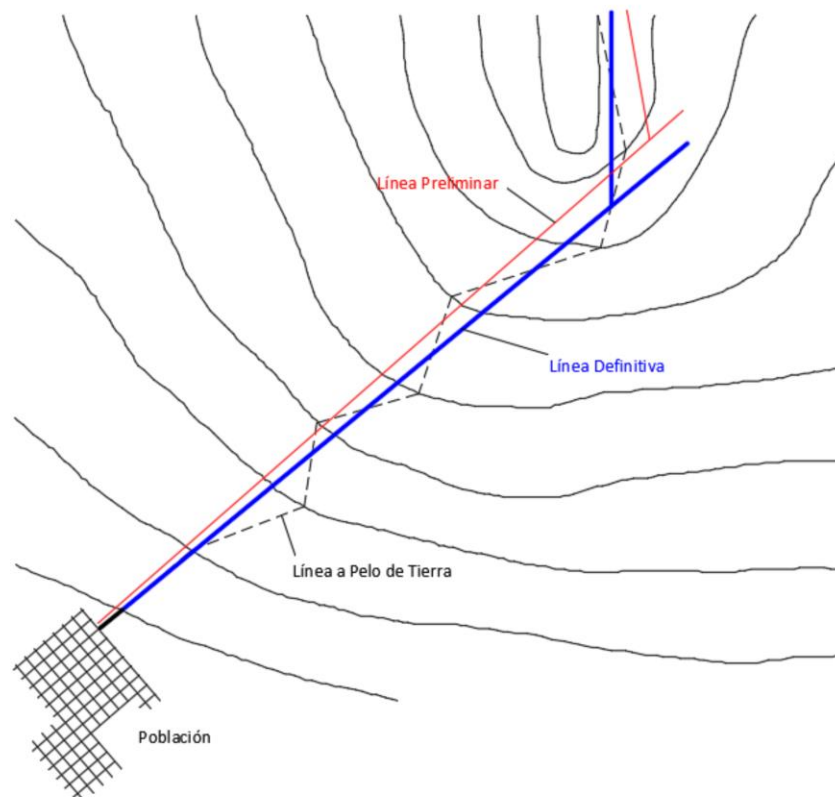


Figura 3-2. Línea a pelo de tierra, línea preliminar, línea definitiva. (Crespo, 2004).

Cuando se ha proyectado la línea definitiva. Se unen las tangentes con curvas que cumplan con las especificaciones requeridas para el proyecto. Más adelante se explicarán a detalle los requerimientos de dichas curvas.

### **3.7 Propuestas de características geométricas**

Una vez que se tienen todos los análisis descritos, se procede a la ubicación final y definitiva de las rutas propuestas, obtenidas de los análisis topográficos, lo cual significa hacer un diseño preliminar de la carretera, que cumpla con las especificaciones fundamentales de alineamiento horizontal y vertical, es decir, que se puedan acomodar las curvas horizontales de manera que se logre la mayor seguridad y confort para los usuarios, respetando la velocidad de diseño y adaptando el proyecto a las condiciones topográficas del sitio y tomando en cuenta los resultados de los análisis efectuados (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

Los anchos de calzada y corona, las pendientes y sus longitudes, y las distancias de visibilidad que requieren las velocidades de proyecto tienen que ver con la capacidad, por lo que la definición geométrica para cada carretera tiene que analizarse considerando que se trata de un proyecto en el espacio, es decir, en planta, perfil y secciones combinadas para producir un conjunto armónico que satisfaga requerimientos dinámicos, de capacidad, de comodidad para los usuarios, de economía del transporte y de factibilidad financiera, ambiental y social (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

El producto final de este estudio de selección preliminar de ruta es un “larguillo”, o plano de las rutas propuestas, en toda su longitud, dibujadas en cartas topográficas del INEGI con escala de 1:25,000 o 1:50,000. Este larguillo con todas las rutas, o larguillos con cada una de las rutas, es la base para avanzar en el proyecto ejecutivo de una carretera (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011b).

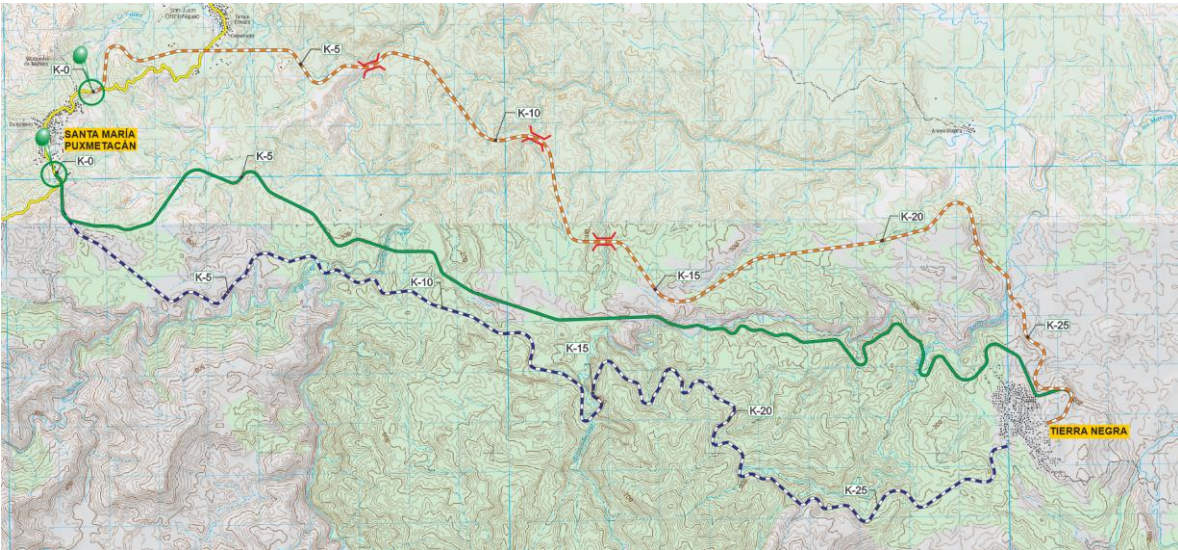


Figura 3-3 Ejemplo de larguillo

### 3.8 Selección de ruta

Para la selección de ruta más conveniente a nivel anteproyecto, es necesario evaluar comparativamente, las alternativas con mayores ventajas (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a) tomando en cuenta aspectos como los listados a continuación:

- Longitud total
- Longitud construida
- Longitud por construir
- Velocidad de proyecto
- Tiempo de recorrido
- Costo de construcción
- Costo de operación
- Costo de conservación

## 4. Elementos básicos del proyecto geométrico

### 4.1 Alineamiento horizontal

Se puede definir como la proyección horizontal del eje del camino en cuestión, sobre un plano. Consta de diversos elementos entre los cuales se encuentran las tangentes horizontales, las curvas circulares o simples y las curvas de transición o espiral (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Esta representación gráfica, permite apreciar de mejor manera la interacción de la carretera con el terreno natural, además de mostrar las construcciones existentes, linderos, terrenos, así como túneles, puentes o intersecciones que podrían ser proyectados.

#### 4.1.1 Tangentes horizontales

Las tangentes son proyecciones en el plano horizontal de las rectas que unirán las curvas que conforman el alineamiento. El punto de intersección de dos tangentes prolongadas se le conoce como *PI* y al ángulo de deflexión formado por las tangentes mencionadas se le representa como  $\Delta$ . Las tangentes libres están unidas entre sí por las curvas por lo que la longitud de una tangente es la distancia que existe entre el final de la curva anterior (de salida) y el inicio de la curva siguiente (de entrada). Cualquier punto preciso sobre el alineamiento horizontal localizado sobre una tangente, se le conoce como punto sobre tangente y se representa como *PST* (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

##### 4.1.1.1 Longitud máxima

La longitud máxima de una tangente está determinada por la seguridad ya que tangentes largas podrían, por ejemplo, causar somnolencia en el conductor arriesgando a este a sufrir un accidente o porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por las razones mencionadas, es conveniente limitar la longitud de las tangentes a la distancia recorrida en 72 segundos (0.02 horas) a la velocidad de proyecto. Si se tienen tangentes de mayor longitud a la mencionada, será conveniente cambiarlas por tangentes de menor longitud y curvas horizontales de gran radio. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984)



#### 4.1.1.2 *Longitud mínima*

La longitud mínima, por su parte, debe tener la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a las curvas que conecta: de acuerdo con las Normas de Servicios Técnicos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984) se establecen los siguientes lineamientos respecto a la longitud mínima:

- “Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.”
- “Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, la longitud podrá ser igual a cero.”
- “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.”
- “Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado, sin embargo, es conveniente considerar para su proyecto, las recomendaciones que al respecto se indican en el capítulo 5 de este título.” \*\*

#### 4.1.2 **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, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.”

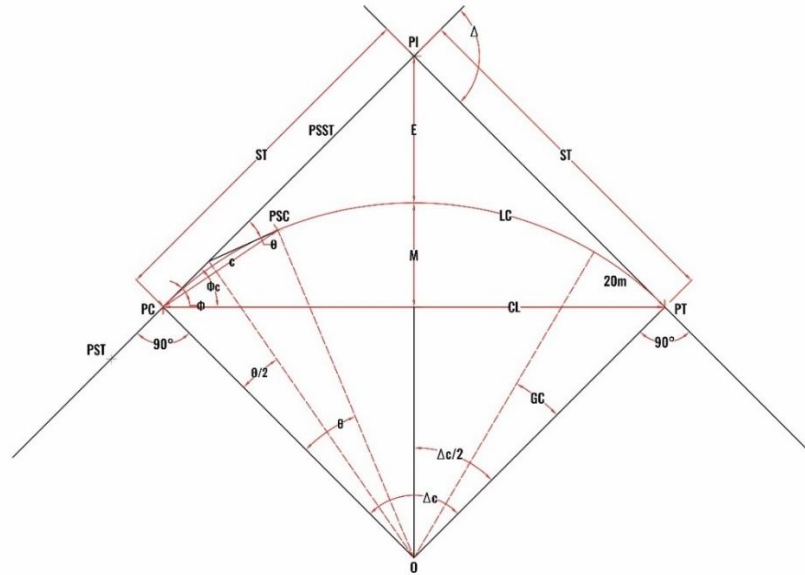


Figura 4-1. Elementos de las curvas circulares simples. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Tabla 4-1. Elementos de las curvas circulares simples. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).

PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
PC	Punto en donde comienza la curva circular simple.
PT	Punto en donde termina la curva circular simple.
PST	Punto sobre tangente.
PSST	Punto sobre subtangente.
PSC	Punto sobre la curva circular.
O	Centro de la curva circular.
$\Delta$	Ángulo de deflexión de las tangentes.
$\Delta_c$	Ángulo central de la curva circular.
$\theta$	Ángulo de deflexión a un PSC.
$\Phi$	Ángulo de una cuerda cualquiera.
$\Phi_c$	Ángulo de la cuerda larga.
Gc	Grado de curvatura de la curva circular.
Rc	Radio de la curva circular.
ST	Subtangente.
E	Externa.
M	Ordenada media.
C	Cuerda.
CL	Cuerda larga.
Lc	Longitud de la curva circular.

#### 4.1.2.1 *Curvas Circulares Simples*

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. A continuación, se detallan los procedimientos para calcular los elementos de las curvas circulares simple de acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

##### 1. Grado de curvatura

Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros, se representa como  $G_c$ .

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R_c}$$
$$G_c = \frac{1145.92}{R_c} \quad [4.1.1]$$

El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto estará dado por la expresión:

$$G_{\max} = 14,600 \frac{(\mu + S_{\max})}{V^2} \quad [4.1.2]$$

En donde:

$G_{\max}$  = Grado máximo de curvatura

$\mu$  = 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 se muestran los grados de curvatura máximos para diferentes velocidades de proyecto.

Tabla 4-2. Grado máximo de curvatura. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Velocidad de proyecto [Km/h]	Coefficiente de fricción lateral	Sobreelevación máxima [m/m]	Grado máximo de curvatura calculado [grados]	Grado máximo de curvatura para proyectos [grados]
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

## 2. Radio de la curva

Es el radio de la curva circular. Se simboliza como  $R_c$ .

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c} \quad [4.1.3]$$

## 3. Ángulo central

Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como  $\Delta_c$ . 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 le representa como  $l_c$ .

$$\frac{l_c}{2\pi R_c} = \frac{\Delta_c}{360^\circ}$$

$$l_c = \frac{\pi \Delta_c}{180^\circ} R_c$$

Pero tomando en cuenta la expresión de  $R_c$ :

$$l_c = 20 \frac{\Delta_c}{G_c} \quad [4.1.4]$$

### 5. Subtangente

Es la distancia entre el  $PI$  y el  $PC$  o  $PT$ , medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como  $ST$ . Del triángulo rectángulo  $PI-O-PT$  se tiene:

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2} \quad [4.1.5]$$

### 6. Externa

Es la distancia mínima entre el  $PI$  y la curva. Se representa con la letra  $E$ . En el triángulo rectángulo  $PI-O-PT$ , se tiene:

$$E = R_c \sec \frac{\Delta_c}{2} - R_c = R_c \left( \sec \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right) \quad [4.1.6]$$

### 7. Ordenada media.

Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra  $M$ . Del triángulo rectángulo  $PI-O-PT$ , se tiene:

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta_c}{2} = R_c \operatorname{vers} \frac{\Delta_c}{2} \quad [4.1.7]$$

### 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  $\theta$ . Se puede establecer:

$$\frac{\theta}{l} = \frac{G_c}{20} \quad \therefore \quad \theta = \frac{G_c l}{20} \quad [4.1.8]$$

### 9. Cuerda

Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Se le denomina  $C$ . Si estos puntos son el  $PC$  y el  $PT$ , a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga. En el triángulo  $PC-O-PSC$ :

$$C = 2R_c \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \quad [4.1.9]$$

Para la cuerda larga:

$$CL = 2R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta_c}{2}$$

#### 10. Ángulo de la cuerda

Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada. Se representa como  $\phi$ . En el triángulo  $PC-O-PSC$ :

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

Y teniendo en cuenta la expresión de  $\theta$ :

$$\phi = \frac{G_c l}{40} \quad [4.1.10]$$

Para la cuerda larga:

$$\phi_c = \frac{G_c l_c}{40}$$

#### 4.1.2.2 *Curvas circulares compuestas*

Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

En caminos debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos; sin embargo, en intersecciones pueden emplearse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.1.2.3 *Curvas circulares con espiral de transición.*

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas circulares con espirales de transición.

Una curva de transición es aquella que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Las curvas circulares con espirales de transición constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida. Cuando las espirales de entrada y salida tienen la misma longitud, la curva es simétrica.

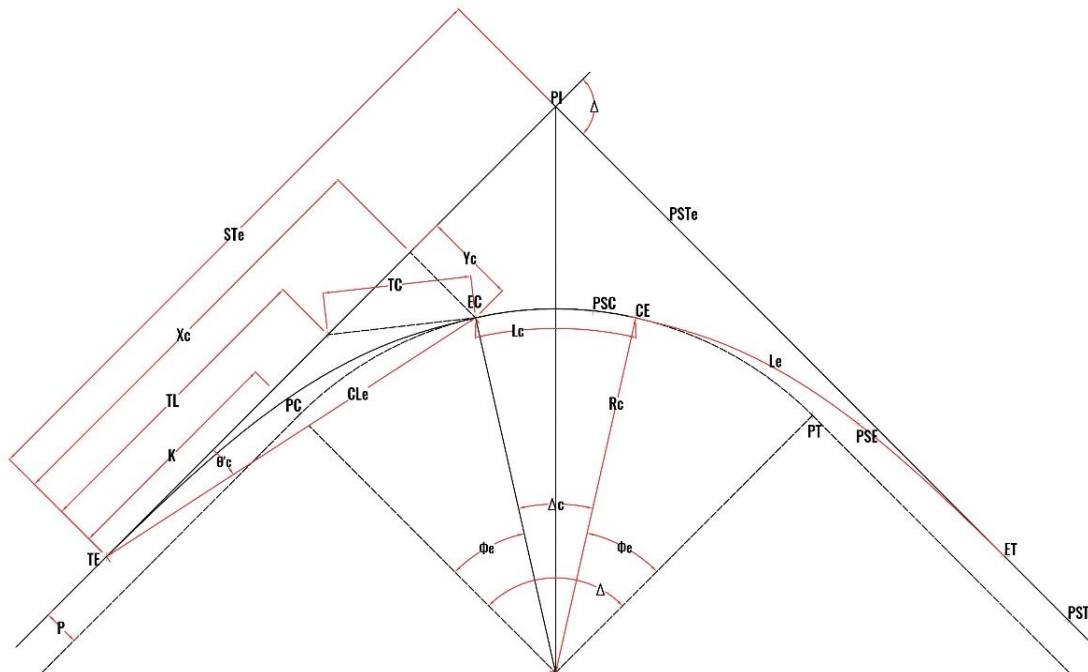


Figura 4-2. Elementos de una curva con espiral de transición.

Tabla 4-3. Elementos de una curva con espiral de transición.

PI	Punto de intersección de las tangentes.
TE	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.
EC	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular.
CE	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.
ET	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.
PSC	Punto cualquiera sobre la curva circular.
PSE	Punto cualquiera sobre la espiral.
PST	Punto cualquiera sobre las tangentes.
PSTe	Punto cualquiera sobre las subtangentes.
$\Delta$	Ángulo de deflexión de las tangentes.
$\Delta_c$	Ángulo central de la curva circular.
	Deflexión de la espiral en el EC o CE.
	Ángulo de la cuerda larga.
Xc	Coordenadas del EC o del CE
Yc	
k	Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento).
P	
STe	Subtangente.
TL	Tangente larga.
TC	Tangente corta.
CLe	Cuerda larga de la espiral.
Ec	Externa.
Rc	Radio de la curva circular.
Le	Longitud de la espiral.
Lc	Longitud de la curva circular.

Para efectuar las transiciones se empleará la Clotoide o Espiral de Euler (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991), cuya expresión es:

$$R_c l_e = K^2 \quad [4.2.1]$$

En donde:

$R_c$  = Radio de la curva circular en m

$l_e$  = Longitud de la espiral de transición en m

$K^2$  = Parámetro de la espiral en  $m^2$



A continuación, se presenta el cálculo de los elementos de una curva espiral de transición simétrica de acuerdo con los parámetros del Manual de Proyecto Geométrico (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991):

1. Grado de curvatura de la curva circular.

Es el Angulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c} \quad [4.2.2]$$

En donde  $R_c$  es el radio de la curva circular.

2. Longitud de la espiral.

Es la longitud medida sobre la curva entre  $TE$  y el  $EC$ , o del  $CE$  al  $ET$ . Su valor dependerá de la velocidad de proyecto y la sobreelevación de la curva. Se representa como  $l_e$ .

La **longitud mínima** de la espiral para carreteras tipos A de dos y cuatro carriles en cuerpos separados, B y C estará dada por la expresión (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016):

$$l_e \text{ mín} = 10VS \quad [4.2.3]$$

En donde:

$V$  =Velocidad de proyecto en km/h

$S$  =Sobreelevación de la curva circular en m/m

3. Parámetro de la espiral.

Es la magnitud que define las dimensiones de la espiral.

$$K = \sqrt{R_c l_e} \quad [4.2.4]$$

4. Deflexión de la curva.

Es el ángulo comprendido entre las normales a las tangentes en  $TE$  y  $ET$ . Su valor es igual a la deflexión de las tangentes y se representa con  $\Delta$ .

5. Deflexión a un punto cualquiera de la espiral.

Es el ángulo comprendido entre la tangente en  $TE$  o  $ET$  y la tangente en un punto cualquiera  $PSE$ .

$$\theta = \left( \frac{l}{l_e} \right)^2 \theta_e$$

Si  $l = l_e$ ;  $\theta = \theta_e$ ; y por tanto:  $2K^2 = \frac{l_e^2}{\theta_e}$

Y substituyendo:

$$\theta = \left( \frac{l}{l_e} \right)^2 \theta_e \quad [4.2.5]$$

6. Deflexión de la espiral.

Es el ángulo comprendido entre las tangentes a la espiral en sus puntos extremos.

$$\theta_e = \frac{G_c l_e}{40} \quad [4.2.6]$$

7. Longitud total de la curva.

Es la suma de las longitudes de las dos espirales de transición y de la longitud de curva circular. Para curvas simétricas, se tiene

$$L = l_e + \frac{20\Delta}{G} \quad [4.2.7]$$

Lo cual indica que, al insertar una curva espiral, se incrementa la longitud total de la curva en  $l_e$ .

8. Coordenadas del  $EC$  de la curva.

$$X_o = l_e \left( 1 - \frac{\theta_e^2}{10} \right) \quad [4.2.8]$$

$$Y_o = l_e \left( \frac{\theta_e}{3} + \frac{\theta_e^3}{42} \right) \quad [4.2.9]$$

Las expresiones anteriores son válidas cuando  $\theta_e$  se encuentra en radianes, si lo expresamos en grados, entonces:

$$X_c = \frac{l_e}{100} (100 - 0.00305\theta_e^2) \quad [4.2.10]$$

$$Y_c = \frac{l_e}{100} (0.582\theta_e - 0 - 0.0000126\theta_e^3) \quad [4.2.11]$$

9. Coordenadas del  $PC$  de la curva circular.

$$p = Y_o - R_o \text{sen ver } \theta_e \quad [4.2.12]$$

$$k = X_o - R_o \text{sen } \theta_e \quad [4.2.13]$$

10. Subtangente.

Es la distancia entre el  $PI$  y el  $TE$  o  $ET$  de la curva, medida sobre la prolongación de la tangente, y se denomina  $ST_e$ .

$$ST_e = k + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} \quad [4.2.14]$$

11. Externa.

Es la distancia entre el  $PI$  y la curva y se denomina  $E_c$ .

$$E_c = (R_c + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c \quad [4.2.15]$$

12. Cuerda larga.

Es la recta que une el  $TE$  y  $EC$  o el  $ET$  y el  $CE$  y se le llama  $CL_e$ .

$$CL_e = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} \quad [4.2.16]$$

13. Ángulo de la cuerda larga.

Es el ángulo comprendido entre la tangente en  $TE$  y la cuerda larga y se simboliza como  $\phi'_c$ .

$$\phi'_c = \frac{\theta_e}{3} - Z \quad [4.2.17]$$

En donde:

$$Z = 3.1 \times 10^{-3} \theta_e^3 + 2.3 \times 10^{-8} \theta_e^5$$

14. Tangente larga.

Es el tramo de subtangente comprendido entre el  $TE$  o  $ET$  y la intersección con la tangente a  $EC$  o  $CE$ ; se le llama  $TL$ .

$$TL = X_c - Y_c \cot \theta_e \quad [4.2.18]$$

15. Tangente corta.

Es el tramo de la tangente a  $CE$  o  $EC$  comprendido entre uno de estos puntos y la intersección con la subtangente correspondiente; se representa como  $TC$ .

$$TC = Y_c \csc \theta_e \quad [4.2.19]$$

Las curvas espirales de transición se utilizarán exclusivamente en carreteras tipo A, B y C y sólo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea de 7% o mayor.

## 4.2 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona o de la corona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama subrasante (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Este alineamiento hace referencia al perfil topográfico de la carretera; en una vista de perfil se pueden apreciar las subidas, bajadas y tramos planos que regirán el comportamiento del trazo con relación al terreno natural. Son visibles también detalles como los cortes, terraplenes y pendientes.

El diseño del alineamiento vertical consiste en el ajuste del perfil de la carretera para lograr que, por un lado, las subidas y bajadas no sean muy pronunciadas, es decir, que las pendientes no sean muy fuertes y largas; Que los cortes y los terraplenes no sean muy altos, y que al igual que en el alineamiento horizontal se tenga una circulación cómoda, fluida y segura, dentro de los límites de la velocidad de proyecto de la carretera.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

## 4.2.1 Tangentes Verticales

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

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* (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

### 4.2.1.1 Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar estos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

### 4.2.1.2 Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

SCT recomienda las siguientes pendientes gobernadoras y máximas de acuerdo con el tipo de terreno:

Tabla 4-4. Valores máximos de las pendientes gobernadora y de las pendientes máximas. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

Carretera tipo	Pendiente gobernadora (%)			Pendiente máxima (%)		
	Tipo de terreno			Tipo de terreno		
	Plano	Lomerío	Montañoso	Plano	Lomerío	Montañoso
E	-	7	9	7	10	13
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	6

#### 4.2.1.3 Pendiente mínima

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.2.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta se representa como *PCV* y como *PTV* el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

La forma de las curvas verticales corresponde a una parábola, estas curvas pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente.

Los elementos de la curva vertical son los mostrados en la figura:

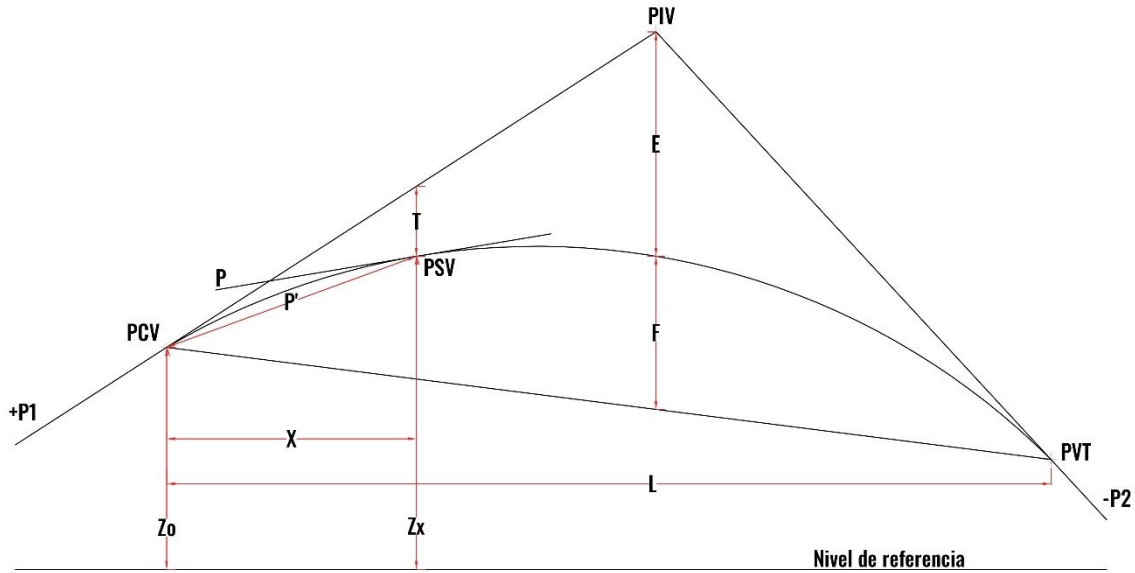


Figura 4-3. Elementos de la curva vertical. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

Tabla 4-5. Elementos de la curva vertical. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

PIV	Punto de intersección de las tangentes verticales.
PCV	Punto en donde comienza la curva vertical.
PTV	Punto en donde termina la curva vertical.
PSV	Punto cualquiera sobre la curva vertical.
P1	Pendiente de la tangente de entrada en $m/m$ .
P2	Pendiente de la tangente de salida en $m/m$ .
L	Longitud de la curva vertical en $m$ .
X	Distancia del $PCV$ a un $PSV$ en $m$ .
P	Pendiente en un $PSV$ en $m/m$ .
P'	Pendiente de una cuerda en $m/m$ .
E	Externa en $m$ .
F	Flecha en $m$ .
T	Desviación de un $PSV$ a la tangente de entrada en $m$ .
Z <sub>0</sub>	Elevación del $PCV$ en $m$ .
Z <sub>x</sub>	Elevación de un $PSV$ en $m$ .

A continuación, se presenta el procedimiento para el cálculo de los elementos de la curva horizontal según lo establecido por el *Manual de Proyecto Geométrico* (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

1. Punto en donde comienza la curva vertical  $PCV$  .

$$PCV = Z_{PIV} - S_1 \left( \frac{L}{2} \right) \quad [4.3.1]$$

2. Punto de intersección vertical  $PIV$  .

3. Punto donde termina la curva vertical y principia tangente vertical  $PTV$  .

$$PTV = Z_{PIV} + S_2 \left( \frac{L}{2} \right) \quad [4.3.2]$$

4. Longitud de la curva vertical.

Es la distancia medida horizontalmente entre el  $PCV$  y  $PVT$  . Se representa con la letra  $L$  . La longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la siguiente expresión:

$$L = KA \quad [4.3.3]$$

En donde:

$A$  es la diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y salida en %.

$$A = S_2 - S_1 \quad [4.3.4]$$

$K$  es la variación de la longitud por unidad de pendiente en  $m/\%$  .

Existen diferentes criterios para conocer la longitud mínima de la curva vertical, a continuación se mencionan algunos de ellos.

a) Seguridad.

La longitud mínima de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la distancia de parada. Los valores de  $K$  están dados por la siguiente tabla:



Tabla 4-6. Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

Velocidad de proyecto [km/h]	Valores del parámetro $K$ [m/%]			Longitud mínima aceptable [m]
	Curvas en cresta		Curvas en columpio	
	Carretera tipo		Carretera tipo	
	E	D, C, B, A	E, D, C, B, A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	14	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

b) Drenaje

Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o columpio, cuando estas se localizan en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La AASHO ha encontrado que para que esto ocurra debe cumplirse:

$$K = \frac{L}{A} \leq 43 \quad [4.3.5]$$

c) Rebase

La distancia de visibilidad de rebase solo se proporcionará cuando así lo indiquen las especificaciones del proyecto. Los valores del parámetro  $K$  para satisfacer este requisito son:

Tabla 4-7. Valores K para criterio de rebase. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

Velocidad de proyecto en [km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Parámetro $K$	18	32	50	73	99	130	164	203	245

5. Externa.

Es la distancia entre el *PIV* y la curva, medida verticalmente; se le representa como *E* .

$$E = \frac{AL}{800} \quad [4.3.6]$$

6. Flecha.

Es la distancia entre la curva y la cuerda *PCV – PTV* , medida verticalmente; se representa como *f* .

$$f = E \quad [4.3.7]$$

### 4.3 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 (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Las secciones se dibujan a cada veinte metros, porque se usan tanto para calcular los movimientos de tierras, como para especificar el proyecto constructivo.

Las características de la sección transversal dependen del tipo de carretera. Así, las autopistas y algunas autovías tienen sentidos de circulación divididos e incluso tienen cuerpos separados; por lo cual tendrá secciones trasversales diferentes para cada sentido de circulación. Los caminos y algunas autovías tienen dos carriles para los dos sentidos de circulación y por lo tanto, un solo tipo de sección transversal.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas, los taludes y las partes complementarias.

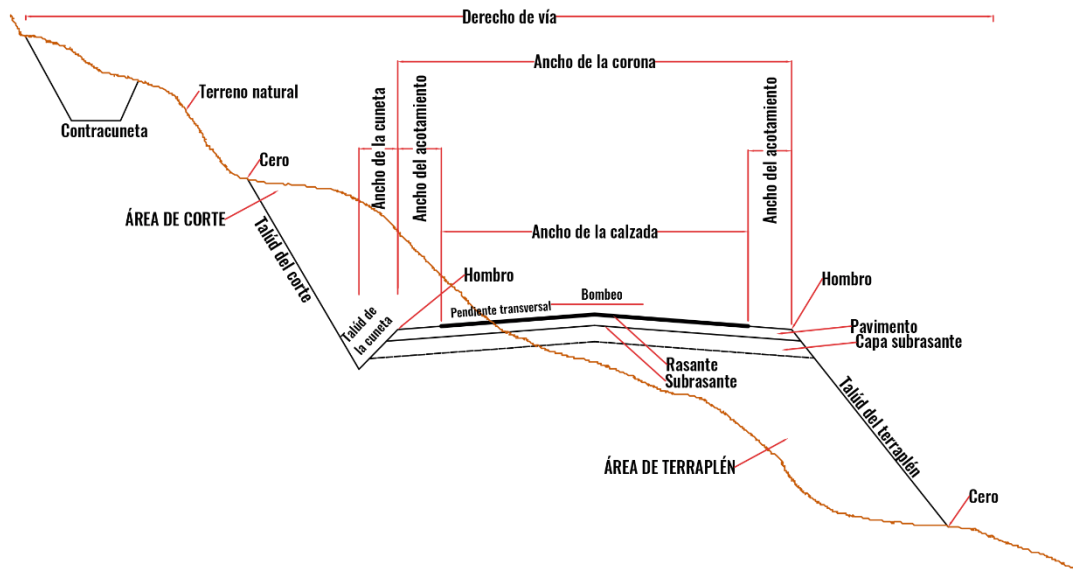


Figura 4-4. Ejemplo de sección transversal para carretera de dos carriles. (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).

### 4.3.1 Corona

La 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 o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.1.1 Rasante

Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.1.2 *Pendiente transversal*

Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal, se presentan tres casos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991):

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

##### 1. Bombeo.

El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991). En la siguiente tabla se dan valores guía para emplearse en el proyecto en función del tipo de superficie de rodamiento.

Tabla 4-8. Bombeo de la corona. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

<b>Tipo de superficie de rodamiento</b>		<b>Bombeo</b>
Muy buena	Concreto hidráulico o asfáltico, tendido con extendedoras mecánicas.	0.010 a 0.020
Buena	Mezcla asfáltica tendida con motoconformadora. Carpeta de riegos.	0.015 a 0.030
Regular o mala	Tierra o grava.	0.020 a 0.040

##### 2. Sobreelevación

La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

La expresión para calcular la sobreelevación es la siguiente:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - \mu \quad [4.4.1]$$

En donde:

$S$  = Sobreelevación, en valor absoluto.

$V$  = Velocidad del vehículo, en km/h

$R$  = Radio de la curva, en m

$\mu$  = Coeficiente de fricción lateral.

Con la expresión anterior puede calcularse la sobreelevación necesaria para que no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad dada.

De acuerdo con recomendaciones de SCT en México (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991), el valor máximo que puede tomar la sobreelevación es de 10% hacia el centro de la curva; excepto en los escasos lugares donde las heladas y nevadas son frecuentes, en donde la sobreelevación máxima se limita al 8% y un 6% en zonas urbanas.

### 3. Transición del bombeo a la sobreelevación

La transición desde el bombeo en tangente a la sobreelevación en curva se hace en la espiral de transición o, si no la hubiera, en un tramo de las tangentes aldañas que, por ello, recibe el nombre de tangente de transición. Para lograr la transición, se gira la corona sobre su eje o sobre una de sus orillas. Aunque el primer procedimiento suele ser más recomendable, puede haber situaciones en donde el segundo método es el adecuado (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.1.3 Calzada

La calzada es la parte de la corona por donde circulará el tránsito de vehículos; está constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal, aunque también se debe tener presente el ancho de calzada en curva horizontal.

Existen dos condiciones para tomar en cuenta sobre el ancho de calzada:

1. Ancho de calzada en tangente.

Se debe determinar el nivel de servicio en determinado año en la vida de la carretera, posteriormente con esos datos y estudios de índole económica, se puede determinar el ancho y el número de carriles de tal manera que el volumen de tránsito en ese año no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio previamente establecido.

Los anchos de carril usualmente son: 2.75m, 3.05m, 3.35m y 3.65m y normalmente se proyectan dos, cuatro o más carriles.

Cuando la pendiente es muy fuerte en tangentes verticales, puede ser necesario ampliar la calzada añadiendo un carril para el tránsito de vehículos lentos y así mejorar el nivel de servicio y la capacidad.

2. Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal.

Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, utiliza un ancho mayor que cuando circula sobre la tangente, debido a que el conductor experimenta cierta dificultad en mantener el vehículo en el centro del carril, por lo tanto, es necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este ancho adicional se le llama ampliación y se le debe proporcionar tanto a la calzada como a la corona.

Para fines de proyecto no se consideran las ampliaciones que resulten menores de 20 cm; si la ampliación resultase mayor, deberá redondearse al decímetro próximo superior.

La ampliación de la calzada en las curvas se da en el lado interior; la raya central se pinta posteriormente en el centro de la calzada ampliada.

En curvas circulares con espirales, la ampliación en la transición puede darse proporcionalmente a la longitud de la espiral, es decir:

$$A' = \frac{A}{l_e} l \quad [4.4.2]$$

En donde  $A'$  es la ampliación en una sección que está a  $l$  metros del  $TE$ ,  $l_e$  es la longitud de la espiral y  $A$  es la ampliación total en curva. Procediendo de esta manera se tendrá ampliación nula en el  $TE$ , ampliación total en el  $EC$ , y la orilla inferior de la calzada tendrá la forma de una espiral modificada.

#### 4.3.1.4 Acotamientos

Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991). Sus ventajas son las siguientes:

1. Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, en el que puede eludir accidentes potenciales o reducir su severidad, pudiendo también estacionarse en ellos en caso obligado.
2. Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, así como dar confinamiento al pavimento.
3. Mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo cuando el camino va en corte.
4. Facilitar los trabajos de conservación.
5. Dar mejor apariencia al camino.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel servicio a que el camino vaya a funcionar.

El color, textura y espesor de los acotamientos dependerá de los objetivos que se quiera lograr con ellos y su pendiente transversal será la misma que la de la calzada.

#### 4.3.2 Subcorona

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Las terracerías son el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, define los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos intermedios en donde la diferencia es nula, se les llama puntos de paso y a las líneas que unen esos puntos en un tramo del camino, línea de paso. A los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan el terreno natural, se les llama ceros y a las líneas que los unen a lo largo del camino, líneas de ceros (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

El pavimento es la capa o capas de material seleccionado o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por la sub-base,

la base y la carpeta, definiendo esta última la calzada del camino (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Los elementos básicos que definen a la subcorona para la construcción de un camino son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

#### 4.3.2.1 *Subrasante*

La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.2.2 *Pendiente transversal*

La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según que la sección esté en tangente, en curva o en transición (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.2.3 *Ancho*

El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

La expresión general para calcular el ancho  $A_s$  de la subcorona es la siguiente:

$$A_s = C + e_1 + e_2 + A \quad [4.4.3]$$

En donde:

$A_s$  = Ancho de la subcorona, en m

$C$  = Ancho de la corona en tangente, en m

$e_1$  y  $e_2$  = Ensanche, a cada lado del camino, en m

$A$  = Ampliación de la calzada en la sección considerada, en m

El ensanche es el sobrancho que se da a cada lado de la subcorona para que, con los taludes de proyecto, pueda obtenerse el ancho de corona después de construir las capas de base y sub-base; es función del espesor de base y sub-base, de la pendiente transversal y de los taludes.



Cuando el camino va en corte, el ensanche de la subcorona se calcula como:

$$e = \frac{B}{\frac{1}{t} + S} \quad [4.4.4]$$

En donde:

$e$  = Ensanche, en m

$B$  = Espesor de base y sub-base, en m

$t$  = Talud de la cuneta.

$S$  = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona y la subcorona, con su signo.

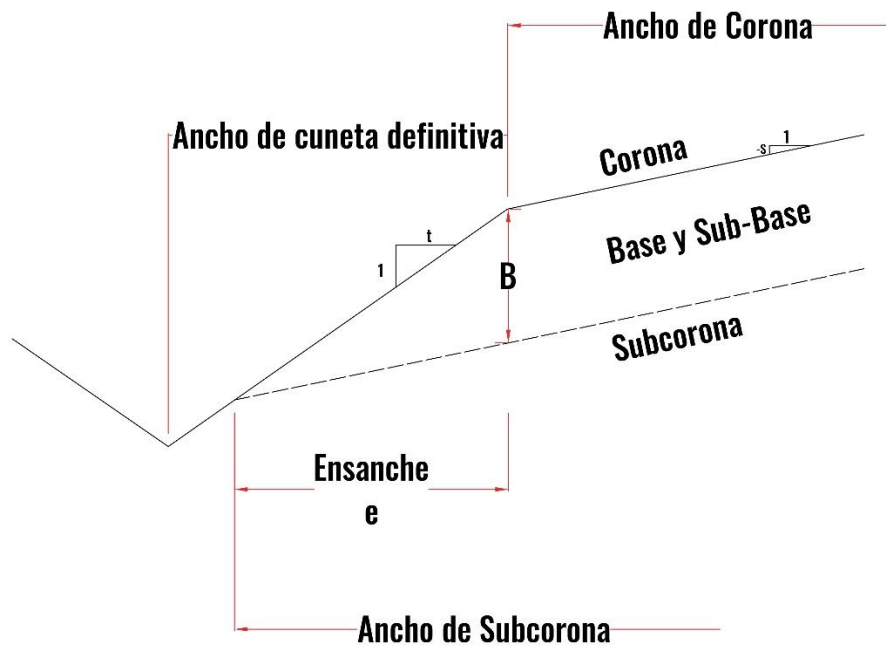


Figura 4-5. Ensanche de subcorona cuando corta en cuneta.

Cuando el espesor del pavimento o la pendiente transversal tienen valores altos, la subcorona corta primero al talud del corte antes que, al talud de la cuneta, en este caso la expresión para calcular el ensanche cambia. La expresión es:

$$e = \frac{\frac{1}{T} + \frac{1}{t} - B}{\frac{1}{T} - S} \quad [4.4.5]$$

En donde:

$e$  = Ensanche, en  $m$ .

$B$  = Espesor de base y sub-base, en  $m$ .

$T$  = Talud del corte.

$t$  = Talud de la cuneta.

$S$  = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona y la subcorona, con su signo.

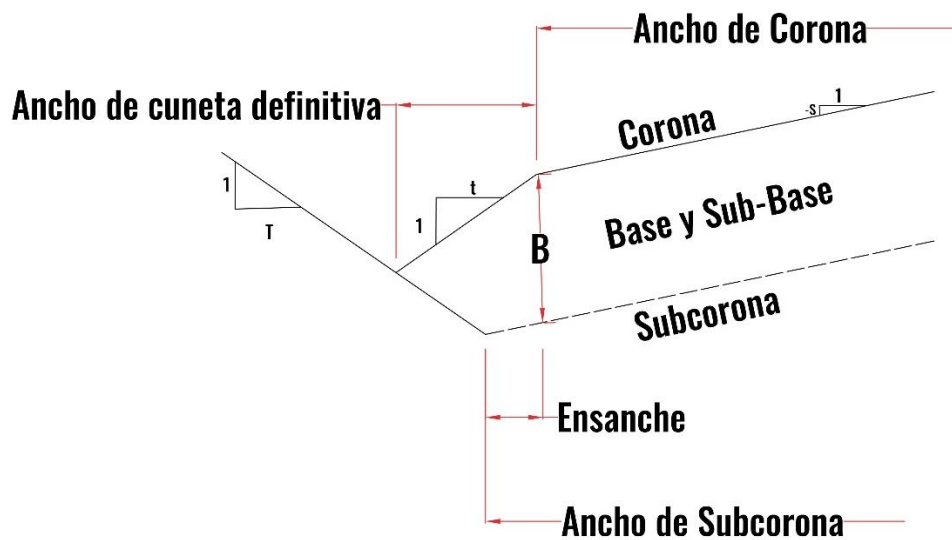


Figura 4-6. Ensanche de subcorona cuando corta en talud.

### 4.3.3 Cunetas y contracunetas

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

#### 4.3.3.1 Cunetas

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de  $1 m$ , medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección puede calcularse con los

métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y el área drenada (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.3.2 *Contracunetas*

Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendicularmente a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto en dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que los forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones que redunden en la inestabilidad de los taludes del corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, sustituirlas por bordos o buscar otra solución (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

#### 4.3.4 **Taludes**

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para éste es de 1.5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir as taludes en cada caso: La tabla resume la experiencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte respecto a las recomendaciones de los taludes en cortes (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991). Se tiene como norma para los cortes de más de siete metros de altura, realizar estudios con el detalle suficiente, a fin de fijar de un modo racional, los taludes y los procedimientos de construcción.

Tabla 4-9. Taludes recomendados en cortes. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Tipo de material	Taludes recomendables		Observaciones
	Hasta 8m	De 8 a 16m	
<b>Granito sano y masivo</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Descopetar a $\frac{3}{4}:1$ la parte intemperizada, si la hay
<b>Granito sano, en bloque</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{1}:1$	Amacizar taludes según la disposición de los bloques
<b>Granito sano, fracturado</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{1}{2}:1$	No se considera recomendable la construcción de berma en el cambio de talud.
			El talud recomendable variará de acuerdo con la disposición relativa de las diaclasas respecto al talud
<b>Granito fracturado y poco alterado</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{1}{2}:1$	Si el fracturamiento es uniforme y favorable
	$\frac{3}{4}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si no es favorable
	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si el fracturamiento es más intenso en la parte superior del corte
<b>Granito totalmente intemperizado (tucuruquay)</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si el producto de intemperización del granito es arena gruesa bien cementada y compactada
	$\frac{3}{4}:1$	1:1	Si el producto de intemperización es arena limosa o arcillosa con poca cementación y compacidad
<b>Dioritas</b>			Mismo comportamiento que los granitos
<b>Riolitas fracturadas en grandes bloques con sistemas de fracturamiento principal, horizontal y verticalmente. (Columnar)</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{2}:1$	No es adecuada la construcción de bermas
<b>Andesita fracturada en grandes bloques</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Si las fracturas no contienen arcillas
	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si las fracturas contienen arcilla
			Estas recomendaciones pueden variar notablemente dependiendo de la posición relativa de los planos de adiaclasamiento respecto al talud
<b>Andesita fracturada y poco alterada</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{2}:1$	

<b>Andesita fracturada y muy intemperizada</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Diabasa sana, poco fracturada</b>	$\frac{1}{8}:1$	$\frac{1}{4}:1$	
<b>Basalto columnar</b>	$\frac{1}{8}:1$	$\frac{1}{4}:1$	El que den las columnas, generalmente es vertical
<b>Basalto fracturado, sano</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Si el sistema de fracturamiento es favorablemente al talud
			Descopetar a $\frac{1}{2}:1$ la parte superior del corte si el fracturamiento es muy intenso
			Estas recomendaciones pueden variar notablemente dependiendo de la posición relativa de los planos de adiaclamamiento respecto al talud
<b>Basalto fracturado en bloques de todos tamaños (mal país)</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si está empacado en arcillas
	$\frac{3}{4}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Basalto muy fracturado y alterado</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{1}{2}:1$	
<b>Derrames basálticos intercalados con piroclásticas y tezontles</b>	$\frac{3}{4}:1$	1:1	Conviene la construcción de banquetta de 4m al pie del talud para recibir desprendimientos
<b>Tezontle suave bien cementado</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{2}:1$	
<b>Tezontle sano fragmentario</b>	$\frac{3}{4}:1$	1:1	
<b>Tezontle intemperizado</b>	$\frac{3}{4}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Tobas andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas y fuertemente cementadas</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Si presentan fracturamiento columnar, deberá darse la inclinación de dichas columnas
			Deberá tenerse especial cuidado para no usar explosivos en exceso
<b>Tobas brechoides medianamente cementadas</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Si están intemperizadas en la parte superior del corte
	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Un solo talud para cortes menores de 16m
<b>Tobas débilmente cementadas</b>	$\frac{3}{4}:1$	1:1	
<b>Lutita dura y resistente, con echado casi horizontal, poco fracturada</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	Construir contracunetas impermeables si se requiriesen

			Estos taludes recomendados pueden variar notablemente de acuerdo con la posición relativa de planos de sedimentación respecto al plano del talud
<b>Lutita suave muy fracturada</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{2}:1$	Si la parte superior del corte se encuentra más fracturada
	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	Construir contracunetas impermeables si se requiriesen
			Estos taludes recomendados pueden variar notablemente de acuerdo con la posición relativa de planos de sedimentación respecto al plano del talud
<b>Areniscas fuertemente cementadas</b>	$\frac{1}{8}:1$	$\frac{1}{8}:1$	
<b>Areniscas débilmente cementadas</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Conglomerado brechoide bien cementado con matriz silicosa</b>	$\frac{1}{8}:1$	$\frac{1}{8}:1$	
<b>Conglomerados cementados con matriz cálcica</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{4}:1$	
<b>Conglomerado pobremente cementado o con matriz arcillosa</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Caliza fracturada con echados casi horizontales</b>	$\frac{1}{8}:1$	$\frac{1}{8}:1$	Descopetar a $\frac{1}{2}:1$ la parte superior del corte, si el fracturamiento es muy intenso
			Estos taludes recomendados pueden variar notablemente de acuerdo con la posición relativa de planos de sedimentación respecto al plano del talud
<b>Caliza muy fracturada, cavernosa y poco alterada</b>	$\frac{1}{2}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Pizarras con planos de apizarramiento de 5 a 10cm de separación, con echados horizontales</b>	$\frac{1}{4}:1$	$\frac{1}{2}:1$	Se aconseja la construcción de contracunetas impermeables si éstas son necesarias
<b>Aglomerados medianamente compactos</b>	$\frac{3}{4}:1$	$\frac{3}{4}:1$	
<b>Arenas limosas pumíticas y vidrios volcánicos (jales)</b>	$\frac{3}{4}:1$	1:1	Protección de taludes inmediata, mediante "tepes", cunetas y contracunetas impermeabilizadas

<b>Limos arenosos muy compactos (tepetates)</b>	$1/4:1$	$1/2:1$	
<b>Arcillas poco arenosas firmes (homogéneas)</b>	$1/2:1$	$1/2:1$ a $3/4:1$	
<b>Arcillas muy suaves, expansivas y compresibles</b>	1:1	1.5:1	Si existe nivel freático se requerirá buen subdrenaje
<b>Caolín, producto de alteración de dioritas</b>	1:1		Cubrir con "tepes" el talud. Altura máxima de corte 8m. Si existe nivel freático se requerirá buen subdrenaje

### 4.3.5 Estructuras complementarias

Son todos aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

#### 4.3.5.1 Guarniciones y bordillos

Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. El tipo y ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y, por tanto, en la seguridad y utilidad del camino (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Los tipos usuales de guarnición son las verticales y las achaflanadas, las primeras tienen su parte saliente de 0.20 m como máximo y su cara exterior sensiblemente vertical, de manera que los vehículos no puedan sobrepasarlas; las segundas tienen la parte saliente achaflanada para que en caso de emergencia, los vehículos puedan pasar sobre ellas con relativa facilidad. A continuación, se ilustran ambos tipos de guarniciones.

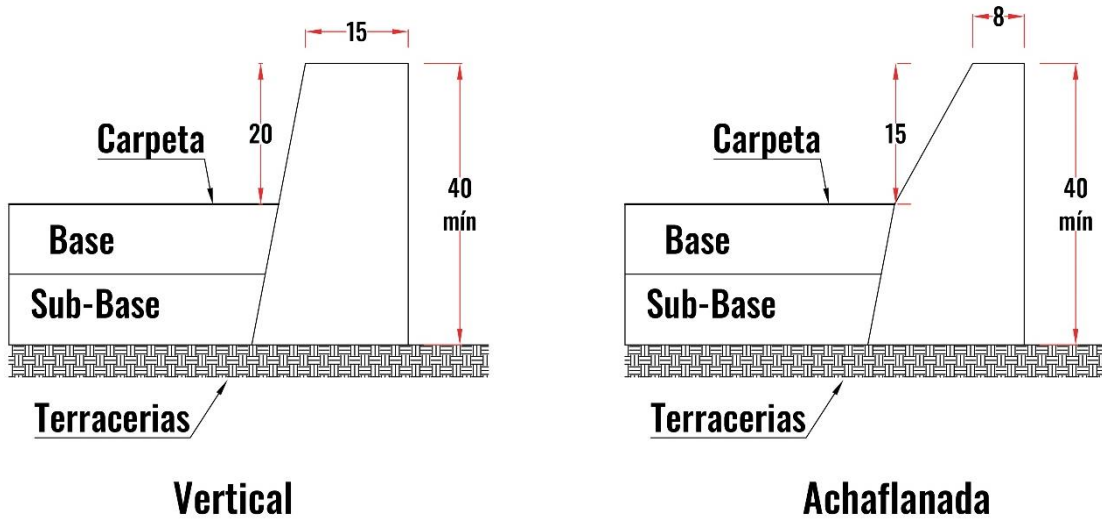


Figura 4-7. Tipos de guarnición.

Los bordillos son elementos, generalmente de concreto asfáltico, que se construyen sobre acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, a fin de encauzar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el talud del terraplén (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

El caudal recogido por el bordillo se descarga en lavaderos construidos sobre el talud del terraplén.

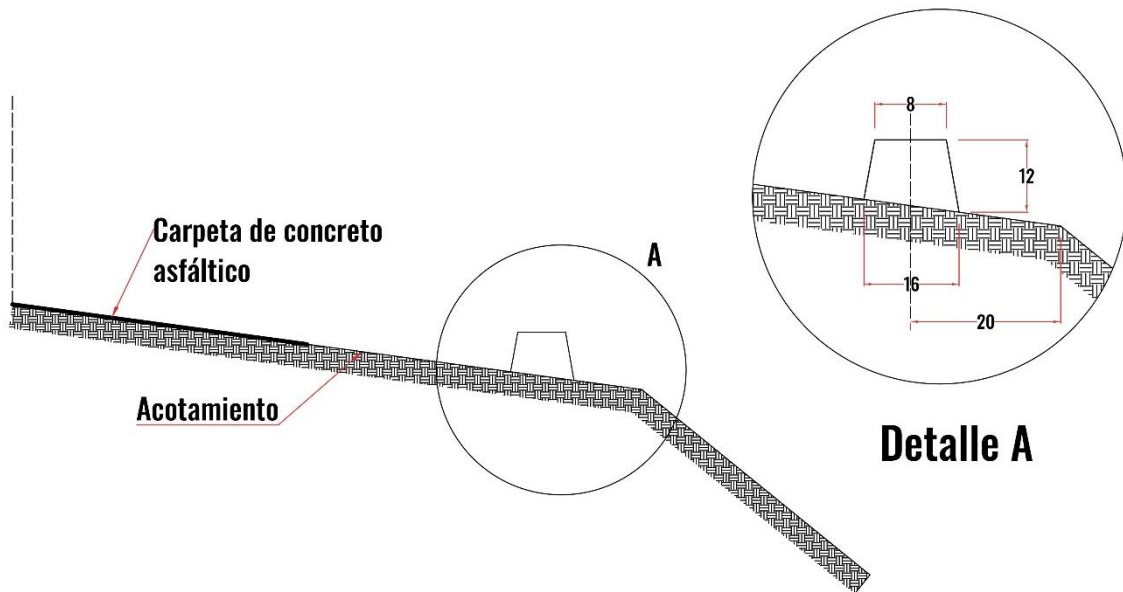


Figura 4-8. Bordillo.



#### 4.3.5.2 *Banquetas*

Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias.

La justificación del proyecto de banquetas depende del peligro a que estén sujetos los peatones en caso de no haberlas, lo que a su vez está gobernado por la circulación horaria de peatones y el volumen y la velocidad de tránsito. Cuando la circulación de peatones es eventual no es necesario construir banquetas (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011a).

#### 4.3.5.3 *Fajas separadoras y camellones*

Se llaman fajas separadoras a las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido, pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas separadoras centrales y a las segundas, fajas separadoras laterales. Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior al de la calzada, toman el nombre de camellones, que igualmente pueden ser centrales o laterales; su ancho es variable dependiendo del costo de la vía y de las necesidades del tránsito. El ancho mínimo es 1.20m (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Los camellones centrales se usan en caminos de cuatro o más carriles; los laterales se proyectan en zonas urbanas y suburbanas para separar el tránsito directo del local en una calle o camino lateral.

En ocasiones, se pone en los camellones centrales setos altos para evitar el deslumbramiento de los usuarios; en las curvas horizontales, este seto reduce la distancia de visibilidad, por lo que en estos casos debe eliminarse o proyectar el camellón con un ancho tal que el seto permita tener al menos la distancia de visibilidad de parada, correspondiente a la velocidad de proyecto del tramo para el carril inmediato al camellón.

#### 4.3.6 **Derecho de vía**

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de la vía y de sus servicios auxiliares. El ancho del derecho de vía dependerá de las necesidades que se deben satisfacer.

En general se recomienda que el derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que, para diferentes propósitos como taludes de corte o terraplén, se requiera disponer de un mayor ancho (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

## 5. Carretera Puxmetacán – Tierra Negra

### 5.1 Generalidades de la zona

La propuesta definitiva de carretera que se hará se encuentra ubicada en el estado de Oaxaca; busca conectar las poblaciones de Santa María Puxmetacán y Santa Cruz Tierra Negra.

Ubicado en el suroeste de México, el estado de Oaxaca es el quinto estado en extensión territorial con una superficie de 95, 364 km<sup>2</sup> aproximadamente, que representa el 4.8% de la extensión del país. El estado colinda al norte con los estados de Puebla y Veracruz, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el estado de Guerrero (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s.f.).

Es uno de los estados con un relieve muy accidentado debido a la confluencia de diversos sistemas montañosos y cerriles como lo son: Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Sur y Cordillera Centroamericana (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2013).

Debido al relieve montañoso también el estado es locación de una gran cantidad de ríos como: Atoyac-Verde, Grande-Salado, Puxmetacán-Trinidad, Cajonos, Santo Domingo, El Corte, Tehuantepec, Mixteco, entre otros varios (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s.f.).

Las localidades de estudio Santa María Puxmetacán y Santa Cruz Tierra Negra se encuentran en los municipios de San Juan Cotzocón y San Juan Mazatlán respectivamente, ambas ubicados en el distrito mixe del estado (Santa María Puxmetacán: PueblosAmerica.com, s.f.).

El distrito mixe se encuentra al noreste del estado de Oaxaca. Colinda al noroeste con los ex distritos de Villa Alta; al norte con Choapam y con el estado de Veracruz; al sur con Yautepec y al sureste con Juchitán y Tehuantepec. El territorio abarca una superficie total de 4 668.55 km<sup>2</sup> y está enclavado casi en su totalidad en la zona de la Sierra Madre del Sur (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2017).

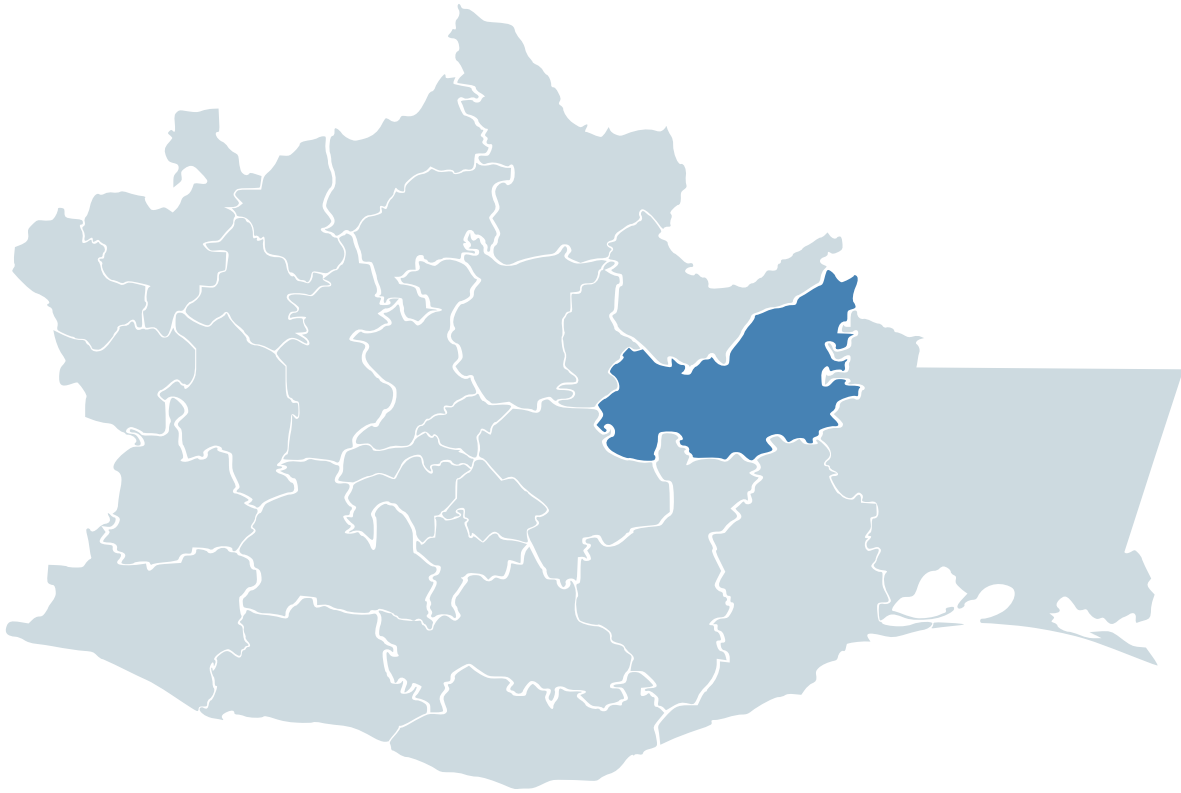


Figura 5-1. Localización del distrito Mixe en el estado de Oaxaca.

En el distrito mixe, coexisten gran variedad de microclimas, generados por la altitud, las orientaciones de las vertientes montañosas y la accidentada topografía.

## 5.2 Infraestructura carretera existente

La principal vía de comunicación de los pueblos mixes con la ciudad de Oaxaca es la carretera Oaxaca – Ayutla, que atraviesa el Valle de Tlacolula, Mitla y los pueblos de Albarradas.

El camino más importante es el que parte de Ayutla, pasando por Cacalotepec. En San Isidro Huayapan, este camino se ramifica hacia San Miguel Quetzaltepec y San Lucas Camotlán, atravesando San Juan Bosco Chuxnabán y Santa Cruz Condoy; la otra ramificación sigue hacia Estancia de Morelos y Alotepec, de donde salen los caminos hacia Santiago Zacatepec y, sobre todo a la parte baja, conectando a las comunidades de San Juan Cotzocón, Santa María Matamoros, Santa María Puxmetacán, San Juan Oztolotepec y San Juan Jaltepec de Candoyoc, donde se une a la carretera Tuxtepec-Palomares (Torres Cisneros, 2004).

Ésta, a través de sus ramificaciones conecta a los pueblos de San Juan Guichicovi, Santa María y Santo Domingo Petapa, en el Distrito de Juchitán.

La comunidad de Santa María Nativitas, Coatlán se puede alcanzar por la desviación de Jalapa del Marqués o por Ciudad Ixtepec, mientras que a San Juan Mazatlán se llega por la desviación de la mixtequita, cerca de Palomares (Secretaría de comunicaciones y Transportes, 2008).

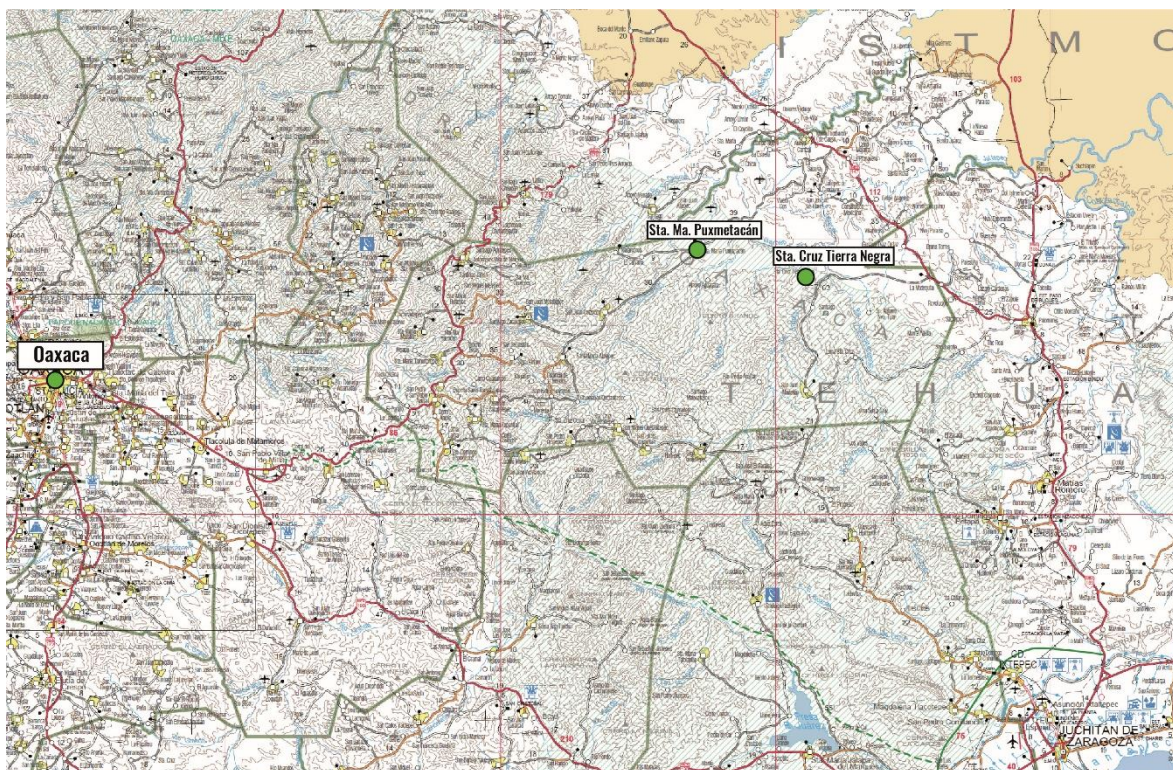


Figura 5-2. Carreteras en la zona mixteca. (Secretaría de comunicaciones y Transportes, 2008).

En cuanto a las actividades económicas, los pueblos mixtes consideran a la tierra como la principal fuente de vida, por lo que la agricultura es la principal actividad de la región. La agricultura mixteca gira en torno al cultivo del maíz, el frijol, el chile y la calabaza. Para los mixtes, el maíz es el foco de sus actividades económicas pues este ha sido desde hace mucho tiempo, la fuente de su subsistencia (Torres Cisneros, 2004).

Además de los productos antes mencionados, en las zonas altas y frías se cultiva papa, ajo, durazno y aguacate; en las zonas templadas y cálidas, camote, café, caña de azúcar, aguacate y plátano; en la zona central y baja, café, cítricos y otros productos (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2017).

La producción agrícola es aún de autoconsumo en diversos pueblos de la región, sin embargo, en últimos años esta producción ya no es suficiente debido a factores como el crecimiento de la población, el agotamiento de las tierras o la importación de productos más baratos, por lo que se vuelve vital la comunicación entre los diferentes pueblos para fortalecer el intercambio de productos y así cubrir todas las necesidades de sus habitantes (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2017).

Después de la agricultura, la recolección de frutos de temporada, plantas y leña para combustible, así como la pesca y la caería, son las actividades de mayor importancia (Torres Cisneros, 2004).

### **5.3 Justificación del proyecto**

Como se ha mencionado, la zona está comunicada por una serie de caminos que facilitan el traslado entre los diferentes pueblos, sin embargo, la estructura vial existente no es suficiente para proveer una movilidad de calidad entre las comunidades.

La existencia de un camino nuevo entre dos comunidades que antes se encontraban aisladas tiene consecuencias positivas que se ven reflejadas en los ámbitos de lo político, económico, cultural y social.

En el caso de la zona de estudio, un camino nuevo impactará directamente en la economía de la zona de manera positiva, debido a la reducción de tiempos de traslado por lo que el comercio entre las dos localidades se dará de una manera más rápida, cómoda y eficaz y eficiente.

También, la mejora en la comunicación de los pueblos puede tener beneficios externos, como la atracción del turismo hacia la zona, que ahora será más accesible para la gente externa.

Otra de las razones por la cual se plantea este proyecto, es para conectar dos zonas a partir de caminos que ya existen para no sólo beneficiar a dos comunidades sino a varias que ya están conectadas.

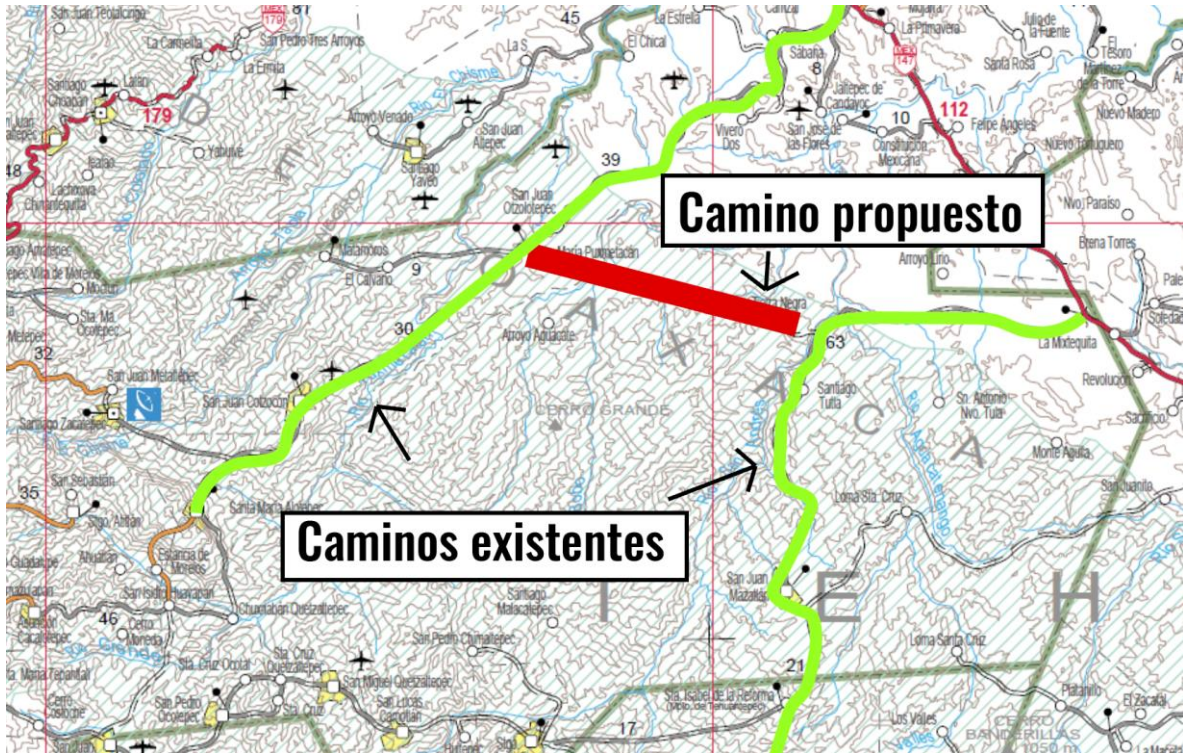


Figura 5-3. Caminos existentes.

Los pueblos beneficiados son aquellos que pertenecen a los municipios de San Juan Cotzocón y San Juan Mazatlán.

A continuación, algunos datos sobre los puntos origen-destino de la nueva propuesta de carretera.

- **Santa María Puxmetacán**

Se encuentra ubicado en el municipio de San Juan Cotzocón. Cuenta con 1389 habitantes de los cuales 676 son hombres y 704 son mujeres. El 100% de la población es indígena de los cuales el 88.55% habla una lengua indígena, de estos últimos el 16.09% no habla español. La localidad cuenta con 360 viviendas (Santa María Puxmetacán: PueblosAmerica.com, s.f.).

- **Santa Cruz Tierra Negra**

La localidad se sitúa en el municipio de San Juan Mazatlán. Hay 629 habitantes de los cuales 316 son hombres y 313 son mujeres. 99.36% de los habitantes es indígena y 85.85% habla una lengua indígena de los cuales 14.94% no habla español. En Tierra Negra existen 151 viviendas (Tierra Negra: PueblosAmerica.com, s.f.).

Por falta de información de estudios de tránsito, se propone para el proyecto una carretera tipo C y una velocidad de proyecto de 70km/h. Se escogen las características anteriores debido a que la carretera tipo C es el tipo de carretera más sencillo y para menos volumen de tránsito que debe ser pavimentado. La velocidad de 70 km/h se escoge debido a que es la velocidad intermedia para las carreteras tipo C que tienen velocidades de proyecto que varían entre desde 40 hasta 110 km/hr (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

## 5.4 Selección de ruta preliminar.

### 5.4.1 Recopilación de información

Para empezar, se realizó la recopilación de datos a partir de cartas topográficas del INEGI obtenidas de su página de internet, dichas cartas se encuentran en escala 1:50 000. La zona de estudio se encuentra localizada dentro de los alcances de dos cartas topográficas:

- Carta San Felipe Zihualtepec E15C32
- Carta San Juan Mazatlán E15C42

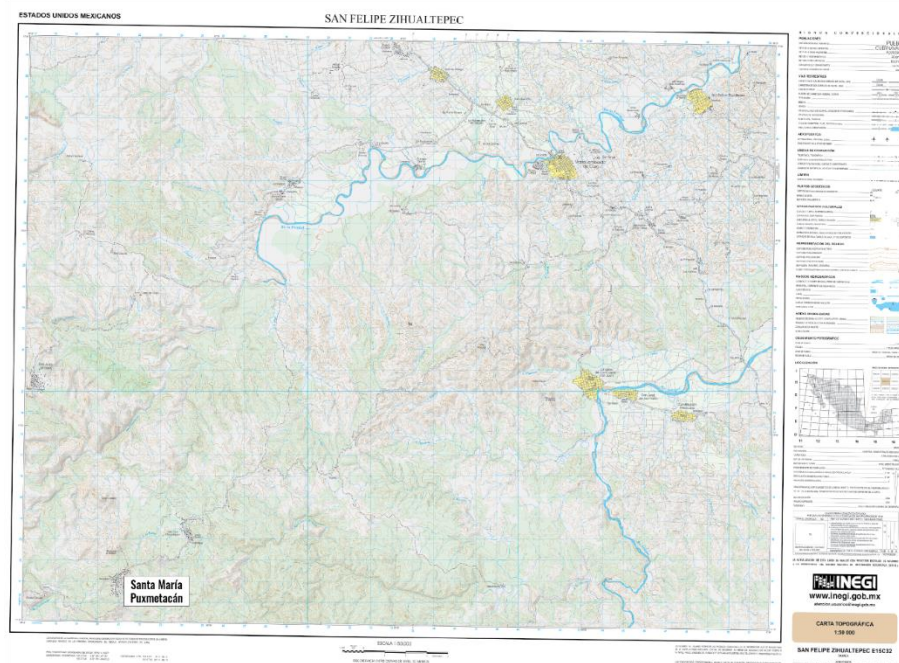


Figura 5-4. Carta San Felipe Zihualtepec E15C32.

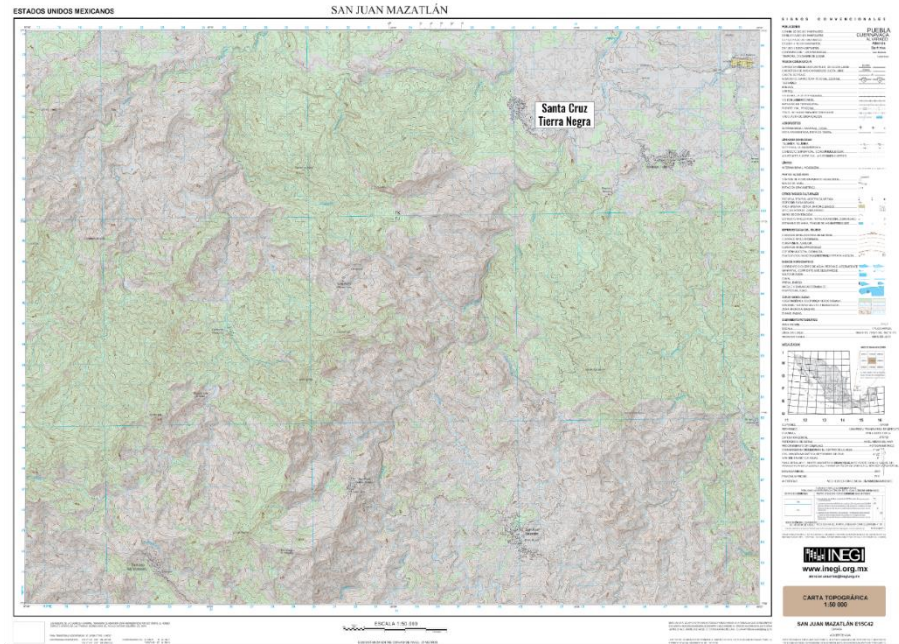


Figura 5-5. Carta San Juan Mazatlán E15C42.

No se puede desarrollar el proyecto con cartas separadas, por lo que fue necesario editarlas con software para poder trabajar con ellas, de tal manera que se unieron ambas cartas topográficas para tener la zona de estudio en una misma imagen.

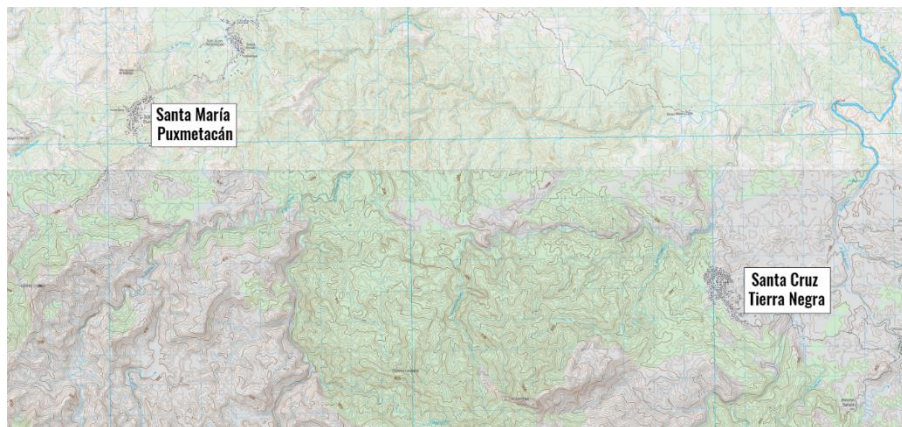


Figura 5-6. Carta topográfica completa.

Una vez definida la zona de estudio en las cartas topográficas, se localizan los puntos obligados origen-destino mencionados en el capítulo 2 de esta tesis.

De tal manera se encontraron ríos, puertos topográficos, así como los caminos existentes para realizar las conexiones con el nuevo camino propuesto. No existen poblados intermedios que obstaculicen el paso de una nueva carretera.



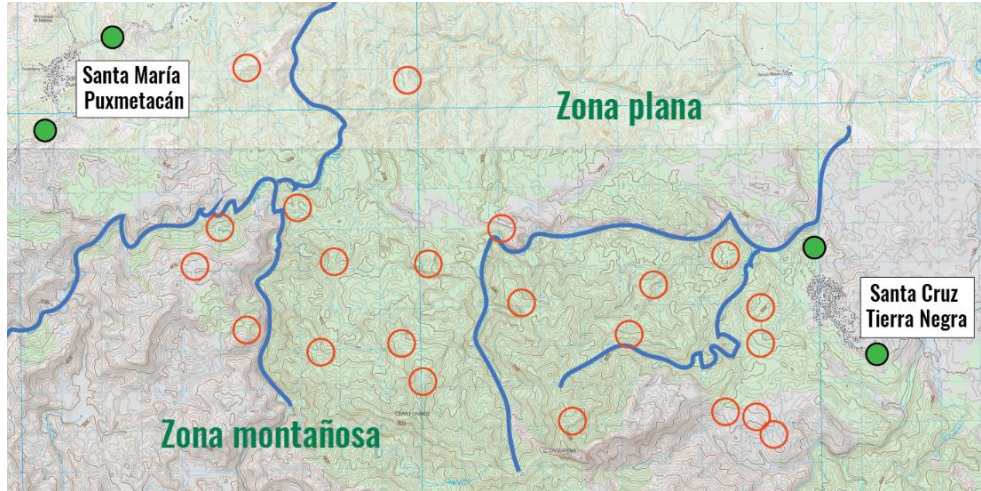


Figura 5-7. Puntos obligados.

En la figura se indican:



**Puntos.**



**Posibles conexiones con caminos existentes.**



**Ríos de gran caudal.**

## Tipo de zona

Una vez ubicados los puntos obligados, se procede a realizar las tres propuestas que estipula SCT, para trazo preliminar y posteriormente seleccionar una definitiva entre estas. Cada una de las propuestas siguió un mismo procedimiento, por lo tanto, se hará una descripción general que englobe las tres propuestas.

*A partir de este punto, los análisis del presente proyecto fueron realizados en el software profesional Autodesk Civil 3D en su versión 2018.*

### 5.4.2 Análisis topográfico y línea a pelo de tierra

Para poder hacer este análisis en Civil 3D, es necesario contar con la restitución fotogramétrica de la zona; la restitución fotogramétrica es la reconstrucción en digital del relieve de la zona. Se lleva a cabo a partir de un archivo extraído de Google Earth que contiene información topográfica de la zona de estudio, es decir, contiene los datos sobre las elevaciones del terreno; posteriormente este archivo es procesado para convertir la información topográfica mencionada en un archivo manejable y editable en Civil 3D que además presente los datos de las elevaciones del terreno de manera gráfica en curvas de nivel que faciliten el uso para los procedimientos siguientes.

Una vez que se tiene la restitución lista para utilizarse en Civil 3D, se procede a realizar los análisis necesarios para la obtención de alineamiento horizontal, alineamiento vertical y secciones transversales.

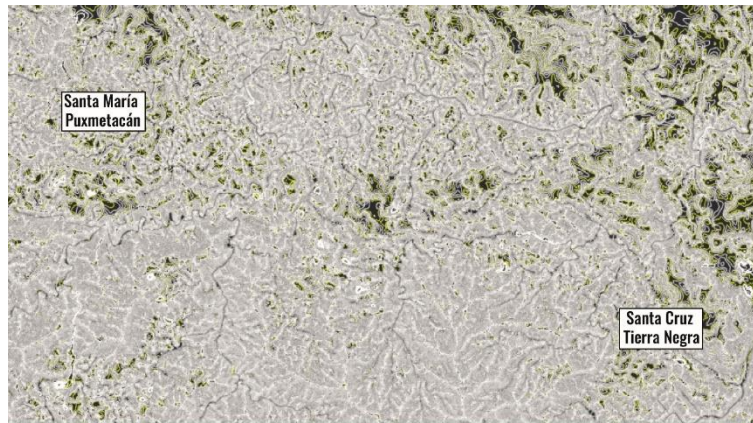


Figura 5-8. Restitución en Civil 3D.

La distribución de las curvas de nivel es la siguiente:

- Curvas blancas - Desnivel de 2 metros entre cada una.
- Curvas amarillas – Desnivel de 10 metros entre cada una.

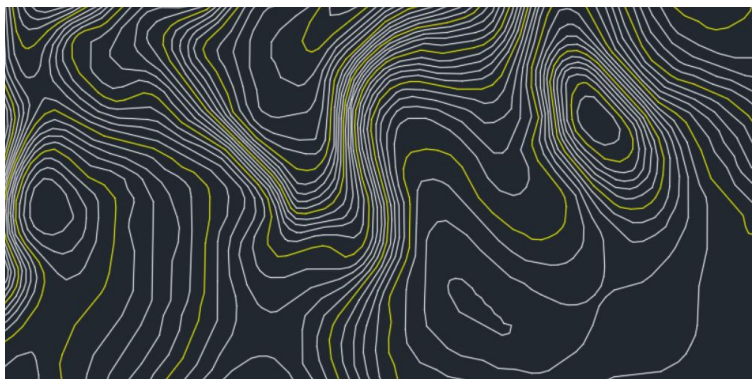
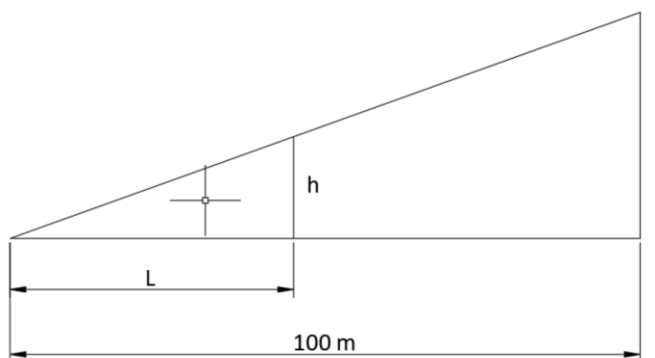


Figura 5-9. Detalle de curvas de nivel.

El análisis topográfico se realizó considerando una pendiente de 6%, ya que, por reglamento para zonas montañosas, los caminos tipo C tienen una pendiente máxima de hasta 8%. SCT recomienda tener un margen de seguridad de 2% respecto a la pendiente máxima al momento de proyectar una línea a pelo de tierra, este margen coincide con la pendiente gobernadora.

Como se explica en el capítulo 2 de esta tesis, se utiliza el método del *compaseo* para obtener la línea a pelo de tierra; dentro del software se realiza mediante la creación de círculos con un radio de igual magnitud que la distancia requerida para bajar un desnivel de 2m con una pendiente de 6%. El desnivel es de 2 metros porque en la restitución, las curvas de nivel se encuentran indicadas con ese desnivel.

La distancia se calculó de la siguiente manera:



$$\frac{L}{100} = \frac{h}{i}$$

$$L = \frac{100h}{i}$$

Para este caso:

$$L = \frac{100 \times 2}{6} = \frac{200}{6} = 33.33m$$

Por lo tanto, la distancia horizontal que se debe recorrer es de **33.33 metros** entre cada curva de nivel para conservar una pendiente de 6%.

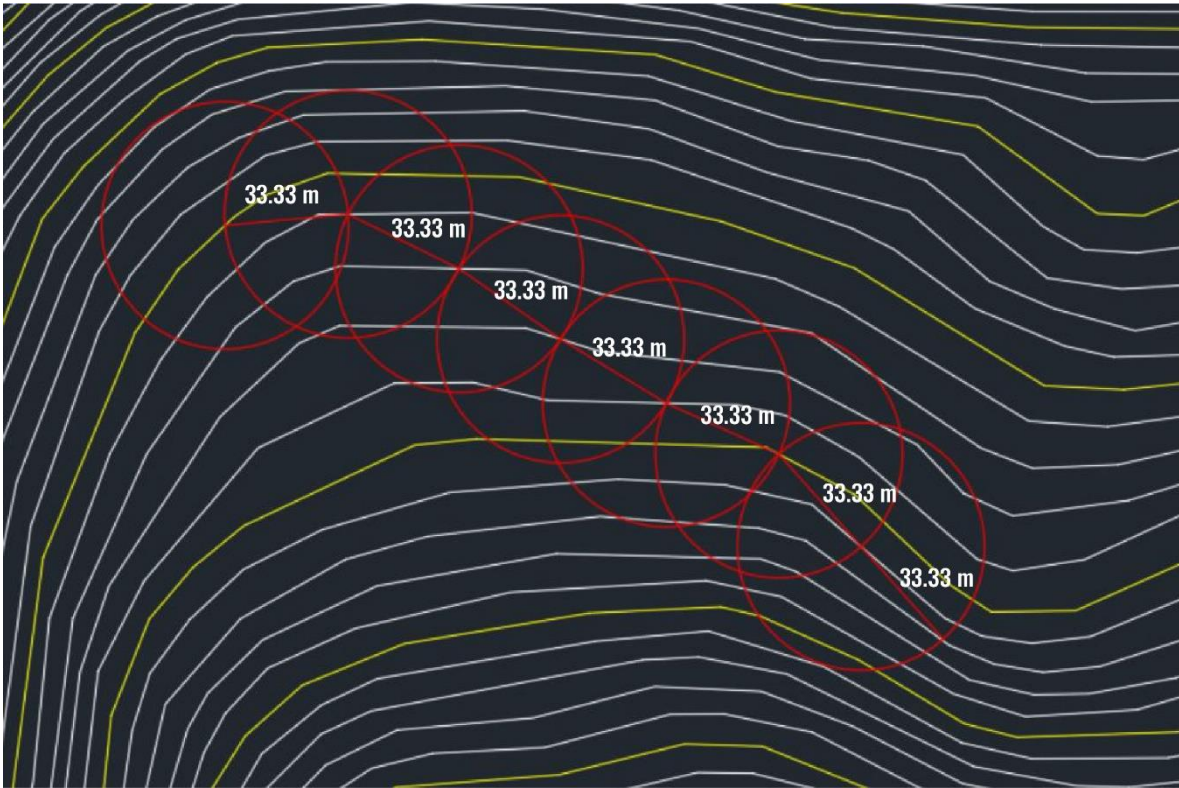


Figura 5-10. Ejemplo de compaseo y línea a pelo de tierra.

El compaseo y línea a pelo de tierra se realizan entre el origen y el destino, intentando evitar largos cruces de ríos, pasos por laderas muy inclinadas e intentando cruzar por puertos para evitar cortes y terraplenes de gran magnitud.

Los puntos de conexión de la nueva carretera con caminos existentes se escogieron de acuerdo con la topografía y con la decisión de trazar las tres alternativas por diferentes zonas del lugar de estudio.

Quedan definidas tres zonas:

- Zona montañosa – Alternativa 1
- Zona de transición – Alternativa 2
- Zona plana – Alternativa 3



Figura 5-11. Distribución de zonas.

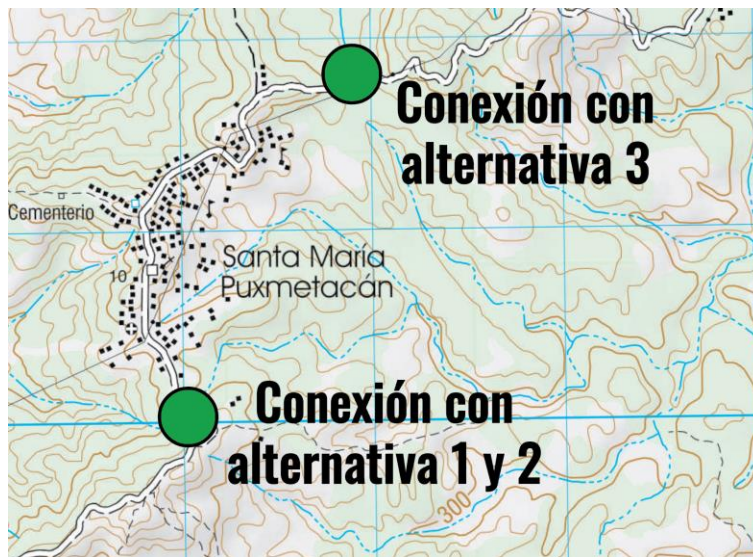


Figura 5-12. Conexión con caminos existentes Santa María Puxmetacán.

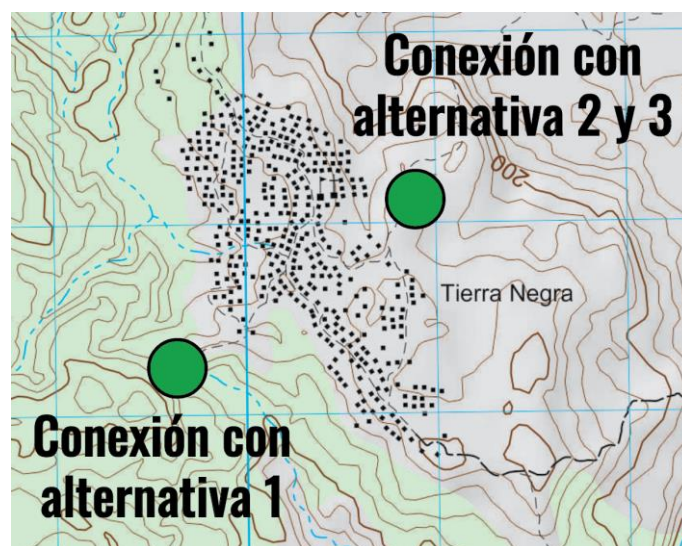


Figura 5-13. Conexión con caminos existentes Santa Cruz Tierra Negra.

Una vez hecho el compaseo en cada zona, se traza la línea a pelo de tierra que, para las tres alternativas, queda de la siguiente manera:

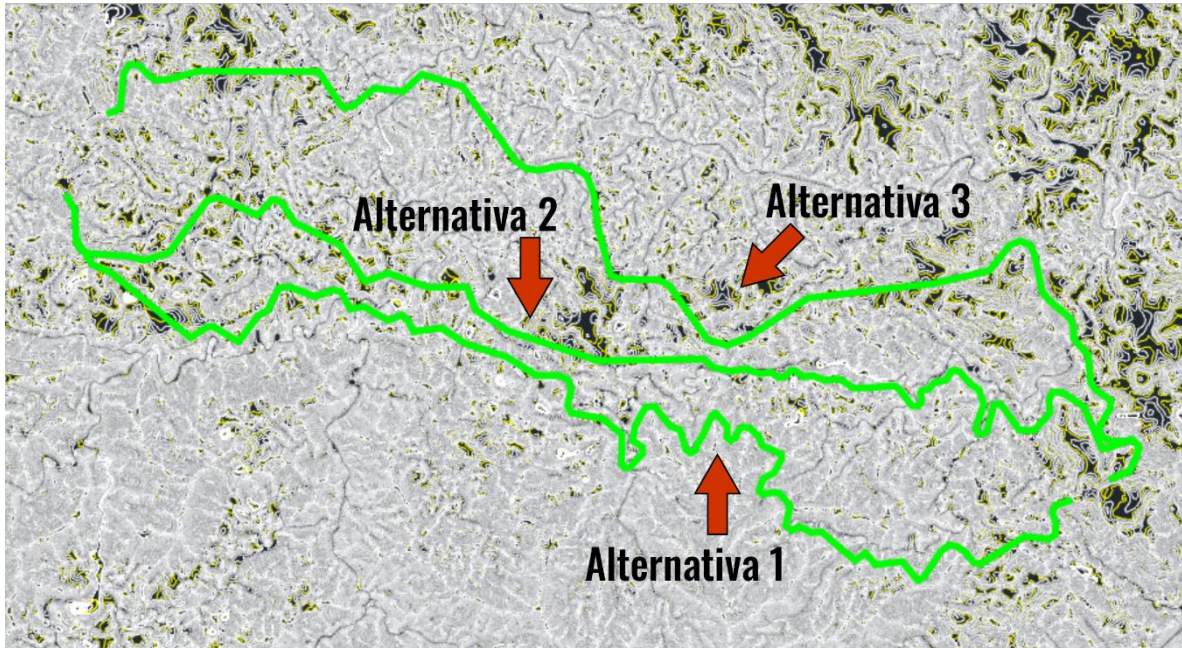


Figura 5-14. Línea a pelo de tierra.

### 5.4.3 Trazo preliminar

Finalizadas las propuestas de línea a pelo de tierra se propone un trazo preliminar, poligonales abiertas que representan las tangentes que se utilizarán posteriormente y a partir de las cuales se trazarán las curvas.

La poligonal mencionada debe ajustarse en la medida de lo posible a los puntos indicados por la línea a pelo de tierra y seguir su trayectoria, evitando tramos muy cortos entre cada quiebre.

Cuando se tienen juntos muchos quiebres y no una tangente lo suficientemente larga, se recomienda utilizar una curva grande para sustituir lo que serían varias curvas pequeñas, como se ve en las siguientes figuras:

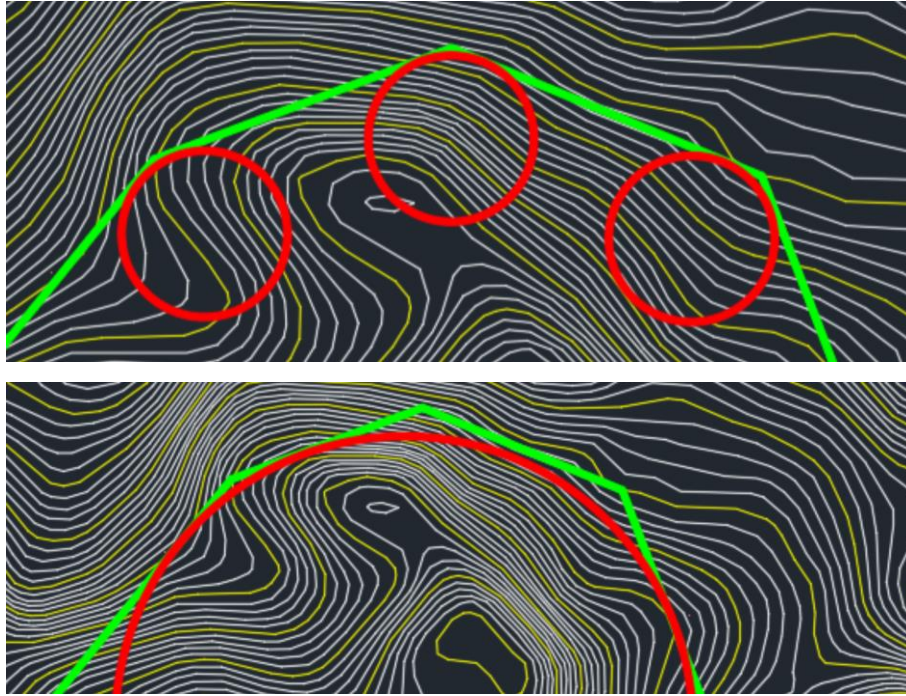


Figura 5-15. Reducción de curvas.

En el caso mencionado, se deberá considerar alargar las tangentes de entrada y salida de lo que sería la nueva curva hasta que ambas hagan una intersección en lo que sería el nuevo *PI* de la curva mencionada.



Figura 5-16. Ubicación de PI.

Este nuevo punto formará parte de la línea definitiva.

Una vez hechas las correcciones para cada alternativa, los trazos preliminares quedan de la siguiente manera:

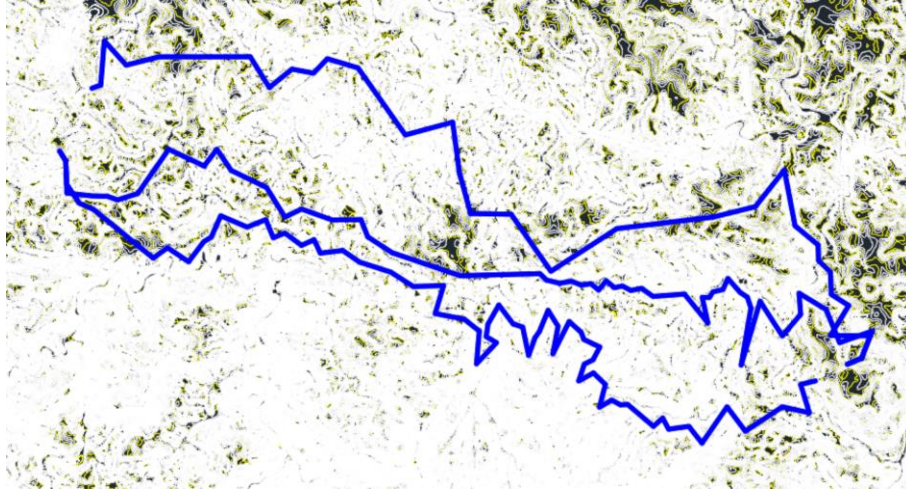


Figura 5-17. Trazos preliminares con PI propuestos.

Con esta nueva información ya es posible crear un alineamiento horizontal en Civil 3D, esta función es la herramienta que permitirá continuar el análisis hasta obtener un trazo definitivo.

## 5.5 Propuesta de elementos geométricos

### 5.5.1 Alineamiento horizontal

Se procede a realizar una propuesta de los elementos geométricos, es decir, las curvas y las tangentes. Se toma como referencia el trazo preliminar y se intenta respetar en la medida de lo posible.

Los “quiebres” de la poligonal pasan a ser los *PI* y es el lugar en donde entrarán las curvas. Para las propuestas de curvas se deben tener varios puntos en cuenta que ya han sido mencionados en el capítulo 3 de esta tesis, además de algunas otras recomendaciones por parte de SCT como:

- Se debe procurar mantener la velocidad de proyecto, si no es posible, reducirla lo menos posible.
  - Utilizar grados de curvatura pequeños para tener curvas más amplias y suaves.
  - No restringir el uso de curvas con espirales de transición.
- En general intentar mantener una mínima longitud tanto de tangentes como de curvas, de 100 metros.



Los elementos geométricos propuestos en esta fase pueden ser modificados posteriormente en virtud del alineamiento vertical o secciones transversales y sus respectivos análisis.

El trazo preliminar, es una poligonal abierta que indica las tangentes y los PI futuros de las curvas que se introducirán. En Civil 3D el trazo preliminar está representado por una polilínea a lo largo de toda la ruta en las tres alternativas, dicha polilínea se dibuja a partir del análisis realizado para la obtención de la ruta preliminar, este procedimiento ya fue ejemplificado en el apartado anterior.

Con el trazo preliminar realizado, se deben ahora introducir las curvas; para llevar a cabo esta labor, se debe transformar la polilínea en elementos de alineamiento horizontal de Civil 3D.

Al realizar este procedimiento, el software permite introducir parámetros de diseño de carreteras para ayudar al momento de revisar las propuestas realizadas. Civil 3D tiene soporte para normas mexicanas que se basan en los lineamientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Se utilizan los parámetros mencionados para agilizar la revisión del modelo, así como para asegurar la calidad del proyecto.

Civil 3D, además, hace distinción de las tres propuestas en colores y formatos de presentación.

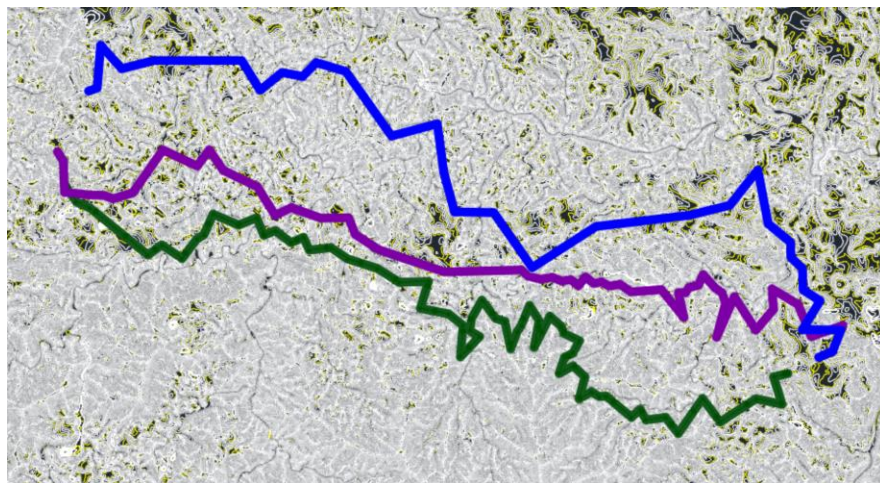


Figura 5-18. Alineamientos horizontales a partir de polilíneas.

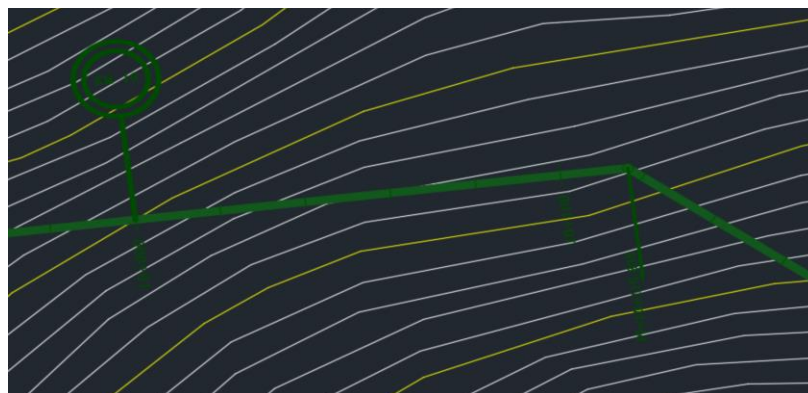


Figura 5-19. Detalle alternativa 1.

Se puede observar que cada alternativa adquiere un color diferente con sus etiquetas correspondientes que indican el cadenamamiento a cada 100 metros y los cadenamamientos de cada *PI*

Para el trazo de curvas es necesario que éstas cumplan con los parámetros establecidos por SCT, por lo tanto, deben estar regidas por la velocidad de proyecto para conocer su grado máximo de curvatura.

SCT facilita los valores calculados de grado máximo de curvatura para carreteras tipo C en una tabla contenida en sus Normas de Servicios Técnicos.

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.63	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1 00	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1 15	916.74	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1 30	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1 45	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58
2 00	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2 15	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	53	60	8.7	70
2 30	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2 45	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3 00	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3 15	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3 30	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3 45	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4 00	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4 15	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4 30	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4 45	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5 00	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5 30	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
6 00	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6 30	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7 00	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7 30	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
8 00	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8 30	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9 00	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9 30	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10 00	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11 00	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12 00	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13 00	88.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14 00	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15 00	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16 00	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17 00	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18 00	63.66	130	8.9	28																		
19 00	60.31	130	9.1	29																		
20 00	57.30	140	9.2	29																		
21 00	54.57	140	9.4	30																		
22 00	52.09	150	9.5	30																		
23 00	49.82	150	9.6	31																		
24 00	47.75	160	9.7	31																		
25 00	45.84	160	9.8	31																		
26 00	44.07	170	9.9	32																		
27 00	42.44	170	9.9	32																		
28 00	40.93	180	10.0	32																		
29 00	39.51	190	10.0	32																		
30 00	38.20	190	10.0	32																		

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

Sc Sobre elevación, en porcentaje

Le Longitud de la transición, en metros

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

Notas.- Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se contienen por Interpolación lineal

Figura 5-20. Ampliaciones, sobre elevaciones y transiciones para carreteras tipo C. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984).

El uso de esta tabla es de vital importancia ya que muestra los valores de grado máximo de curvatura por velocidad de proyecto, así como la indicación de dónde utilizar espirales de transición.

Cabe recordar que, aunque la velocidad de proyecto es de 70 km/h, esta puede aumentar o disminuir de acuerdo a las necesidades del proyecto siempre y cuando se haga en incrementos o decrementos de 10 km/h procurando no alejarse demasiado de la velocidad de proyecto, por lo que pueden utilizarse grados de curvatura más grandes de los que permite la velocidad de 70 km/h.

Al momento de trazar curvas es importante recordar las recomendaciones de SCT de apegarse lo más posible a la velocidad de proyecto y siempre debe buscarse que la velocidad sea lo más constante posible.

Mencionado lo anterior se hace una primera propuesta de curvas horizontales para el proyecto.

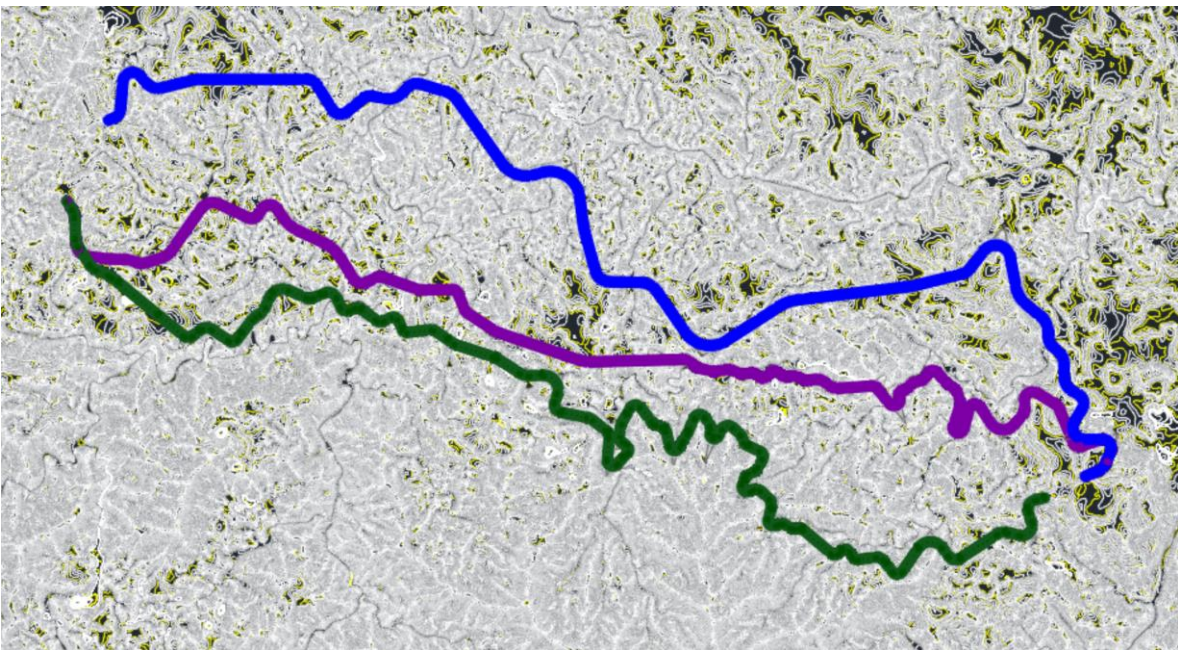


Figura 5-21. Primera propuesta de curvas horizontales.

Se puede apreciar que el trazo definitivo de esta primera propuesta se asemeja mucho a la línea a pelo de tierra.

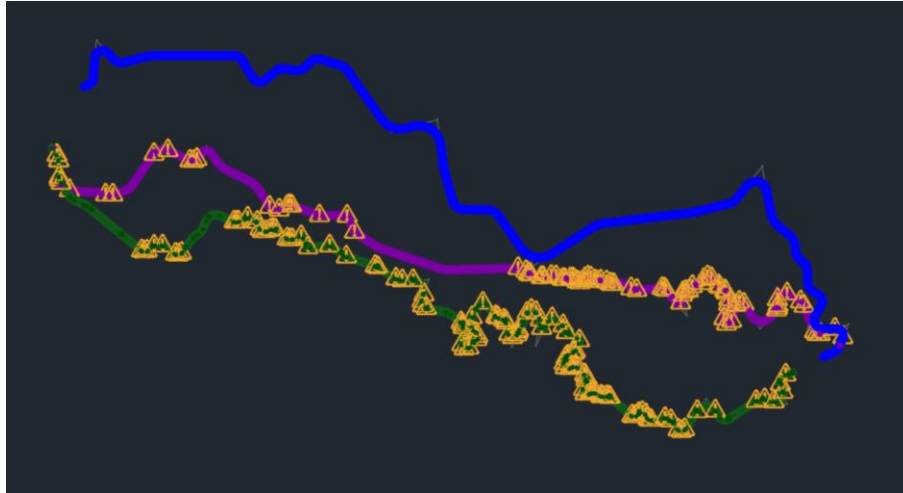


Figura 5-22. Advertencias de curvas que no cumplen parámetros..

Al ejecutar el análisis en el software, se despliegan **advertencias** que indican que, para los puntos mostrados en la figura anterior, la velocidad de diseño para las curvas propuestas es menor que la velocidad de proyecto, tomando valores que oscilan entre 50 y 70 km/h.

Esta situación se ejemplifica con algunos detalles por alternativa.

Tabla 5-1. Datos de curva perteneciente a alternativa 1.

Alternativa 1					
Tipo de curva	Longitud de espiral	Radio	Grado de curvatura	Velocidad de proyecto	PI
Espiral	47 m	127.324 m	9°	60 km/hr	7+931.32



Figura 5-23. Detalle de curva perteneciente a alternativa 1.

En este caso la velocidad de proyecto disminuye a 60 km/h debido a que la longitud de espiral sólo permite esa velocidad, para mejora esta condición en este caso particular se debe disminuir el grado de curvatura hasta 7°30' con una espiral de transición de 56 metros, debido a que este es el grado máximo de curvatura permitido para velocidad de 70 km/h, sin embargo, podría no ser posible esta alternativa, ya que la curva solución podría no “caber” en la ubicación estudiada, es decir, se puede traslapar con la curva anterior o posterior, ya que al reducir los grados de curvatura, aumenta la longitud de la curva considerablemente. Si ese fuera el caso, se mantiene la velocidad de 60 km/h.

Tabla 5-2. Datos de curva perteneciente a alternativa 2.

Alternativa 2					
Tipo de curva	Longitud de espiral	Radio	Grado de curvatura	Velocidad de proyecto	PI
Circular	0 m	104.174 m	11°	40 km/hr	19+906.82

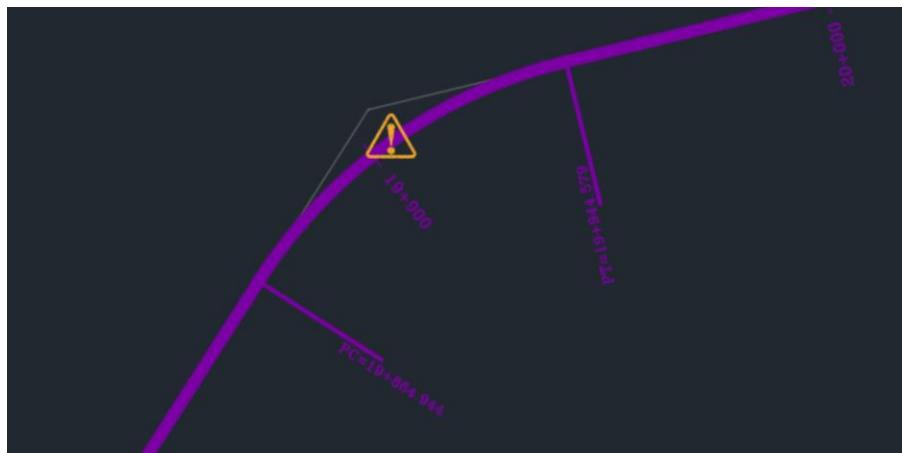


Figura 5-24. Detalle de curva alternativa 2.

En este ejemplo, se puede mejorar la velocidad únicamente agregando espirales de transición, este grado de curvatura permite una velocidad de hasta 60 km/h mientras tenga espirales de transición de 48 metros. Si se quisiera mejorar aún más la velocidad, entonces se debe reducir el grado de curvatura con el riesgo de que se presente el problema de traslape mencionado anteriormente.

### Alternativa 3

Para esta alternativa no se muestran advertencias, todas las curvas cumplen los parámetros para la velocidad de proyecto establecida, por lo tanto, lo que se debe hacer es mejorar la velocidad de proyecto, disminuir grados de curvatura o aumentar espirales de transición para que la velocidad sea mayor. En carreteras tipo C puede ser de hasta 110 km/h.

Se realizan las correcciones correspondientes, pero estas se presentan más adelante en esta tesis.

### 5.5.2 Alineamiento Vertical

Una vez que se tiene el alineamiento horizontal, se procede a obtener el alineamiento vertical; para empezar a realizar este análisis, el primer paso es generar una vista del perfil topográfico de la zona por donde pasa nuestra carretera, a partir de este, se hace una propuesta de rasante y de curvas verticales.

Se genera una vista del perfil topográfico de cada alternativa.

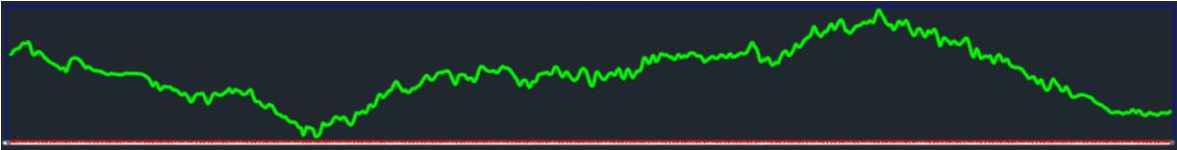


Figura 5-25. Perfil alternativa 1.

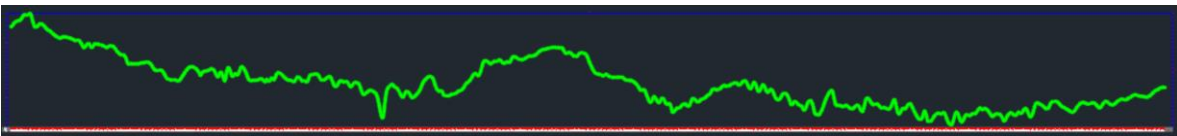


Figura 5-26. Perfil alternativa 2.

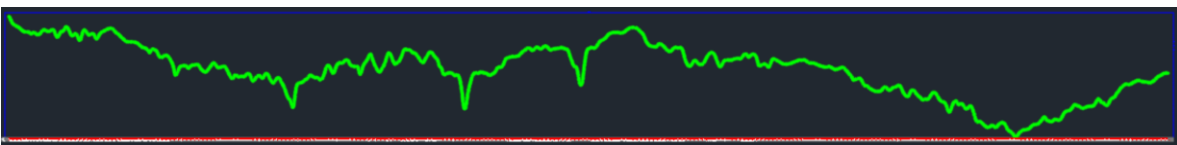


Figura 5-27. Perfil alternativa 3.

Estas vistas son generadas gracias a la información topográfica contenida en la restitución fotogramétrica, representan las elevaciones naturales a lo largo de todo el recorrido de la carretera.

Algunos criterios que se deben respetar para la propuesta de rasante son los siguientes (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1984):

- Se debe mantener siempre la pendiente por debajo de 6%, aunque de ser necesario puede ser de hasta 8% aunque esta última debe dejarse sólo para casos extremos
- Es preferible cambiar el alineamiento horizontal para mejorar el perfil en lugar de conservar pendientes muy grandes.
- La rasante debe de compensar el material de corte con el material de relleno/terraplén.
- Por recomendaciones de SCT, los cortes y terraplenes deberán ser menores a 15 metros para carreteras tipo C.

- Para curvas verticales se debe cumplir con los valores mínimos de K establecidos en las Normas de Servicios Técnicos de SCT.
- Curvas verticales en columpio siempre se localizan en terraplén, curvas en cresta se ubican en corte.
- Se deben evitar tangentes prolongadas en descensos o ascensos, se debe “escalonar” realizando cambios ligeros de pendiente.

Se hace una primera propuesta generando curvas verticales automáticas de 200 metros para asegurar la longitud mínima de curva vertical, así como la distancia de parada.

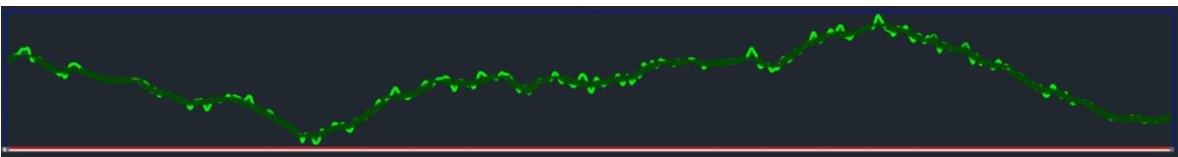


Figura 5-28. Rasante alternativa 1.

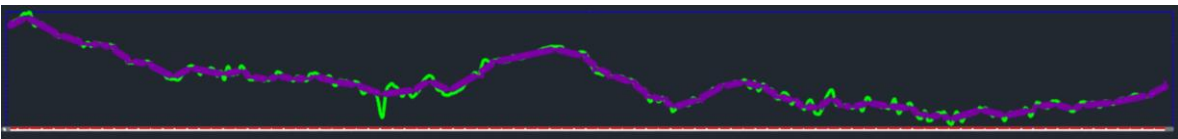


Figura 5-29. Rasante alternativa 2.

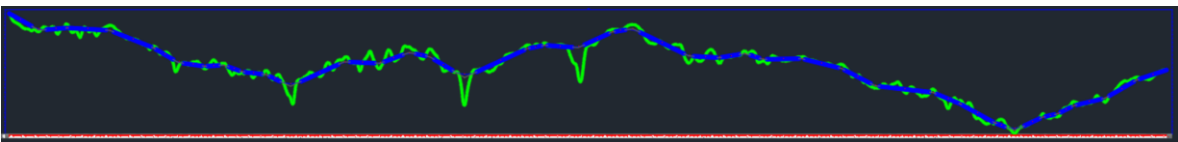


Figura 5-30. Rasante alternativa 3.

En las propuestas de rasante se observa que se intenta compensar lo mejor posible los cortes con los terraplenes, sin embargo, hay lugares donde esto se torna difícil e incluso imposible, por lo que se debe corregir desde el alineamiento horizontal, buscando una mejor ruta en donde se reduzcan los cortes y también disminuyan los terraplenes y, si es posible, que mejoren las pendientes, es decir que sean menos empinadas.

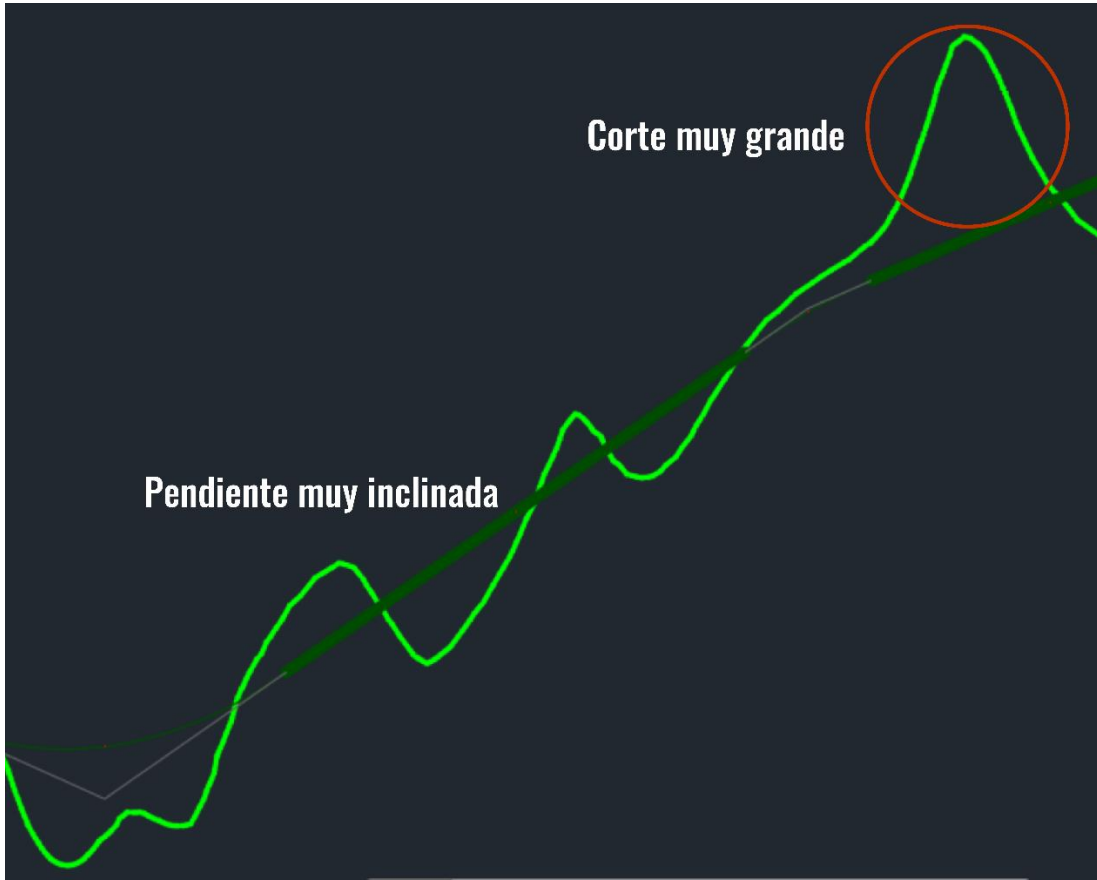


Figura 5-31. Detalle alternativa 1.

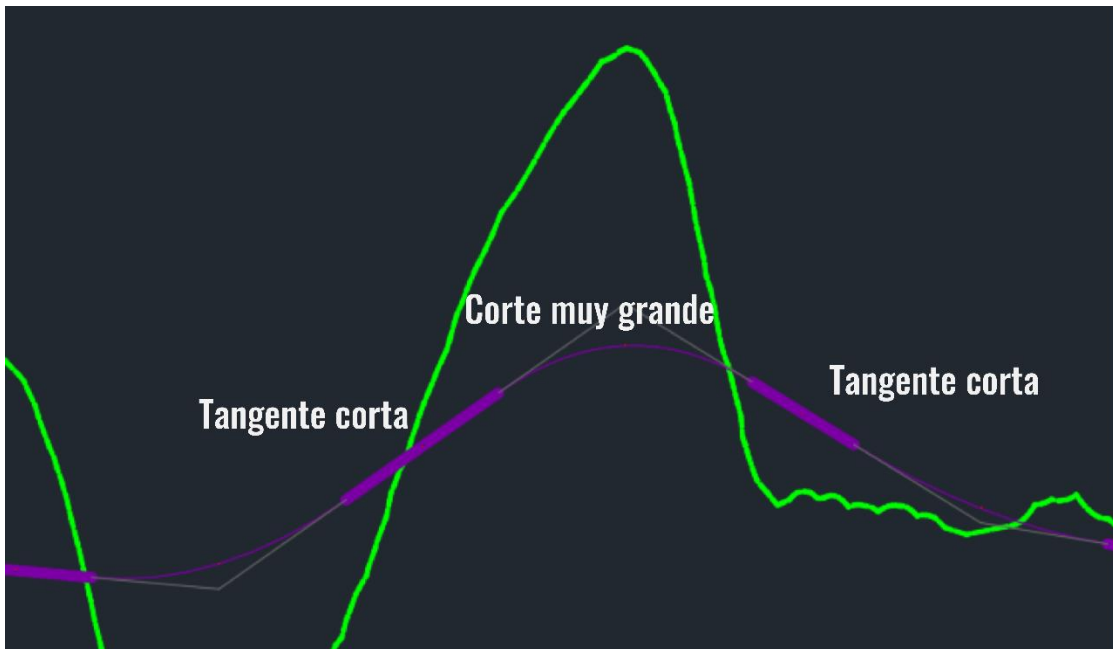


Figura 5-32. Detalle alternativa 2.



En los ríos, a reserva de buscar un punto de cruce muy bajo, se debe proponer una obra de drenaje que puede ser menor como una alcantarilla o desagüe o mayor como lo es un puente. En algunos cruces de las propuestas realizadas se debe de considerar la inclusión de uno o varios puentes.

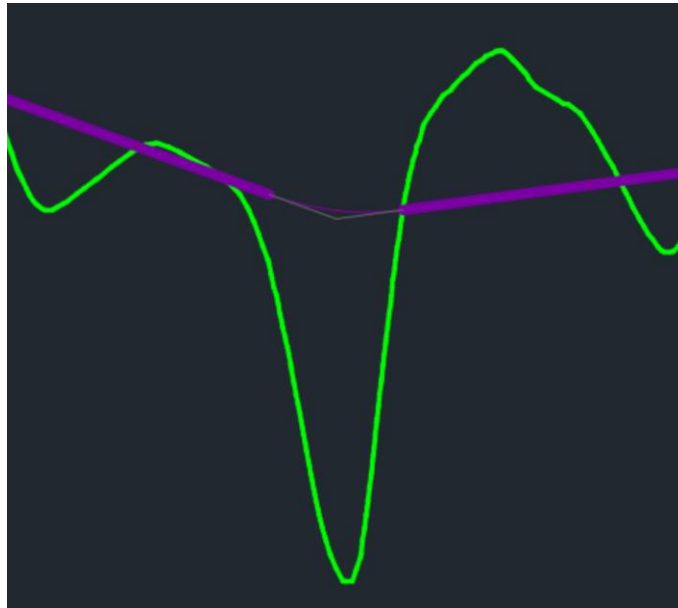


Figura 5-33. Propuesta puente alternativa 2.

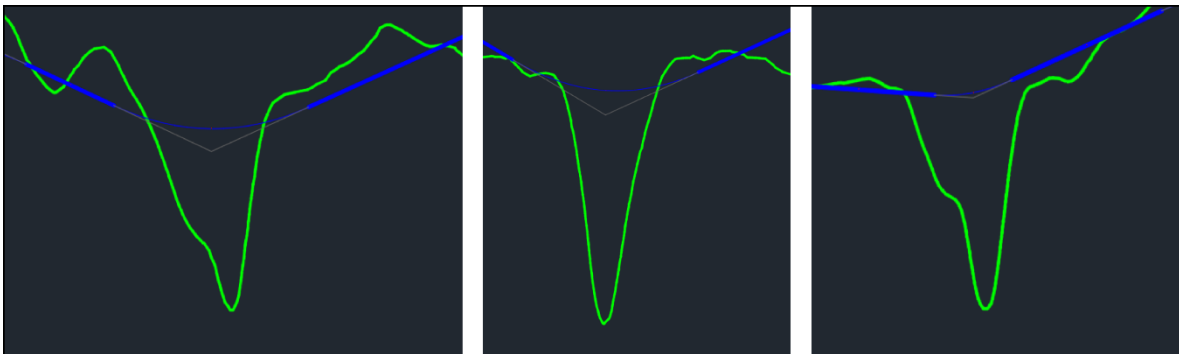


Figura 5-34. Propuesta de puentes alternativa 3.

Civil 3D incluye los parámetros de diseño mexicanos para curvas verticales, al igual que en el alineamiento horizontal, esta característica ayudará a mejorar la calidad del proyecto para hacer la revisión de errores o advertencias de manera más eficiente.

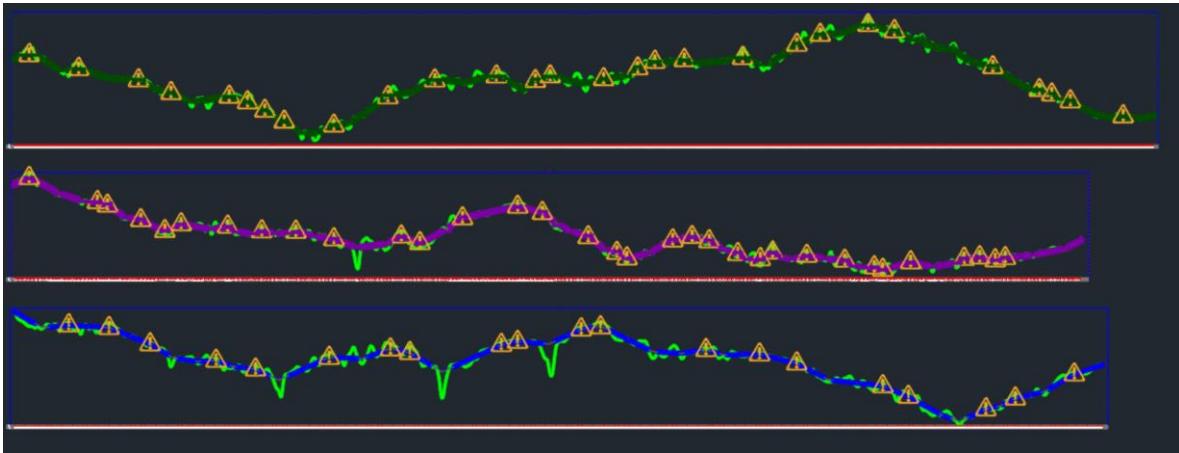


Figura 5-35. Advertencias de rasante.

Las advertencias mostradas en la figura anterior indican que los valores  $K$  de las curvas verticales no cumplen con algún parámetro de revisión.

Civil 3D maneja tres criterios de valores mínimos de  $K$  para tres diferentes distancias:

- Visibilidad de faros
- Parada
- Rebase

La distancia de parada es estrictamente necesaria que se cumpla, ya que de ella depende en gran medida la operación de la carretera, en cambio, la distancia mínima de rebase no afecta el funcionamiento de la carretera, en caso de que no se cumpla, se debe indicar con señalamientos las zonas en donde no se puede rebase. La distancia de visibilidad de faros no se toma en cuenta en esta tesis.

*Por lo mencionado en el procedimiento para crear el alineamiento horizontal, se utilizó un valor estándar de 200 metros de longitud de curva para garantizar el cumplimiento de los parámetros mencionados, por lo que las advertencias del software son únicamente por distancia de rebase.*

Además de las correcciones de curvas verticales, se revisa que no existan pendientes muy pronunciadas, cruces de ríos muy largos, cortes o terraplenes muy grandes; antes de continuar al análisis de secciones transversales se deben hacer las correcciones pertinentes mencionadas para los alineamientos vertical y horizontal en virtud de un anteproyecto con mejor calidad.

Tomando esta primera propuesta como punto de partida, se realizaron varias correcciones en virtud del mejoramiento del proyecto. La versión final de dichas correcciones se muestra a continuación.

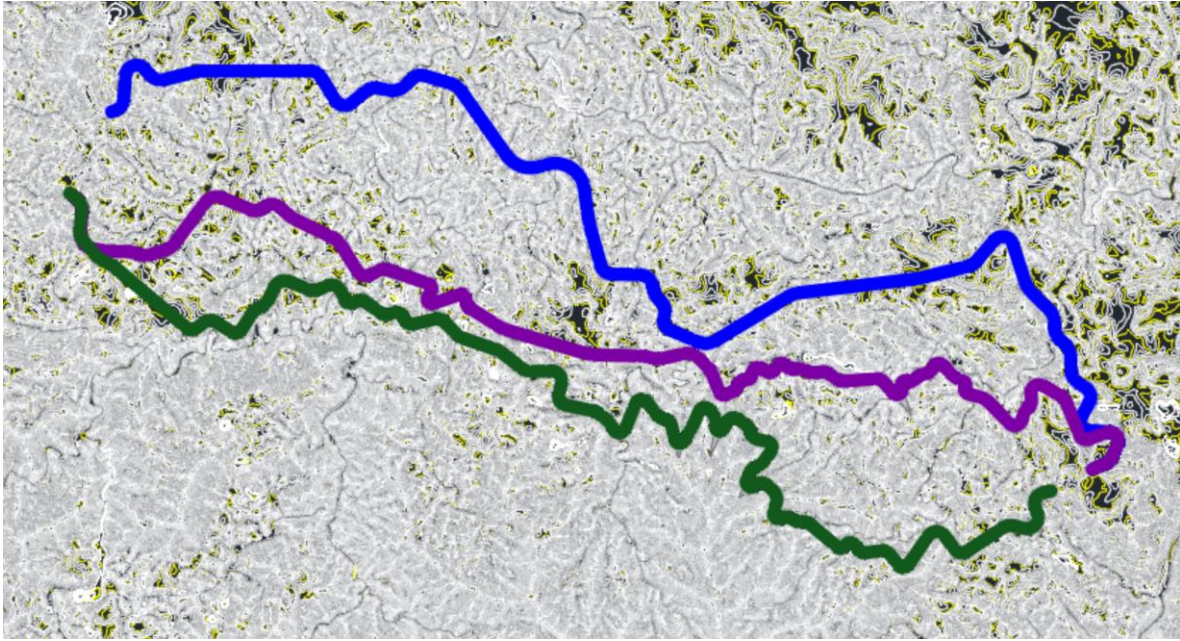


Figura 5-36. Alineamiento horizontal después de correcciones.

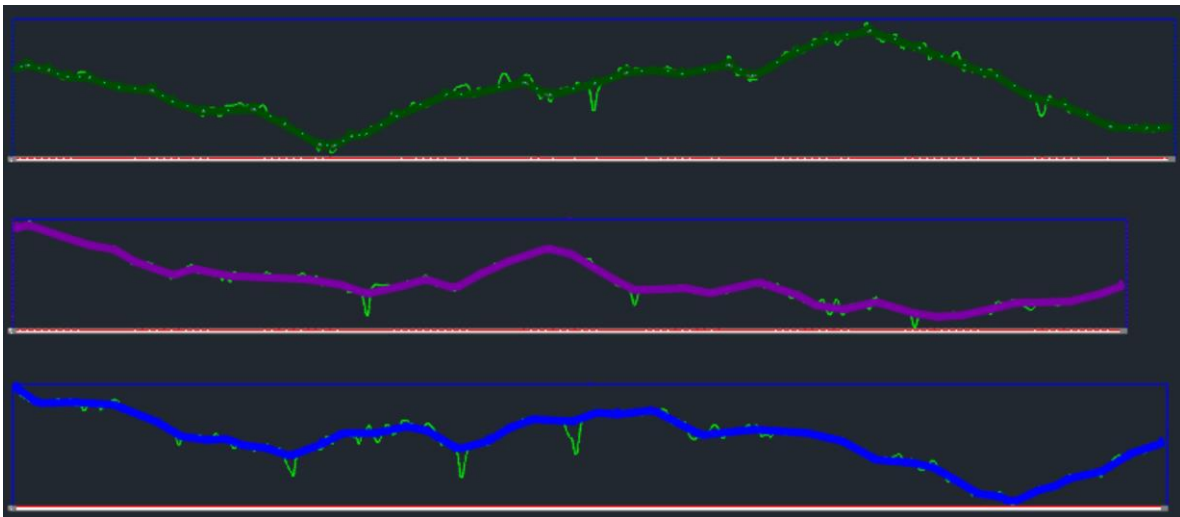


Figura 5-37. Alineamiento vertical después de correcciones.

Como se menciona anteriormente se mejoraron las velocidades para las curvas horizontales y se modificó el trazo del alineamiento horizontal para reducir cortes, terraplenes y pendientes en el alineamiento vertical.

Esta propuesta se toma como punto de partida para iniciar el análisis de secciones transversales.

### 5.5.3 Secciones Transversales

El análisis de secciones transversales consta de varios pasos. En el software Civil 3D se debe proponer y crear una sección de construcción que se tomará como referencia para ejecutar el análisis. Para proponer esta sección de debe tomar como referencia los lineamientos de SCT mencionados en esta tesis.

A nivel anteproyecto no se hace un estudio de la sección de construcción debido a que, en el diseño de esta, se necesita conocer la geotecnia del lugar, sin embargo, estos datos corresponden a la siguiente etapa de análisis de un proyecto geométrico de carreteras completo y no se incluye dicho tema en esta tesis.

Por lo mencionado anteriormente se considera el estándar que manejan las Normas de Servicios Técnicos para carreteras tipo C. Los parámetros son:

- Ancho de corona de 7 metros
  - Ancho de calzada de 6 metros con acotamientos a ambos lados de 50 centímetros.
- Bombeo de 2%
- Pavimento de 10 centímetros.
- Base de 15 centímetros.
- Sub-base o subrasante de 30 centímetros.
- Talud de corte de 75%
- Talud de terraplén de 175%

Dentro del software, a las secciones de construcción se les conoce como *assemblies*, por lo tanto, utilizaremos este término para explicar el procedimiento.

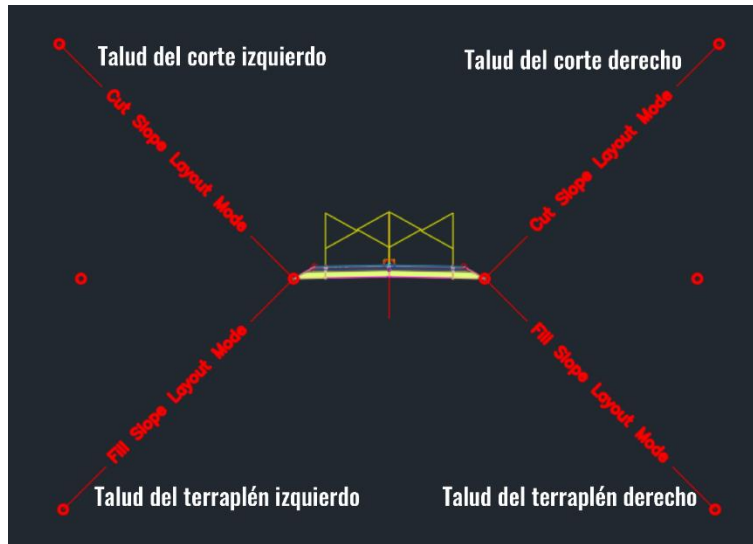


Figura 5-38. Corte y terraplén de la sección propuesta en assembly.



Figura 5-39. Detalle del assembly.

Además de esta sección de construcción, debemos incluir en el análisis secciones tipo puente para las propuestas de puentes, esto con el objetivo de tener mejores resultados al momento de modelar el proyecto.

Esta tesis no incluye el diseño de puentes en proyectos carreteros, de tal manera que el modelado de puentes es completamente ilustrativo y por esta razón se utiliza un *assembly* de puente genérico; únicamente se configuran las dimensiones para que empate con el ancho de corona de la sección tipo.

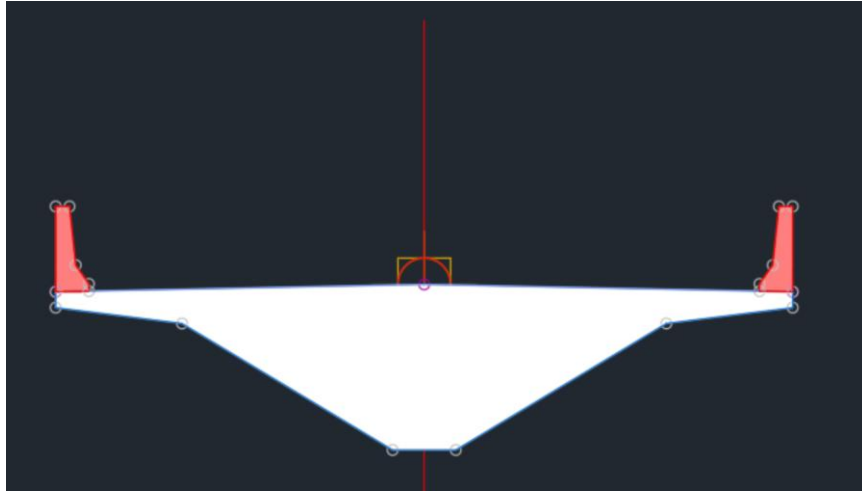


Figura 5-40. Assembly tipo puente.

En esta parte del análisis no sólo se obtienen las vistas de la sección transversal, sirve también para obtener un aproximado de los volúmenes de terracerías, es decir, cuánto material se va a extraer debido a los cortes y cuánto de ese material se puede utilizar para rellenar los terraplenes

Se comienza generando lo que en Civil 3D se conoce como *corredor*, que es una representación tridimensional del recorrido de la sección de construcción (assemblies) para conocer la configuración preliminar de la carreta, ya que el corredor considera el ancho de corona, la sección de construcción y los taludes de corte y terraplén.

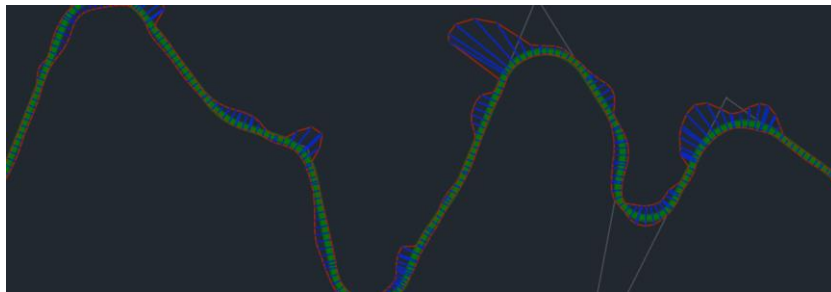


Figura 5-41. Detalle del corredor de la alternativa 1.

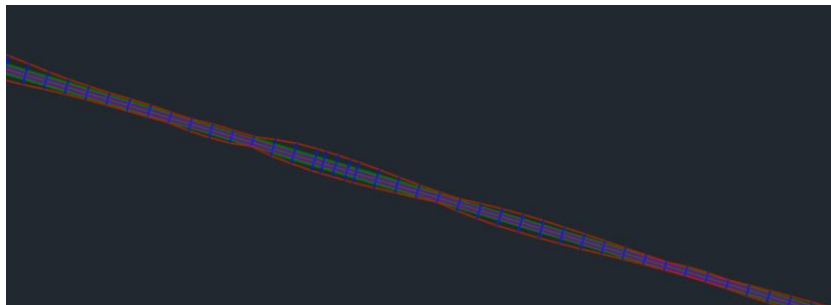


Figura 5-42. Detalle del corredor de la alternativa 2.

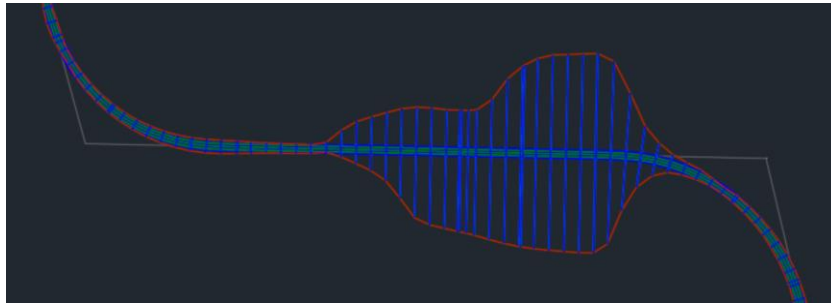


Figura 5-43. Detalle del corredor de la alternativa 3.

La línea roja que se aprecia en los detalles de los corredores es la línea de ceros, es decir, es el punto en donde el talud de corte/terraplén interseca con el terreno natural.

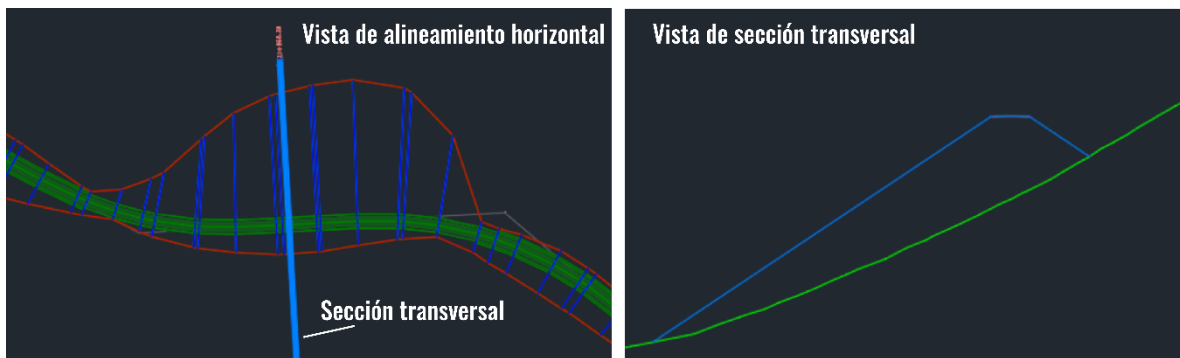


Figura 5-44. Comparación alineamiento horizontal y sección transversal.

La ubicación de los cruces de los ríos es un factor importante debido a que es necesario introducir el assembly tipo puente para que posteriormente no haya problema con la cuantificación del material ya que, si no se indica, Civil 3D tomará esa parte del alineamiento como un terraplén de gran magnitud.

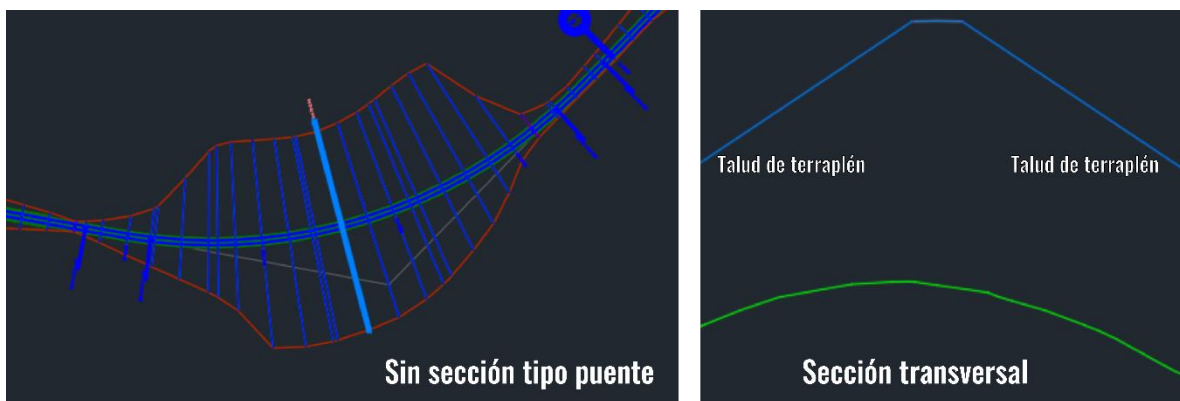


Figura 5-45. Planta y sección de la zona de estudio.

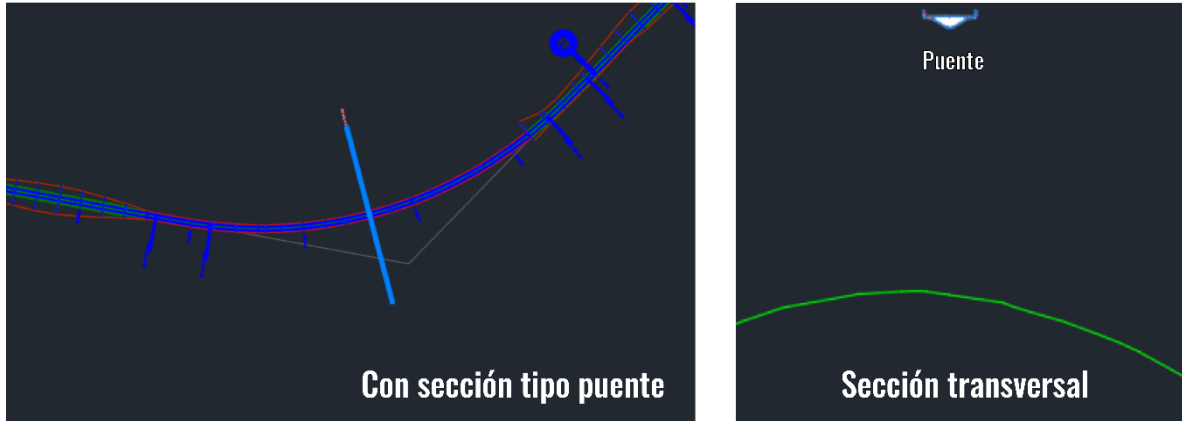


Figura 5-46. Planta y sección con assembly tipo puente.

Una vez generados los corredores, se deben de revisar y analizar porque habrá situaciones que se puedan corregir o mejorar que son en beneficio del proyecto.

La condición general que se debe revisar, es la ubicación de las líneas de ceros, ya que estas no deben alejarse más de cierta cantidad de metros de la línea central del camino, recordando que existe un derecho de vía que aunque no es uniforme a lo largo de la carretera, el hecho de adquirir una mayor cantidad de terreno, repercute directamente en el costo del proyecto, por lo que se debe procurar reducir en la medida de lo posible la extensión de los cortes o de los terraplenes.

Por recomendación de SCT, se considera un estándar de 20 metros de derecho de vía desde la línea central de la carretera para cada lado de esta. Un total de 40 metros que, de acuerdo con lo mencionado, puede variar de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Se muestran detalles de líneas de ceros muy amplias y su posible corrección.

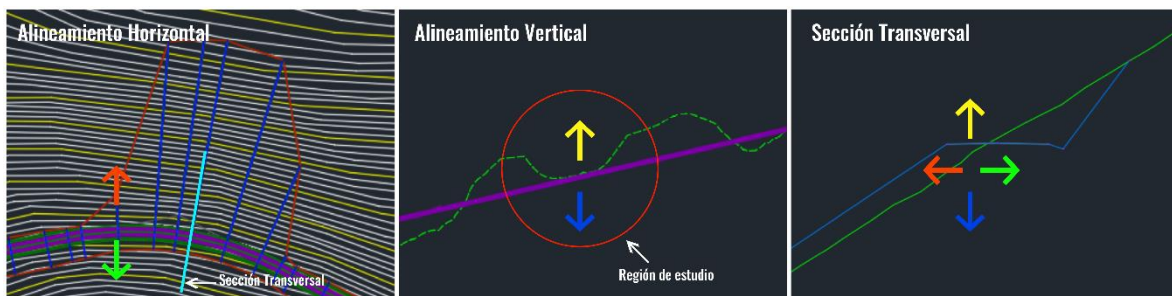


Figura 5-47. Detalle de posible corrección en alternativa 2.



En la figura se muestran las tres vistas de una región de estudio, las flechas con mismos colores indican la dirección en la que se moverá la sección transversal si se mueve el alineamiento horizontal o la rasante del alineamiento vertical en esas direcciones; de acuerdo a recomendaciones de SCT, la primera medida que se debe tomar es modificar la rasante de acuerdo a las indicaciones de las flechas, si esto no genera cambios entonces debe modificarse el alineamiento horizontal también de acuerdo a las flechas, cuando ninguna de las alternativas anteriores funciona, entonces se debe considerar una de dos opciones: modificar por completo el alineamiento horizontal para evitar la zona conflictiva o proponer muros de contención para estabilizar los taludes.

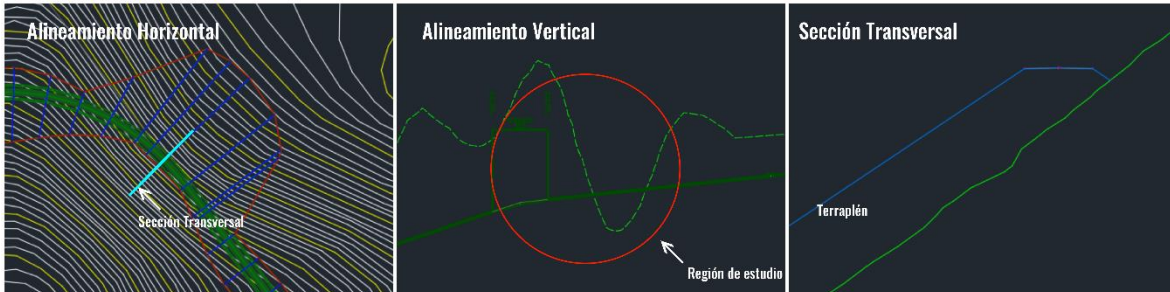


Figura 5-48. Vista general de línea de ceros amplia.

En la figura mostrada se puede observar como la línea de ceros en la transición de la curva y la tangente, se aleja mucho de la línea central de la carretera, por lo tanto, se debe realizar una modificación para corregir esta situación; podemos observar también que en el alineamiento vertical, la rasante está dentro de un corte de varios metros para después entrar a un bajo muy pronunciado. En la vista de sección transversal se aprecia muy bien que los alineamientos deben moverse hacia dentro del terreno natural para evitar el enorme terraplén. No podemos modificar la rasante porque eso implicaría aumentar mucho el corte ya que la rasante se encontraría muy por debajo del nivel del terreno natural, es así como se toma la decisión de mover el alineamiento horizontal hacia “dentro de cerro” para que la sección cambie en la dirección mostrada.

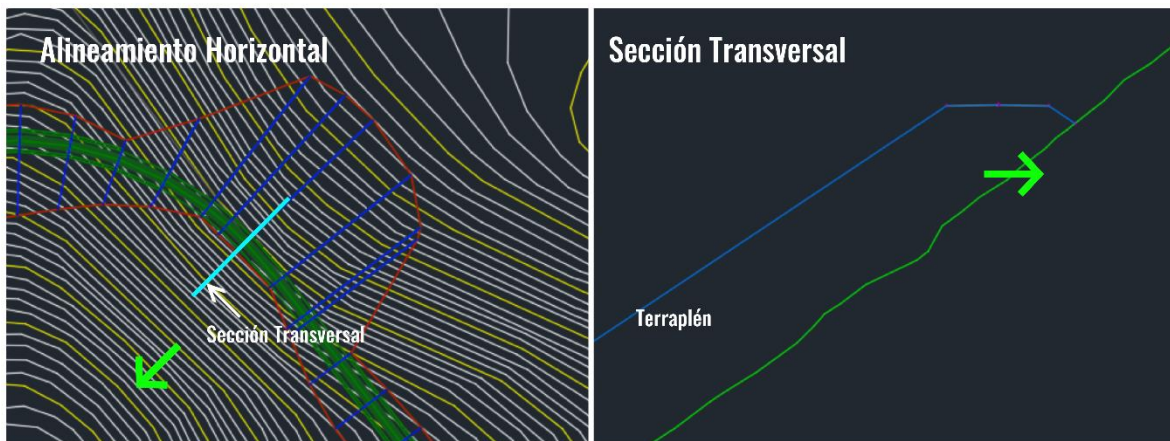


Figura 5-49. Dirección de movimiento de la sección transversal.

Cuando se mueve el alineamiento horizontal, inevitablemente cambia el alineamiento vertical, por lo tanto, se debe volver a ajustar la rasante.

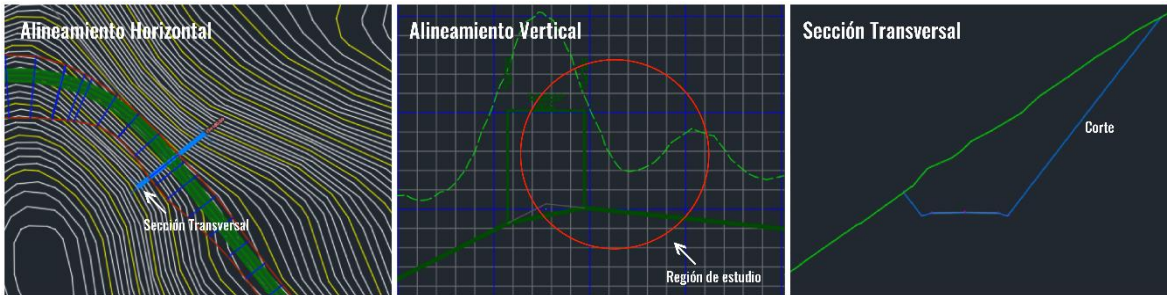


Figura 5-50. Propuesta de solución.

Observamos que la línea de ceros redujo considerablemente su distancia de la línea central del camino y observamos también que el alineamiento vertical también mejoró, ya que, con esta nueva propuesta, se elimina el bajo en el terreno natural que se tenía en el caso anterior; en la vista de sección transversal podemos observar que se ejecutó el movimiento deseado, “meter al cerro” la sección para eliminar el terraplén no deseado.

Los inconvenientes de esta solución son que la rasante de la región de estudio se encuentra en su mayoría dentro del terreno natural, por lo que se generará un corte de dimensiones importantes y que hay que tener en cuenta al momento de obtener volúmenes de excavación.

Siguiendo este procedimiento, se corrigen otras situaciones de la misma índole, cada una con criterios de solución diferentes, pero con el mismo objetivo. A continuación, se muestra la propuesta final de cada alternativa, desde el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y corredor, además de algunas muestras de sección transversal.

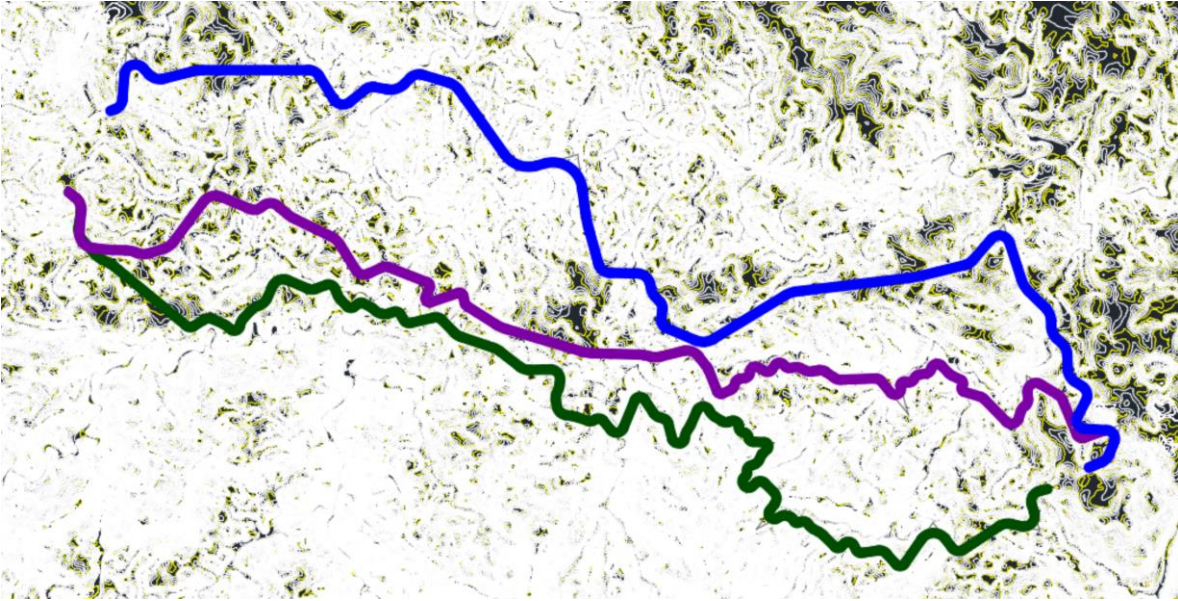


Figura 5-51. Propuesta final de alineamiento horizontal.

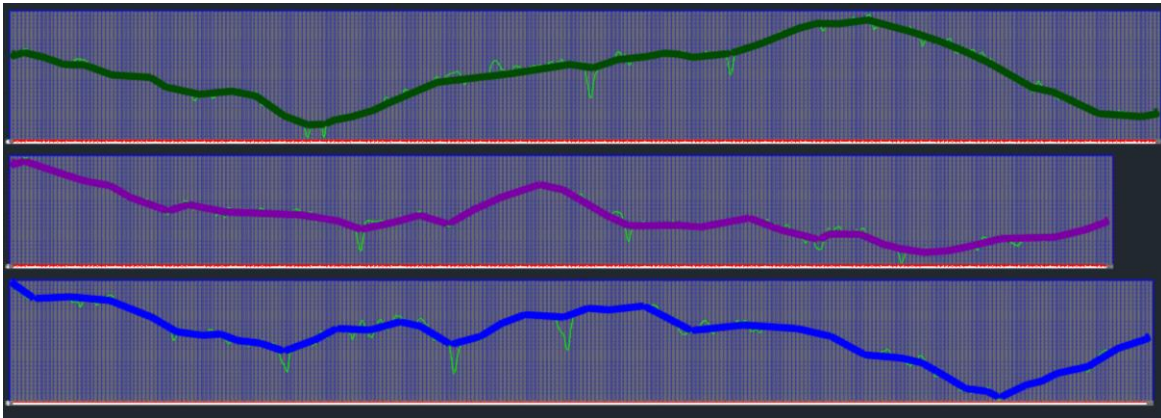


Figura 5-52. Propuesta final de alineamiento vertical.

Los datos generales del proyecto tales como datos de tangentes horizontales y verticales, así como el cálculo de curvas horizontales y verticales, se presentan en tablas de datos que se anexan a esta tesis.

También se anexan dibujos de las secciones transversales en estaciones a cada 200 metros por propuesta.

#### 5.5.4 Volúmenes de excavación

Civil 3D permite el cálculo de volúmenes de excavación a partir de la información proporcionada por las etapas anteriores. Esta tarea es automatizada por el software y no se detallará el procedimiento.

Los valores totales de excavación, resumidos para cada alternativa son los siguientes.

Tabla 5-3. Volúmenes de excavación totales.

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Cantidad de corte (m<sup>3</sup>)</b>	1,021,544	1,073,946	2,046,336
<b>Cantidad de terraplén (m<sup>3</sup>)</b>	2,479,744	1,800,989	1,581,942
<b>Diferencia de material (m<sup>3</sup>)</b>	1,458,200	727,043	464,394
<b>Observación</b>	Falta material para terraplén	Falta material para terraplén	Sobra material de corte

## 6. Conclusiones

Es clara la necesidad de infraestructura carretera en un país como lo es México, sin embargo, a partir de los temas tratados en esta tesis, se puede aseverar que todo el proceso que implica tanto el diseño como la construcción es largo y de alta complejidad, es por esto que las instituciones encargadas de la construcción de carreteras en el país, no siempre llevan a cabo los proyectos necesarios para el desarrollo de este ámbito, porque la construcción de un proyecto de carretera no sólo depende de un exhaustivo análisis técnico para determinar las características físicas del proyecto, también requiere de un extenso análisis económico en donde entran otros factores desde los costos directos hasta la situación económica global.

Esta tesis presentó sólo la primera parte de todo el análisis técnico que se necesita para la realización de una carretera, lo que concierne al proyecto geométrico, de tal manera que, el objetivo fue la selección definitiva de una ruta entre tres posibles alternativas, tomando como criterios de decisión únicamente aspectos técnicos.

El proceso para decidir cuál es la mejor opción, como se explicó en el capítulo 2 de esta tesis, es hacer una tabla comparativa sobre las características de las tres propuestas para complementarla con criterio personal y así tomar la mejor decisión.

Tabla 6-1. Comparativa de las tres alternativas.

Tabla comparativa			
Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud Total (km)	28.476	27.228	28.255
Velocidad de proyecto (km/hr)	70	70	70
Tiempo de recorrido (minutos)	24.4	23.3	24.2
Puentes	5	4	3
Longitud total de puentes (m)	1220	970	1080
Cantidad de corte (m <sup>3</sup> )	1021544	1073946	2046336
Cantidad de terraplén (m <sup>3</sup> )	2479744	1800989	1581942

Con la información contenida en la tabla se puede tomar una decisión sobre la mejor alternativa de ruta.

La menor longitud de trayecto la posee la **alternativa 2**, con aproximadamente un kilómetro menos que las otras alternativas.

La velocidad de proyecto, propuesta desde el inicio es la misma para todas las alternativas.

El tiempo de recorrido se calculó despejando el *tiempo* de la expresión para calcular la velocidad:

$$V = \frac{d}{t}$$

$$t = \frac{d}{V}$$

Las diferencias de tiempo de recorrido son muy similares entre sí y no representan un impedimento a la hora de tomar una decisión, sin embargo, el menor tiempo de recorrido lo tiene la **alternativa 2**.

En relación con los puentes, a pesar de que la alternativa 3 tiene menos puentes, en cuestión de longitud total de los mismos, la menor cantidad está presente en la **alternativa 2**. Se busca que la longitud total de puentes sea menor ya que la construcción de puentes incrementa significativamente el costo de la obra.

Por último, se busca que la cantidad de material de corte sea la misma cantidad de material que necesita el terraplén, es complicado que se igualen a la perfección por las características del proyecto, por lo tanto, se busca la alternativa donde la compensación sea mejor, es decir, que la diferencia de materiales sea la mínima en la medida de lo posible. El caso anterior se puede apreciar en la alternativa 3, aunque la alternativa 2 también tiene un buen margen de compensación. La cuestión aquí es decidir que es preferible, buscar un banco de material extra para rellenar los terraplenes faltantes o buscar un sitio en donde almacenar el material restante. Por recomendaciones de SCT, se prefiere que sobre material de corte que puede ser utilizado en otras actividades, ya que la adquisición de material extra para relleno de terraplenes aumenta el costo total de la obra. Es así que, en este criterio, la mejor opción es la **alternativa 3**.

Por ser la alternativa que tiene las mejores características en la mayoría de las categorías, se decide que el trazo definitivo seguirá las propuestas de la **alternativa 2**.

Una vez decidida esta alternativa, el proyecto deberá pasar por una serie de revisiones y nuevos diseños que conciernen a geotecnia, hidrología, drenajes, intersecciones, señalamientos y movimiento de tierras, una vez concluida esta etapa, el diseño definitivo está listo para la etapa de construcción y concluye la etapa de anteproyecto.

## 7. Referencias

- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. (8 de Mayo de 2017). *Etnografía del pueblo mixe de Oaxaca (ayuukjä'äy)*. Recuperado el 14 de Junio de 2018, de Secretaría de Gobernación: <https://www.gob.mx/cdi/articulos/etnografia-del-pueblo-mixe-ayuukja-ay?idiom=es>
- Crespo, C. (2004). *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropueertos, puentes y puertos*. México: Limusa.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013). *Conociendo Oaxaca*. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). *cuéntame... Información por entidad: Oaxaca*. Recuperado el 20 de Junio de 2018, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/default.aspx?tema=me&e=20>
- Santa María Puxmetacán: PueblosAmerica.com*. (s.f.). Recuperado el 14 de Junio de 2018, de PueblosAmerica.com: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/santa-maria-puxmetacan/>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1984). *Normas de servicios técnicos*. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. México.
- Secretaría de comunicaciones y Transportes. (2008). *Mapa de carreteras del estado de Oaxaca*. Oaxaca: Dirección General de Planeación.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2011a). *Conceptos que conforman el proyecto geométrico de carreteras*. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2011b). *Obtención de elementos para la ejecución de obra pública*. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Ciudad de México.
- Tierra Negra: PueblosAmerica.com*. (s.f.). Recuperado el 14 de Junio de 2018, de PueblosAmerica.com: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/tierra-negra-5/>
- Torres Cisneros, G. (2004). *Mixes*. México: Coordinación editorial de la CDI.

## 8. Anexos

### 8.1 Alineamiento horizontal

#### 8.1.1 Alternativa 1

< ORIGEN >		
CADENAMIENTO	X	Y ORIGEN
=	0+000.000	220,950.000
	1,910,150.000	

Distancia PI-PI: 321.408 m.      TANGENTE LIBRE: 146.967 m.      AZIMUT: 131° 35' 40.961"

CURVA NO 1			CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES			VELOCIDAD = 80		
CADENAMIENTO	X	Y						
TE =	0+146.967	221,059.910	1,910,052.435	DT =	53° 45' 24.719"	DER.		
EC =	0+204.967	221,101.943	1,910,012.508	DC =	42° 09' 24.725"			
PI =	0+321.408	221,190.368	1,909,936.631	ØE =	5° 48' 00.001"			
CE =	0+415.751	221,177.555	1,909,820.820	GC =	4° 00' 00.000"			
ET =	0+473.751	221,174.098	1,909,762.950					
CENTRO =		220,891.085	1,909,818.578	RC =	286.479 m.			
				ST =	174.441 m.			
				LC =	210.784 m.			
				LE =	58.000 m.			
				XC =	57.941	YC =	1.956	
				P =	0.489	K =	28.990	
				EX =	35.246 m.			

Distancia PI-PI: 605.563 m.      TANGENTE LIBRE: 282.016 m.      AZIMUT: 185° 21' 05.680"

CURVA NO 2			CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES			VELOCIDAD = 80		
CADENAMIENTO	X	Y						
TE =	0+755.767	221,147.796	1,909,482.163	DT =	45° 25' 30.341"	IZQ.		
EC =	0+813.767	221,144.339	1,909,424.293	DC =	33° 49' 30.346"			
PI =	0+904.872	221,133.889	1,909,333.708	ØE =	5° 48' 00.001"			
CE =	0+982.892	221,194.075	1,909,265.206	GC =	4° 00' 00.000"			
ET =	1+040.892	221,229.878	1,909,219.610					
CENTRO =		221,430.809	1,909,426.535	RC =	286.479 m.			
				ST =	149.105 m.			
				LC =	169.125 m.			
				LE =	58.000 m.			
				XC =	57.941	YC =	1.956	
				P =	0.489	K =	28.990	
				EX =	24.613 m.			



---

Distancia PI-PI: 575.600 m. TANGENTE LIBRE: 335.994 m. AZIMUT: 139° 55' 35.339"

---

**CURVA No. 3 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 1+376.886	221,446.181	1,908,962.501	DC = 22° 20' 16.104" IZQ.
PI = 1+467.387	221,504.443	1,908,893.248	GC = 2° 30' 00.000"
PT = 1+555.589	221,584.653	1,908,851.335	RC = 458.366 m.
CENTRO =	221,796.932	1,909,257.583	ST = 90.500 m.
			LC = 178.702 m.
			EX = 8.849 m.

---

Distancia PI-PI: 324.708 m. TANGENTE LIBRE: 188.467 m. AZIMUT: 117° 35' 19.235"

---

**CURVA No. 4 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 1+744.055	221,751.690	1,908,764.053	DC = 11° 23' 50.942" DER.
PI = 1+789.796	221,792.230	1,908,742.869	GC = 2° 30' 00.000"
PT = 1+835.235	221,827.784	1,908,714.092	RC = 458.366 m.
CENTRO =	221,539.411	1,908,357.805	ST = 45.741 m.
			LC = 91.180 m.
			EX = 2.277 m.

---

Distancia PI-PI: 1,941.374 m. TANGENTE LIBRE: 1,794.107 m. AZIMUT: 128° 59' 10.177"

---

**CURVA NO 5 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 3+629.342	223,222.340	1,907,585.361	DT = 67° 47' 53.364" IZQ.
EC = 3+677.342	223,261.589	1,907,557.892	DC = 43° 47' 53.364"
PI = 3+730.868	223,301.256	1,907,521.487	ØE = 12° 00' 00.000"
CE = 3+764.938	223,346.730	1,907,550.313	GC = 10° 00' 00.000"
ET = 3+812.938	223,390.214	1,907,570.416	RC = 114.592 m.
CENTRO =	223,313.587	1,907,660.006	ST = 101.527 m.
			LC = 87.596 m.
			LE = 48.000 m.
			XC = 47.790 YC = 3.341
			P = 0.836 K = 23.965
			EX = 24.475 m.

---

Distancia PI-PI: 410.159 m. TANGENTE LIBRE: 194.568 m. AZIMUT: 61° 11' 16.826"

---

**CURVA NO 6 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	4+007.506	223,560.695	1,907,664.186	DT = 52° 36' 29.259" DER.
EC =	4+046.506	223,595.471	1,907,681.799	DC = 40° 54' 29.257"
PI =	4+121.571	223,660.640	1,907,719.158	ØE = 5° 51' 00.000"
CE =	4+182.866	223,728.826	1,907,687.640	GC = 6° 00' 00.000"
ET =	4+221.866	223,765.008	1,907,673.135	
CENTRO =		223,669.979	1,907,505.947	RC = 190.986 m.
				ST = 114.065 m.
				LC = 136.360 m.
				LE = 39.000 m.
				XC = 38.959 YC = 1.326
				P = 0.332 K = 19.493
				EX = 22.430 m.

---

Distancia PI-PI: 359.665 m. TANGENTE LIBRE: 225.871 m. AZIMUT: 113° 47' 46.058"

---

**CURVA No. 7 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO		X	Y	
PC =	4+447.737	223,971.677	1,907,581.999	DC = 8° 51' 37.623" DER.
PI =	4+467.466	223,989.729	1,907,574.039	GC = 4° 30' 00.000"
PT =	4+487.117	224,006.339	1,907,563.393	
CENTRO =		223,868.931	1,907,349.000	RC = 254.648 m.
				ST = 19.729 m.
				LC = 39.380 m.
				EX = 0.763 m.

---

Distancia PI-PI: 263.590 m. TANGENTE LIBRE: 90.868 m. AZIMUT: 122° 39' 23.681"

---

**CURVA NO 8 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	4+577.985	224,082.843	1,907,514.360	DT = 101° 40' 38.416" IZQ.
EC =	4+625.985	224,125.023	1,907,491.690	DC = 75° 16' 38.410"
PI =	4+730.978	224,211.651	1,907,431.805	ØE = 13° 12' 00.000"
CE =	4+762.853	224,245.902	1,907,531.391	GC = 11° 00' 00.000"
ET =	4+810.853	224,266.427	1,907,574.656	
CENTRO =		224,159.722	1,907,589.914	RC = 104.174 m.
				ST = 152.993 m.
				LC = 136.868 m.
				LE = 48.000 m.
				XC = 47.746 YC = 3.672
				P = 0.920 K = 23.958
				EX = 62.244 m.

---

Distancia PI-PI: 238.612 m. TANGENTE LIBRE: 36.457 m. AZIMUT: 20° 58' 45.266"

---

**CURVA No. 9** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 4+847.310	224,279.480	1,907,608.697	DC = 21° 51' 12.684" DER.
PI = 4+896.471	224,297.081	1,907,654.599	GC = 4° 30' 00.000"
PT = 4+944.437	224,330.504	1,907,690.651	
CENTRO =	224,517.247	1,907,517.526	RC = 254.648 m.
			ST = 49.161 m.
			LC = 97.127 m.
			EX = 4.702 m.

---

Distancia PI-PI: 348.127 m. TANGENTE LIBRE: 225.900 m. AZIMUT: 42° 49' 57.949"

---

**CURVA No. 10** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 5+170.337	224,484.084	1,907,856.312	DC = 23° 24' 54.553" DER.
PI = 5+243.403	224,533.759	1,907,909.895	GC = 3° 15' 00.000"
PT = 5+314.430	224,600.636	1,907,939.325	
CENTRO =	224,742.652	1,907,616.601	RC = 352.589 m.
			ST = 73.066 m.
			LC = 144.093 m.
			EX = 7.491 m.

---

Distancia PI-PI: 240.211 m. TANGENTE LIBRE: 53.159 m. AZIMUT: 66° 14' 52.529"

---

**CURVA NO 11** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 5+367.589	224,649.293	1,907,960.736	DT = 39° 04' 30.978" IZQ.
EC = 5+414.589	224,691.693	1,907,980.973	DC = 28° 30' 00.975"
PI = 5+481.574	224,753.623	1,908,006.647	ØE = 5° 17' 15.000"
CE = 5+541.257	224,782.946	1,908,066.935	GC = 4° 30' 00.000"
ET = 5+588.257	224,805.677	1,908,108.052	
CENTRO =	224,568.083	1,908,203.608	RC = 254.648 m.
			ST = 113.985 m.
			LC = 126.668 m.
			LE = 47.000 m.
			XC = 46.960 YC = 1.445
			P = 0.361 K = 23.493
			EX = 15.941 m.

---

Distancia PI-PI: 557.812 m. TANGENTE LIBRE: 214.343 m. AZIMUT: 27° 10' 21.552"

---

**CURVA NO 12**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO		X	Y		
TE	= 5+802.599	224,903.562	1,908,298.739	DT =	83° 22' 14.537" DER.
EC	= 5+852.599	224,927.984	1,908,342.338	DC =	70° 52' 14.537"
PI	= 6+032.084	225,008.361	1,908,502.896	ØE =	6° 15' 00.000"
CE	= 6+136.082	225,175.850	1,908,438.190	GC =	5° 00' 00.000"
ET	= 6+186.082	225,223.252	1,908,422.366		
CENTRO	=	225,119.267	1,908,216.102	RC =	229.183 m.
				ST =	229.484 m.
				LC =	283.483 m.
				LE =	50.000 m.
				XC =	49.941    YC = 1.817
				P =	0.454    K = 24.990
				EX =	78.309 m.

---

Distancia PI-PI: 698.950 m. TANGENTE LIBRE: 378.779 m. AZIMUT: 110° 32' 36.116"

---

**CURVA NO 13**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO		X	Y		
TE	= 6+564.861	225,577.943	1,908,289.447	DT =	36° 46' 44.453" IZQ.
EC	= 6+618.861	225,629.300	1,908,272.915	DC =	20° 34' 44.450"
PI	= 6+655.548	225,662.863	1,908,257.623	ØE =	8° 06' 00.001"
CE	= 6+687.458	225,697.480	1,908,270.351	GC =	6° 00' 00.000"
ET	= 6+741.458	225,749.933	1,908,282.978		
CENTRO	=	225,670.452	1,908,459.414	RC =	190.986 m.
				ST =	90.687 m.
				LC =	68.597 m.
				LE =	54.000 m.
				XC =	53.892    YC = 2.541
				P =	0.636    K = 26.982
				EX =	10.948 m.

---

Distancia PI-PI: 416.326 m. TANGENTE LIBRE: 187.003 m. AZIMUT: 73° 45' 51.663"

---

**CURVA NO 14**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO		X	Y		
TE	= 6+928.461	225,929.479	1,908,335.262	DT =	80° 58' 47.133" DER.
EC	= 6+974.461	225,974.246	1,908,345.579	DC =	61° 25' 47.136"
PI	= 7+067.097	226,062.586	1,908,374.023	ØE =	9° 46' 29.999"
CE	= 7+119.002	226,099.806	1,908,289.007	GC =	8° 30' 00.000"
ET	= 7+165.002	226,121.737	1,908,248.639		
CENTRO	=	225,989.415	1,908,211.622	RC =	134.814 m.
				ST =	138.636 m.
				LC =	144.541 m.
				LE =	46.000 m.
				XC =	45.866    YC = 2.611
				P =	0.653    K = 22.978
				EX =	43.310 m.

---

Distancia PI-PI: 302.186 m. TANGENTE LIBRE: 114.701 m. AZIMUT: 154° 44' 38.796"

---

**CURVA No. 15** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 7+279.702	226,170.675	1,908,144.902	DC = 21° 43' 04.863" IZQ.
PI = 7+328.551	226,191.517	1,908,100.723	GC = 4° 30' 00.000"
PT = 7+376.227	226,227.227	1,908,067.392	
CENTRO =	226,400.982	1,908,253.551	RC = 254.648 m.
			ST = 48.849 m.
			LC = 96.525 m.
			EX = 4.643 m.

---

Distancia PI-PI: 311.280 m. TANGENTE LIBRE: 164.305 m. AZIMUT: 133° 01' 33.933"

---

**CURVA NO 16** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 7+540.532	226,347.341	1,907,955.282	DT = 74° 52' 12.010" IZQ.
EC = 7+576.532	226,374.992	1,907,932.304	DC = 55° 04' 12.013"
PI = 7+638.658	226,419.076	1,907,888.327	ØE = 9° 54' 00.000"
CE = 7+676.659	226,470.851	1,907,922.920	GC = 11° 00' 00.000"
ET = 7+712.659	226,502.433	1,907,940.099	
CENTRO =	226,431.922	1,908,019.546	RC = 104.174 m.
			ST = 98.127 m.
			LC = 100.127 m.
			LE = 36.000 m.
			XC = 35.893 YC = 2.069
			P = 0.518 K = 17.982
			EX = 27.672 m.

---

Distancia PI-PI: 234.288 m. TANGENTE LIBRE: 71.428 m. AZIMUT: 58° 09' 21.909"

---

**CURVA NO 17** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 7+784.087	226,563.111	1,907,977.785	DT = 57° 26' 15.453" DER.
EC = 7+823.087	226,597.681	1,907,995.624	DC = 30° 08' 15.456"
PI = 7+848.821	226,618.101	1,908,011.939	ØE = 13° 39' 00.000"
CE = 7+866.141	226,640.176	1,907,997.944	GC = 14° 00' 00.000"
ET = 7+905.141	226,676.483	1,907,983.975	
CENTRO =	226,623.237	1,907,917.866	RC = 81.851 m.
			ST = 64.734 m.
			LC = 43.054 m.
			LE = 39.000 m.
			XC = 38.779 YC = 3.085
			P = 0.773 K = 19.463
			EX = 12.362 m.

---

Distancia PI-PI: 252.015 m. TANGENTE LIBRE: 153.568 m. AZIMUT: 115° 35' 37.335"

---

**CURVA No. 18** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 8+058.709	226,814.983	1,907,917.635	DC = 16° 44' 10.507" DER.
PI = 8+092.422	226,845.388	1,907,903.072	GC = 5° 00' 00.000"
PT = 8+125.654	226,870.311	1,907,880.370	
CENTRO =	226,715.979	1,907,710.940	RC = 229.183 m.
			ST = 33.713 m.
			LC = 66.945 m.
			EX = 2.466 m.

---

Distancia PI-PI: 137.811 m. TANGENTE LIBRE: 52.892 m. AZIMUT: 132° 19' 47.842"

---

**CURVA No. 19** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 8+178.547	226,909.413	1,907,844.752	DC = 30° 01' 03.968" IZQ.
PI = 8+229.753	226,947.269	1,907,810.270	GC = 6° 00' 00.000"
PT = 8+278.606	226,997.298	1,907,799.351	
CENTRO =	227,038.023	1,907,985.944	RC = 190.986 m.
			ST = 51.206 m.
			LC = 100.059 m.
			EX = 6.745 m.

---

Distancia PI-PI: 156.327 m. TANGENTE LIBRE: 59.434 m. AZIMUT: 102° 18' 43.874"

---

**CURVA No. 20** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 8+338.040	227,055.365	1,907,786.677	DC = 26° 54' 24.093" IZQ.
PI = 8+383.727	227,100.001	1,907,776.935	GC = 6° 00' 00.000"
PT = 8+427.729	227,144.214	1,907,788.447	
CENTRO =	227,096.090	1,907,973.271	RC = 190.986 m.
			ST = 45.687 m.
			LC = 89.689 m.
			EX = 5.389 m.

---

Distancia PI-PI: 244.519 m. TANGENTE LIBRE: 104.465 m. AZIMUT: 75° 24' 19.781"

---

**CURVA NO 21**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 8+532.194	227,245.308	1,907,814.770	DT = 67° 38' 27.816"	DER.
EC = 8+580.194	227,292.439	1,907,823.245	DC = 41° 14' 27.810"	
PI = 8+626.560	227,336.630	1,907,838.548	ØE = 13° 12' 00.000"	
CE = 8+655.178	227,361.721	1,907,799.084	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 8+703.178	227,393.360	1,907,763.138		
CENTRO =	227,294.974	1,907,719.104	RC = 104.174 m.	
			ST = 94.366 m.	
			LC = 74.984 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.746	YC = 3.672
			P = 0.920	K = 23.958
			EX = 22.325 m.	

---

Distancia PI-PI: 285.565 m. TANGENTE LIBRE: 95.646 m. AZIMUT: 143° 02' 47.596"

---

**CURVA NO 22**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 8+798.823	227,450.859	1,907,686.705	DT = 63° 36' 50.779"	IZQ.
EC = 8+846.823	227,482.259	1,907,650.524	DC = 39° 36' 50.779"	
PI = 8+894.376	227,508.302	1,907,610.346	ØE = 12° 00' 00.000"	
CE = 8+926.052	227,554.642	1,907,622.391	GC = 10° 00' 00.000"	
ET = 8+974.052	227,602.234	1,907,627.870		
CENTRO =	227,557.507	1,907,736.945	RC = 114.592 m.	
			ST = 95.553 m.	
			LC = 79.228 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.790	YC = 3.341
			P = 0.836	K = 23.965
			EX = 21.234 m.	

---

Distancia PI-PI: 628.492 m. TANGENTE LIBRE: 426.281 m. AZIMUT: 79° 25' 56.818"

---

**CURVA NO 23**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 9+400.332	228,021.285	1,907,706.047	DT = 54° 14' 20.889"	DER.
EC = 9+456.332	228,076.777	1,907,712.927	DC = 33° 14' 20.889"	
PI = 9+506.990	228,126.134	1,907,725.608	ØE = 10° 30' 00.000"	
CE = 9+544.970	228,160.554	1,907,688.029	GC = 7° 30' 00.000"	
ET = 9+600.970	228,203.281	1,907,651.958		
CENTRO =	228,076.957	1,907,560.140	RC = 152.789 m.	
			ST = 106.658 m.	
			LC = 88.638 m.	
			LE = 56.000 m.	
			XC = 55.812	YC = 3.413
			P = 0.854	K = 27.969
			EX = 19.833 m.	

---

Distancia PI-PI: 507.538 m. TANGENTE LIBRE: 309.315 m. AZIMUT: 133° 40' 17.761"

---

**CURVA NO 24**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 9+910.285	228,427.012	1,907,438.368	DT = 24° 36' 07.163" IZQ.	
EC = 9+968.285	228,470.271	1,907,399.774	DC = 13° 00' 07.162"	
PI = 10+001.850	228,493.241	1,907,375.141	ØE = 5° 48' 00.001"	
CE = 10+033.295	228,525.659	1,907,366.004	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 10+091.295	228,579.781	1,907,345.225		
CENTRO =	228,646.139	1,907,625.917	RC = 286.479 m.	
			ST = 91.564 m.	
			LC = 65.010 m.	
			LE = 58.000 m.	
			XC = 57.941	YC = 1.956
			P = 0.489	K = 28.990
			EX = 7.232 m.	

---

Distancia PI-PI: 812.989 m. TANGENTE LIBRE: 649.149 m. AZIMUT: 109° 04' 10.598"

---

**CURVA No. 25**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
PC = 10+740.444	229,193.306	1,907,133.138	DC = 17° 55' 16.690" DER.	
PI = 10+812.720	229,261.615	1,907,109.524	GC = 2° 30' 00.000"	
PT = 10+883.815	229,319.344	1,907,066.037		
CENTRO =	229,043.550	1,906,699.925	RC = 458.366 m.	
			ST = 72.275 m.	
			LC = 143.370 m.	
			EX = 5.663 m.	

---

Distancia PI-PI: 668.251 m. TANGENTE LIBRE: 474.738 m. AZIMUT: 126° 59' 27.288"

---

**CURVA NO 26**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 11+358.553	229,698.532	1,906,780.392	DT = 35° 38' 26.497" IZQ.	
EC = 11+416.553	229,745.987	1,906,747.092	DC = 24° 02' 26.496"	
PI = 11+479.791	229,795.368	1,906,707.445	ØE = 5° 48' 00.001"	
CE = 11+536.756	229,858.694	1,906,707.909	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 11+594.756	229,916.572	1,906,704.588		
CENTRO =	229,894.352	1,906,992.160	RC = 286.479 m.	
			ST = 121.238 m.	
			LC = 120.203 m.	
			LE = 58.000 m.	
			XC = 57.941	YC = 1.956
			P = 0.489	K = 28.990
			EX = 14.951 m.	



---

Distancia PI-PI: 695.649 m. TANGENTE LIBRE: 346.855 m. AZIMUT: 91° 21' 00.791"

---

**CURVA NO 27**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 11+941.611	230,263.331	1,906,696.415	DT = 92° 36' 55.503"	DER.
EC = 11+995.611	230,317.148	1,906,692.604	DC = 76° 24' 55.514"	
PI = 12+169.168	230,490.824	1,906,691.053	ØE = 8° 06' 00.001"	
CE = 12+250.329	230,476.278	1,906,517.980	GC = 6° 00' 00.000"	
ET = 12+304.329	230,475.087	1,906,464.041		
CENTRO =	230,285.790	1,906,504.211	RC = 190.986 m.	
			ST = 227.557 m.	
			LC = 254.718 m.	
			LE = 54.000 m.	
			XC = 53.892	YC = 2.541
			P = 0.636	K = 26.982
			EX = 86.411 m.	

---

Distancia PI-PI: 334.190 m. TANGENTE LIBRE: 64.168 m. AZIMUT: 183° 57' 56.349"

---

**CURVA No. 28**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
PC = 12+368.497	230,470.649	1,906,400.027	DC = 16° 51' 48.856"	DER.
PI = 12+410.962	230,467.712	1,906,357.663	GC = 4° 00' 00.000"	
PT = 12+452.814	230,452.612	1,906,317.972		
CENTRO =	230,184.856	1,906,419.840	RC = 286.479 m.	
			ST = 42.466 m.	
			LC = 84.318 m.	
			EX = 3.130 m.	

---

Distancia PI-PI: 195.653 m. TANGENTE LIBRE: 72.859 m. AZIMUT: 200° 49' 45.150"

---

**CURVA NO 29**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 12+525.673	230,426.704	1,906,249.875	DT = 30° 24' 00.472"	IZQ.
EC = 12+561.673	230,414.792	1,906,215.914	DC = 21° 24' 00.472"	
PI = 12+606.001	230,398.141	1,906,174.797	ØE = 4° 30' 00.000"	
CE = 12+647.274	230,406.444	1,906,131.221	GC = 5° 00' 00.000"	
ET = 12+683.274	230,411.497	1,906,095.587		
CENTRO =	230,634.730	1,906,151.478	RC = 229.183 m.	
			ST = 80.328 m.	
			LC = 85.601 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.978	YC = 0.942
			P = 0.236	K = 17.996
			EX = 8.552 m.	

---

Distancia PI-PI: 252.670 m. TANGENTE LIBRE: 108.396 m. AZIMUT: 170° 25' 44.733"

---

**CURVA No. 30** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 12+791.669	230,429.520	1,905,988.700	DC = 39° 52' 25.605" IZQ.
PI = 12+855.616	230,440.152	1,905,925.644	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 12+914.358	230,488.737	1,905,884.067	
CENTRO =	230,603.361	1,906,018.012	RC = 176.295 m.
			ST = 63.946 m.
			LC = 122.689 m.
			EX = 11.239 m.

---

Distancia PI-PI: 142.440 m. TANGENTE LIBRE: 26.992 m. AZIMUT: 130° 33' 19.127"

---

**CURVA No. 31** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 12+941.350	230,509.245	1,905,866.517	DC = 32° 34' 11.147" IZQ.
PI = 12+992.852	230,548.375	1,905,833.032	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 13+041.565	230,599.377	1,905,825.877	
CENTRO =	230,623.869	1,906,000.462	RC = 176.295 m.
			ST = 51.502 m.
			LC = 100.215 m.
			EX = 7.369 m.

---

Distancia PI-PI: 224.275 m. TANGENTE LIBRE: 124.799 m. AZIMUT: 97° 59' 07.980"

---

**CURVA No. 32** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 13+166.364	230,722.966	1,905,808.540	DC = 9° 34' 21.063" DER.
PI = 13+214.338	230,770.475	1,905,801.875	GC = 2° 00' 00.000"
PT = 13+262.089	230,816.214	1,905,787.403	
CENTRO =	230,643.369	1,905,241.138	RC = 572.958 m.
			ST = 47.974 m.
			LC = 95.725 m.
			EX = 2.005 m.

---

Distancia PI-PI: 327.906 m. TANGENTE LIBRE: 219.853 m. AZIMUT: 107° 33' 29.042"

---

**CURVA NO 33**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 13+481.942	231,025.824	1,905,721.079	DT = 39° 11' 47.355" IZQ.	
EC = 13+515.942	231,058.657	1,905,712.363	DC = 23° 02' 47.356"	
PI = 13+542.020	231,083.104	1,905,702.955	ØE = 8° 04' 29.999"	
CE = 13+564.461	231,106.819	1,905,714.079	GC = 9° 30' 00.000"	
ET = 13+598.461	231,138.949	1,905,725.109		
CENTRO =	231,078.531	1,905,831.338	RC = 120.623 m.	
			ST = 60.078 m.	
			LC = 48.519 m.	
			LE = 34.000 m.	
			XC = 33.933	YC = 1.595
			P = 0.399	K = 16.989
			EX = 7.841 m.	

---

Distancia PI-PI: 196.554 m. TANGENTE LIBRE: 39.529 m. AZIMUT: 68° 21' 41.688"

---

**CURVA NO 34**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 13+637.990	231,175.692	1,905,739.685	DT = 69° 16' 07.374" DER.	
EC = 13+672.990	231,208.806	1,905,750.907	DC = 51° 46' 07.374"	
PI = 13+734.936	231,265.807	1,905,775.434	ØE = 8° 45' 00.000"	
CE = 13+776.527	231,306.294	1,905,728.408	GC = 10° 00' 00.000"	
ET = 13+811.527	231,331.141	1,905,703.809		
CENTRO =	231,234.366	1,905,639.203	RC = 114.592 m.	
			ST = 96.947 m.	
			LC = 103.537 m.	
			LE = 35.000 m.	
			XC = 34.918	YC = 1.779
			P = 0.445	K = 17.486
			EX = 25.220 m.	

---

Distancia PI-PI: 521.417 m. TANGENTE LIBRE: 196.814 m. AZIMUT: 137° 37' 49.061"

---

**CURVA NO 35**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 14+008.341	231,463.776	1,905,558.400	DT = 111° 58' 41.613" IZQ.	
EC = 14+038.341	231,484.744	1,905,536.966	DC = 99° 58' 41.613"	
PI = 14+235.997	231,617.196	1,905,390.205	ØE = 6° 00' 00.000"	
CE = 14+288.286	231,701.833	1,905,568.863	GC = 8° 00' 00.000"	
ET = 14+318.286	231,715.750	1,905,595.424		
CENTRO =	231,579.901	1,905,644.029	RC = 143.239 m.	
			ST = 227.657 m.	
			LC = 249.946 m.	
			LE = 30.000 m.	
			XC = 29.967	YC = 1.046
			P = 0.262	K = 14.995
			EX = 113.310 m.	

---

Distancia PI-PI: 932.773 m. TANGENTE LIBRE: 511.093 m. AZIMUT: 25° 39' 07.442"

---

**CURVA NO 36**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 14+829.380	231,937.005	1,906,056.143	DT = 116° 34' 15.542" DER.
EC = 14+877.380	231,960.986	1,906,097.593	DC = 90° 10' 15.536"
PI = 15+023.402	232,020.998	1,906,231.043	ØE = 13° 12' 00.000"
CE = 15+041.327	232,107.702	1,906,113.175	GC = 11° 00' 00.000"
ET = 15+089.327	232,139.854	1,906,077.687	
CENTRO =	232,042.112	1,906,032.244	RC = 104.174 m.
			ST = 194.023 m.
			LC = 163.947 m.
			LE = 48.000 m.
			XC = 47.746    YC = 3.672
			P = 0.920    K = 23.958
			EX = 95.743 m.

---

Distancia PI-PI: 527.691 m. TANGENTE LIBRE: 263.294 m. AZIMUT: 142° 13' 22.936"

---

**CURVA NO 37**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 15+352.620	232,301.145	1,905,869.579	DT = 29° 47' 11.396" IZQ.
EC = 15+391.620	232,326.060	1,905,839.598	DC = 18° 05' 11.394"
PI = 15+422.995	232,344.256	1,905,813.955	ØE = 5° 51' 00.000"
CE = 15+451.909	232,373.800	1,905,803.191	GC = 6° 00' 00.000"
ET = 15+490.909	232,409.304	1,905,787.096	
CENTRO =	232,464.304	1,905,971.371	RC = 190.986 m.
			ST = 70.375 m.
			LC = 60.288 m.
			LE = 39.000 m.
			XC = 38.959    YC = 1.326
			P = 0.332    K = 19.493
			EX = 6.982 m.

---

Distancia PI-PI: 236.305 m. TANGENTE LIBRE: 81.843 m. AZIMUT: 112° 26' 11.567"

---

**CURVA NO 38**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 15+572.752	232,484.951	1,905,755.860	DT = 50° 39' 47.192" DER.
EC = 15+619.752	232,527.145	1,905,735.316	DC = 29° 30' 47.193"
PI = 15+656.839	232,562.673	1,905,723.767	ØE = 10° 34' 29.999"
CE = 15+685.337	232,570.740	1,905,687.290	GC = 9° 00' 00.000"
ET = 15+732.337	232,587.118	1,905,643.312	
CENTRO =	232,457.778	1,905,628.547	RC = 127.324 m.
			ST = 84.087 m.
			LC = 65.585 m.
			LE = 47.000 m.
			XC = 46.840    YC = 2.885
			P = 0.722    K = 23.473
			EX = 14.344 m.

---

Distancia PI-PI: 435.612 m. TANGENTE LIBRE: 266.071 m. AZIMUT: 163° 05' 58.759"

---

**CURVA NO 39**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 15+998.408	232,664.467	1,905,388.732	DT = 65° 36' 07.740" IZQ.
EC = 16+034.408	232,676.881	1,905,354.991	DC = 45° 48' 07.743"
PI = 16+083.862	232,689.309	1,905,306.968	ØE = 9° 54' 00.000"
CE = 16+117.685	232,738.717	1,905,302.553	GC = 11° 00' 00.000"
ET = 16+153.685	232,774.033	1,905,295.818	
CENTRO =	232,769.865	1,905,401.961	RC = 104.174 m.
			ST = 85.454 m.
			LC = 83.277 m.
			LE = 36.000 m.
			XC = 35.893    YC = 2.069
			P = 0.518    K = 17.982
			EX = 20.377 m.

---

Distancia PI-PI: 187.756 m. TANGENTE LIBRE: 5.151 m. AZIMUT: 97° 29' 51.019"

---

**CURVA NO 40**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 16+158.835	232,779.139	1,905,295.146	DT = 82° 42' 13.804" IZQ.
EC = 16+196.835	232,816.995	1,905,292.909	DC = 58° 00' 13.802"
PI = 16+255.987	232,875.460	1,905,282.469	ØE = 12° 21' 00.001"
CE = 16+286.072	232,887.977	1,905,340.525	GC = 13° 00' 00.000"
ET = 16+324.072	232,900.267	1,905,376.400	
CENTRO =	232,809.538	1,905,380.740	RC = 88.147 m.
			ST = 97.151 m.
			LC = 89.237 m.
			LE = 38.000 m.
			XC = 37.824    YC = 2.721
			P = 0.681    K = 18.971
			EX = 30.186 m.

---

Distancia PI-PI: 201.250 m. TANGENTE LIBRE: 65.140 m. AZIMUT: 14° 47' 37.221"

---

**CURVA No. 41**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 16+389.211	232,916.899	1,905,439.380	DC = 17° 23' 48.367" DER.
PI = 16+428.171	232,926.847	1,905,477.048	GC = 4° 30' 00.000"
PT = 16+466.530	232,947.602	1,905,510.019	
CENTRO =	233,163.106	1,905,374.359	RC = 254.648 m.
			ST = 38.959 m.
			LC = 77.319 m.
			EX = 2.963 m.

---

Distancia PI-PI: 172.756 m. TANGENTE LIBRE: 115.609 m. AZIMUT: 32° 11' 25.602"

---

**CURVA No. 42** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 16+582.139	233,009.191	1,905,607.856	DC = 4° 32' 40.208" IZQ.
PI = 16+600.327	233,018.880	1,905,623.248	GC = 2° 30' 00.000"
PT = 16+618.495	233,027.319	1,905,639.359	
CENTRO =	232,621.284	1,905,852.044	RC = 458.366 m.
			ST = 18.188 m.
			LC = 36.356 m.
			EX = 0.361 m.

---

Distancia PI-PI: 509.706 m. TANGENTE LIBRE: 262.483 m. AZIMUT: 27° 38' 45.394"

---

**CURVA NO 43** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 16+880.978	233,149.113	1,905,871.875	DT = 116° 09' 43.017" DER.
EC = 16+927.978	233,173.403	1,905,912.029	DC = 95° 00' 43.011"
PI = 17+110.014	233,255.387	1,906,074.762	ØE = 10° 34' 29.999"
CE = 17+139.116	233,360.644	1,905,926.019	GC = 9° 00' 00.000"
ET = 17+186.116	233,390.631	1,905,889.921	
CENTRO =	233,273.432	1,905,833.254	RC = 127.324 m.
			ST = 229.036 m.
			LC = 211.138 m.
			LE = 47.000 m.
			XC = 46.840 YC = 2.885
			P = 0.722 K = 23.473
			EX = 114.857 m.

---

Distancia PI-PI: 305.495 m. TANGENTE LIBRE: 23.397 m. AZIMUT: 143° 48' 28.356"

---

**CURVA No. 44** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 17+209.513	233,404.447	1,905,871.038	DC = 23° 32' 28.178" IZQ.
PI = 17+262.575	233,435.780	1,905,828.215	GC = 4° 30' 00.000"
PT = 17+314.140	233,481.609	1,905,801.470	
CENTRO =	233,609.958	1,906,021.407	RC = 254.648 m.
			ST = 53.062 m.
			LC = 104.627 m.
			EX = 5.470 m.

---

Distancia PI-PI: 295.761 m. TANGENTE LIBRE: 173.491 m. AZIMUT: 120° 16' 00.178"

---

**CURVA NO 45**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 17+487.631	233,631.451	1,905,714.026	DT = 41° 23' 30.315" IZQ.	
EC = 17+517.631	233,657.861	1,905,699.826	DC = 29° 23' 30.315"	
PI = 17+556.839	233,691.225	1,905,679.144	ØE = 6° 00' 00.000"	
CE = 17+591.111	233,729.526	1,905,687.742	GC = 8° 00' 00.000"	
ET = 17+621.111	233,759.132	1,905,692.498		
CENTRO =	233,716.730	1,905,830.409	RC = 143.239 m.	
			ST = 69.207 m.	
			LC = 73.479 m.	
			LE = 30.000 m.	
			XC = 29.967	YC = 1.046
			P = 0.262	K = 14.995
			EX = 10.161 m.	

---

Distancia PI-PI: 250.385 m. TANGENTE LIBRE: 57.023 m. AZIMUT: 78° 52' 29.863"

---

**CURVA NO 46**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 17+678.134	233,815.084	1,905,703.500	DT = 90° 48' 15.969" DER.	
EC = 17+714.134	233,850.701	1,905,708.395	DC = 71° 00' 15.985"	
PI = 17+802.289	233,936.905	1,905,727.456	ØE = 9° 54' 00.000"	
CE = 17+843.233	233,950.682	1,905,640.252	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 17+879.233	233,959.148	1,905,605.310		
CENTRO =	233,852.928	1,905,604.245	RC = 104.174 m.	
			ST = 124.154 m.	
			LC = 129.099 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.893	YC = 2.069
			P = 0.518	K = 17.982
			EX = 44.933 m.	

---

Distancia PI-PI: 210.470 m. TANGENTE LIBRE: 18.362 m. AZIMUT: 169° 40' 45.831"

---

**CURVA NO 47**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 17+897.596	233,962.438	1,905,587.245	DT = 57° 44' 50.222" IZQ.	
EC = 17+935.596	233,971.892	1,905,550.521	DC = 33° 02' 50.219"	
PI = 17+965.549	233,974.612	1,905,520.391	ØE = 12° 21' 00.001"	
CE = 17+986.438	234,003.578	1,905,511.663	GC = 13° 00' 00.000"	
ET = 18+024.438	234,037.647	1,905,495.010		
CENTRO =	234,053.228	1,905,584.496	RC = 88.147 m.	
			ST = 67.953 m.	
			LC = 50.842 m.	
			LE = 38.000 m.	
			XC = 37.824	YC = 2.721
			P = 0.681	K = 18.971
			EX = 13.292 m.	

---

Distancia PI-PI: 153.036 m. TANGENTE LIBRE: 28.585 m. AZIMUT: 111° 55' 55.609"

---

**CURVA NO 48**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 18+053.023	234,064.164	1,905,484.333	DT = 45° 48' 13.250"	DER.
EC = 18+091.023	234,098.234	1,905,467.680	DC = 21° 06' 13.247"	
PI = 18+109.520	234,116.572	1,905,463.231	ØE = 12° 21' 00.001"	
CE = 18+123.490	234,121.127	1,905,444.919	GC = 13° 00' 00.000"	
ET = 18+161.490	234,137.977	1,905,410.946		
CENTRO =	234,048.584	1,905,394.847	RC = 88.147 m.	
			ST = 56.497 m.	
			LC = 32.467 m.	
			LE = 38.000 m.	
			XC = 37.824	YC = 2.721
			P = 0.681	K = 18.971
			EX = 8.283 m.	

---

Distancia PI-PI: 151.708 m. TANGENTE LIBRE: 25.880 m. AZIMUT: 157° 44' 08.804"

---

**CURVA NO 49**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 18+187.371	234,147.783	1,905,386.995	DT = 59° 06' 04.554"	IZQ.
EC = 18+225.371	234,164.633	1,905,353.023	DC = 34° 24' 04.551"	
PI = 18+256.702	234,174.051	1,905,322.833	ØE = 12° 21' 00.001"	
CE = 18+278.296	234,205.610	1,905,320.794	GC = 13° 00' 00.000"	
ET = 18+316.296	234,242.596	1,905,312.424		
CENTRO =	234,237.177	1,905,403.094	RC = 88.147 m.	
			ST = 69.331 m.	
			LC = 52.925 m.	
			LE = 38.000 m.	
			XC = 37.824	YC = 2.721
			P = 0.681	K = 18.971
			EX = 13.964 m.	

---

Distancia PI-PI: 402.296 m. TANGENTE LIBRE: 175.386 m. AZIMUT: 98° 38' 04.250"

---

**CURVA NO 50**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 18+491.682	234,415.995	1,905,286.093	DT = 121° 22' 42.772"	DER.
EC = 18+531.682	234,454.749	1,905,276.693	DC = 91° 22' 42.772"	
PI = 18+649.260	234,571.787	1,905,262.436	ØE = 15° 00' 00.000"	
CE = 18+653.520	234,493.351	1,905,174.408	GC = 15° 00' 00.000"	
ET = 18+693.520	234,470.470	1,905,141.747		
CENTRO =	234,424.123	1,905,206.708	RC = 76.394 m.	
			ST = 157.578 m.	
			LC = 121.838 m.	
			LE = 40.000 m.	
			XC = 39.727	YC = 3.474
			P = 0.871	K = 19.954
			EX = 81.435 m.	



---

Distancia PI-PI: 250.310 m. TANGENTE LIBRE: 62.742 m. AZIMUT: 220° 00' 47.076"

---

**CURVA NO 51 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 18+756.262	234,430.129	1,905,093.693	DT = 12° 15' 46.747" IZQ.
EC = 18+790.262	234,409.534	1,905,066.678	DC = -4° 06' 46.748"
PI = 18+786.251	234,410.847	1,905,070.724	ØE = 8° 04' 29.999"
CE = 18+782.079	234,414.095	1,905,073.471	GC = 9° 30' 00.000"
ET = 18+816.079	234,396.883	1,905,044.184	
CENTRO =	234,511.896	1,905,002.869	RC = 120.623 m.
			ST = 29.990 m.
			LC = -8.183 m.
			LE = 34.000 m.
			XC = 33.933 m. YC = 1.595
			P = 0.399 m. K = 16.989
			EX = 1.095 m.

Distancia PI-PI: 194.141 m. TANGENTE LIBRE: 95.589 m. AZIMUT: 207° 45' 00.330"

---

**CURVA NO 52 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 18+911.668	234,352.376	1,904,959.589	DT = 36° 49' 37.295" DER.
EC = 18+939.668	234,338.642	1,904,935.199	DC = 27° 01' 37.298"
PI = 18+980.230	234,320.452	1,904,898.912	ØE = 4° 54' 00.000"
CE = 19+016.888	234,283.457	1,904,882.211	GC = 7° 00' 00.000"
ET = 19+044.888	234,258.529	1,904,869.478	
CENTRO =	234,200.808	1,905,023.517	RC = 163.702 m.
			ST = 68.562 m.
			LC = 77.220 m.
			LE = 28.000 m.
			XC = 27.980 m. YC = 0.798
			P = 0.199 m. K = 13.997
			EX = 9.044 m.

Distancia PI-PI: 218.341 m. TANGENTE LIBRE: 73.794 m. AZIMUT: 244° 34' 37.679"

---

**CURVA NO 53 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 19+118.682	234,191.881	1,904,837.799	DT = 65° 23' 18.340" IZQ.
EC = 19+156.682	234,158.889	1,904,819.103	DC = 40° 41' 18.337"
PI = 19+194.667	234,123.254	1,904,805.179	ØE = 12° 21' 00.001"
CE = 19+219.279	234,126.516	1,904,767.060	GC = 13° 00' 00.000"
ET = 19+257.279	234,124.330	1,904,729.202	
CENTRO =	234,212.881	1,904,749.428	RC = 88.147 m.
			ST = 75.985 m.
			LC = 62.598 m.
			LE = 38.000 m.
			XC = 37.824 m. YC = 2.721
			P = 0.681 m. K = 18.971
			EX = 17.405 m.

---

Distancia PI-PI: 144.781 m. TANGENTE LIBRE: 20.231 m. AZIMUT: 179° 11' 19.285"

---

**CURVA No. 54** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 19+277.510	234,124.616	1,904,708.973	DC = 49° 59' 18.472" DER.
PI = 19+326.075	234,125.304	1,904,660.413	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 19+368.398	234,088.554	1,904,628.665	
CENTRO =	234,020.453	1,904,707.498	RC = 104.174 m.
			ST = 48.564 m.
			LC = 90.888 m.
			EX = 10.764 m.

---

Distancia PI-PI: 144.653 m. TANGENTE LIBRE: 10.991 m. AZIMUT: 229° 10' 37.701"

---

**CURVA NO 55** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 19+379.389	234,080.236	1,904,621.480	DT = 79° 10' 03.918" IZQ.
EC = 19+403.389	234,062.819	1,904,604.997	DC = 63° 34' 03.924"
PI = 19+464.487	234,015.840	1,904,565.850	ØE = 7° 48' 00.001"
CE = 19+501.186	234,047.345	1,904,513.438	GC = 13° 00' 00.000"
ET = 19+525.186	234,058.377	1,904,492.146	
CENTRO =	234,128.963	1,904,546.730	RC = 88.147 m.
			ST = 85.098 m.
			LC = 97.797 m.
			LE = 24.000 m.
			XC = 23.956 YC = 1.088
			P = 0.272 K = 11.993
			EX = 26.580 m.

---

Distancia PI-PI: 214.701 m. TANGENTE LIBRE: -6.529 m. AZIMUT: 150° 00' 33.783"

---

**CURVA NO 56** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 19+518.657	234,055.113	1,904,497.801	DT = 96° 54' 43.868" IZQ.
EC = 19+554.657	234,074.847	1,904,467.749	DC = 77° 06' 43.857"
PI = 19+654.789	234,123.160	1,904,379.896	ØE = 9° 54' 00.000"
CE = 19+694.861	234,202.074	1,904,441.741	GC = 11° 00' 00.000"
ET = 19+730.861	234,232.019	1,904,461.638	
CENTRO =	234,154.776	1,904,534.558	RC = 104.174 m.
			ST = 136.132 m.
			LC = 140.204 m.
			LE = 36.000 m.
			XC = 35.893 YC = 2.069
			P = 0.518 K = 17.982
			EX = 53.686 m.

---

Distancia PI-PI: 316.874 m. TANGENTE LIBRE: 66.790 m. AZIMUT: 53° 05' 49.901"

---

**CURVA NO 57** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 19+797.651	234,285.428	1,904,501.743	DT = 79° 57' 49.867" DER.
EC = 19+832.651	234,314.419	1,904,521.287	DC = 62° 27' 49.867"
PI = 19+911.603	234,376.550	1,904,570.166	ØE = 8° 45' 00.000"
CE = 19+957.579	234,433.079	1,904,514.904	GC = 10° 00' 00.000"
ET = 19+992.579	234,459.806	1,904,492.362	
CENTRO =	234,368.486	1,904,420.253	RC = 114.592 m.
			ST = 113.952 m.
			LC = 124.928 m.
			LE = 35.000 m.
			XC = 34.918 YC = 1.779
			P = 0.445 K = 17.486
			EX = 35.538 m.

---

Distancia PI-PI: 500.906 m. TANGENTE LIBRE: 243.719 m. AZIMUT: 133° 03' 39.781"

---

**CURVA No. 58** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 20+236.298	234,637.874	1,904,325.956	DC = 78° 11' 08.903" DER.
PI = 20+379.533	234,742.525	1,904,228.159	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 20+476.870	234,668.225	1,904,105.702	
CENTRO =	234,517.504	1,904,197.151	RC = 176.295 m.
			ST = 143.235 m.
			LC = 240.572 m.
			EX = 50.853 m.

---

Distancia PI-PI: 573.649 m. TANGENTE LIBRE: 108.967 m. AZIMUT: 211° 14' 48.684"

---

**CURVA NO 59** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 20+585.837	234,611.701	1,904,012.541	DT = 141° 55' 56.433" IZQ.
EC = 20+621.837	234,594.852	1,903,980.782	DC = 122° 07' 56.422"
PI = 20+907.284	234,444.958	1,903,737.723	ØE = 9° 54' 00.000"
CE = 20+843.896	234,711.373	1,903,840.528	GC = 11° 00' 00.000"
ET = 20+879.896	234,745.683	1,903,851.270	
CENTRO =	234,691.879	1,903,942.861	RC = 104.174 m.
			ST = 321.447 m.
			LC = 222.059 m.
			LE = 36.000 m.
			XC = 35.893 YC = 2.069
			P = 0.518 K = 17.982
			EX = 216.842 m.

---

Distancia PI-PI: 403.116 m. TANGENTE LIBRE: 31.688 m. AZIMUT: 69° 18' 52.278"

---

**CURVA NO 60**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 20+911.584	234,775.328	1,903,862.464	DT = 33° 59' 27.975"	DER.
EC = 20+947.584	234,809.638	1,903,873.206	DC = 14° 11' 27.978"	
PI = 20+961.565	234,822.087	1,903,880.119	ØE = 9° 54' 00.000"	
CE = 20+973.386	234,835.321	1,903,874.863	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 21+009.386	234,870.726	1,903,868.616		
CENTRO =	234,829.132	1,903,770.873	RC = 104.174 m.	
			ST = 49.981 m.	
			LC = 25.802 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.893	YC = 2.069
			P = 0.518	K = 17.982
			EX = 5.299 m.	

---

Distancia PI-PI: 163.023 m. TANGENTE LIBRE: 57.641 m. AZIMUT: 103° 18' 20.226"

---

**CURVA NO 61**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 21+067.027	234,926.820	1,903,855.350	DT = 39° 20' 09.375"	DER.
EC = 21+103.027	234,961.273	1,903,845.076	DC = 19° 32' 09.378"	
PI = 21+122.429	234,980.734	1,903,842.600	ØE = 9° 54' 00.000"	
CE = 21+138.547	234,990.927	1,903,825.838	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 21+174.547	235,014.351	1,903,798.564		
CENTRO =	234,920.225	1,903,749.330	RC = 104.174 m.	
			ST = 55.401 m.	
			LC = 35.520 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.893	YC = 2.069
			P = 0.518	K = 17.982
			EX = 7.004 m.	

---

Distancia PI-PI: 135.295 m. TANGENTE LIBRE: 17.424 m. AZIMUT: 142° 38' 29.656"

---

**CURVA NO 62**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 21+191.971	235,024.924	1,903,784.715	DT = 63° 44' 57.253"	IZQ.
EC = 21+231.971	235,052.110	1,903,755.587	DC = 29° 44' 57.253"	
PI = 21+254.441	235,062.831	1,903,735.060	ØE = 17° 00' 00.000"	
CE = 21+266.970	235,084.467	1,903,743.317	GC = 17° 00' 00.000"	
ET = 21+306.970	235,124.131	1,903,747.095		
CENTRO =	235,091.387	1,903,810.365	RC = 67.407 m.	
			ST = 62.470 m.	
			LC = 34.999 m.	
			LE = 40.000 m.	
			XC = 39.649	YC = 3.931
			P = 0.986	K = 19.941
			EX = 13.130 m.	

---

Distancia PI-PI: 187.435 m. TANGENTE LIBRE: 46.196 m. AZIMUT: 78° 53' 32.430"

---

**CURVA NO 63**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 21+353.166	235,169.462	1,903,755.995	DT = 60° 16' 52.088" DER.	
EC = 21+389.166	235,205.081	1,903,760.879	DC = 40° 28' 52.091"	
PI = 21+431.935	235,246.755	1,903,771.170	ØE = 9° 54' 00.000"	
CE = 21+462.768	235,273.220	1,903,737.373	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 21+498.768	235,298.252	1,903,711.566		
CENTRO =	235,207.276	1,903,656.728	RC = 104.174 m.	
			ST = 78.769 m.	
			LC = 73.602 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.893    YC = 2.069	
			P = 0.518    K = 17.982	
			EX = 16.886 m.	

---

Distancia PI-PI: 177.718 m. TANGENTE LIBRE: 54.989 m. AZIMUT: 139° 10' 24.463"

---

**CURVA No. 64**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
PC = 21+553.758	235,334.202	1,903,669.956	DC = 21° 42' 57.969" IZQ.	
PI = 21+597.717	235,362.942	1,903,636.692	GC = 5° 00' 00.000"	
PT = 21+640.622	235,401.950	1,903,616.423		
CENTRO =	235,507.624	1,903,819.789	RC = 229.183 m.	
			ST = 43.960 m.	
			LC = 86.864 m.	
			EX = 4.178 m.	

---

Distancia PI-PI: 216.757 m. TANGENTE LIBRE: 122.238 m. AZIMUT: 117° 27' 26.494"

---

**CURVA No. 65**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
PC = 21+762.860	235,510.418	1,903,560.060	DC = 15° 04' 48.144" DER.	
PI = 21+813.419	235,555.282	1,903,536.748	GC = 3° 00' 00.000"	
PT = 21+863.394	235,592.536	1,903,502.567		
CENTRO =	235,334.295	1,903,221.116	RC = 381.972 m.	
			ST = 50.559 m.	
			LC = 100.534 m.	
			EX = 3.332 m.	



---

Distancia PI-PI: 453.519 m. TANGENTE LIBRE: 310.933 m. AZIMUT: 132° 32' 14.637"

---

**CURVA NO 66**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 22+174.327	235,821.643	1,903,292.353	DT = 82° 34' 53.774" IZQ.	
EC = 22+213.327	235,852.303	1,903,268.410	DC = 55° 16' 53.777"	
PI = 22+266.353	235,889.451	1,903,230.137	ØE = 13° 39' 00.000"	
CE = 22+292.301	235,928.229	1,903,266.758	GC = 14° 00' 00.000"	
ET = 22+331.301	235,959.902	1,903,289.345		
CENTRO =	235,891.843	1,903,340.075	RC = 81.851 m.	
			ST = 92.026 m.	
			LC = 78.974 m.	
			LE = 39.000 m.	
			XC = 38.779	YC = 3.085
			P = 0.773	K = 19.463
			EX = 28.113 m.	

---

Distancia PI-PI: 277.941 m. TANGENTE LIBRE: 36.704 m. AZIMUT: 49° 57' 20.877"

---

**CURVA NO 67**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 22+368.004	235,988.000	1,903,312.959	DT = 94° 40' 18.475" DER.	
EC = 22+416.004	236,026.736	1,903,341.148	DC = 70° 40' 18.475"	
PI = 22+517.215	236,102.228	1,903,408.958	ØE = 12° 00' 00.000"	
CE = 22+557.348	236,158.214	1,903,324.324	GC = 10° 00' 00.000"	
ET = 22+605.348	236,188.604	1,903,287.291		
CENTRO =	236,080.610	1,903,240.012	RC = 114.592 m.	
			ST = 149.210 m.	
			LC = 141.344 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.790	YC = 3.341
			P = 0.836	K = 23.965
			EX = 55.732 m.	

---

Distancia PI-PI: 311.566 m. TANGENTE LIBRE: 77.446 m. AZIMUT: 144° 37' 39.338"

---

**CURVA NO 68**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 22+682.794	236,233.437	1,903,224.141	DT = 60° 13' 32.357" IZQ.	
EC = 22+730.794	236,264.072	1,903,187.336	DC = 33° 49' 32.351"	
PI = 22+767.704	236,282.590	1,903,154.905	ØE = 13° 12' 00.000"	
CE = 22+792.295	236,319.219	1,903,162.187	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 22+840.295	236,367.095	1,903,163.188		
CENTRO =	236,333.000	1,903,265.444	RC = 104.174 m.	
			ST = 84.910 m.	
			LC = 61.501 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.746	YC = 3.672
			P = 0.920	K = 23.958
			EX = 17.316 m.	

---

Distancia PI-PI: 474.192 m. TANGENTE LIBRE: 291.452 m. AZIMUT: 84° 24' 06.982"

---

**CURVA NO 69**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 23+131.746	236,657.156	1,903,191.619	DT = 49° 52' 41.398"	DER.
EC = 23+174.746	236,700.061	1,903,193.935	DC = 34° 49' 41.401"	
PI = 23+229.577	236,754.520	1,903,201.162	ØE = 7° 31' 30.000"	
CE = 23+274.255	236,792.515	1,903,161.483	GC = 7° 00' 00.000"	
ET = 23+317.255	236,824.560	1,903,132.860		
CENTRO =	236,694.556	1,903,030.325	RC = 163.702 m.	
			ST = 97.830 m.	
			LC = 99.509 m.	
			LE = 43.000 m.	
			XC = 42.926	YC = 1.880
			P = 0.470	K = 21.488
			EX = 17.352 m.	

---

Distancia PI-PI: 479.388 m. TANGENTE LIBRE: 239.126 m. AZIMUT: 134° 16' 48.380"

---

**CURVA NO 70**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 23+556.381	236,995.759	1,902,965.911	DT = 96° 51' 01.176"	IZQ.
EC = 23+604.381	237,032.506	1,902,935.206	DC = 70° 27' 01.170"	
PI = 23+698.814	237,097.731	1,902,866.469	ØE = 13° 12' 00.000"	
CE = 23+732.473	237,152.363	1,902,943.893	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 23+780.473	237,184.300	1,902,979.574		
CENTRO =	237,086.284	1,903,024.425	RC = 104.174 m.	
			ST = 142.433 m.	
			LC = 128.092 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.746	YC = 3.672
			P = 0.920	K = 23.958
			EX = 54.196 m.	

---

Distancia PI-PI: 1,041.821 m. TANGENTE LIBRE: 525.520 m. AZIMUT: 37° 25' 47.191"

---

**CURVA NO 71**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 24+305.993	237,503.705	1,903,396.889	DT = 101° 38' 34.929"	DER.
EC = 24+349.993	237,531.326	1,903,431.125	DC = 92° 50' 34.918"	
PI = 24+679.861	237,730.938	1,903,693.778	ØE = 4° 24' 00.000"	
CE = 24+814.208	237,946.201	1,903,443.791	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 24+858.208	237,975.859	1,903,411.304		
CENTRO =	237,744.790	1,903,240.066	RC = 286.479 m.	
			ST = 373.868 m.	
			LC = 464.215 m.	
			LE = 44.000 m.	
			XC = 43.974	YC = 1.126
			P = 0.282	K = 21.996
			EX = 167.444 m.	



---

Distancia PI-PI: 708.338 m. TANGENTE LIBRE: 167.395 m. AZIMUT: 139° 04' 22.189"

---

**CURVA NO 72**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 25+025.603	238,085.519	1,903,284.830	DT = 80° 38' 53.167" IZQ.	
EC = 25+080.603	238,123.771	1,903,245.406	DC = 61° 23' 53.167"	
PI = 25+192.678	238,194.970	1,903,158.598	ØE = 9° 37' 30.000"	
CE = 25+256.026	238,288.975	1,903,219.983	GC = 7° 00' 00.000"	
ET = 25+311.026	238,337.310	1,903,246.081		
CENTRO =	238,227.783	1,903,371.817	RC = 163.702 m.	
			ST = 167.075 m.	
			LC = 175.423 m.	
			LE = 55.000 m.	
			XC = 54.845	YC = 3.074
			P = 0.769	K = 27.474
			EX = 52.027 m.	

---

Distancia PI-PI: 1,088.270 m. TANGENTE LIBRE: 790.389 m. AZIMUT: 58° 25' 29.036"

---

**CURVA NO 73**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 26+101.415	239,010.684	1,903,659.943	DT = 39° 04' 10.282" DER.	
EC = 26+159.415	239,061.071	1,903,688.616	DC = 27° 28' 10.281"	
PI = 26+232.222	239,122.125	1,903,728.436	ØE = 5° 48' 00.001"	
CE = 26+296.763	239,194.114	1,903,716.993	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 26+354.763	239,251.814	1,903,711.375		
CENTRO =	239,185.644	1,903,430.640	RC = 286.479 m.	
			ST = 130.807 m.	
			LC = 137.348 m.	
			LE = 58.000 m.	
			XC = 57.941	YC = 1.956
			P = 0.489	K = 28.990
			EX = 18.016 m.	

---

Distancia PI-PI: 620.693 m. TANGENTE LIBRE: 167.919 m. AZIMUT: 97° 29' 39.318"

---

**CURVA NO 74**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 26+522.682	239,418.299	1,903,689.474	DT = 108° 23' 43.389" IZQ.	
EC = 26+586.682	239,482.030	1,903,684.390	DC = 90° 47' 43.394"	
PI = 26+844.649	239,737.516	1,903,647.481	ØE = 8° 48' 00.001"	
CE = 26+916.847	239,685.489	1,903,900.322	GC = 5° 30' 00.000"	
ET = 26+980.847	239,676.627	1,903,963.638		
CENTRO =	239,477.282	1,903,892.684	RC = 208.348 m.	
			ST = 321.967 m.	
			LC = 330.165 m.	
			LE = 64.000 m.	
			XC = 63.849	YC = 3.271
			P = 0.818	K = 31.975
			EX = 149.208 m.	

---

Distancia PI-PI: 643.864 m. TANGENTE LIBRE: 106.026 m. AZIMUT: 349° 05' 55.957"

---

**CURVA NO 75 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 27+086.873	239,656.576	1,904,067.751	DT = 82° 38' 33.171" DER.
EC = 27+150.873	239,647.714	1,904,131.067	DC = 65° 02' 33.177"
PI = 27+302.743	239,615.752	1,904,279.726	ØE = 8° 48' 00.001"
CE = 27+387.392	239,761.144	1,904,324.248	GC = 5° 30' 00.000"
ET = 27+451.392	239,820.753	1,904,347.359	
CENTRO =	239,855.922	1,904,138.706	RC = 208.348 m.
			ST = 215.870 m.
			LC = 236.518 m.
			LE = 64.000 m.
			XC = 63.849 YC = 3.271
			P = 0.818 K = 31.975
			EX = 70.162 m.

---

Distancia PI-PI: 351.969 m. TANGENTE LIBRE: 136.099 m. AZIMUT: 71° 44' 29.073"

---

**<FINAL>**

CADENAMIENTO	X	Y
FIN = 27+587.490	239,950.000	1,904,390.000

## 8.1.2 Alternativa 2

### < ORIGEN >

CADENAMIENTO	X	Y	ORIGEN
=	0+000.000	220,950.000	1,910,150.000

Distancia PI-PI: 320.942 m. TANGENTE LIBRE: 151.750 m. AZIMUT: 131° 56' 08.079"

#### CURVA NO 1 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 90

CADENAMIENTO	X	Y	
TE =	0+151.750	221,062.886	1,910,048.586
EC =	0+222.750	221,113.664	1,909,999.031
PI =	0+320.942	221,188.748	1,909,935.516
CE =	0+401.392	221,182.622	1,909,837.362
ET =	0+472.392	221,183.245	1,909,766.413
CENTRO =		220,897.339	1,909,811.218
			DT = 49° 55' 42.206" DER.
			DC = 35° 43' 42.203"
			ØE = 7° 06' 00.000"
			GC = 4° 00' 00.000"
			RC = 286.479 m.
			ST = 169.192 m.
			LC = 178.642 m.
			LE = 71.000 m.
			XC = 70.891 YC = 2.930
			P = 0.733 K = 35.482
			EX = 30.332 m.

Distancia PI-PI: 809.453 m. TANGENTE LIBRE: 352.050 m. AZIMUT: 181° 51' 50.284"

#### CURVA NO 2 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 90

CADENAMIENTO	X	Y	
TE =	0+824.442	221,171.794	1,909,414.549
EC =	0+895.442	221,172.416	1,909,343.601
PI =	1+112.652	221,162.419	1,909,126.492
CE =	1+237.900	221,377.427	1,909,094.742
ET =	1+308.900	221,446.944	1,909,080.549
CENTRO =		221,457.699	1,909,369.744
			DT = 82° 41' 29.667" IZQ.
			DC = 68° 29' 29.678"
			ØE = 7° 06' 00.000"
			GC = 4° 00' 00.000"
			RC = 286.479 m.
			ST = 288.210 m.
			LC = 342.458 m.
			LE = 71.000 m.
			XC = 70.891 YC = 2.930
			P = 0.733 K = 35.482
			EX = 96.094 m.

---

Distancia PI-PI: 605.321 m. TANGENTE LIBRE: 239.958 m. AZIMUT: 99° 10' 20.618"

---

**CURVA No. 3 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 1+548.858	221,683.834	1,909,042.298	DC = 7° 42' 12.925" IZQ.
PI = 1+626.010	221,760.000	1,909,030.000	GC = 1° 00' 00.000"
PT = 1+702.930	221,837.127	1,909,028.022	
CENTRO =	221,866.500	1,910,173.562	RC = 1,145.916 m.
			ST = 77.152 m.
			LC = 154.072 m.
			EX = 2.594 m.

---

~~Distancia PI-PI: 390.128 m. TANGENTE LIBRE: 231.148 m. AZIMUT: 91° 28' 07.692"~~

**CURVA No. 4 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 1+934.078	222,068.199	1,909,022.097	DC = 16° 15' 20.654" DER.
PI = 2+015.906	222,150.000	1,909,020.000	GC = 2° 00' 00.000"
PT = 2+096.635	222,227.944	1,908,995.088	
CENTRO =	222,053.512	1,908,449.328	RC = 572.958 m.
			ST = 81.828 m.
			LC = 162.557 m.
			EX = 5.814 m.

---

~~Distancia PI-PI: 262.677 m. TANGENTE LIBRE: 28.421 m. AZIMUT: 107° 43' 28.374"~~

**CURVA NO 5 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 2+125.056	222,255.016	1,908,986.436	DT = 35° 05' 56.451" IZQ.
EC = 2+188.056	222,315.512	1,908,968.918	DC = 25° 38' 56.449"
PI = 2+277.484	222,400.208	1,908,940.030	ØE = 4° 43' 30.000"
CE = 2+359.049	222,485.080	1,908,968.400	GC = 3° 00' 00.000"
ET = 2+422.049	222,545.682	1,908,985.548	
CENTRO =	222,401.434	1,909,341.100	RC = 381.972 m.
			ST = 152.428 m.
			LC = 170.993 m.
			LE = 63.000 m.
			XC = 62.957 YC = 1.731
			P = 0.433 K = 31.493
			EX = 19.100 m.

Distancia PI-PI: 528.363 m. TANGENTE LIBRE: 226.016 m. AZIMUT: 72° 37' 31.923"

CURVA NO 6		CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES		VELOCIDAD = 90
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	2+648.065	222,761.385	1,909,053.039	DT = 34° 24' 51.792" IZQ.
EC =	2+711.065	222,820.953	1,909,073.491	DC = 24° 57' 51.790"
PI =	2+797.985	222,904.465	1,909,097.808	ØE = 4° 43' 30.000"
CE =	2+877.495	222,956.896	1,909,167.208	GC = 3° 00' 00.000"
ET =	2+940.495	222,997.199	1,909,215.605	
CENTRO =		222,677.249	1,909,427.401	RC = 381.972 m.
				ST = 149.920 m.
				LC = 166.429 m.
				LE = 63.000 m.
				XC = 62.957 YC = 1.731
				P = 0.433 K = 31.493
				EX = 18.351 m.

Distancia PI-PI: 1,298.476 m. TANGENTE LIBRE: 904.364 m. AZIMUT: 38° 12' 40.130"

CURVA NO 7		CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES		VELOCIDAD = 90
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	3+844.858	223,556.603	1,909,926.197	DT = 72° 00' 37.463" DER.
EC =	3+915.858	223,602.756	1,909,980.086	DC = 57° 48' 37.461"
PI =	4+089.052	223,707.652	1,910,118.068	ØE = 7° 06' 00.000"
CE =	4+204.910	223,869.259	1,910,055.417	GC = 4° 00' 00.000"
ET =	4+275.910	223,936.794	1,910,033.662	
CENTRO =		223,804.224	1,909,776.418	RC = 286.479 m.
				ST = 244.193 m.
				LC = 289.052 m.
				LE = 71.000 m.
				XC = 70.891 YC = 2.930
				P = 0.733 K = 35.482
				EX = 68.558 m.

Distancia PI-PI: 927.394 m. TANGENTE LIBRE: 552.568 m. AZIMUT: 110° 13' 17.607"

CURVA NO 8		CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES		VELOCIDAD = 80
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	4+828.478	224,455.303	1,909,842.666	DT = 50° 30' 13.390" IZQ.
EC =	4+892.478	224,516.348	1,909,823.667	DC = 32° 54' 13.381"
PI =	4+959.111	224,577.884	1,909,797.513	ØE = 8° 48' 00.001"
CE =	5+012.128	224,633.905	1,909,834.015	GC = 5° 30' 00.000"
ET =	5+076.128	224,690.692	1,909,863.386	
CENTRO =		224,557.606	1,910,027.889	RC = 208.348 m.
				ST = 130.633 m.
				LC = 119.650 m.
				LE = 64.000 m.
				XC = 63.849 YC = 3.271
				P = 0.818 K = 31.975
				EX = 22.918 m.

---

Distancia PI-PI: 342.362 m. TANGENTE LIBRE: 38.359 m. AZIMUT: 59° 43' 04.232"

---

**CURVA NO 9** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 5+114.487	224,723.817	1,909,882.729	DT = 68° 07' 01.161" DER.
EC = 5+178.487	224,780.604	1,909,912.100	DC = 50° 31' 01.166"
PI = 5+287.858	224,873.532	1,909,970.152	ØE = 8° 48' 00.001"
CE = 5+362.185	224,958.023	1,909,900.389	GC = 5° 30' 00.000"
ET = 5+426.185	225,010.456	1,909,863.809	
CENTRO =	224,856.903	1,909,718.226	RC = 208.348 m.
			ST = 173.370 m.
			LC = 183.698 m.
			LE = 64.000 m.
			XC = 63.849 YC = 3.271
			P = 0.818 K = 31.975
			EX = 44.126 m.

---

Distancia PI-PI: 489.336 m. TANGENTE LIBRE: 235.351 m. AZIMUT: 127° 50' 05.392"

---

**CURVA No. 10** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 5+661.537	225,196.333	1,909,719.448	DC = 12° 02' 51.002" IZQ.
PI = 5+742.151	225,260.000	1,909,670.000	GC = 1° 30' 00.000"
PT = 5+822.170	225,332.586	1,909,634.930	
CENTRO =	225,664.926	1,910,322.797	RC = 763.944 m.
			ST = 80.614 m.
			LC = 160.633 m.
			EX = 4.242 m.

---

Distancia PI-PI: 988.433 m. TANGENTE LIBRE: 780.709 m. AZIMUT: 115° 47' 14.390"

---

**CURVA No. 11** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 6+602.879	226,035.548	1,909,295.297	DC = 30° 59' 54.589" DER.
PI = 6+729.989	226,150.000	1,909,240.000	GC = 2° 30' 00.000"
PT = 6+850.867	226,219.627	1,909,133.656	
CENTRO =	225,836.145	1,908,882.577	RC = 458.366 m.
			ST = 127.110 m.
			LC = 247.988 m.
			EX = 17.298 m.

---

Distancia PI-PI: 853.960 m. TANGENTE LIBRE: 544.631 m. AZIMUT: 146° 47' 08.979"

---

**CURVA NO 12**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 7+395.498	226,517.959	1,908,678.003	DT = 78° 01' 25.117"	IZQ.
EC = 7+449.498	226,549.606	1,908,634.307	DC = 61° 49' 25.114"	
PI = 7+577.718	226,617.774	1,908,525.552	ØE = 8° 06' 00.001"	
CE = 7+655.577	226,736.465	1,908,574.407	GC = 6° 00' 00.000"	
ET = 7+709.577	226,787.618	1,908,591.560		
CENTRO =	226,693.055	1,908,760.393	RC = 190.986 m.	
			ST = 182.220 m.	
			LC = 206.079 m.	
			LE = 54.000 m.	
			XC = 53.892	YC = 2.541
			P = 0.636	K = 26.982
			EX = 55.626 m.	

---

Distancia PI-PI: 513.706 m. TANGENTE LIBRE: 236.401 m. AZIMUT: 68° 45' 43.863"

---

**CURVA NO 13**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 7+945.978	227,007.964	1,908,677.194	DT = 43° 07' 07.890"	DER.
EC = 7+984.978	227,044.758	1,908,690.070	DC = 31° 25' 07.887"	
PI = 8+041.063	227,096.591	1,908,711.637	ØE = 5° 51' 00.000"	
CE = 8+089.708	227,148.179	1,908,689.489	GC = 6° 00' 00.000"	
ET = 8+128.708	227,184.826	1,908,676.201		
CENTRO =	227,095.436	1,908,505.931	RC = 190.986 m.	
			ST = 95.085 m.	
			LC = 104.730 m.	
			LE = 39.000 m.	
			XC = 38.959	YC = 1.326
			P = 0.332	K = 19.493
			EX = 14.724 m.	

---

Distancia PI-PI: 939.134 m. TANGENTE LIBRE: 749.278 m. AZIMUT: 111° 52' 51.753"

---

**CURVA NO 14**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 8+877.986	227,880.126	1,908,396.959	DT = 84° 41' 43.345"	DER.
EC = 8+916.986	227,914.961	1,908,379.643	DC = 57° 23' 43.347"	
PI = 8+972.757	227,968.069	1,908,361.640	ØE = 13° 39' 00.000"	
CE = 8+998.979	227,949.137	1,908,308.856	GC = 14° 00' 00.000"	
ET = 9+037.979	227,941.032	1,908,270.808		
CENTRO =	227,867.394	1,908,313.034	RC = 81.851 m.	
			ST = 94.771 m.	
			LC = 81.993 m.	
			LE = 39.000 m.	
			XC = 38.779	YC = 3.085
			P = 0.773	K = 19.463
			EX = 29.943 m.	

---

Distancia PI-PI: 370.153 m. TANGENTE LIBRE: 116.571 m. AZIMUT: 196° 34' 35.098"

---

**CURVA NO 15**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 9+154.550	227,907.775	1,908,159.082	DT = 121° 48' 49.587" IZQ.
EC = 9+194.550	227,899.772	1,908,120.015	DC = 91° 48' 49.587"
PI = 9+313.361	227,862.467	1,908,006.871	ØE = 15° 00' 00.000"
CE = 9+316.968	227,976.452	1,908,041.522	GC = 15° 00' 00.000"
ET = 9+356.968	228,015.695	1,908,048.609	
CENTRO =	227,976.136	1,908,117.914	RC = 76.394 m.
			ST = 158.811 m.
			LC = 122.418 m.
			LE = 40.000 m.
			XC = 39.727    YC = 3.474
			P = 0.871    K = 19.954
			EX = 82.512 m.

---

Distancia PI-PI: 743.914 m. TANGENTE LIBRE: 489.912 m. AZIMUT: 74° 45' 45.511"

---

**CURVA NO 16**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 9+846.880	228,488.384	1,908,177.367	DT = 88° 28' 34.059" DER.
EC = 9+886.880	228,527.628	1,908,184.454	DC = 58° 28' 34.059"
PI = 9+942.071	228,580.229	1,908,202.385	ØE = 15° 00' 00.000"
CE = 9+964.848	228,592.896	1,908,148.274	GC = 15° 00' 00.000"
ET = 10+004.848	228,607.681	1,908,111.238	
CENTRO =	228,527.944	1,908,108.063	RC = 76.394 m.
			ST = 95.191 m.
			LC = 77.968 m.
			LE = 40.000 m.
			XC = 39.727    YC = 3.474
			P = 0.871    K = 19.954
			EX = 31.450 m.

---

Distancia PI-PI: 242.724 m. TANGENTE LIBRE: 81.137 m. AZIMUT: 163° 14' 19.570"

---

**CURVA NO 17**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 10+085.985	228,631.079	1,908,033.548	DT = 40° 21' 58.497" IZQ.
EC = 10+133.985	228,648.061	1,907,988.753	DC = 16° 21' 58.497"
PI = 10+152.381	228,650.227	1,907,969.974	ØE = 12° 00' 00.000"
CE = 10+166.718	228,667.667	1,907,962.681	GC = 10° 00' 00.000"
ET = 10+214.718	228,705.991	1,907,933.936	
CENTRO =	228,748.514	1,908,043.889	RC = 114.592 m.
			ST = 66.396 m.
			LC = 32.732 m.
			LE = 48.000 m.
			XC = 47.790    YC = 3.341
			P = 0.836    K = 23.965
			EX = 8.388 m.



---

Distancia PI-PI: 811.069 m. TANGENTE LIBRE: 635.036 m. AZIMUT: 122° 52' 21.074"

---

**CURVA No. 18 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 10+849.754	229,239.345	1,907,589.256	DC = 16° 20' 02.481" IZQ.
PI = 10+959.391	229,331.427	1,907,529.748	GC = 1° 30' 00.000"
PT = 11+067.541	229,436.529	1,907,498.539	
CENTRO =	229,653.992	1,908,230.877	RC = 763.944 m.
			ST = 109.637 m.
			LC = 217.787 m.
			EX = 7.827 m.

---

Distancia PI-PI: 1,761.045 m. TANGENTE LIBRE: 1,551.362 m. AZIMUT: 106° 32' 18.593"

---

**CURVA No. 19 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 12+618.903	230,923.709	1,907,056.929	DC = 14° 55' 18.942" IZQ.
PI = 12+718.949	231,019.616	1,907,028.450	GC = 1° 30' 00.000"
PT = 12+817.862	231,119.621	1,907,025.628	
CENTRO =	231,141.173	1,907,789.267	RC = 763.944 m.
			ST = 100.046 m.
			LC = 198.959 m.
			EX = 6.523 m.

---

Distancia PI-PI: 1,051.282 m. TANGENTE LIBRE: 901.796 m. AZIMUT: 91° 36' 59.650"

---

**CURVA No. 20 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 13+719.659	232,021.059	1,907,000.187	DC = 9° 51' 48.911" DER.
PI = 13+769.099	232,070.479	1,906,998.793	GC = 2° 00' 00.000"
PT = 13+818.294	232,118.930	1,906,988.953	
CENTRO =	232,004.895	1,906,427.458	RC = 572.958 m.
			ST = 49.440 m.
			LC = 98.636 m.
			EX = 2.129 m.

---

Distancia PI-PI: 279.490 m. TANGENTE LIBRE: 124.663 m. AZIMUT: 101° 28' 48.561"

---

**CURVA NO 21**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 13+942.958	232,241.100	1,906,964.141	DT = 23° 53' 51.436"	IZQ.
EC = 13+991.958	232,289.308	1,906,955.419	DC = 16° 32' 51.435"	
PI = 14+048.344	232,344.377	1,906,943.166	ØE = 3° 40' 30.000"	
CE = 14+102.275	232,399.239	1,906,956.318	GC = 3° 00' 00.000"	
ET = 14+151.275	232,447.298	1,906,965.828		
CENTRO =	232,341.182	1,907,333.852	RC = 381.972 m.	
			ST = 105.386 m.	
			LC = 110.317 m.	
			LE = 49.000 m.	
			XC = 48.980	YC = 1.047
			P = 0.262	K = 24.497
			EX = 8.727 m.	

---

Distancia PI-PI: 731.151 m. TANGENTE LIBRE: 426.078 m. AZIMUT: 77° 34' 57.125"

---

**CURVA NO 22**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 14+577.353	232,863.409	1,907,057.449	DT = 63° 34' 08.566"	DER.
EC = 14+621.353	232,906.596	1,907,065.805	DC = 54° 46' 08.568"	
PI = 14+777.041	233,058.425	1,907,100.388	ØE = 4° 24' 00.000"	
CE = 14+895.199	233,155.221	1,906,978.411	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 14+939.199	233,183.681	1,906,944.870		
CENTRO =	232,946.553	1,906,782.126	RC = 286.479 m.	
			ST = 199.687 m.	
			LC = 273.845 m.	
			LE = 44.000 m.	
			XC = 43.974	YC = 1.126
			P = 0.282	K = 21.996
			EX = 50.872 m.	

---

Distancia PI-PI: 478.501 m. TANGENTE LIBRE: 223.783 m. AZIMUT: 141° 09' 05.691"

---

**CURVA NO 23**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 15+162.982	233,324.052	1,906,770.585	DT = 15° 06' 56.876"	DER.
EC = 15+196.982	233,344.848	1,906,743.693	DC = 8° 18' 56.876"	
PI = 15+218.012	233,358.571	1,906,727.727	ØE = 3° 24' 00.000"	
CE = 15+238.561	233,366.424	1,906,708.194	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 15+272.561	233,380.719	1,906,677.350		
CENTRO =	233,111.471	1,906,577.544	RC = 286.479 m.	
			ST = 55.031 m.	
			LC = 41.579 m.	
			LE = 34.000 m.	
			XC = 33.988	YC = 0.672
			P = 0.168	K = 16.998
			EX = 2.680 m.	

---

Distancia PI-PI: 541.074 m. TANGENTE LIBRE: 390.884 m. AZIMUT: 156° 16' 02.567"

---

**CURVA NO 24**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 15+663.444	233,538.037	1,906,319.522	DT = 88° 27' 07.817"	IZQ.
EC = 15+703.444	233,557.208	1,906,284.554	DC = 58° 27' 07.817"	
PI = 15+758.604	233,576.336	1,906,232.410	ØE = 15° 00' 00.000"	
CE = 15+781.381	233,626.353	1,906,256.560	GC = 15° 00' 00.000"	
ET = 15+821.381	233,664.451	1,906,268.342		
CENTRO =	233,616.799	1,906,332.352	RC = 76.394 m.	
			ST = 95.160 m.	
			LC = 77.936 m.	
			LE = 40.000 m.	
			XC = 39.727	YC = 3.474
			P = 0.871	K = 19.954
			EX = 31.428 m.	

---

Distancia PI-PI: 283.275 m. TANGENTE LIBRE: 121.209 m. AZIMUT: 67° 48' 54.750"

---

**CURVA NO 25**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 15+942.589	233,776.687	1,906,314.110	DT = 40° 48' 44.368"	IZQ.
EC = 15+990.589	233,819.677	1,906,335.249	DC = 16° 48' 44.368"	
PI = 16+009.496	233,838.640	1,906,339.373	ØE = 12° 00' 00.000"	
CE = 16+024.214	233,844.342	1,906,357.923	GC = 10° 00' 00.000"	
ET = 16+072.214	233,869.018	1,906,398.986		
CENTRO =	233,755.293	1,906,430.042	RC = 114.592 m.	
			ST = 66.906 m.	
			LC = 33.625 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.790	YC = 3.341
			P = 0.836	K = 23.965
			EX = 8.565 m.	

---

Distancia PI-PI: 191.333 m. TANGENTE LIBRE: 50.608 m. AZIMUT: 27° 00' 10.375"

---

**CURVA NO 26**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 16+122.822	233,891.996	1,906,444.076	DT = 50° 45' 49.905"	DER.
EC = 16+170.822	233,916.947	1,906,484.949	DC = 24° 21' 49.907"	
PI = 16+196.641	233,925.512	1,906,509.848	ØE = 13° 12' 00.000"	
CE = 16+215.120	233,951.772	1,906,511.782	GC = 11° 00' 00.000"	
ET = 16+263.120	233,997.655	1,906,525.490		
CENTRO =	233,996.510	1,906,417.706	RC = 104.174 m.	
			ST = 73.819 m.	
			LC = 44.298 m.	
			LE = 48.000 m.	
			XC = 47.746	YC = 3.672
			P = 0.920	K = 23.958
			EX = 12.148 m.	

---

Distancia PI-PI: 255.870 m. TANGENTE LIBRE: 96.450 m. AZIMUT: 77° 46' 00.260"

---

**CURVA No. 27 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 16+359.569	234,091.915	1,906,545.927	DC = 78° 49' 15.322" IZQ.
PI = 16+445.171	234,175.573	1,906,564.065	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 16+502.880	234,173.998	1,906,649.652	
CENTRO =	234,069.841	1,906,647.735	RC = 104.174 m.
			ST = 85.601 m.
			LC = 143.311 m.
			EX = 30.659 m.

---

Distancia PI-PI: 280.278 m. TANGENTE LIBRE: 12.973 m. AZIMUT: 358° 56' 44.993"

---

**CURVA No. 28 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 16+515.853	234,173.759	1,906,662.623	DC = 120° 20' 49.365" DER.
PI = 16+697.557	234,170.416	1,906,844.296	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 16+734.666	234,328.885	1,906,755.393	
CENTRO =	234,277.915	1,906,664.540	RC = 104.174 m.
			ST = 181.704 m.
			LC = 218.813 m.
			EX = 105.274 m.

---

Distancia PI-PI: 436.245 m. TANGENTE LIBRE: 157.972 m. AZIMUT: 119° 17' 34.330"

---

**CURVA No. 29 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 16+892.639	234,466.658	1,906,678.101	DC = 85° 39' 37.908" IZQ.
PI = 16+989.207	234,550.878	1,906,630.853	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 17+048.385	234,604.364	1,906,711.257	
CENTRO =	234,517.627	1,906,768.955	RC = 104.174 m.
			ST = 96.569 m.
			LC = 155.746 m.
			EX = 37.874 m.

---

Distancia PI-PI: 326.504 m. TANGENTE LIBRE: 101.038 m. AZIMUT: 33° 37' 56.422"

---

**CURVA No. 30 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 17+149.423	234,660.325	1,906,795.382	DC = 102° 06' 36.606" DER.
PI = 17+278.321	234,731.716	1,906,902.703	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 17+335.078	234,821.672	1,906,810.385	
CENTRO =	234,747.061	1,906,737.684	RC = 104.174 m.
			ST = 128.898 m.
			LC = 185.655 m.
			EX = 61.557 m.

---

Distancia PI-PI: 241.134 m. TANGENTE LIBRE: 58.611 m. AZIMUT: 135° 44' 33.083"

---

**CURVA No. 31 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 17+393.689	234,862.575	1,906,768.408	DC = 54° 28' 35.350" IZQ.
PI = 17+447.315	234,900.000	1,906,730.000	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 17+492.737	234,953.004	1,906,738.143	
CENTRO =	234,937.186	1,906,841.109	RC = 104.174 m.
			ST = 53.626 m.
			LC = 99.048 m.
			EX = 12.992 m.

---

Distancia PI-PI: 211.005 m. TANGENTE LIBRE: 103.151 m. AZIMUT: 81° 15' 57.733"

---

**CURVA No. 32 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 17+595.888	235,054.959	1,906,753.806	DC = 34° 11' 43.976" DER.
PI = 17+650.115	235,108.558	1,906,762.040	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 17+701.105	235,157.519	1,906,738.728	
CENTRO =	235,081.729	1,906,579.556	RC = 176.295 m.
			ST = 54.228 m.
			LC = 105.217 m.
			EX = 8.152 m.

---

Distancia PI-PI: 224.025 m. TANGENTE LIBRE: 83.259 m. AZIMUT: 115° 27' 41.682"

---

**CURVA NO 33 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 17+784.363	235,232.691	1,906,702.934	DT = 33° 16' 07.044" IZQ.
EC = 17+820.363	235,265.579	1,906,688.318	DC = 24° 16' 07.044"
PI = 17+870.902	235,310.824	1,906,665.731	ØE = 4° 30' 00.000"
CE = 17+917.438	235,360.789	1,906,673.532	GC = 5° 00' 00.000"
ET = 17+953.438	235,396.561	1,906,677.486	
CENTRO =	235,347.568	1,906,902.334	RC = 229.183 m.
			ST = 86.539 m.
			LC = 97.074 m.
			LE = 36.000 m.
			XC = 35.978 YC = 0.942
			P = 0.236 K = 17.996
			EX = 10.256 m.

---

Distancia PI-PI: 270.060 m. TANGENTE LIBRE: 93.846 m. AZIMUT: 82° 11' 34.611"

---

**CURVA NO 34**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 18+047.284	235,489.537	1,906,690.234	DT = 40° 17' 21.696"	DER.
EC = 18+086.284	235,528.316	1,906,694.212	DC = 28° 35' 21.693"	
PI = 18+136.959	235,578.381	1,906,702.415	ØE = 5° 51' 00.000"	
CE = 18+181.582	235,620.450	1,906,674.060	GC = 6° 00' 00.000"	
ET = 18+220.582	235,654.027	1,906,654.256		
CENTRO =	235,534.838	1,906,503.337	RC = 190.986 m.	
			ST = 89.675 m.	
			LC = 95.298 m.	
			LE = 39.000 m.	
			XC = 38.959	YC = 1.326
			P = 0.332	K = 19.493
			EX = 12.798 m.	

---

Distancia PI-PI: 347.672 m. TANGENTE LIBRE: 180.640 m. AZIMUT: 122° 28' 56.307"

---

**CURVA NO 35**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 18+401.222	235,806.407	1,906,557.245	DT = 33° 39' 22.527"	IZQ.
EC = 18+440.222	235,839.983	1,906,537.442	DC = 21° 57' 22.525"	
PI = 18+478.579	235,871.662	1,906,515.701	ØE = 5° 51' 00.000"	
CE = 18+513.409	235,910.026	1,906,517.814	GC = 6° 00' 00.000"	
ET = 18+552.409	235,949.004	1,906,517.286		
CENTRO =	235,925.595	1,906,708.164	RC = 190.986 m.	
			ST = 77.358 m.	
			LC = 73.188 m.	
			LE = 39.000 m.	
			XC = 38.959	YC = 1.326
			P = 0.332	K = 19.493
			EX = 8.891 m.	

---

Distancia PI-PI: 802.744 m. TANGENTE LIBRE: 647.490 m. AZIMUT: 88° 49' 33.779"

---

**CURVA NO 36**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 19+199.900	236,596.359	1,906,530.552	DT = 51° 22' 05.446"	DER.
EC = 19+232.900	236,629.326	1,906,529.803	DC = 36° 31' 05.451"	
PI = 19+277.795	236,674.238	1,906,532.148	ØE = 7° 25' 30.001"	
CE = 19+314.051	236,701.921	1,906,496.704	GC = 9° 00' 00.000"	
ET = 19+347.051	236,724.105	1,906,472.307		
CENTRO =	236,615.462	1,906,403.236	RC = 127.324 m.	
			ST = 77.895 m.	
			LC = 81.152 m.	
			LE = 33.000 m.	
			XC = 32.945	YC = 1.424
			P = 0.356	K = 16.491
			EX = 14.354 m.	

---

Distancia PI-PI: 895.707 m. TANGENTE LIBRE: 319.063 m. AZIMUT: 140° 11' 39.225"

---

**CURVA No. 37** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 19+666.114	236,928.365	1,906,227.197	DC = 154° 07' 15.004" IZQ.
PI = 20+164.863	237,247.658	1,905,844.048	GC = 10° 00' 00.000"
PT = 19+974.355	237,127.620	1,906,328.137	
CENTRO =	237,016.397	1,906,300.557	RC = 114.592 m.
			ST = 498.749 m.
			LC = 308.242 m.
			EX = 397.153 m.

---

Distancia PI-PI: 654.100 m. TANGENTE LIBRE: 32.128 m. AZIMUT: 346° 04' 24.111"

---

**CURVA NO 38** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 20+006.483	237,119.887	1,906,359.320	DT = 113° 25' 48.853" DER.
EC = 20+033.483	237,115.055	1,906,385.841	DC = 91° 49' 48.858"
PI = 20+129.706	237,090.230	1,906,478.921	ØE = 10° 48' 00.001"
CE = 20+148.271	237,184.947	1,906,461.348	GC = 16° 00' 00.000"
ET = 20+175.271	237,211.761	1,906,458.575	
CENTRO =	237,186.567	1,906,389.747	RC = 71.620 m.
			ST = 123.223 m.
			LC = 114.788 m.
			LE = 27.000 m.
			XC = 26.904 YC = 1.692
			P = 0.424 K = 13.484
			EX = 59.654 m.

---

Distancia PI-PI: 231.870 m. TANGENTE LIBRE: 24.587 m. AZIMUT: 99° 30' 12.991"

---

**CURVA No. 39** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 20+199.858	237,236.011	1,906,454.516	DC = 72° 31' 28.687" IZQ.
PI = 20+283.918	237,318.917	1,906,440.637	GC = 10° 00' 00.000"
PT = 20+344.907	237,357.052	1,906,515.549	
CENTRO =	237,254.931	1,906,567.535	RC = 114.592 m.
			ST = 84.060 m.
			LC = 145.049 m.
			EX = 27.526 m.

---

Distancia PI-PI: 180.154 m. TANGENTE LIBRE: 42.779 m. AZIMUT: 26° 58' 44.318"

---

**CURVA No. 40 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 20+387.687	237,376.460	1,906,553.672	DC = 54° 12' 18.158" DER.
PI = 20+441.001	237,400.646	1,906,601.185	GC = 11° 00' 00.000"
PT = 20+486.241	237,453.331	1,906,609.356	
CENTRO =	237,469.297	1,906,506.412	RC = 104.174 m.
			ST = 53.314 m.
			LC = 98.555 m.
			EX = 12.850 m.

---

Distancia PI-PI: 264.927 m. TANGENTE LIBRE: 151.156 m. AZIMUT: 81° 11' 02.476"

---

**CURVA No. 41 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 20+637.398	237,602.701	1,906,632.522	DC = 55° 37' 50.215" IZQ.
PI = 20+697.854	237,662.444	1,906,641.788	GC = 10° 00' 00.000"
PT = 20+748.659	237,688.522	1,906,696.331	
CENTRO =	237,585.139	1,906,745.760	RC = 114.592 m.
			ST = 60.456 m.
			LC = 111.261 m.
			EX = 14.970 m.

---

Distancia PI-PI: 261.846 m. TANGENTE LIBRE: 26.359 m. AZIMUT: 25° 33' 12.254"

---

**CURVA NO 42 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 20+775.018	237,699.892	1,906,720.111	DT = 107° 43' 38.591" DER.
EC = 20+810.018	237,716.559	1,906,750.846	DC = 90° 13' 38.591"
PI = 20+950.049	237,775.392	1,906,878.021	ØE = 8° 45' 00.000"
CE = 20+990.472	237,876.174	1,906,780.668	GC = 10° 00' 00.000"
ET = 21+025.472	237,902.815	1,906,758.024	
CENTRO =	237,811.218	1,906,686.266	RC = 114.592 m.
			ST = 175.031 m.
			LC = 180.455 m.
			LE = 35.000 m.
			XC = 34.918 YC = 1.779
			P = 0.445 K = 17.486
			EX = 80.482 m.



---

Distancia PI-PI: 390.944 m. TANGENTE LIBRE: 185.082 m. AZIMUT: 133° 16' 50.852"

---

**CURVA No. 43** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 21+210.555	238,037.555	1,906,631.137	DC = 15° 19' 23.837" IZQ.
PI = 21+241.385	238,060.000	1,906,610.000	GC = 5° 00' 00.000"
PT = 21+271.848	238,087.232	1,906,595.546	
CENTRO =	238,194.677	1,906,797.983	RC = 229.183 m.
			ST = 30.831 m.
			LC = 61.293 m.
			EX = 2.064 m.

---

Distancia PI-PI: 295.979 m. TANGENTE LIBRE: 192.061 m. AZIMUT: 117° 57' 27.015"

---

**CURVA NO 44** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 21+463.909	238,256.879	1,906,505.505	DT = 79° 12' 14.436" DER.
EC = 21+490.909	238,279.850	1,906,491.396	DC = 57° 36' 14.442"
PI = 21+536.997	238,321.437	1,906,471.240	ØE = 10° 48' 00.001"
CE = 21+562.914	238,306.193	1,906,427.612	GC = 16° 00' 00.000"
ET = 21+589.914	238,299.871	1,906,401.406	
CENTRO =	238,235.014	1,906,435.548	RC = 71.620 m.
			ST = 73.088 m.
			LC = 72.005 m.
			LE = 27.000 m.
			XC = 26.904 YC = 1.692
			P = 0.424 K = 13.484
			EX = 21.883 m.

---

Distancia PI-PI: 168.716 m. TANGENTE LIBRE: 11.958 m. AZIMUT: 197° 09' 41.451"

---

**CURVA NO 45** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 40**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 21+601.872	238,296.343	1,906,389.981	DT = 88° 30' 13.156" IZQ.
EC = 21+628.872	238,290.022	1,906,363.775	DC = 66° 54' 13.162"
PI = 21+685.542	238,271.655	1,906,310.036	ØE = 10° 48' 00.001"
CE = 21+712.502	238,325.979	1,906,293.480	GC = 16° 00' 00.000"
ET = 21+739.502	238,350.928	1,906,283.269	
CENTRO =	238,361.200	1,906,355.840	RC = 71.620 m.
			ST = 83.670 m.
			LC = 83.630 m.
			LE = 27.000 m.
			XC = 26.904 YC = 1.692
			P = 0.424 K = 13.484
			EX = 28.960 m.

---

Distancia PI-PI: 443.589 m. TANGENTE LIBRE: 319.906 m. AZIMUT: 108° 39' 28.295"

---

**CURVA No. 46** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 22+059.408	238,654.021	1,906,180.926	DC = 25° 34' 31.829" DER.
PI = 22+099.421	238,691.932	1,906,168.125	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 22+138.101	238,720.602	1,906,140.212	
CENTRO =	238,597.622	1,906,013.896	RC = 176.295 m.
			ST = 40.014 m.
			LC = 78.694 m.
			EX = 4.484 m.

---

Distancia PI-PI: 859.312 m. TANGENTE LIBRE: 584.839 m. AZIMUT: 134° 14' 00.125"

---

**CURVA NO 47** **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 22+722.940	239,139.641	1,905,732.239	DT = 113° 38' 28.859" IZQ.
EC = 22+752.940	239,161.843	1,905,712.084	DC = 101° 38' 28.859"
PI = 22+957.400	239,307.633	1,905,568.683	ØE = 6° 00' 00.000"
CE = 23+007.044	239,378.576	1,905,760.479	GC = 8° 00' 00.000"
ET = 23+037.044	239,390.095	1,905,788.163	
CENTRO =	239,250.489	1,905,824.598	RC = 143.239 m.
			ST = 234.460 m.
			LC = 254.103 m.
			LE = 30.000 m.
			XC = 29.967 YC = 1.046
			P = 0.262 K = 14.995
			EX = 118.977 m.

---

Distancia PI-PI: 403.726 m. TANGENTE LIBRE: 128.349 m. AZIMUT: 20° 35' 31.265"

---

**CURVA No. 48** **CURVA CIRCULAR** **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 23+165.392	239,435.237	1,905,908.312	DC = 26° 07' 59.361" DER.
PI = 23+206.309	239,449.628	1,905,946.614	GC = 6° 30' 00.000"
PT = 23+245.802	239,479.418	1,905,974.663	
CENTRO =	239,600.268	1,905,846.307	RC = 176.295 m.
			ST = 40.917 m.
			LC = 80.410 m.
			EX = 4.686 m.

---

Distancia PI-PI: 169.555 m. TANGENTE LIBRE: 52.440 m. AZIMUT: 46° 43' 30.626"

---

**CURVA NO 49**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 50**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 23+298.242	239,517.598	1,906,010.610	DT = 46° 11' 50.184" IZQ.	
EC = 23+328.242	239,538.699	1,906,031.914	DC = 34° 11' 50.184"	
PI = 23+374.441	239,573.077	1,906,062.844	ØE = 6° 00' 00.000"	
CE = 23+413.735	239,572.456	1,906,109.084	GC = 8° 00' 00.000"	
ET = 23+443.735	239,573.779	1,906,139.040		
CENTRO =	239,430.146	1,906,125.368	RC = 143.239 m.	
			ST = 76.199 m.	
			LC = 85.493 m.	
			LE = 30.000 m.	
			XC = 29.967    YC = 1.046	
			P = 0.262    K = 14.995	
			EX = 12.769 m.	

---

Distancia PI-PI: 466.458 m. TANGENTE LIBRE: 93.304 m. AZIMUT: 0° 31' 40.443"

---

**CURVA NO 50**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 23+537.039	239,574.639	1,906,232.340	DT = 118° 24' 43.182" DER.	
EC = 23+580.039	239,576.914	1,906,275.247	DC = 103° 21' 43.171"	
PI = 23+833.994	239,577.375	1,906,529.282	ØE = 7° 31' 30.000"	
CE = 23+875.359	239,798.773	1,906,404.714	GC = 7° 00' 00.000"	
ET = 23+918.359	239,837.248	1,906,385.588		
CENTRO =	239,739.002	1,906,252.314	RC = 163.702 m.	
			ST = 296.955 m.	
			LC = 295.320 m.	
			LE = 43.000 m.	
			XC = 42.926    YC = 1.880	
			P = 0.470    K = 21.488	
			EX = 156.977 m.	

---

Distancia PI-PI: 729.418 m. TANGENTE LIBRE: 337.125 m. AZIMUT: 118° 56' 23.624"

---

**CURVA NO 51**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 24+255.484	240,132.276	1,906,222.456	DT = 37° 15' 36.035" DER.	
EC = 24+291.484	240,163.305	1,906,204.222	DC = 28° 15' 36.035"	
PI = 24+350.822	240,215.709	1,906,176.323	ØE = 4° 30' 00.000"	
CE = 24+404.524	240,238.801	1,906,121.630	GC = 5° 00' 00.000"	
ET = 24+440.524	240,254.182	1,906,089.092		
CENTRO =	240,037.011	1,906,012.977	RC = 229.183 m.	
			ST = 95.338 m.	
			LC = 113.040 m.	
			LE = 36.000 m.	
			XC = 35.978    YC = 0.942	
			P = 0.236    K = 17.996	
			EX = 12.922 m.	

---

Distancia PI-PI: 878.335 m. TANGENTE LIBRE: 660.402 m. AZIMUT: 156° 11' 59.659"

---

**CURVA NO 52**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 60**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 25+100.926	240,520.685	1,905,484.852	DT = 81° 01' 32.670" IZQ.
EC = 25+148.926	240,543.028	1,905,442.475	DC = 57° 01' 32.670"
PI = 25+223.521	240,570.158	1,905,372.683	ØE = 12° 00' 00.000"
CE = 25+262.977	240,641.617	1,905,395.054	GC = 10° 00' 00.000"
ET = 25+310.977	240,688.671	1,905,404.052	
CENTRO =	240,635.968	1,905,509.505	RC = 114.592 m.
			ST = 122.595 m.
			LC = 114.051 m.
			LE = 48.000 m.
			XC = 47.790    YC = 3.341
			P = 0.836    K = 23.965
			EX = 37.235 m.

---

Distancia PI-PI: 759.246 m. TANGENTE LIBRE: 304.401 m. AZIMUT: 75° 10' 26.990"

---

**CURVA NO 53**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 25+615.378	240,982.938	1,905,481.943	DT = 123° 17' 36.171" DER.
EC = 25+670.378	241,036.743	1,905,493.005	DC = 104° 02' 36.171"
PI = 25+947.629	241,304.128	1,905,566.960	ØE = 9° 37' 30.000"
CE = 25+967.645	241,213.338	1,905,304.813	GC = 7° 00' 00.000"
ET = 26+022.645	241,198.881	1,905,251.819	
CENTRO =	241,051.582	1,905,329.977	RC = 163.702 m.
			ST = 332.251 m.
			LC = 297.267 m.
			LE = 55.000 m.
			XC = 54.845    YC = 3.074
			P = 0.769    K = 27.474
			EX = 182.621 m.

---

Distancia PI-PI: 633.271 m. TANGENTE LIBRE: 228.966 m. AZIMUT: 198° 28' 03.215"

---

**CURVA NO 54**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 26+251.611	241,126.352	1,905,034.644	DT = 19° 48' 14.568" DER.
EC = 26+295.611	241,111.355	1,904,993.291	DC = 11° 00' 14.567"
PI = 26+323.665	241,103.528	1,904,966.300	ØE = 4° 24' 00.000"
CE = 26+350.632	241,085.252	1,904,944.953	GC = 4° 00' 00.000"
ET = 26+394.632	241,058.898	1,904,909.732	
CENTRO =	240,847.391	1,905,104.617	RC = 286.479 m.
			ST = 72.054 m.
			LC = 55.020 m.
			LE = 44.000 m.
			XC = 43.974    YC = 1.126
			P = 0.282    K = 21.996
			EX = 4.618 m.

---

Distancia PI-PI:	199.087 m.	TANGENTE LIBRE:	127.034 m.	AZIMUT: 218° 16' 17.728"
------------------	------------	-----------------	------------	--------------------------

---

<FINAL>

CADENAMIENTO	X	Y
FIN = 26+521.665	240,980.215	1,904,810.000



---

Distancia PI-PI: 688.742 m. TANGENTE LIBRE: 86.350 m. AZIMUT: 131° 54' 09.646"

---

**CURVA NO 3 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 1+363.999	222,489.037	1,912,454.071	DT = 54° 50' 04.898" IZQ.
EC = 1+434.999	222,543.757	1,912,408.906	DC = 40° 38' 04.895"
PI = 1+548.468	222,626.334	1,912,330.871	ØE = 7° 06' 00.000"
CE = 1+638.173	222,736.375	1,912,359.144	GC = 4° 00' 00.000"
ET = 1+709.173	222,806.123	1,912,372.154	
CENTRO =	222,707.265	1,912,644.140	RC = 286.479 m.
			ST = 184.469 m.
			LC = 203.173 m.
			LE = 71.000 m.
			XC = 70.891 YC = 2.930
			P = 0.733 K = 35.482
			EX = 37.076 m.

---

~~Distancia PI-PI: 845.101 m. TANGENTE LIBRE: 571.501 m. AZIMUT: 77° 04' 04.748"~~

**CURVA No. 4 CURVA CIRCULAR VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 2+280.674	223,363.129	1,912,500.053	DC = 13° 18' 34.343" DER.
PI = 2+369.806	223,450.000	1,912,520.000	GC = 1° 30' 00.000"
PT = 2+458.135	223,539.129	1,912,519.413	
CENTRO =	223,534.096	1,911,755.486	RC = 763.944 m.
			ST = 89.131 m.
			LC = 177.461 m.
			EX = 5.182 m.

---

~~Distancia PI-PI: 2,281.705 m. TANGENTE LIBRE: 2,042.116 m. AZIMUT: 90° 22' 39.091"~~

**CURVA NO 5 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 4+500.251	225,581.202	1,912,505.957	DT = 54° 43' 26.149" DER.
EC = 4+563.251	225,644.062	1,912,502.660	DC = 38° 58' 26.149"
PI = 4+650.709	225,731.656	1,912,504.966	ØE = 7° 52' 30.000"
CE = 4+719.147	225,779.396	1,912,431.489	GC = 5° 00' 00.000"
ET = 4+782.147	225,817.736	1,912,381.565	
CENTRO =	225,611.166	1,912,275.851	RC = 229.183 m.
			ST = 150.458 m.
			LC = 155.896 m.
			LE = 63.000 m.
			XC = 62.881 YC = 2.882
			P = 0.721 K = 31.480
			EX = 29.683 m.

---

Distancia PI-PI: 866.602 m. TANGENTE LIBRE: 473.048 m. AZIMUT: 145° 06' 05.240"

---

<b>CURVA NO 6</b>		<b>CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES</b>		<b>VELOCIDAD = 80</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	5+255.195	226,088.379	1,911,993.588	DT = 90° 31' 58.488" IZQ.
EC =	5+319.195	226,127.592	1,911,943.092	DC = 72° 55' 58.493"
PI =	5+498.291	226,227.460	1,911,794.208	ØE = 8° 48' 00.001"
CE =	5+584.405	226,371.616	1,911,900.789	GC = 5° 30' 00.000"
ET =	5+648.405	226,425.537	1,911,935.138	
CENTRO =		226,278.224	1,912,087.032	RC = 208.348 m.
				ST = 243.096 m.
				LC = 265.211 m.
				LE = 64.000 m.
				XC = 63.849 YC = 3.271
				P = 0.818 K = 31.975
				EX = 88.843 m.

---

Distancia PI-PI: 694.488 m. TANGENTE LIBRE: 336.378 m. AZIMUT: 54° 34' 06.753"

---

<b>CURVA NO 7</b>		<b>CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES</b>		<b>VELOCIDAD = 80</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	5+984.783	226,699.621	1,912,130.146	DT = 43° 18' 22.396" DER.
EC =	6+048.783	226,753.543	1,912,164.495	DC = 25° 42' 22.394"
PI =	6+099.797	226,793.336	1,912,196.823	ØE = 8° 48' 00.001"
CE =	6+142.260	226,843.570	1,912,186.572	GC = 5° 30' 00.000"
ET =	6+206.260	226,907.265	1,912,181.065	
CENTRO =		226,846.935	1,911,978.252	RC = 208.348 m.
				ST = 115.014 m.
				LC = 93.477 m.
				LE = 64.000 m.
				XC = 63.849 YC = 3.271
				P = 0.818 K = 31.975
				EX = 16.699 m.

---

Distancia PI-PI: 537.539 m. TANGENTE LIBRE: 218.537 m. AZIMUT: 97° 52' 29.176"

---

<b>CURVA NO 8</b>		<b>CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES</b>		<b>VELOCIDAD = 80</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	6+424.797	227,123.741	1,912,151.124	DT = 50° 18' 29.207" IZQ.
EC =	6+473.797	227,172.403	1,912,145.450	DC = 42° 57' 29.213"
PI =	6+628.785	227,325.806	1,912,123.176	ØE = 3° 40' 30.000"
CE =	6+760.184	227,439.505	1,912,228.538	GC = 3° 00' 00.000"
ET =	6+809.184	227,476.362	1,912,260.813	
CENTRO =		227,200.376	1,912,526.397	RC = 381.972 m.
				ST = 203.988 m.
				LC = 286.387 m.
				LE = 49.000 m.
				XC = 48.980 YC = 1.047
				P = 0.262 K = 24.497
				EX = 40.307 m.



---

Distancia PI-PI: 486.455 m. TANGENTE LIBRE: 122.024 m. AZIMUT: 47° 33' 59.969"

---

<b>CURVA NO 9</b>		<b>CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES</b>		<b>VELOCIDAD = 80</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	6+931.208	227,566.423	1,912,343.146	DT = 58° 34' 47.787" DER.
EC =	6+994.208	227,614.778	1,912,383.446	DC = 42° 49' 47.787"
PI =	7+091.651	227,684.840	1,912,451.402	∅E = 7° 52' 30.000"
CE =	7+165.528	227,777.752	1,912,421.501	GC = 5° 00' 00.000"
ET =	7+228.528	227,838.955	1,912,406.784	
CENTRO =		227,744.781	1,912,194.703	RC = 229.183 m.
				ST = 160.443 m.
				LC = 171.320 m.
				LE = 63.000 m.
				XC = 62.881 YC = 2.882
				P = 0.721 K = 31.480
				EX = 34.422 m.

---

Distancia PI-PI: 790.321 m. TANGENTE LIBRE: 465.702 m. AZIMUT: 106° 08' 47.756"

---

<b>CURVA NO 10</b>		<b>CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES</b>		<b>VELOCIDAD = 90</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
TE =	7+694.230	228,286.286	1,912,277.274	DT = 38° 16' 13.087" DER.
EC =	7+757.230	228,346.279	1,912,258.103	DC = 28° 49' 13.084"
PI =	7+858.405	228,443.985	1,912,231.617	∅E = 4° 43' 30.000"
CE =	7+949.365	228,501.475	1,912,148.292	GC = 3° 00' 00.000"
ET =	8+012.365	228,539.516	1,912,098.098	
CENTRO =		228,210.192	1,911,901.196	RC = 381.972 m.
				ST = 164.175 m.
				LC = 192.135 m.
				LE = 63.000 m.
				XC = 62.957 YC = 1.731
				P = 0.433 K = 31.493
				EX = 22.797 m.

---

Distancia PI-PI: 2,055.421 m. TANGENTE LIBRE: 1,494.007 m. AZIMUT: 144° 25' 00.842"

---

<b>CURVA No. 11</b>		<b>CURVA CIRCULAR</b>		<b>VELOCIDAD = 90</b>
CADENAMIENTO		X	Y	
PC =	9+506.372	229,408.854	1,910,883.064	DC = 69° 28' 05.248" IZQ.
PI =	9+903.611	229,640.000	1,910,560.000	GC = 2° 00' 00.000"
PT =	10+201.053	230,023.611	1,910,663.156	
CENTRO =		229,874.824	1,911,216.458	RC = 572.958 m.
				ST = 397.239 m.
				LC = 694.681 m.
				EX = 124.236 m.

---

Distancia PI-PI: 1,232.274 m.

TANGENTE LIBRE:

182.541 m.

AZIMUT: 74° 56' 55.622"

---

**CURVA No. 12**

**CURVA CIRCULAR**

**VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 10+383.594	230,199.890	1,910,710.559	DC = 97° 25' 37.289" DER.
PI = 11+036.089	230,830.000	1,910,880.000	GC = 2° 00' 00.000"
PT = 11+357.864	230,916.570	1,910,233.274	
CENTRO =	230,348.677	1,910,157.257	RC = 572.958 m.
			ST = 652.495 m.
			LC = 974.270 m.
			EX = 295.391 m.

---

Distancia PI-PI: 1,281.327 m.

TANGENTE LIBRE:

451.805 m.

AZIMUT: 172° 22' 32.911"

---

**CURVA No. 13**

**CURVA CIRCULAR**

**VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 11+809.670	230,976.513	1,909,785.462	DC = 8° 50' 01.794" IZQ.
PI = 11+986.697	231,000.000	1,909,610.000	GC = 0° 30' 00.000"
PT = 12+163.023	231,050.154	1,909,440.226	
CENTRO =	233,248.083	1,910,089.531	RC = 2,291.831 m.
			ST = 177.027 m.
			LC = 353.353 m.
			EX = 6.827 m.

---

Distancia PI-PI: 1,042.897 m.

TANGENTE LIBRE:

674.496 m.

AZIMUT: 163° 32' 31.117"

---

**CURVA NO 14**

**CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**

**VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 12+837.520	231,241.248	1,908,793.365	DT = 69° 38' 07.601" IZQ.
EC = 12+900.520	231,261.827	1,908,733.877	DC = 53° 53' 07.601"
PI = 13+028.893	231,295.466	1,908,609.833	ØE = 7° 52' 30.000"
CE = 13+116.061	231,423.856	1,908,603.955	GC = 5° 00' 00.000"
ET = 13+179.061	231,486.395	1,908,596.795	
CENTRO =	231,470.651	1,908,828.310	RC = 229.183 m.
			ST = 191.373 m.
			LC = 215.542 m.
			LE = 63.000 m.
			XC = 62.881 YC = 2.882
			P = 0.721 K = 31.480
			EX = 50.856 m.

---

Distancia PI-PI: 878.509 m. TANGENTE LIBRE: 482.234 m. AZIMUT: 93° 54' 23.489"

---

**CURVA NO 15**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 13+661.295	231,967.508	1,908,563.941	DT = 68° 41' 21.812"	DER.
EC = 13+722.295	232,028.114	1,908,557.363	DC = 54° 57' 51.817"	
PI = 13+866.197	232,171.934	1,908,549.981	ØE = 6° 51' 45.001"	
CE = 13+966.582	232,212.680	1,908,411.856	GC = 4° 30' 00.000"	
ET = 14+027.582	232,233.222	1,908,354.460		
CENTRO =	231,980.533	1,908,307.200	RC = 254.648 m.	
			ST = 204.901 m.	
			LC = 244.286 m.	
			LE = 61.000 m.	
			XC = 60.913	YC = 2.433
			P = 0.609	K = 30.485
			EX = 54.507 m.	

---

Distancia PI-PI: 378.346 m. TANGENTE LIBRE: 89.107 m. AZIMUT: 162° 35' 45.300"

---

**CURVA NO 16**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 14+116.688	232,259.874	1,908,269.433	DT = 21° 49' 59.323"	IZQ.
EC = 14+174.688	232,279.071	1,908,214.730	DC = 10° 13' 59.321"	
PI = 14+201.026	232,285.100	1,908,188.956	ØE = 5° 48' 00.001"	
CE = 14+225.854	232,303.312	1,908,169.748	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 14+283.854	232,338.446	1,908,123.634		
CENTRO =	232,542.376	1,908,327.605	RC = 286.479 m.	
			ST = 84.338 m.	
			LC = 51.166 m.	
			LE = 58.000 m.	
			XC = 57.941	YC = 1.956
			P = 0.489	K = 28.990
			EX = 5.778 m.	

---

Distancia PI-PI: 302.359 m. TANGENTE LIBRE: 126.927 m. AZIMUT: 140° 45' 45.923"

---

**CURVA NO 17**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 14+410.781	232,418.732	1,908,025.325	DT = 42° 17' 41.115"	DER.
EC = 14+465.781	232,451.042	1,907,980.901	DC = 23° 02' 41.115"	
PI = 14+501.875	232,476.352	1,907,954.769	ØE = 9° 37' 30.000"	
CE = 14+531.623	232,471.349	1,907,918.735	GC = 7° 00' 00.000"	
ET = 14+586.623	232,471.493	1,907,863.804		
CENTRO =	232,308.721	1,907,900.012	RC = 163.702 m.	
			ST = 91.095 m.	
			LC = 65.842 m.	
			LE = 55.000 m.	
			XC = 54.845	YC = 3.074
			P = 0.769	K = 27.474
			EX = 12.645 m.	

---

Distancia PI-PI: 379.462 m. TANGENTE LIBRE: 146.372 m. AZIMUT: 183° 03' 26.982"

---

**CURVA NO 18**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 14+732.994	232,463.686	1,907,717.641	DT = 69° 41' 56.309" IZQ.	
EC = 14+787.994	232,463.831	1,907,662.710	DC = 50° 26' 56.309"	
PI = 14+874.990	232,456.112	1,907,575.848	ØE = 9° 37' 30.000"	
CE = 14+932.134	232,537.339	1,907,544.116	GC = 7° 00' 00.000"	
ET = 14+987.134	232,586.470	1,907,519.549		
CENTRO =	232,626.458	1,907,681.433	RC = 163.702 m.	
			ST = 141.996 m.	
			LC = 144.140 m.	
			LE = 55.000 m.	
			XC = 54.845	YC = 3.074
			P = 0.769	K = 27.474
			EX = 36.712 m.	

---

Distancia PI-PI: 914.984 m. TANGENTE LIBRE: 552.528 m. AZIMUT: 113° 21' 30.646"

---

**CURVA NO 19**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 15+539.663	233,093.714	1,907,300.481	DT = 54° 17' 11.767" IZQ.	
EC = 15+588.663	233,139.095	1,907,282.022	DC = 46° 56' 11.773"	
PI = 15+760.123	233,296.106	1,907,213.072	ØE = 3° 40' 30.000"	
CE = 15+901.573	233,442.666	1,907,302.104	GC = 3° 00' 00.000"	
ET = 15+950.573	233,485.220	1,907,326.380		
CENTRO =	233,267.753	1,907,641.675	RC = 381.972 m.	
			ST = 220.460 m.	
			LC = 312.911 m.	
			LE = 49.000 m.	
			XC = 48.980	YC = 1.047
			P = 0.262	K = 24.497
			EX = 47.568 m.	

---

Distancia PI-PI: 1,939.693 m. TANGENTE LIBRE: 1,596.952 m. AZIMUT: 59° 04' 18.879"

---

**CURVA No. 20**                      **CURVA CIRCULAR**                      **VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y		
PC = 17+547.526	234,855.106	1,908,147.152	DC = 24° 05' 40.755" DER.	
PI = 17+669.806	234,960.000	1,908,210.000	GC = 2° 00' 00.000"	
PT = 17+788.472	235,081.412	1,908,224.549		
CENTRO =	235,149.584	1,907,655.662	RC = 572.958 m.	
			ST = 122.281 m.	
			LC = 240.947 m.	
			EX = 12.903 m.	

---

Distancia PI-PI: 2,437.314 m.

TANGENTE LIBRE: 2,165.898 m.

AZIMUT: 83° 09' 59.634"

---

**CURVA No. 21**

**CURVA CIRCULAR**

**VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 19+954.370	237,231.924	1,908,482.255	DC = 7° 26' 46.531" IZQ.
PI = 20+103.505	237,380.000	1,908,500.000	GC = 0° 30' 00.000"
PT = 20+252.221	237,524.527	1,908,536.785	
CENTRO =	236,959.234	1,910,757.806	RC = 2,291.831 m.
			ST = 149.135 m.
			LC = 297.850 m.
			EX = 4.847 m.

---

Distancia PI-PI: 1,088.469 m.

TANGENTE LIBRE: 823.299 m.

AZIMUT: 75° 43' 13.103"

---

**CURVA NO 22**

**CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**

**VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 21+075.520	238,322.389	1,908,739.856	DT = 31° 20' 02.454" IZQ.
EC = 21+146.520	238,390.367	1,908,760.181	DC = 17° 08' 02.451"
PI = 21+191.555	238,434.839	1,908,768.477	ØE = 7° 06' 00.000"
CE = 21+232.190	238,464.323	1,908,802.788	GC = 4° 00' 00.000"
ET = 21+303.190	238,516.004	1,908,851.400	
CENTRO =	238,285.932	1,909,026.946	RC = 286.479 m.
			ST = 116.035 m.
			LC = 85.670 m.
			LE = 71.000 m.
			XC = 70.891 YC = 2.930
			P = 0.733 K = 35.482
			EX = 11.815 m.

---

Distancia PI-PI: 929.119 m.

TANGENTE LIBRE: 449.078 m.

AZIMUT: 44° 23' 10.649"

---

**CURVA NO 23**

**CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**

**VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 21+752.267	238,830.131	1,909,172.329	DT = 115° 34' 52.950" DER.
EC = 21+816.267	238,877.131	1,909,215.670	DC = 97° 58' 52.956"
PI = 22+116.274	239,084.751	1,909,432.463	ØE = 8° 48' 00.001"
CE = 22+172.563	239,184.496	1,909,149.344	GC = 5° 30' 00.000"
ET = 22+236.563	239,209.441	1,909,090.479	
CENTRO =	239,001.976	1,909,048.869	RC = 208.348 m.
			ST = 364.006 m.
			LC = 356.296 m.
			LE = 64.000 m.
			XC = 63.849 YC = 3.271
			P = 0.818 K = 31.975
			EX = 184.074 m.

---

Distancia PI-PI: 1,182.626 m.                      TANGENTE LIBRE:    693.948 m.                      AZIMUT: 159° 58' 03.600"

---

**CURVA No. 24**                                      **CURVA CIRCULAR**                                      **VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
PC = 22+930.512	239,447.153	1,908,438.515	DC = 24° 33' 05.779" IZQ.
PI = 23+055.183	239,489.860	1,908,321.386	GC = 2° 00' 00.000"
PT = 23+176.028	239,577.373	1,908,232.592	
CENTRO =	239,985.447	1,908,634.782	RC = 572.958 m.
			ST = 124.672 m.
			LC = 245.516 m.
			EX = 13.407 m.

---

Distancia PI-PI: 739.002 m.                      TANGENTE LIBRE:    445.543 m.                      AZIMUT: 135° 24' 57.821"

---

**CURVA NO 25**                                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                                      **VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 23+621.571	239,890.124	1,907,915.266	DT = 39° 29' 57.089" DER.
EC = 23+684.571	239,933.084	1,907,869.211	DC = 30° 02' 57.086"
PI = 23+790.358	240,008.605	1,907,795.052	ØE = 4° 43' 30.000"
CE = 23+884.899	240,016.260	1,907,689.485	GC = 3° 00' 00.000"
ET = 23+947.899	240,023.564	1,907,626.929	
CENTRO =	239,639.873	1,907,624.405	RC = 381.972 m.
			ST = 168.787 m.
			LC = 200.328 m.
			LE = 63.000 m.
			XC = 62.957    YC = 1.731
			P = 0.433    K = 31.493
			EX = 24.332 m.

---

Distancia PI-PI: 381.111 m.                      TANGENTE LIBRE:    79.641 m.                      AZIMUT: 174° 54' 54.965"

---

**CURVA NO 26**                                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                                      **VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 24+027.541	240,030.623	1,907,547.601	DT = 37° 23' 40.367" IZQ.
EC = 24+098.541	240,039.824	1,907,477.248	DC = 23° 11' 40.365"
PI = 24+160.223	240,042.382	1,907,415.441	ØE = 7° 06' 00.000"
CE = 24+214.513	240,086.272	1,907,371.847	GC = 4° 00' 00.000"
ET = 24+285.513	240,131.986	1,907,317.584	
CENTRO =	240,319.849	1,907,537.714	RC = 286.479 m.
			ST = 132.682 m.
			LC = 115.973 m.
			LE = 71.000 m.
			XC = 70.891    YC = 2.930
			P = 0.733    K = 35.482
			EX = 16.735 m.

---

Distancia PI-PI: 407.918 m. TANGENTE LIBRE: 141.631 m. AZIMUT: 137° 31' 14.597"

---

**CURVA NO 27**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 90**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 24+427.144	240,227.632	1,907,213.129	DT = 37° 43' 27.715"	DER.
EC = 24+498.144	240,273.346	1,907,158.866	DC = 23° 31' 27.712"	
PI = 24+560.749	240,317.859	1,907,114.592	ØE = 7° 06' 00.000"	
CE = 24+615.766	240,320.137	1,907,051.852	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 24+686.766	240,328.934	1,906,981.447		
CENTRO =	240,039.769	1,906,992.999	RC = 286.479 m.	
			ST = 133.605 m.	
			LC = 117.622 m.	
			LE = 71.000 m.	
			XC = 70.891	YC = 2.930
			P = 0.733	K = 35.482
			EX = 17.032 m.	

---

Distancia PI-PI: 548.837 m. TANGENTE LIBRE: 257.528 m. AZIMUT: 175° 14' 42.257"

---

**CURVA NO 28**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 24+944.294	240,350.281	1,906,724.806	DT = 48° 18' 56.151"	IZQ.
EC = 25+002.294	240,357.033	1,906,667.227	DC = 36° 42' 56.157"	
PI = 25+101.999	240,363.354	1,906,567.644	ØE = 5° 48' 00.001"	
CE = 25+185.872	240,444.278	1,906,509.266	GC = 4° 00' 00.000"	
ET = 25+243.872	240,489.419	1,906,472.890		
CENTRO =	240,638.665	1,906,719.703	RC = 286.479 m.	
			ST = 157.705 m.	
			LC = 183.578 m.	
			LE = 58.000 m.	
			XC = 57.941	YC = 1.956
			P = 0.489	K = 28.990
			EX = 28.034 m.	

---

Distancia PI-PI: 493.048 m. TANGENTE LIBRE: 138.722 m. AZIMUT: 126° 55' 46.133"

---

**CURVA NO 29**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 80**

CADENAMIENTO	X	Y		
TE = 25+382.594	240,600.310	1,906,389.542	DT = 76° 24' 59.222"	DER.
EC = 25+446.594	240,649.384	1,906,348.564	DC = 58° 48' 59.227"	
PI = 25+579.215	240,757.484	1,906,271.405	ØE = 8° 48' 00.001"	
CE = 25+660.472	240,701.865	1,906,150.800	GC = 5° 30' 00.000"	
ET = 25+724.472	240,679.567	1,906,090.881		
CENTRO =	240,500.196	1,906,203.127	RC = 208.348 m.	
			ST = 196.621 m.	
			LC = 213.878 m.	
			LE = 64.000 m.	
			XC = 63.849	YC = 3.271
			P = 0.818	K = 31.975
			EX = 57.846 m.	

---

Distancia PI-PI: 724.361 m. TANGENTE LIBRE: 284.172 m. AZIMUT: 203° 20' 45.355"

---

**CURVA NO 30**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 26+008.643	240,566.955	1,905,829.975	DT = 105° 26' 58.533" IZQ.
EC = 26+063.643	240,548.043	1,905,778.402	DC = 86° 11' 58.533"
PI = 26+252.211	240,470.433	1,905,606.349	ØE = 9° 37' 30.000"
CE = 26+309.928	240,657.789	1,905,583.467	GC = 7° 00' 00.000"
ET = 26+364.928	240,711.692	1,905,572.887	
CENTRO =	240,707.073	1,905,739.573	RC = 163.702 m.
			ST = 243.568 m.
			LC = 246.285 m.
			LE = 55.000 m.
			XC = 54.845    YC = 3.074
			P = 0.769    K = 27.474
			EX = 107.862 m.

---

Distancia PI-PI: 826.762 m. TANGENTE LIBRE: 354.255 m. AZIMUT: 97° 53' 46.822"

---

**CURVA NO 31**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 26+719.182	241,062.587	1,905,524.219	DT = 101° 32' 43.065" DER.
EC = 26+774.182	241,116.490	1,905,513.639	DC = 82° 17' 43.065"
PI = 26+948.122	241,289.356	1,905,492.767	ØE = 9° 37' 30.000"
CE = 27+009.312	241,228.510	1,905,329.622	GC = 7° 00' 00.000"
ET = 27+064.312	241,213.154	1,905,276.881	
CENTRO =	241,067.206	1,905,357.533	RC = 163.702 m.
			ST = 228.940 m.
			LC = 235.129 m.
			LE = 55.000 m.
			XC = 54.845    YC = 3.074
			P = 0.769    K = 27.474
			EX = 96.373 m.

---

Distancia PI-PI: 558.301 m. TANGENTE LIBRE: 185.366 m. AZIMUT: 199° 26' 29.832"

---

**CURVA NO 32**                      **CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**                      **VELOCIDAD = 70**

CADENAMIENTO	X	Y	
TE = 27+249.678	241,151.456	1,905,102.084	DT = 46° 05' 36.676" DER.
EC = 27+293.678	241,135.758	1,905,060.992	DC = 37° 17' 36.679"
PI = 27+393.673	241,103.528	1,904,966.300	ØE = 4° 24' 00.000"
CE = 27+480.146	241,012.021	1,904,925.903	GC = 4° 00' 00.000"
ET = 27+524.146	240,972.462	1,904,906.667	
CENTRO =	240,873.725	1,905,176.790	RC = 286.479 m.
			ST = 143.995 m.
			LC = 186.468 m.
			LE = 44.000 m.
			XC = 43.974    YC = 1.126
			P = 0.282    K = 21.996
			EX = 25.154 m.



Distancia PI-PI: 377.414 m. TANGENTE LIBRE: 233.419 m. AZIMUT: 245° 32' 06.453"

---

**<FINAL>**

---

CADENAMIENTO	X	Y
FIN = 27+757.565	240,760.000	
	1,904,810.000	

## 8.2 Alineamiento Vertical

### 8.2.1 Alternativa 1

Alineamiento Vertical: RASANTE\_ALTERNATIVA\_1  
 Descripción:  
 Intervalo de Estaciones: Inicial: 0+000.00, Final: 28+476.72

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	0+200.00	Cota:	414.227m
Estacion PIV:	0+260.00	Cota:	416.087m
Estacion PTV:	0+320.00	Cota:	414.617m
Punto Maximo:	0+267.03	Cota:	415.266m
Pend. Entrada(%):	3.10%	Pend. Salida(%):	-2.45%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.55%	Factor K:	21.622m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,162.162m
D.V. Rebase:	338.624m	D.V. Parada:	179.743m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	0+750.00	Cota:	404.082m
Estacion PIV:	0+780.00	Cota:	403.347m
Estacion PTV:	0+810.00	Cota:	402.281m
Punto Maximo:	0+750.00	Cota:	404.082m
Pend. Entrada(%):	-2.45%	Pend. Salida(%):	-3.55%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.10%	Factor K:	54.353m

Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	5,435.287m
D.V. Rebase:	1,430.821m	D.V. Parada:	632.026m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	1+220.00	Cota:	387.710m
Estacion PIV:	1+260.00	Cota:	386.288m
Estacion PTV:	1+300.00	Cota:	386.148m
Punto Minimo:	1+300.00	Cota:	386.148m
Pend. Entrada(%):	-3.55%	Pend. Salida(%):	-0.35%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.20%	Factor K:	24.970m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,496.959m
Distancia de Iluminacion 225.012m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	1+750.00	Cota:	384.573m
Estacion PIV:	1+780.00	Cota:	384.468m
Estacion PTV:	1+810.00	Cota:	383.391m
Punto Maximo:	1+750.00	Cota:	384.573m
Pend. Entrada(%):	-0.35%	Pend. Salida(%):	-3.59%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.24%	Factor K:	18.508m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,850.850m
D.V. Rebase:	507.014m	D.V. Parada:	235.005m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			

Estacion PCV:	2+428.02	Cota:	361.193m
Estacion PIV:	2+458.02	Cota:	360.115m
Estacion PTV:	2+488.02	Cota:	359.931m
Punto Minimo:	2+488.02	Cota:	359.931m
Pend. Entrada(%):	-3.59%	Pend. Salida(%):	-0.62%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.98%	Factor K:	20.157m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,015.692m
Distancia de Iluminacion 234.985m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	3+360.00	Cota:	354.567m
Estacion PIV:	3+420.00	Cota:	354.198m
Estacion PTV:	3+480.00	Cota:	350.388m
Punto Maximo:	3+360.00	Cota:	354.567m
Pend. Entrada(%):	-0.62%	Pend. Salida(%):	-6.35%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.73%	Factor K:	20.925m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,092.455m
D.V. Rebase:	329.641m	D.V. Parada:	175.883m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	3+770.00	Cota:	331.973m
Estacion PIV:	3+800.00	Cota:	330.068m
Estacion PTV:	3+830.00	Cota:	329.423m
Punto Minimo:	3+830.00	Cota:	329.423m

Pend. Entrada(%):	-6.35%	Pend. Salida(%):	-2.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.20%	Factor K:	14.289m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,428.900m
Distancia de Iluminacion 132.858m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	4+600.00	Cota:	312.860m
Estacion PIV:	4+640.00	Cota:	312.000m
Estacion PTV:	4+680.00	Cota:	312.400m
Punto Minimo:	4+654.61	Cota:	312.273m
Pend. Entrada(%):	-2.15%	Pend. Salida(%):	1.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.15%	Factor K:	25.389m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,538.904m
Distancia de Iluminacion 231.980m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	5+410.00	Cota:	319.700m
Estacion PIV:	5+440.00	Cota:	320.000m
Estacion PTV:	5+470.00	Cota:	319.400m
Punto Maximo:	5+430.00	Cota:	319.800m
Pend. Entrada(%):	1.00%	Pend. Salida(%):	-2.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.00%	Factor K:	20.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,000.000m
D.V. Rebase:	545.454m	D.V. Parada:	251.525m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	6+010.00	Cota:	308.600m
Estacion PIV:	6+040.00	Cota:	308.000m
Estacion PTV:	6+070.00	Cota:	305.915m
Punto Maximo:	6+010.00	Cota:	308.600m
Pend. Entrada(%):	-2.00%	Pend. Salida(%):	-6.95%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.95%	Factor K:	12.121m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,212.121m
D.V. Rebase:	342.396m	D.V. Parada:	164.258m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	6+730.00	Cota:	260.045m
Estacion PIV:	6+760.00	Cota:	257.960m
Estacion PTV:	6+790.00	Cota:	256.820m
Punto Minimo:	6+790.00	Cota:	256.820m
Pend. Entrada(%):	-6.95%	Pend. Salida(%):	-3.80%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.15%	Factor K:	19.048m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,904.762m
Distancia de Iluminacion 209.684m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	7+290.00	Cota:	237.820m
Estacion PIV:	7+340.00	Cota:	235.920m
Estacion PTV:	7+390.00	Cota:	236.168m

Punto Minimo:	7+378.47	Cota:	236.139m
Pend. Entrada(%):	-3.80%	Pend. Salida(%):	0.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.30%	Factor K:	23.282m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,328.160m
Distancia de Iluminacion 162.669m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	7+690.00	Cota:	237.653m
Estacion PIV:	7+760.00	Cota:	238.000m
Estacion PTV:	7+830.00	Cota:	240.905m
Punto Minimo:	7+690.00	Cota:	237.653m
Pend. Entrada(%):	0.50%	Pend. Salida(%):	4.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.65%	Factor K:	38.306m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	3,830.619m
Distancia de Iluminacion 238.749m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	7+970.00	Cota:	246.715m
Estacion PIV:	8+000.00	Cota:	247.960m
Estacion PTV:	8+030.00	Cota:	248.530m
Punto Maximo:	8+030.00	Cota:	248.530m
Pend. Entrada(%):	4.15%	Pend. Salida(%):	1.90%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.25%	Factor K:	26.667m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,666.667m

D.V. Rebase:	717.272m	D.V. Parada:	325.367m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	8+390.00	Cota:	255.370m
Estacion PIV:	8+420.00	Cota:	255.940m
Estacion PTV:	8+450.00	Cota:	256.825m
Punto Minimo:	8+390.00	Cota:	255.370m
Pend. Entrada(%):	1.90%	Pend. Salida(%):	2.95%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.05%	Factor K:	57.143m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	5,714.286m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	8+930.00	Cota:	270.985m
Estacion PIV:	8+960.00	Cota:	271.870m
Estacion PTV:	8+990.00	Cota:	273.295m
Punto Minimo:	8+930.00	Cota:	270.985m
Pend. Entrada(%):	2.95%	Pend. Salida(%):	4.75%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.80%	Factor K:	33.333m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,333.333m
Distancia de Iluminacion 4,661.106m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	9+310.00	Cota:	288.495m
Estacion PIV:	9+340.00	Cota:	289.920m



Estacion PTV:	9+370.00	Cota:	291.195m
Punto Maximo:	9+370.00	Cota:	291.195m
Pend. Entrada(%):	4.75%	Pend. Salida(%):	4.25%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.50%	Factor K:	120.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	12,000.000m
D.V. Rebase:	3,122.725m	D.V. Parada:	1,359.150m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	10+520.00	Cota:	340.070m
Estacion PIV:	10+560.00	Cota:	341.770m
Estacion PTV:	10+600.00	Cota:	342.250m
Punto Maximo:	10+600.00	Cota:	342.250m
Pend. Entrada(%):	4.25%	Pend. Salida(%):	1.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.05%	Factor K:	26.230m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,622.951m
D.V. Rebase:	547.004m	D.V. Parada:	257.893m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	11+230.00	Cota:	349.810m
Estacion PIV:	11+260.00	Cota:	350.170m
Estacion PTV:	11+290.00	Cota:	350.515m
Punto Maximo:	11+290.00	Cota:	350.515m
Pend. Entrada(%):	1.20%	Pend. Salida(%):	1.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.05%	Factor K:	1,200.000m

Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	120,000.000m
D.V. Rebase:	30,957.249m	D.V. Parada:	13,321.503m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	12+310.17	Cota:	362.247m
Estacion PIV:	12+340.00	Cota:	362.590m
Estacion PTV:	12+369.83	Cota:	363.053m
Punto Minimo:	12+310.17	Cota:	362.247m
Pend. Entrada(%):	1.15%	Pend. Salida(%):	1.55%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.40%	Factor K:	148.492m
Long. de Curva:	59.670m	Radio de la Curva	14,849.228m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	13+832.42	Cota:	385.750m
Estacion PIV:	13+862.18	Cota:	386.212m
Estacion PTV:	13+891.94	Cota:	385.801m
Punto Maximo:	13+863.93	Cota:	385.994m
Pend. Entrada(%):	1.55%	Pend. Salida(%):	-1.38%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.93%	Factor K:	20.311m
Long. de Curva:	59.527m	Radio de la Curva	2,031.102m
D.V. Rebase:	557.391m	D.V. Parada:	256.520m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			

Estacion PCV:	14+401.03	Cota:	378.781m
Estacion PIV:	14+451.03	Cota:	378.092m
Estacion PTV:	14+501.03	Cota:	379.750m
Punto Minimo:	14+430.40	Cota:	378.579m
Pend. Entrada(%):	-1.38%	Pend. Salida(%):	3.32%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.70%	Factor K:	21.293m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,129.347m
Distancia de Iluminacion 147.356m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	15+027.79	Cota:	397.225m
Estacion PIV:	15+067.79	Cota:	398.552m
Estacion PTV:	15+107.79	Cota:	398.955m
Punto Maximo:	15+107.79	Cota:	398.955m
Pend. Entrada(%):	3.32%	Pend. Salida(%):	1.01%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.31%	Factor K:	34.643m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	3,464.320m
D.V. Rebase:	709.637m	D.V. Parada:	327.788m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	15+772.37	Cota:	405.654m
Estacion PIV:	15+801.87	Cota:	405.952m
Estacion PTV:	15+831.37	Cota:	406.554m
Punto Minimo:	15+772.37	Cota:	405.654m

Pend. Entrada(%):	1.01%	Pend. Salida(%):	2.04%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.03%	Factor K:	57.143m
Long. de Curva:	58.996m	Radio de la Curva	5,714.286m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	16+163.97	Cota:	413.340m
Estacion PIV:	16+203.73	Cota:	414.152m
Estacion PTV:	16+243.49	Cota:	413.916m
Punto Maximo:	16+225.57	Cota:	413.969m
Pend. Entrada(%):	2.04%	Pend. Salida(%):	-0.59%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.63%	Factor K:	30.189m
Long. de Curva:	79.514m	Radio de la Curva	3,018.868m
D.V. Rebase:	626.854m	D.V. Parada:	292.072m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	16+536.56	Cota:	412.177m
Estacion PIV:	16+567.73	Cota:	411.992m
Estacion PTV:	16+598.89	Cota:	411.321m
Punto Maximo:	16+536.56	Cota:	412.177m
Pend. Entrada(%):	-0.59%	Pend. Salida(%):	-2.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.56%	Factor K:	40.000m
Long. de Curva:	62.329m	Radio de la Curva	4,000.000m

D.V. Rebase:	1,023.558m	D.V. Parada:	457.662m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	16+908.61	Cota:	404.657m
Estacion PIV:	16+938.61	Cota:	404.012m
Estacion PTV:	16+968.61	Cota:	404.328m
Punto Minimo:	16+948.90	Cota:	404.224m
Pend. Entrada(%):	-2.15%	Pend. Salida(%):	1.05%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.20%	Factor K:	18.725m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,872.457m
Distancia de Iluminacion 202.990m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	17+796.18	Cota:	413.040m
Estacion PIV:	17+876.18	Cota:	413.882m
Estacion PTV:	17+956.18	Cota:	416.442m
Punto Minimo:	17+796.18	Cota:	413.040m
Pend. Entrada(%):	1.05%	Pend. Salida(%):	3.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.15%	Factor K:	74.513m
Long. de Curva:	160.000m	Radio de la Curva	7,451.287m
Distancia de Iluminacion 925.353m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	18+601.76	Cota:	437.100m
Estacion PIV:	18+636.18	Cota:	438.202m

Estacion PTV:	18+670.61	Cota:	439.600m
Punto Minimo:	18+601.76	Cota:	437.100m
Pend. Entrada(%):	3.20%	Pend. Salida(%):	4.06%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.86%	Factor K:	80.000m
Long. de Curva:	68.850m	Radio de la Curva	8,000.000m
Distancia de Iluminacion			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	19+540.03	Cota:	474.904m
Estacion PIV:	19+570.03	Cota:	476.122m
Estacion PTV:	19+600.03	Cota:	476.931m
Punto Maximo:	19+600.03	Cota:	476.931m
Pend. Entrada(%):	4.06%	Pend. Salida(%):	2.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.36%	Factor K:	44.025m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	4,402.459m
D.V. Rebase:	1,164.633m	D.V. Parada:	517.628m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	20+006.99	Cota:	487.910m
Estacion PIV:	20+036.99	Cota:	488.719m
Estacion PTV:	20+066.99	Cota:	488.633m
Punto Maximo:	20+061.22	Cota:	488.641m
Pend. Entrada(%):	2.70%	Pend. Salida(%):	-0.29%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.98%	Factor K:	20.102m

Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,010.213m
D.V. Rebase:	548.086m	D.V. Parada:	252.656m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	20+507.36	Cota:	487.369m
Estacion PIV:	20+534.35	Cota:	487.292m
Estacion PTV:	20+561.34	Cota:	487.627m
Punto Minimo:	20+517.49	Cota:	487.355m
Pend. Entrada(%):	-0.29%	Pend. Salida(%):	1.24%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.53%	Factor K:	35.294m
Long. de Curva:	53.971m	Radio de la Curva	3,529.412m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	21+249.14	Cota:	496.171m
Estacion PIV:	21+299.14	Cota:	496.792m
Estacion PTV:	21+349.14	Cota:	495.440m
Punto Maximo:	21+280.62	Cota:	496.366m
Pend. Entrada(%):	1.24%	Pend. Salida(%):	-2.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.95%	Factor K:	25.342m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,534.241m
D.V. Rebase:	441.885m	D.V. Parada:	218.419m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			

Estacion PCV:	22+327.87	Cota:	468.977m
Estacion PIV:	22+357.66	Cota:	468.172m
Estacion PTV:	22+387.44	Cota:	467.174m
Punto Maximo:	22+327.87	Cota:	468.977m
Pend. Entrada(%):	-2.70%	Pend. Salida(%):	-3.35%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.65%	Factor K:	92.308m
Long. de Curva:	59.568m	Radio de la Curva	9,230.769m
D.V. Rebase:	2,426.045m	D.V. Parada:	1,059.617m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	23+027.84	Cota:	445.726m
Estacion PIV:	23+057.84	Cota:	444.722m
Estacion PTV:	23+087.84	Cota:	443.552m
Punto Maximo:	23+027.84	Cota:	445.726m
Pend. Entrada(%):	-3.35%	Pend. Salida(%):	-3.90%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.55%	Factor K:	109.124m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	10,912.368m
D.V. Rebase:	2,842.413m	D.V. Parada:	1,238.681m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	23+607.32	Cota:	423.298m
Estacion PIV:	23+637.32	Cota:	422.128m
Estacion PTV:	23+667.32	Cota:	420.710m



Punto Maximo:	23+607.32	Cota:	423.298m
Pend. Entrada(%):	-3.90%	Pend. Salida(%):	-4.73%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.83%	Factor K:	72.295m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	7,229.537m
D.V. Rebase:	1,893.247m	D.V. Parada:	830.762m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	24+303.04	Cota:	390.647m
Estacion PIV:	24+333.04	Cota:	389.228m
Estacion PTV:	24+363.04	Cota:	387.519m
Punto Maximo:	24+303.04	Cota:	390.647m
Pend. Entrada(%):	-4.73%	Pend. Salida(%):	-5.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.97%	Factor K:	61.948m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	6,194.769m
D.V. Rebase:	1,626.560m	D.V. Parada:	716.148m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	25+363.52	Cota:	330.518m
Estacion PIV:	25+393.52	Cota:	328.808m
Estacion PTV:	25+423.52	Cota:	328.179m
Punto Minimo:	25+423.52	Cota:	328.179m
Pend. Entrada(%):	-5.70%	Pend. Salida(%):	-2.10%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.60%	Factor K:	16.674m

Long. de Curva: 60.000m Radio de la Curva 1,667.435m  
 Distancia de Iluminacion 166.205m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV: 25+883.52 Cota: 318.523m  
 Estacion PIV: 25+913.52 Cota: 317.893m  
 Estacion PTV: 25+943.52 Cota: 316.468m  
 Punto Maximo: 25+883.52 Cota: 318.523m  
 Pend. Entrada(%): -2.10% Pend. Salida(%): -4.75%  
 Dif. Alg. Pendiente(%): 2.65% Factor K: 22.634m  
 Long. de Curva: 60.000m Radio de la Curva 2,263.376m  
 D.V. Rebase: 613.333m D.V. Parada: 280.697m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV: 27+003.52 Cota: 266.118m  
 Estacion PIV: 27+053.52 Cota: 263.743m  
 Estacion PTV: 27+103.52 Cota: 263.418m  
 Punto Minimo: 27+103.52 Cota: 263.418m  
 Pend. Entrada(%): -4.75% Pend. Salida(%): -0.65%  
 Dif. Alg. Pendiente(%): 4.10% Factor K: 24.390m  
 Long. de Curva: 100.000m Radio de la Curva 2,439.024m  
 Distancia de Iluminacion 172.012m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	28+103.52	Cota:	256.918m
Estacion PIV:	28+133.52	Cota:	256.723m
Estacion PTV:	28+163.52	Cota:	257.278m
Punto Minimo:	28+119.12	Cota:	256.867m
Pend. Entrada(%):	-0.65%	Pend. Salida(%):	1.85%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.50%	Factor K:	24.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,400.000m
Distancia de Iluminacion 364.483m			

### 8.2.2 Alternativa 2

Alineamiento Vertical: RASANTE\_ALTERNATIVA\_2  
 Descripcion:  
 Intervalo de Estaciones: Inicial: 0+000.00, Final: 27+224.76

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	0+210.00	Cota:	413.802m
Estacion PIV:	0+280.00	Cota:	415.727m
Estacion PTV:	0+350.00	Cota:	413.382m
Punto Maximo:	0+273.11	Cota:	414.670m
Pend. Entrada(%):	2.75%	Pend. Salida(%):	-3.35%
Dif. Alg. Pendiente(%):	6.10%	Factor K:	22.951m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,295.082m

D.V. Rebase:	323.502m	D.V. Parada:	178.947m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	1+130.00	Cota:	387.252m
Estacion PIV:	1+160.00	Cota:	386.247m
Estacion PTV:	1+190.00	Cota:	385.288m
Punto Minimo:	1+190.00	Cota:	385.288m
Pend. Entrada(%):	-3.35%	Pend. Salida(%):	-3.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.15%	Factor K:	391.579m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	39,157.895m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	1+750.00	Cota:	367.386m
Estacion PIV:	1+780.00	Cota:	366.427m
Estacion PTV:	1+810.00	Cota:	365.886m
Punto Minimo:	1+810.00	Cota:	365.886m
Pend. Entrada(%):	-3.20%	Pend. Salida(%):	-1.80%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.39%	Factor K:	43.053m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	4,305.331m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	2+370.00	Cota:	355.788m
Estacion PIV:	2+420.00	Cota:	354.887m

Estacion PTV:	2+470.00	Cota:	351.887m
Punto Maximo:	2+370.00	Cota:	355.788m
Pend. Entrada(%):	-1.80%	Pend. Salida(%):	-6.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.20%	Factor K:	23.827m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,382.741m
D.V. Rebase:	418.458m	D.V. Parada:	208.351m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	2+870.00	Cota:	327.887m
Estacion PIV:	2+900.00	Cota:	326.087m
Estacion PTV:	2+930.00	Cota:	325.022m
Punto Minimo:	2+930.00	Cota:	325.022m
Pend. Entrada(%):	-6.00%	Pend. Salida(%):	-3.55%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.45%	Factor K:	24.490m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,448.980m
Distancia de Iluminacion 388.222m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	3+790.00	Cota:	294.492m
Estacion PIV:	3+860.00	Cota:	292.007m
Estacion PTV:	3+930.00	Cota:	294.212m
Punto Minimo:	3+864.18	Cota:	293.175m
Pend. Entrada(%):	-3.55%	Pend. Salida(%):	3.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	6.70%	Factor K:	20.896m

Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,089.552m
Distancia de Iluminacion 134.903m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	4+300.00	Cota:	305.867m
Estacion PIV:	4+360.00	Cota:	307.757m
Estacion PTV:	4+420.00	Cota:	306.557m
Punto Maximo:	4+373.40	Cota:	307.023m
Pend. Entrada(%):	3.15%	Pend. Salida(%):	-2.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.15%	Factor K:	23.301m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,330.097m
D.V. Rebase:	360.265m	D.V. Parada:	189.044m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	5+229.84	Cota:	290.360m
Estacion PIV:	5+260.00	Cota:	289.757m
Estacion PTV:	5+290.16	Cota:	289.636m
Punto Minimo:	5+290.16	Cota:	289.636m
Pend. Entrada(%):	-2.00%	Pend. Salida(%):	-0.40%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.60%	Factor K:	37.694m
Long. de Curva:	60.311m	Radio de la Curva	3,769.423m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			

Estacion PCV:	7+127.00	Cota:	282.289m
Estacion PIV:	7+160.00	Cota:	282.157m
Estacion PTV:	7+193.00	Cota:	281.629m
Punto Maximo:	7+127.00	Cota:	282.289m
Pend. Entrada(%):	-0.40%	Pend. Salida(%):	-1.60%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.20%	Factor K:	55.000m
Long. de Curva:	66.000m	Radio de la Curva	5,500.000m
D.V. Rebase:	1,321.635m	D.V. Parada:	586.813m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	8+050.00	Cota:	267.917m
Estacion PIV:	8+080.00	Cota:	267.437m
Estacion PTV:	8+110.00	Cota:	266.342m
Punto Maximo:	8+050.00	Cota:	267.917m
Pend. Entrada(%):	-1.60%	Pend. Salida(%):	-3.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.05%	Factor K:	29.268m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,926.829m
D.V. Rebase:	784.323m	D.V. Parada:	354.183m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	8+590.00	Cota:	248.822m
Estacion PIV:	8+660.00	Cota:	246.267m
Estacion PTV:	8+730.00	Cota:	247.772m

Punto Minimo:	8+678.10	Cota:	247.214m
Pend. Entrada(%):	-3.65%	Pend. Salida(%):	2.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.80%	Factor K:	24.138m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,413.793m
Distancia de Iluminacion 149.464m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	9+470.00	Cota:	263.682m
Estacion PIV:	9+500.00	Cota:	264.327m
Estacion PTV:	9+530.00	Cota:	265.152m
Punto Minimo:	9+470.00	Cota:	263.682m
Pend. Entrada(%):	2.15%	Pend. Salida(%):	2.75%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.60%	Factor K:	100.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	10,000.000m
Distancia de Iluminacion			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	10+060.00	Cota:	279.727m
Estacion PIV:	10+120.00	Cota:	281.377m
Estacion PTV:	10+180.00	Cota:	279.544m
Punto Maximo:	10+116.85	Cota:	280.508m
Pend. Entrada(%):	2.75%	Pend. Salida(%):	-3.05%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.80%	Factor K:	20.673m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,067.285m



D.V. Rebase:	326.398m	D.V. Parada:	174.489m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	10+750.00	Cota:	262.132m
Estacion PIV:	10+840.00	Cota:	259.383m
Estacion PTV:	10+930.00	Cota:	264.468m
Punto Minimo:	10+813.17	Cota:	261.167m
Pend. Entrada(%):	-3.05%	Pend. Salida(%):	5.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	8.70%	Factor K:	20.678m
Long. de Curva:	180.000m	Radio de la Curva	2,067.845m
Distancia de Iluminacion	133.942m		
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	11+450.00	Cota:	293.848m
Estacion PIV:	11+480.00	Cota:	295.543m
Estacion PTV:	11+510.00	Cota:	296.893m
Punto Maximo:	11+510.00	Cota:	296.893m
Pend. Entrada(%):	5.65%	Pend. Salida(%):	4.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.15%	Factor K:	52.174m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	5,217.391m
D.V. Rebase:	1,374.663m	D.V. Parada:	607.891m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	12+130.00	Cota:	324.793m

Estacion PIV:	12+160.00	Cota:	326.143m
Estacion PTV:	12+190.00	Cota:	327.133m
Punto Maximo:	12+190.00	Cota:	327.133m
Pend. Entrada(%):	4.50%	Pend. Salida(%):	3.30%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.20%	Factor K:	50.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	5,000.000m
D.V. Rebase:	1,318.635m	D.V. Parada:	583.813m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	13+060.00	Cota:	355.843m
Estacion PIV:	13+120.00	Cota:	357.823m
Estacion PTV:	13+180.00	Cota:	356.443m
Punto Maximo:	13+130.71	Cota:	357.009m
Pend. Entrada(%):	3.30%	Pend. Salida(%):	-2.30%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.60%	Factor K:	21.429m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,142.857m
D.V. Rebase:	336.136m	D.V. Parada:	178.674m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	13+650.00	Cota:	345.633m
Estacion PIV:	13+700.00	Cota:	344.483m
Estacion PTV:	13+750.00	Cota:	341.558m
Punto Maximo:	13+650.00	Cota:	345.633m
Pend. Entrada(%):	-2.30%	Pend. Salida(%):	-5.85%

Dif. Alg. Pendiente(%):	3.55%	Factor K:	28.169m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,816.901m
D.V. Rebase:	485.595m	D.V. Parada:	237.204m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	14+790.00	Cota:	280.718m
Estacion PIV:	14+820.00	Cota:	278.963m
Estacion PTV:	14+850.00	Cota:	277.583m
Punto Minimo:	14+850.00	Cota:	277.583m
Pend. Entrada(%):	-5.85%	Pend. Salida(%):	-4.60%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.25%	Factor K:	48.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	4,800.000m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	15+290.00	Cota:	257.343m
Estacion PIV:	15+340.00	Cota:	255.043m
Estacion PTV:	15+390.00	Cota:	255.093m
Punto Minimo:	15+387.87	Cota:	255.092m
Pend. Entrada(%):	-4.60%	Pend. Salida(%):	0.10%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.70%	Factor K:	21.277m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,127.660m
Distancia de Iluminacion 147.233m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			

Estacion PCV:	16+549.91	Cota:	256.253m
Estacion PIV:	16+560.00	Cota:	256.263m
Estacion PTV:	16+570.09	Cota:	256.196m
Punto Maximo:	16+552.57	Cota:	256.254m
Pend. Entrada(%):	0.10%	Pend. Salida(%):	-0.66%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.76%	Factor K:	26.667m
Long. de Curva:	20.185m	Radio de la Curva	2,666.667m
D.V. Rebase:	2,052.973m	D.V. Parada:	888.055m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	17+123.59	Cota:	252.560m
Estacion PIV:	17+155.61	Cota:	252.350m
Estacion PTV:	17+187.62	Cota:	252.951m
Punto Minimo:	17+140.19	Cota:	252.506m
Pend. Entrada(%):	-0.66%	Pend. Salida(%):	1.88%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.53%	Factor K:	25.263m
Long. de Curva:	64.032m	Radio de la Curva	2,526.316m
Distancia de Iluminacion	356.286m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	18+276.51	Cota:	273.397m
Estacion PIV:	18+338.61	Cota:	274.563m
Estacion PTV:	18+400.71	Cota:	272.203m
Punto Maximo:	18+317.59	Cota:	273.782m

Pend. Entrada(%):	1.88%	Pend. Salida(%):	-3.80%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.68%	Factor K:	21.875m
Long. de Curva:	124.199m	Radio de la Curva	2,187.500m
D.V. Rebase:	334.458m	D.V. Parada:	179.150m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	19+088.86	Cota:	246.053m
Estacion PIV:	19+118.61	Cota:	244.923m
Estacion PTV:	19+148.36	Cota:	244.175m
Punto Minimo:	19+148.36	Cota:	244.175m
Pend. Entrada(%):	-3.80%	Pend. Salida(%):	-2.51%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.29%	Factor K:	46.218m
Long. de Curva:	59.502m	Radio de la Curva	4,621.786m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	19+981.64	Cota:	223.239m
Estacion PIV:	20+074.50	Cota:	220.905m
Estacion PTV:	20+167.35	Cota:	225.664m
Punto Minimo:	20+042.74	Cota:	222.471m
Pend. Entrada(%):	-2.51%	Pend. Salida(%):	5.12%
Dif. Alg. Pendiente(%):	7.64%	Factor K:	24.318m
Long. de Curva:	185.713m	Radio de la Curva	2,431.841m
Distancia de Iluminacion 149.822m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

---

Estacion PCV:	20+312.03	Cota:	233.077m
Estacion PIV:	20+342.03	Cota:	234.614m
Estacion PTV:	20+372.03	Cota:	234.601m
Punto Maximo:	20+371.53	Cota:	234.601m
Pend. Entrada(%):	5.12%	Pend. Salida(%):	-0.04%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.17%	Factor K:	11.610m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	1,161.044m
D.V. Rebase:	329.232m	D.V. Parada:	158.600m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

---

Estacion PCV:	21+050.35	Cota:	234.306m
Estacion PIV:	21+099.89	Cota:	234.284m
Estacion PTV:	21+149.44	Cota:	232.135m
Punto Maximo:	21+050.35	Cota:	234.306m
Pend. Entrada(%):	-0.04%	Pend. Salida(%):	-4.34%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.29%	Factor K:	23.077m
Long. de Curva:	99.094m	Radio de la Curva	2,307.692m
D.V. Rebase:	409.663m	D.V. Parada:	204.313m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

---

Estacion PCV:	21+649.89	Cota:	210.427m
Estacion PIV:	21+679.89	Cota:	209.125m
Estacion PTV:	21+709.89	Cota:	208.368m

Punto Minimo:	21+709.89	Cota:	208.368m
Pend. Entrada(%):	-4.34%	Pend. Salida(%):	-2.52%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.81%	Factor K:	33.070m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,307.001m
Distancia de Iluminacion 3,696.716m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	22+115.52	Cota:	198.133m
Estacion PIV:	22+144.76	Cota:	197.395m
Estacion PTV:	22+173.99	Cota:	196.957m
Punto Minimo:	22+173.99	Cota:	196.957m
Pend. Entrada(%):	-2.52%	Pend. Salida(%):	-1.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.02%	Factor K:	57.143m
Long. de Curva:	58.476m	Radio de la Curva	5,714.286m
Distancia de Iluminacion			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	22+674.76	Cota:	189.445m
Estacion PIV:	22+704.76	Cota:	188.995m
Estacion PTV:	22+734.76	Cota:	189.190m
Punto Minimo:	22+716.62	Cota:	189.131m
Pend. Entrada(%):	-1.50%	Pend. Salida(%):	0.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.15%	Factor K:	27.907m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,790.698m

Distancia de Iluminacion 653.904m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV: 23+284.76 Cota: 192.765m  
Estacion PIV: 23+304.76 Cota: 192.895m  
Estacion PTV: 23+324.76 Cota: 193.325m  
Punto Minimo: 23+284.76 Cota: 192.765m  
Pend. Entrada(%): 0.65% Pend. Salida(%): 2.15%  
Dif. Alg. Pendiente(%): 1.50% Factor K: 26.667m  
Long. de Curva: 40.000m Radio de la Curva 2,666.667m  
Distancia de Iluminacion

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV: 23+984.34 Cota: 207.507m  
Estacion PIV: 24+004.76 Cota: 207.945m  
Estacion PTV: 24+025.17 Cota: 208.456m  
Punto Minimo: 23+984.34 Cota: 207.507m  
Pend. Entrada(%): 2.15% Pend. Salida(%): 2.50%  
Dif. Alg. Pendiente(%): 0.35% Factor K: 116.643m  
Long. de Curva: 40.825m Radio de la Curva 11,664.300m  
Distancia de Iluminacion

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV: 24+594.76 Cota: 222.695m  
Estacion PIV: 24+624.76 Cota: 223.445m



Estacion PTV:	24+654.76	Cota:	223.520m
Punto Maximo:	24+654.76	Cota:	223.520m
Pend. Entrada(%):	2.50%	Pend. Salida(%):	0.25%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.25%	Factor K:	26.667m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,666.667m
D.V. Rebase:	717.272m	D.V. Parada:	325.367m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	25+934.76	Cota:	226.720m
Estacion PIV:	25+964.76	Cota:	226.795m
Estacion PTV:	25+994.76	Cota:	227.545m
Punto Minimo:	25+934.76	Cota:	226.720m
Pend. Entrada(%):	0.25%	Pend. Salida(%):	2.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.25%	Factor K:	26.667m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,666.667m
Distancia de Iluminacion	530.235m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	26+694.76	Cota:	245.045m
Estacion PIV:	26+724.76	Cota:	245.795m
Estacion PTV:	26+754.76	Cota:	246.890m
Punto Minimo:	26+694.76	Cota:	245.045m
Pend. Entrada(%):	2.50%	Pend. Salida(%):	3.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.15%	Factor K:	52.174m

Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	5,217.391m
Distancia de Iluminacion			

### 8.2.3 Aternativa 3

---

Alineamiento Vertical: RASANTE\_ALTERNATIVA\_3  
 Descripcion:  
 Intervalo de Estaciones: Inicial: 0+000.00, Final: 28+255.34

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	0+443.21	Cota:	369.530m
Estacion PIV:	0+520.00	Cota:	364.155m
Estacion PTV:	0+596.79	Cota:	364.539m
Punto Minimo:	0+586.55	Cota:	364.513m
Pend. Entrada(%):	-7.00%	Pend. Salida(%):	0.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	7.50%	Factor K:	20.477m
Long. de Curva:	153.576m	Radio de la Curva	2,047.680m
Distancia de Iluminacion 133.047m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	1+370.00	Cota:	368.405m
Estacion PIV:	1+400.00	Cota:	368.555m
Estacion PTV:	1+430.00	Cota:	368.285m
Punto Maximo:	1+391.43	Cota:	368.459m

Pend. Entrada(%):	0.50%	Pend. Salida(%):	-0.90%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.40%	Factor K:	42.857m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	4,285.714m
D.V. Rebase:	1,134.545m	D.V. Parada:	504.697m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	2+360.00	Cota:	359.915m
Estacion PIV:	2+400.00	Cota:	359.555m
Estacion PTV:	2+440.00	Cota:	357.955m
Punto Maximo:	2+360.00	Cota:	359.915m
Pend. Entrada(%):	-0.90%	Pend. Salida(%):	-4.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.10%	Factor K:	25.806m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,580.645m
D.V. Rebase:	538.827m	D.V. Parada:	254.379m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	3+430.00	Cota:	318.355m
Estacion PIV:	3+460.00	Cota:	317.155m
Estacion PTV:	3+490.00	Cota:	315.385m
Punto Maximo:	3+430.00	Cota:	318.355m
Pend. Entrada(%):	-4.00%	Pend. Salida(%):	-5.90%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.90%	Factor K:	31.579m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,157.895m

D.V. Rebase:	843.875m	D.V. Parada:	379.776m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	4+015.00	Cota:	284.410m
Estacion PIV:	4+060.00	Cota:	281.755m
Estacion PTV:	4+105.00	Cota:	281.125m
Punto Minimo:	4+105.00	Cota:	281.125m
Pend. Entrada(%):	-5.90%	Pend. Salida(%):	-1.40%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.50%	Factor K:	20.000m
Long. de Curva:	90.000m	Radio de la Curva	2,000.000m
Distancia de Iluminacion 146.125m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	4+670.00	Cota:	273.215m
Estacion PIV:	4+700.00	Cota:	272.795m
Estacion PTV:	4+730.00	Cota:	272.990m
Punto Minimo:	4+710.98	Cota:	272.928m
Pend. Entrada(%):	-1.40%	Pend. Salida(%):	0.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.05%	Factor K:	29.268m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,926.829m
Distancia de Iluminacion 858.803m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	5+110.00	Cota:	275.460m
Estacion PIV:	5+160.00	Cota:	275.785m

Estacion PTV:	5+210.00	Cota:	273.910m
Punto Maximo:	5+124.77	Cota:	275.508m
Pend. Entrada(%):	0.65%	Pend. Salida(%):	-3.75%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.40%	Factor K:	22.727m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,272.727m
D.V. Rebase:	401.446m	D.V. Parada:	201.040m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	5+550.00	Cota:	261.160m
Estacion PIV:	5+580.00	Cota:	260.035m
Estacion PTV:	5+610.00	Cota:	259.675m
Punto Minimo:	5+610.00	Cota:	259.675m
Pend. Entrada(%):	-3.75%	Pend. Salida(%):	-1.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.55%	Factor K:	23.529m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,352.941m
Distancia de Iluminacion 343.695m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	6+130.00	Cota:	253.435m
Estacion PIV:	6+160.00	Cota:	253.075m
Estacion PTV:	6+190.00	Cota:	252.055m
Punto Maximo:	6+130.00	Cota:	253.435m
Pend. Entrada(%):	-1.20%	Pend. Salida(%):	-3.40%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.20%	Factor K:	27.273m

Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,727.273m
D.V. Rebase:	732.892m	D.V. Parada:	332.080m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	6+660.00	Cota:	236.075m
Estacion PIV:	6+740.00	Cota:	233.355m
Estacion PTV:	6+820.00	Cota:	236.275m
Punto Minimo:	6+737.16	Cota:	234.763m
Pend. Entrada(%):	-3.40%	Pend. Salida(%):	3.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	7.05%	Factor K:	22.695m
Long. de Curva:	160.000m	Radio de la Curva	2,269.504m
Distancia de Iluminacion 142.800m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	7+490.00	Cota:	260.730m
Estacion PIV:	7+520.00	Cota:	261.825m
Estacion PTV:	7+550.00	Cota:	263.385m
Punto Minimo:	7+490.00	Cota:	260.730m
Pend. Entrada(%):	3.65%	Pend. Salida(%):	5.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.55%	Factor K:	38.710m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,870.968m
Distancia de Iluminacion			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			

Estacion PCV:	7+990.00	Cota:	286.265m
Estacion PIV:	8+060.00	Cota:	289.905m
Estacion PTV:	8+130.00	Cota:	289.555m
Punto Maximo:	8+117.72	Cota:	289.586m
Pend. Entrada(%):	5.20%	Pend. Salida(%):	-0.50%
Dif. Alg. Pendiente(%):	5.70%	Factor K:	24.561m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,456.140m
D.V. Rebase:	341.292m	D.V. Parada:	186.592m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	8+830.00	Cota:	286.055m
Estacion PIV:	8+880.00	Cota:	285.805m
Estacion PTV:	8+930.00	Cota:	287.155m
Punto Minimo:	8+845.62	Cota:	286.016m
Pend. Entrada(%):	-0.50%	Pend. Salida(%):	2.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.20%	Factor K:	31.250m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	3,125.000m
Distancia de Iluminacion 247.509m			

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	9+580.00	Cota:	304.705m
Estacion PIV:	9+640.00	Cota:	306.325m
Estacion PTV:	9+700.00	Cota:	305.005m
Punto Maximo:	9+646.12	Cota:	305.598m

Pend. Entrada(%):	2.70%	Pend. Salida(%):	-2.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.90%	Factor K:	24.490m
Long. de Curva:	120.000m	Radio de la Curva	2,448.980m
D.V. Rebase:	375.584m	D.V. Parada:	195.628m
<b>Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)</b>			
Estacion PCV:	10+100.00	Cota:	296.205m
Estacion PIV:	10+140.00	Cota:	295.325m
Estacion PTV:	10+180.00	Cota:	292.939m
Punto Maximo:	10+100.00	Cota:	296.205m
Pend. Entrada(%):	-2.20%	Pend. Salida(%):	-5.96%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.76%	Factor K:	21.255m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,125.503m
D.V. Rebase:	450.850m	D.V. Parada:	216.570m
<b>Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)</b>			
Estacion PCV:	10+810.00	Cota:	255.367m
Estacion PIV:	10+900.00	Cota:	250.000m
Estacion PTV:	10+990.00	Cota:	252.432m
Punto Minimo:	10+933.87	Cota:	251.674m
Pend. Entrada(%):	-5.96%	Pend. Salida(%):	2.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	8.67%	Factor K:	20.770m
Long. de Curva:	180.000m	Radio de la Curva	2,076.959m



Distancia de Iluminacion 134.346m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	11+590.00	Cota:	268.649m
Estacion PIV:	11+640.00	Cota:	270.000m
Estacion PTV:	11+690.00	Cota:	273.077m
Punto Minimo:	11+590.00	Cota:	268.649m
Pend. Entrada(%):	2.70%	Pend. Salida(%):	6.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.45%	Factor K:	28.976m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,897.590m
Distancia de Iluminacion 218.427m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	12+130.00	Cota:	300.154m
Estacion PIV:	12+160.00	Cota:	302.000m
Estacion PTV:	12+190.00	Cota:	303.140m
Punto Maximo:	12+190.00	Cota:	303.140m
Pend. Entrada(%):	6.15%	Pend. Salida(%):	3.80%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.35%	Factor K:	25.490m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,549.020m
D.V. Rebase:	686.951m	D.V. Parada:	312.336m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	12+690.00	Cota:	322.140m
Estacion PIV:	12+740.00	Cota:	324.040m

Estacion PTV:	12+790.00	Cota:	323.740m
Punto Maximo:	12+776.36	Cota:	323.781m
Pend. Entrada(%):	3.80%	Pend. Salida(%):	-0.60%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.40%	Factor K:	22.727m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,272.727m
D.V. Rebase:	401.446m	D.V. Parada:	201.040m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	13+670.00	Cota:	318.460m
Estacion PIV:	13+720.00	Cota:	318.160m
Estacion PTV:	13+770.00	Cota:	319.985m
Punto Minimo:	13+684.12	Cota:	318.418m
Pend. Entrada(%):	-0.60%	Pend. Salida(%):	3.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.25%	Factor K:	23.529m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,352.941m
Distancia de Iluminacion	164.704m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	14+270.00	Cota:	338.235m
Estacion PIV:	14+320.00	Cota:	340.060m
Estacion PTV:	14+370.00	Cota:	339.660m
Punto Maximo:	14+352.02	Cota:	339.732m
Pend. Entrada(%):	3.65%	Pend. Salida(%):	-0.80%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.45%	Factor K:	22.472m

Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,247.191m
D.V. Rebase:	397.497m	D.V. Parada:	199.343m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	14+810.00	Cota:	336.140m
Estacion PIV:	14+840.00	Cota:	335.900m
Estacion PTV:	14+870.00	Cota:	336.244m
Punto Minimo:	14+834.64	Cota:	336.041m
Pend. Entrada(%):	-0.80%	Pend. Salida(%):	1.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.95%	Factor K:	30.805m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,080.513m
Distancia de Iluminacion 1,277.969m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	15+650.00	Cota:	345.197m
Estacion PIV:	15+720.00	Cota:	346.000m
Estacion PTV:	15+790.00	Cota:	342.360m
Punto Maximo:	15+675.31	Cota:	345.342m
Pend. Entrada(%):	1.15%	Pend. Salida(%):	-5.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	6.35%	Factor K:	22.055m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,205.514m
D.V. Rebase:	313.609m	D.V. Parada:	174.695m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			

Estacion PCV:	16+830.00	Cota:	288.280m
Estacion PIV:	16+900.00	Cota:	284.640m
Estacion PTV:	16+970.00	Cota:	285.375m
Punto Minimo:	16+946.48	Cota:	285.252m
Pend. Entrada(%):	-5.20%	Pend. Salida(%):	1.05%
Dif. Alg. Pendiente(%):	6.25%	Factor K:	22.400m
Long. de Curva:	140.000m	Radio de la Curva	2,240.000m
Distancia de Iluminacion	141.525m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	18+170.00	Cota:	297.975m
Estacion PIV:	18+200.00	Cota:	298.290m
Estacion PTV:	18+230.00	Cota:	298.095m
Punto Maximo:	18+207.06	Cota:	298.170m
Pend. Entrada(%):	1.05%	Pend. Salida(%):	-0.65%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.70%	Factor K:	35.294m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	3,529.412m
D.V. Rebase:	939.625m	D.V. Parada:	420.927m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	19+470.00	Cota:	290.035m
Estacion PIV:	19+520.00	Cota:	289.710m
Estacion PTV:	19+570.00	Cota:	288.560m
Punto Maximo:	19+470.00	Cota:	290.035m

Pend. Entrada(%):	-0.65%	Pend. Salida(%):	-2.30%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.65%	Factor K:	60.606m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	6,060.606m
D.V. Rebase:	987.189m	D.V. Parada:	452.773m
<b>Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)</b>			
Estacion PCV:	20+340.00	Cota:	270.850m
Estacion PIV:	20+380.00	Cota:	269.930m
Estacion PTV:	20+420.00	Cota:	267.750m
Punto Maximo:	20+340.00	Cota:	270.850m
Pend. Entrada(%):	-2.30%	Pend. Salida(%):	-5.45%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.15%	Factor K:	25.397m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,539.683m
D.V. Rebase:	530.909m	D.V. Parada:	250.976m
<b>Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)</b>			
Estacion PCV:	21+170.00	Cota:	226.875m
Estacion PIV:	21+220.00	Cota:	224.150m
Estacion PTV:	21+270.00	Cota:	223.725m
Punto Minimo:	21+270.00	Cota:	223.725m
Pend. Entrada(%):	-5.45%	Pend. Salida(%):	-0.85%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.60%	Factor K:	21.739m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,173.913m

Distancia de Iluminacion 150.640m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	22+070.00	Cota:	216.925m
Estacion PIV:	22+100.00	Cota:	216.670m
Estacion PTV:	22+130.00	Cota:	215.995m
Punto Maximo:	22+070.00	Cota:	216.925m
Pend. Entrada(%):	-0.85%	Pend. Salida(%):	-2.25%
Dif. Alg. Pendiente(%):	1.40%	Factor K:	42.857m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	4,285.714m
D.V. Rebase:	1,134.545m	D.V. Parada:	504.697m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	22+600.00	Cota:	205.420m
Estacion PIV:	22+640.00	Cota:	204.520m
Estacion PTV:	22+680.00	Cota:	202.240m
Punto Maximo:	22+600.00	Cota:	205.420m
Pend. Entrada(%):	-2.25%	Pend. Salida(%):	-5.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.45%	Factor K:	23.188m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,318.841m
D.V. Rebase:	488.221m	D.V. Parada:	232.630m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	23+130.00	Cota:	176.590m

Estacion PIV:	23+160.00	Cota:	174.880m
Estacion PTV:	23+190.00	Cota:	173.080m
Punto Maximo:	23+130.00	Cota:	176.590m
Pend. Entrada(%):	-5.70%	Pend. Salida(%):	-6.00%
Dif. Alg. Pendiente(%):	0.30%	Factor K:	200.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	20,000.000m
D.V. Rebase:	5,184.541m	D.V. Parada:	2,245.250m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

Estacion PCV:	23+690.00	Cota:	143.080m
Estacion PIV:	23+740.00	Cota:	140.080m
Estacion PTV:	23+790.00	Cota:	139.453m
Punto Minimo:	23+790.00	Cota:	139.453m
Pend. Entrada(%):	-6.00%	Pend. Salida(%):	-1.25%
Dif. Alg. Pendiente(%):	4.75%	Factor K:	21.070m
Long. de Curva:	100.000m	Radio de la Curva	2,107.043m
Distancia de Iluminacion	145.743m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

Estacion PCV:	24+220.00	Cota:	134.061m
Estacion PIV:	24+260.00	Cota:	133.559m
Estacion PTV:	24+300.00	Cota:	131.619m
Punto Maximo:	24+220.00	Cota:	134.061m
Pend. Entrada(%):	-1.25%	Pend. Salida(%):	-4.85%

Dif. Alg. Pendiente(%):	3.60%	Factor K:	22.247m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,224.702m
D.V. Rebase:	470.025m	D.V. Parada:	224.810m
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)			
Estacion PCV:	24+480.00	Cota:	122.889m
Estacion PIV:	24+580.00	Cota:	118.039m
Estacion PTV:	24+680.00	Cota:	122.739m
Punto Minimo:	24+581.57	Cota:	120.426m
Pend. Entrada(%):	-4.85%	Pend. Salida(%):	4.70%
Dif. Alg. Pendiente(%):	9.55%	Factor K:	20.942m
Long. de Curva:	200.000m	Radio de la Curva	2,094.241m
Distancia de Iluminacion 135.111m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	25+230.00	Cota:	148.589m
Estacion PIV:	25+260.00	Cota:	149.999m
Estacion PTV:	25+290.00	Cota:	150.689m
Punto Maximo:	25+290.00	Cota:	150.689m
Pend. Entrada(%):	4.70%	Pend. Salida(%):	2.30%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.40%	Factor K:	25.000m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,500.000m
D.V. Rebase:	674.318m	D.V. Parada:	306.906m



Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

---

Estacion PCV:	25+590.00	Cota:	157.589m
Estacion PIV:	25+620.00	Cota:	158.279m
Estacion PTV:	25+650.00	Cota:	159.824m
Punto Minimo:	25+590.00	Cota:	157.589m
Pend. Entrada(%):	2.30%	Pend. Salida(%):	5.15%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.85%	Factor K:	21.053m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,105.263m
Distancia de Iluminacion	258.490m		

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)

---

Estacion PCV:	25+970.00	Cota:	176.304m
Estacion PIV:	26+000.00	Cota:	177.849m
Estacion PTV:	26+030.00	Cota:	178.509m
Punto Maximo:	26+030.00	Cota:	178.509m
Pend. Entrada(%):	5.15%	Pend. Salida(%):	2.20%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.95%	Factor K:	20.339m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,033.898m
D.V. Rebase:	554.191m	D.V. Parada:	255.280m

Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Columpio)

---

Estacion PCV:	26+740.00	Cota:	194.129m
Estacion PIV:	26+780.00	Cota:	195.009m
Estacion PTV:	26+820.00	Cota:	197.429m

Punto Minimo:	26+740.00	Cota:	194.129m
Pend. Entrada(%):	2.20%	Pend. Salida(%):	6.05%
Dif. Alg. Pendiente(%):	3.85%	Factor K:	20.779m
Long. de Curva:	80.000m	Radio de la Curva	2,077.922m
Distancia de Iluminacion 168.211m			
Informacion de la Curva Vertical: (Curvas en Cresta)			
Estacion PCV:	27+490.00	Cota:	237.964m
Estacion PIV:	27+520.00	Cota:	239.779m
Estacion PTV:	27+550.00	Cota:	240.769m
Punto Maximo:	27+550.00	Cota:	240.769m
Pend. Entrada(%):	6.05%	Pend. Salida(%):	3.30%
Dif. Alg. Pendiente(%):	2.75%	Factor K:	21.818m
Long. de Curva:	60.000m	Radio de la Curva	2,181.818m
D.V. Rebase:	592.314m	D.V. Parada:	271.664m