



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

**ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO EN LA DENOMINADA
“CURVA DEL DIABLO” CARRETERA CARAPAN-PLAYA AZUL,
TRAMO CARAPAN-URUAPAN KM 65+000 AL 66+160.**

Tesis

Que para obtener el título

Ingeniero Civil

presenta:

Dorian Vladimir Hernández Báez

Asesor:

MI. Esteban Brito Chávez.

Uruapan, Michoacán, 2008.

AGRADECIMIENTOS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A DIOS:

Por darme la oportunidad de desarrollarme como persona y ahora como profesionalista y por contar con inteligencia para lograr mis objetivos de vida.

A MI MADRE:

Por estar conmigo siempre, guiándome por el buen camino sin dejarme de apoyar, dándome la fortaleza para seguir adelante, por ser la principal motivación para lograr mis metas y por demostrarme que con deseo y dedicación se logran las grandes cosas de la vida.

A MI PADRE:

Por ayudarme a sobresalir mediante sus consejos siempre oportunos y por darme parte de la sabiduría que lo hace ser la mejor de las personas, sin su apoyo hubiera sido difícil lograr mis metas.

A MI FAMILIA:

Por el apoyo incondicional y sincero que siempre me demuestran y por darme la fuerza para seguir adelante, ya que las cualidades que tengo son gracias a ellos.

A MI UNIVERSIDAD:

Por ser la institución que me forjo como persona y como profesionalista, por proporcionarme los conocimientos que ahora me hacen ser un buen profesionalista.

A MIS AMIGOS:

Por brindarme su ayuda para la realización de mi tesis y por saber que cuento con ellos en cualquier momento, pero sobre todo por la amistad sincera que siempre me han demostrado.

A MIS PROFESORES:

Por los momentos que dedicaron de su vida para enseñarme lo que ahora se y por ser un pilar principal en mi formación académica.

EN ESPECIAL.

A alguien que ya no esta con nosotros pero que me demostró desde que era niño su cariño sincero, alguien que estuvo en vida siempre apoyándome y al que le debo muchos momentos inolvidables, para ti Tío "Pepe" en especial, este logro es para ti.

INDICE

Introducción	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Objetivos.....	3
Pregunta de investigación	3
Justificación	4
Capítulo.- 1 Vías Terrestres.....	5
1.1 Antecedentes de los caminos.....	5
1.2 Inventario de caminos.....	7
1.3 Tipos de vehículos.....	11
1.4 Velocidad.....	15
1.5 Volumen de transito.....	18
1.6 Densidad de transito.....	23
1.7 Derecho de vía.....	24
1.8 Capacidad y nivel de servicio.....	25
1.9 Distancia de visibilidad.....	27
1.10 Mecánica de suelos.....	28
Capítulo 2.- Bases del Proyecto Geométrico.....	33
2.1 Selección de ruta.....	33
2.2 Metodología del proyecto.....	38
2.3 Alineamiento horizontal.....	41
2.4 Alineamiento vertical.....	52
2.5 Sección transversal.....	61
2.6 Señalamiento.....	66

Capítulo 3.- Marco de Referencia.....	73
3.1 Generalidades.....	73
3.2 Resumen ejecutivo.....	74
3.3 Entorno geográfico.....	75
3.4 Hidrología regional.....	79
3.5 Informe fotográfico.....	80
3.6 Estado actual.....	83
3.7 Aforo vehicular.....	86
Capítulo 4.- Metodología.....	88
4.1 Método matemático.....	89
4.2 Método analítico.....	89
4.3 Enfoque de la investigación.....	91
4.4 Descripción del proceso de la investigación.....	98
4.5 Análisis e interpretación de datos.....	100
Conclusiones.....	114
Bibliografía.....	116
Anexos	

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis titulado Alternativa de Proyecto Geométrico en la denominada “Curva del Diablo” carretera Carapan-Playa Azul, Tramo Carapan-Uruapan km 65+000 al 66+160, en el estado de Michoacán, se tuvo como objetivo identificar si el proyecto actual es el adecuado y cumpla con las normas de construcción; describiendo para ello en el Capítulo 1 lo referente a qué es una vía terrestre y cuáles son sus características y requisitos de construcción, además de que en el Capítulo 2 se abordaron las características que conforman el desarrollo de un proyecto geométrico, siendo esto base fundamental en el desempeño de la investigación.

Por otra parte, se presenta también en el Capítulo 3 el Marco de referencia, en donde se ubica geográfica y topográficamente el tramo en cuestión.

La metodología usada en este trabajo fue el método matemático cuantitativo apoyado en el método analítico, siendo una investigación no experimental, mencionando detalles importantes de la proyección geométrica en dicho tramo, para así evaluar resultados reales y compararlos con los propuestos en la investigación, cumpliéndose así de gran manera el objetivo de la investigación al poder señalar que se encontró luego del análisis que sí se realizó adecuadamente la obra en estudio, además de que sí se siguió un adecuado procedimiento de construcción, cumpliendo con toda la normatividad de la SCT y teniendo un buen control de calidad en la obra.

Así mismo, se considera que este trabajo beneficiará a la comunidad de Ingeniería Civil, estudiantes de Ingeniería Civil, la población del tramo carretero y en general quien consulte este trabajo o viaje por ese tramo carretero.

INTRODUCCION.

Antecedentes.

Desde tiempos pasados se ha buscado la forma de proyectar trazos exactos que permitan al hombre mejorar ubicaciones y acortar distancias para generar una mejor forma de vida, por ello las técnicas utilizadas han sido mejoradas conforme la tecnología va evolucionando, obteniendo datos más precisos y exactos, aportando principalmente al área de la construcción.

Por ello, de manera organizada se puede mencionar que el proyecto geométrico es el resultado de la organización y plantación de cualquier obra en específico, que es indispensable y es parte esencial de la misma, basándose en sistemas de coordenadas, referencias y escalas como base fundamental.

Se ha investigado que un proyecto geométrico, explica el estudio, describe volúmenes gruesos de obra de los conceptos principales. Para el costeo de productos a este nivel se toman como base costos unitarios de algún catalogo general, sin tomar en cuenta el grado de dificultad, la distancia o los costos de mano de obra específicos de cada proyecto.

La transformación tecnológica exige una mayor eficiencia y calidad en la comunicación de poblados mediante la creación de vías carreteras así como una ubicación precisa de diferentes proyectos de obra.

Planteamiento del problema.

Muchos de los espacios utilizados por el hombre no cuentan con las exigencias y demandas de diseño para el desempeño de las funciones que son necesarias para los diferentes tipos de obra, por ello es indispensable contar con técnicas de elaboración de diseños, es decir, el proyecto geométrico aporta todas las cualidades importantes para que ésta sea realizada de manera eficaz y exacta, para cumplir con las normas de construcción.

De esta manera, la construcción de vías terrestres es muy necesaria, pero más necesario es aún el proceso adecuado en la realización de un proyecto geométrico para que las ventajas sean mayores, es decir, mediante el estudio topográfico de una determinada área, establecer las distancias mas cortas, un trazo adecuado y sobre todo que estas obras sean seguras y que la comunicación entre poblados sea de buena calidad.

Si éstas condiciones son llevadas a cabo como ya están establecidas, se contara con un proyecto eficaz que brindara todas las cualidades ya mencionadas y se asegurara un desempeño optimo en sus funciones. La curva del diablo presenta un elemento mal establecido en el proyecto geométrico y aquí se mostraran los detalles que afectan a la zona en estudio.

Objetivos.

La presente tesis resolverá un objetivo general y tres específicos que se presentan a continuación:

Objetivo General.

Revisar el proyecto geométrico que comprende el tramo de la curva denominada “Del Diablo”.

Objetivos Específicos

1. Establecer lo que es una vía terrestre.
2. Definir qué es un proyecto geométrico.
3. Concluir si el proyecto geométrico es adecuado o no para la obra en estudio.

Pregunta de investigación.

La presente tesis tratara de dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Para qué sirve un proyecto geométrico?
2. ¿Por qué es necesario un proyecto geométrico?
3. ¿A quien beneficia la investigación?

Justificación.

La presente tesis pretende aportar los conocimientos que aquí se mostrarán y establecer si el proyecto geométrico de la curva denominada “Del Diablo” es la adecuada, para que la población en general conozca sobre el tema.

Se beneficiará también a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco de una manera objetiva y confiable de tal manera que las conclusiones aquí presentadas sean de utilidad para el lector y así mismo los estudiantes entiendan y comprendan que el proyecto geométrico es indispensable para cualquier tipo de obra.

Por otra parte, la intención de este trabajo será dar a conocer resultados reales y efectivos para que sea una fuente de consulta segura y sobre todo completa, sin dejar dudas y que de alguna manera el lector se vea beneficiado con el conocimiento que aquí se pueda aportar.

La intención, es obtener información verídica con las características actuales de la zona en estudio, para así, comparar con las normas que rigen las obras de este tipo, obteniendo y exponiendo conclusiones.

CAPITULO 1

VÍAS TERRESTRES.

Desde la antigüedad se ha tenido la necesidad de crear caminos que sirvieran como vías para tener acceso o comunicación con otros lugares, tomando como base la creación de vías tipo peatonal y que posteriormente fuera modificada con la aparición de la rueda haciendo que el camino fuera mas rápido y mas cómodo y al mismo tiempo mas amplias y funcionales.

1.1 Antecedentes de los caminos.

Cuando las tribus construían vías de acceso en zonas de poca estabilidad, es decir, en terrenos blandos, buscaban la forma de darle mejoras al camino colocándole piedras en trayecto para que éste fuera más seguro y evitar cualquier tipo de accidente, de manera similar se hacia en tramos carreteros donde la rueda era utilizada como vía de transporte y se protegía para que las ruedas de un vehículo de carga no se sumergieran en el camino y para evitar mediante el empedrado rupturas de tipo estructural.

1.1.2 Historia de los caminos en México.

La llegada de los españoles fue de gran importancia para la creación de vías terrestres ya que se desconocía el uso de la rueda y que ésta se podía usar en los diferentes tipos de transporte, además que no disponían de animales de tiro

de carga, pero si contaban con una amplia cantidad de caminos, veredas y senderos siendo los aztecas los que destacaban en este aspecto constructivo.

La creación de estos caminos y veredas fueron de gran utilidad para los españoles durante la conquista, tiempo después estas serían mejoradas y además se crearían muchos más. Las primeras modificaciones a los caminos existentes se deberían al uso de animales de tiro y carga así como carreteras por la necesidad existente de comunicar el centro de Nueva España con los puertos marítimos para hacer llegar de manera rápida los diferentes tipos de mercancía.

Durante los tiempos de independencia se impidió la realización de caminos nuevos ya que las leyes de aquel tiempo lo restringían, posteriormente se crearían nuevas leyes que tenían como función construir y conservar caminos y que mediante impuestos que se cobraban se les daba mantenimiento y al mismo tiempo creando nuevas opciones.

“La aparición del automóvil es fundamental para el cambio en las vías carreteras ya que esto obligo a darle mejoras a los caminos revolucionando totalmente los viejos accesos, hasta el momento de la aparición del automóvil, las características de los caminos eran las adecuadas a las exigencias de los vehículos de tracción animal; pero el desarrollo inusitado del automóvil y la aparición de los camiones capaces de viajar velocidades desconocidas hasta entonces y con mayor capacidad de carga obligaron a modificar y mejorar o construir caminos nuevos para satisfacer la demanda”.(SCT;1974:33)

1.2 Inventario de caminos.

Consiste en dar un reconocimiento mediante un recorrido sobre cualquier tramo carretero existentes en cualquier región o entidad y pueden seguirse varios procedimientos como el transitar el mismo camino en automóvil y hacer anotaciones de lo que se detecte a simple vista pero es poco preciso y arroja datos poco certeros, o por medios topográficos mas exactos que darán en forma directa la información sobre los caminos.

Los datos para realizar un inventario son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por el que cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, visibilidad, señalamientos, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vias de comunicación, características de los poblados por los que pasa el camino y el uso de la tierra.

1.2.1 Aplicaciones del inventario de caminos.

La aplicación principal de un inventario, es conocer la capacidad de un determinado camino que forme parte de una determinada red de conjunto y que comprenden las características geométricas del mismo, abarcando la sección transversal que corresponde al ancho de los carriles; distancias a obstáculos laterales, ancho y estado de los acotamientos, alineamientos y distancia de visibilidad de rebase, tomando en cuenta las características de transito que circulan por el.

Estos datos son necesarios para calcular la capacidad de determinadas vías terrestres haciendo una estimación de volúmenes de tránsito que se darán durante un determinado periodo de tiempo y así poder marcar obras que sean necesarias para mejorar los programas de reconstrucción, conservación y reconstrucción.

1.2.2 Planeación de caminos.

Conforme a la necesidad de crear vías carreteras se originó una evolución constante en la creación de las mismas, a principios del año 1925 comenzó la etapa constructiva de México y se tuvo que proveer de vías terrestres de comunicación de transporte constituido por los vehículos automotores. Actualmente la economía del país está considerada en un nivel intermedio de desarrollo y de igual manera de forma industrializada, es por ello que aunque esta situación se da en nuestro país algunas regiones alcanzan niveles en vías carreteras iguales a los de países desarrollados mientras que otras zonas, por no decir la mayoría, se encuentran totalmente rezagadas, es decir el desarrollo solo se da en zonas de mucha importancia y centralizadas.

Por lo tanto, la planeación de caminos debe incluir la construcción de obras faltantes para obtener una red que funcione como base estructural de una red de caminos y que comunique a la capital del país con todos los estados de la república, así como a los puertos marítimos, ciudades fronterizas y capitales de los estados entre sí, tratando de que el crecimiento sea favorable en todos los sentidos como funcionalidad, seguridad y rapidez, mejorando y creando caminos

que comuniquen con las ciudades principales de cada estado para contribuir al desarrollo de una determinada región.

La funcionalidad de un camino se rige por la determinación de los enlaces necesarios en donde se concentra y se distribuye la producción y el consumo, tomando en cuenta las actividades de agricultura, ganadería, pesca, industria, turismo y cultura.

1.2.3 Carreteras de función social.

Este tipo de vías están regidas por el carácter social, es decir, en núcleos de población importantes invertir será de gran importancia, ya que la aparición de carreteras tendrá como consecuencia un cambio decisivo en el modo de vida de los habitantes de la región, facilitando diferentes aspectos como la introducción de servicios educacionales, sanitarios, asistenciales e incorporando a esa zona al desarrollo del centro de la república.

El costo de construcción se estima como el de una obra de especificaciones mínimas, capaz de mejorarse cuando se hayan obtenido los resultados esperados; el número de habitantes beneficiados será el que transite constantemente por ese camino en la máxima distancia que corresponda a dicho tramo usando cualquier medio para trasladarse y ligarse así con alguna otra red de comunicación, el costo de la obra por cada habitante se calcula dividiendo el costo de producción entre el número de habitantes de la zona de influencia.

1.2.4 Carreteras de penetración económica.

De acuerdo con el Manual de Proyecto de la Secretaria de comunicaciones y Transportes (1974), existen regiones que no cuentan con tramos carreteros aptos para sus necesidades aunque cuenten con los recursos para ello, por eso es necesario que se construyan caminos que abran paso a diferentes tipos de inversiones para beneficio propio de los pobladores para mejorar su infraestructura económica como presas, distritos de riego, electricidad, etc., los efectos consecuentes a estos cambios son aumentos en la producción en actividades primarias, ganaderas y explotación forestal y posteriormente en la de transformación y servicios.

El valor de la producción se considera como el índice del beneficio que obtendrá la región mediante la inversión propuesta y el costo del camino se vera definido por las cualidades y mejoras con las que cuente desde una superficie de rodamiento modesta hasta un camino que cumpla con todas las demandas de transito y vialidad necesarias para cumplir con un régimen de excelencia.

El criterio de selección para este tipo de camino es el de productividad, entre mas produzca la región e invierta en su infraestructura las vías carreteras mejoraran en beneficio propio de la región.

1.3 Tipos de vehículos.

Los vehículos comúnmente usados se dividen en dos tipos los ligeros y los pesados.

Se les conoce como tipo A a los vehículos ligeros y que cuentan con dos ejes y cuatro ruedas tales como automóvil, camioneta, unidades de carga ligera, etc., mientras que los vehículos pesados tipo B pueden ser camiones de carga y autobuses y caen en esta clasificación todos los que cuentan con mas de dos ejes y seis o mas llantas.

En México el mayor porcentaje de vehículos son los de carga ligera con el 58% de los cuales el 46% son automóviles y el 12% son camionetas, el 42% restante es ocupado por vehículos pesados, el 12% son autobuses y el 30% son camiones de carga.

Las características de operación de cualquier vehículo están definidas principalmente por su peso estando cargados y por la potencia del motor, es por eso que la relación peso-potencia es muy importante para saber las velocidades que adquieren los camiones de carga en la carretera y los tiempos de recorrido, debido a esto las empresas fabricadoras de vehículos independientemente del tamaño y capacidad de carga conservan siempre igual la relación peso-potencia sirviendo esto al proyectista de vías ya que el vehículo de proyecto tendera a estandarizarse.

Otra de las características de operación son la aceleración y la desaceleración y se dice que la aceleración es la acción que genera el motor de

un vehículo siendo esta mayor a las fuerzas que se oponen al movimiento, cuando ocurre el caso contrario existe una desaceleración.

Generalmente surge una aceleración por parte del conductor cuando entra en una pendiente ascendiente o cuando se va a incorporar a una corriente de tránsito por medio de un carril de aceleración, la desaceleración se produce cuando el conductor quiere disminuir la velocidad, cuando algún peligro se aproxima, al presentarse una salida de un camino de alta velocidad, en el cruce de una intersección o en la entrada de una pendiente descendente; al combinación de la fuerza atractiva y de resistencia dan como resultado el que un vehículo desacelere dependiendo de la relación peso-potencia, es decir la fuerza disponible para acelerar o desacelerar de un vehículo esta en función de la fuerza tractiva neta del automóvil, resultante de restar a la fuerza del motor todas las resistencias internas y las perdidas de potencia por altura y de la suma de resistencias que se oponen a su movimiento.

A continuación se presentan las principales nomenclaturas para vehículos pesados o considerados tipo b:

Clase	Nomenclatura
Autobús	B
Camión unitario	C
Camión remolque	CR
Tracto camión articulado	TS
Tracto camión doblemente articulado	TSR Y TSS

Tabla 1.3.1 Nomenclatura

AUTOBUS (B)		
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS
B2	2	6
B3	3	8 o 10

Tabla 1.3.2 Nomenclatura de Autobús

CAMION UNITARIO (C)		
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS
C2	2	6
C3	3	8-10

Tabla 1.3.3 Nomenclatura de Camión Unitario

CAMION - REMOLQUE (C - R)		
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS
C2-R2	4	14
C3-R2	5	18
C2-R3	5	18
C3-R3	6	22

Tabla 1.3.4 Nomenclatura Camión-Remolque

TRACTOCAMION ARTICULADO		
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS
T2-S1	3	10
T2-S2	4	14
T3-S2	5	18

Tabla 1.3.5 Nomenclatura Tractocamión Articulado

TRACTOCAMION DOBLEMENTE ARTICULADO		
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS
T2-S1-R2	5	18
T3-S1-R2	6	22
T3-S2-R2	7	26
T3-S2-R3	8	30
T3-S2-R4	9	34
T3-S3-S2	8	30

Tabla 1.3.6 Nomenclatura Tractocami3n doblemente articulado

1.3.1 El camino.

De acuerdo con el Manual de Proyecto de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (1974), un camino es una faja de tierra acondicionada para el transito de los veh3culos y se clasifican de acuerdo a su transitabilidad en camino pavimentado, camino revestido, estos dos transitables todo el tiempo y el camino de terracer3as que solo es transitable en tiempo de secas.

Seg3n la Secretaria de Comunicaciones y Transportes los caminos se clasifican en:

1. Monta3oso
2. Lomer3o
3. Plano

Tambi3n se clasifican por su capacidad y va determinada por las caracter3sticas del camino y pueden ser:

- Autopistas (de cuatro o m3s carriles)

- Caminos de 2 carriles
- Brechas

La clasificación administrativa determina los caminos de la siguiente manera:

- Caminos federales: son los proyectados, construidos y conservados por la federación.
- Caminos de sociedad bipartita: construidas por las juntas locales de caminos con fondos iguales de la federación y de los estados.
- Caminos de cuota: construidos con fondos de caminos y puentes de ingresos y obras conexas.

1.4 Velocidad.

La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un determinado camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en el.

Se distinguen cuatro tipos de velocidad que son de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global.

1.4.1 Velocidad de proyecto.

Es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino en las que gobiernan las características del proyecto del mismo, la velocidad de proyecto esta definida principalmente por las

características que tenga la topografía del terreno donde se construye el tramo carretero, por los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra.

Es necesario que durante la proyección de un camino la velocidad sea constante en todo el tramo, pero en algunos casos por circunstancias de topografía o por el uso del suelo es necesario hacer cambios en la velocidad de proyecto, cuando esto ocurra los cambios deben hacerse mediante transiciones suaves que permitan al conductor ajustar su velocidad gradualmente y nunca en forma brusca.

La velocidad de proyecto debe acomodarse a las necesidades y hábitos de circulación de la mayoría de los constructores, cuando el tránsito y las condiciones de rodamiento son tales que los conductores pueden transitar a la velocidad que deseen, se ve que siempre hay una gran variación en las velocidades con la cual se mueve cada conductor.

“La mayoría de los caminos están destinados para una vida útil de 15 a 20 años pero las características de alineamiento vertical y horizontal que están relacionados directamente con la velocidad de proyecto, se determinan sobre la base de un tiempo mayor, ya que si el proyecto es adecuado los elementos de la sección transversal del camino pueden ser modificados en el futuro sin tener alguna dificultad, aunque estos impliquen gastos considerables”.(SCT,1974:86)

1.4.2 Velocidad de operación.

Es aquella velocidad con que transitan los vehículos de manera real sobre un determinado camino y muestra el grado de eficiencia con el que cuenta la carretera para los usuarios, también se le conoce como a la velocidad que un auto mantiene en un trayecto de un camino y se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido (aquel en que el vehículo esta en movimiento).

Durante un recorrido la velocidad de operación se ve afectada principalmente por el tránsito que circule por ella, entre mas sea el transito de vehículos en un periodo de tiempo corto la velocidad de operación se reducirá hasta que haya una mejora en el tránsito, pero cuando los volúmenes de transito son bajos la velocidad de operación se acerca mas a lo proyectado, si el volumen se aproxima a la capacidad del camino, entonces la velocidad de operación disminuirá y ya no queda determinada por la velocidad de proyecto teniendo como consecuencia congestionamientos viales, además de que deja de ser funcional.

Para que la velocidad de operación sea la adecuada, la velocidad de proyecto debe realizarse para que el camino opere con velocidades adecuadas con volúmenes bajos de transito; si esto se logra el camino también funcionara cuando los volúmenes aumenten.

1.4.3 Velocidad de punto.

La velocidad de punto se refiere a la velocidad que un vehículo lleva en una carretera al pasar por un punto dado, para tramos pequeños la velocidad de punto se puede considerar representativa de la velocidad de operación, en tramos largos donde la velocidad varia, la media aritmética de las velocidades de punto, tomadas en sitios representativos de cada velocidad, nos da la velocidad de operación a lo largo de todo el tramo.

La velocidad de punto se puede medir de diferentes maneras la mas simple es la que se realiza con un enoscopio, que es un instrumento como periscopio colocado horizontalmente; los vehículos se observan al pasar por una marca pintada enfrente del observador, quien inicia un conteo mediante un cronómetro cuando el vehículo pasa frente a el, midiendo el tiempo que tarda para pasar por otra segunda marca que se observa a través del enoscopio.

1.5 Volumen de tránsito.

El volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección específica sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo y los mas usuales son la hora y el día.

El volumen de tránsito se divide en dos principalmente, uno es el volumen promedio diario anual, que se refiere al número de vehículos que pasan por un punto determinado del camino durante un periodo de 365 días y el volumen diario máximo anual es el volumen horario mas alto que acontece para un determinado año.

El volumen promedio diario anual no es apropiado para el proyecto de un camino ya que no indica la variación que ocurre durante los meses del año, los días de la semana y las horas del día, por otro lado el volumen máximo horario anual aunque es el que mas se acerca a las condiciones de operación, su aplicación para el proyecto da como resultado obras sobradas.

El volumen horario mas apropiado para proyecto es formar una gráfica en la que se muestren las variaciones del volumen horario durante el año, para los caminos rurales de dos carriles, el volumen horario promedio es el tránsito total en ambas direcciones de circulación con mas de dos carriles, es indispensable para el proyecto conocer el volumen horario en cada dirección.

1.5.1 Conteos del tránsito.

Puede obtenerse de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito.

Los conteos del tránsito pueden efectuar en forma manual o mecánica.

- a) Conteos manuales. La forma mas sencilla de realizar el conteo manual es el llamado de muestreos, que se ejecutan durante un promedio que varia de 5

a 10 días continuos. La duración de los muestreos es conveniente que sea de 24 horas diariamente.

Para fines de conteo manual, los vehículos se clasifican de la siguiente manera:

Vehículos ligeros (menos de 2.5 toneladas)

Vehículos pesados (mas de 2.5 toneladas)

El conteo se puede anotar de dos maneras diferentes: por medio de rayas o por contadores mecánicos operados manualmente.

b) Conteos mecánicos. El conteo de los vehículos se realiza automáticamente y se señalan a continuación:

1. Contadores neumáticos.- están constituidos por un tubo de goma muy flexible que se instala transversalmente a la carretera cerrado en un extremo y unido al contador en el otro, al pasar un vehículo, el exceso de presión producido en el aire encerrado en el tubo se transmite a una membrana que actúa sobre el contador.
2. Contadores electromagnéticos.- van colocados dentro del pavimento y están constituidos por un circuito bifilar, por uno de cuyos hilos pasa una corriente eléctrica de alta frecuencia que provoca en el otro hilo una corriente inducida.
3. Contadores de presión-contacto. Son muy usados en los caminos de cuota y consisten en un electroimán colocado en una caja bajo la superficie de rodamiento, disponiendo de una tapa metálica enresortada. Con los datos obtenidos de los diferentes estudios de aforo y mediante procesos estadísticos, que pueden requerir del auxilio

de máquinas computadoras se llegan a conocer el volumen promedio diario anual, el volumen máximo horario anual productividad de la zona, movimiento de esos productos.

1.5.2 Estudios de origen y destino.

Este tipo de estudio se puede considerar como el mas completo para el aforo de vehículos, por medio de el se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, numero de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, modelos y marcas de los vehículos.

Entre las aplicaciones pueden citarse las siguientes: conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para usar en menor o mayor grado una cierta ruta. Hay cuatro maneras prácticas de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

1. Por medio de entrevistas.
2. Entregando al usuario un cuestionario para que lo llene durante su recorrido y después devolverlo en la próxima estación.
3. Entrevistas personales echas mediante muestreo estadístico en los domicilios de los usuarios.
4. La observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos.

1.5.3 Red de estaciones de aforo en México.

El aumento de volúmenes de tránsito y la diferente composición que ha ido teniendo a medida que pasa el tiempo ha determinado que la secretaria de comunicaciones y transportes tenga instalada una serie de estaciones de aforo. Tomando como base el muestreo de una semana o dos se compara con el obtenido en las estaciones maestras de todo el año obteniendo como resultado una cifra muy cercana al volumen promedio diario anual.

Las estaciones maestras han instalado en puntos estratégicos el objeto de complementar tanto los estudios de origen y de estudios realizados. En los muestreos de tránsito generalmente se utilizan contadores de tipo manual o electro mecánicos.

1.5.4 Previsión del tránsito.

La previsión del tránsito futuro debe hacerse para un plazo de 15 a 20 años teniendo en cuenta los siguientes factores:

- a) Tránsito actual. Es el volumen de tránsito que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación.
- b) Aumento del tránsito
 1. Incremento del tránsito normal: es debido al aumento general de número de usuarios y vehículos. Se obtiene ajustando una curva de regresión a la curva de crecimiento histórico del volumen de tránsito para el camino en estudio.
 2. Tránsito generado: está constituido por los viajes de vehículos que no se harían si el nuevo camino no se hubiera construido. La mayor parte del

transito generado se desarrolla dentro de los primero y segundo año de servicio del nuevo camino. El tránsito generado por un camino mejorado varia considerablemente dependiendo del grado y tipo de mejoramiento. Cuando el mejoramiento del camino es limitado o no favorece las condiciones de operación se producirá muy bajo transito generado. En cambio, el transito en un camino nuevo puede estar formado casi totalmente por transito generado.

3. Tránsito resultante del mejoramiento: es debido al mejoramiento de las tierras adyacentes al camino. El aumento de tránsito debido al desarrollo agrícola de las zonas adyacentes se incluye en el transito normal, estas zonas se desarrollan mas rápidamente que en cualquier otra parte.
- c) Factor de previsión del tránsito. Es la relación de tránsito futuro o tránsito actual expresada en porciento decimal. Se obtiene sumando los porcentajes de aumento para cada renglón de crecimiento del transito y relacionándolo con el tránsito actual.

1.6 Densidad de tránsito.

La densidad es el número de vehículos que se encuentran en el tramo de un camino en un momento determinado. No debe confundírsele con el volumen de transito ya que este expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

Por lo tanto, se concluye que el volumen de tránsito es igual a la velocidad por la densidad, así se puede saber que si la velocidad permanece constante existe una relación lineal entre el volumen y la densidad, pero en realidad, al aumentar el volumen siempre disminuye la velocidad con que pueden viajar los conductores y la relación entre volumen y densidad resulta que no es lineal en la práctica.

1.7 Derecho de vía.

Se llama así a la franja de terreno de un ancho suficiente que se adquiere para alojar una vía de comunicación. El ancho de derecho de vía deberá establecerse atendiendo las condiciones técnicas relacionadas con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben proporcionar las vías de comunicación.

En México se ha establecido un derecho de vía con amplitud mínima de 40 metros, 20 metros a cada lado del eje. En estos casos especiales puede aumentarse o disminuirse la anchura indicada.

Para adquirir un derecho de vía es importante que comprenda los procedimientos y los reglamentos bajo los cuales se adquiere la propiedad de derecho de vía, para su adquisición varía de acuerdo al tipo de camino que se trate atendiendo al origen de los fondos con los que se construirá: federales, bipartita y tripartita.

En los caminos federales el procedimiento a seguir queda definido por el articulado de la "ley de vías generales de comunicación" expedido por decreto de

fecha 30 de diciembre de 1939, lo cual establece en artículo no. 1 que son vías generales de comunicaciones.

1.8 Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad es una medida de eficiencia en la calle o camino. El nivel de servicio determina las condiciones de operación que experimenta el conductor durante el viaje, cuando el tránsito está por debajo de la capacidad, siendo la capacidad un nivel para operar el camino.

El nivel de servicio varía con el volumen de tránsito. La capacidad de un camino, es el número máximo de vehículos que circulan por él en un período de tiempo dado, y debe de ser definido, por períodos cortos como una hora o menos y el largo de un día o un año. Los conductores son los que crean la variación diaria horaria y estacional en un promedio del volumen que da como resultado la capacidad total de utilización del camino (capacidad posible).

Las condiciones prevalcientes en el camino son principalmente el alineamiento horizontal y vertical, el número y ancho de carriles. Esta capacidad también se ve afectada por condiciones ambientales como cálida, frío, tormenta, calor, lluvia, nieve, smog, niebla, etc.

Por tanto el nivel de servicio, es una medida cualitativa del efecto de una serie de eventualidades como la velocidad, tiempo de recorrido, interrupciones de tránsito, comodidad de manejo, seguridad, los costos de operación, etc.

El volumen de tránsito en un determinado nivel de servicio se denomina volumen del servicio, siendo el máximo igual a la capacidad. Los caminos presentan diferencias geométricas por sección transversal y pendientes, según sea el tipo de terreno que cruzan, afectando a tránsito pesado de la siguiente manera:

- Caminos en terreno plano: Mantienen el tráfico pesado con velocidades semejantes a los autos ligeros.
- Camino en lomerío: sus características obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad por debajo de la de los ligeros en algunos tramos del camino.
- Caminos en montaña: provoca que los vehículos pesados operen velocidades muy bajas, en distancias importantes y con bastante frecuencia.

Para que una carretera suministre un nivel de servicio aceptable, es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la carretera.

El volumen máximo que puede transportarse en cualquier nivel de servicio seleccionado, se denomina “volumen de servicio” para ese nivel.

Los elementos que deben considerarse son principalmente los siguientes:

1. Velocidad de operación y tiempo empleado durante el recorrido.
2. Interrupciones del tránsito, paradas por kilometro, demoras, magnitud y frecuencia de los cambios de velocidad y de mas restricciones durante el recorrido.
3. Libertad para maniobrar a la velocidad deseada.
4. Seguridad.

5. Comodidad en el manejo.

6. Economía en los costos de operación del vehículo en el camino.

1.9 Distancia de visibilidad.

Es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto puede detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación. Las consideraciones de distancias de visibilidad son las que se suponen que el ojo del conductor esta a 1.15 metros sobre el pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 cm.

La distancia de visibilidad de parada esta compuesta por dos términos: la distancia recorrida desde que se percibe un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal del freno y la distancia que se recorre desde el momento que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene.

La distancia de visibilidad de rebase es la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentre en su línea de circulación, sin peligro de colisión con otro que aparezca en sentido contrario. En los caminos de dos sentidos con dos carriles generalmente los vehículos rápidos tienen que rebasar a los que circulan lentamente, debiendo ocupar durante cierto tiempo el carril que es usado normalmente por el transito de sentido contrario. Para hacer el rebase con seguridad el conductor debe ver delante una distancia suficiente sin vehículos de tal modo que pueda completar la maniobra de paso sin interrumpir la marcha de vehículo rebasado, basado en el Manual de Proyecto de la Secretaria de comunicaciones y Transportes (1974),

De ser necesario el conductor podrá regresar al carril de la derecha si ve tránsito en sentido contrario una vez iniciada la maniobra.

La distancia de visibilidad de rebase se debe determinar sobre la base de una longitud necesaria para efectuar la maniobra con seguridad.

- a) El vehículo que va a ser pasado marcha a velocidad uniforme.
- b) Cuando el vehículo es rebasado empieza la maniobra a la misma velocidad.
- c) El vehículo que va a rebasar acelera durante la maniobra y su velocidad media durante el tiempo que ocupa el carril contrario es de 15 km/hr mayor a la del vehículo que está siendo pasado.

1.10 Mecánica de suelos

Definición de suelo. Es común la creencia de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían "vectorialmente". En dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontalidad.

Fases de los suelos. La mayor parte de los suelos consiste en mezclas de partículas minerales con porciones de agua y aire. Por lo tanto se concibe un modelo de suelo con tres fases: Sólida, Líquida y Gaseosa.

FASES	CONSTITUYENTES
Gas	Aire y Vapor de agua
Líquido	Agua y sales disueltas
Sólidos	Fragmentos de rocas, granos minerales y materia orgánica

Estructuración de los suelos:

Los hay de dos tipos:

1. Los suelos formados por partículas relativamente grandes (gravas y arenas).

Ambos componentes gruesos de un suelo (arenas y gravas) tienen esencialmente las mismas propiedades; su diferencia estriba en el grado en que éstas se presentan. La división de los tamaños de grava y arena por medio de mallas es arbitraria y no corresponde a un cambio definido en propiedades. Las gravas y arenas compactadas, bien graduadas, son un material estable, pero un suelo grueso que no venga acompañado de un suelo fino es permeable fácil de compactar, la humedad le afecta ligeramente y no se ve sujeto a la acción de las heladas. A medida que las arenas se hacen más finas a punto de volverse uniformes, son fácilmente confundibles con los limos a simple vista, sin embargo, las arenas secas no tiene cohesión y se sienten granulares en contraste con la ligerísima cohesión y sensación suave que presentan los limos secos.

2. Suelos formados por partículas muy pequeñas (limos y arcillas).

Los suelos que contiene grandes cantidades de limo y arcilla son los que presentan más dificultades estos materiales muestran marcados cambios en sus propiedades físicas al cambiar su contenido de humedad. Por ejemplo una arcilla seca, dura, puede ser conveniente como cimentación para cargas pesadas,

mientras permanezca seca, pero puede convertirse al humedecerse en algo que sea inestable al menor movimiento.

Muchos de los suelos finos se encogen al secarse y se expanden al humedecerse, lo cual puede afectar perjudicialmente a las estructuras cimentadas sobre ellos o construidas con ellos. Aún cuando la humedad no cambie, las propiedades de los suelos finos pueden variar considerablemente de las que poseen en su estado natural cuando se les altera de alguna manera. Depósitos de partículas finas que se han visto sujetos a cargas en el tiempo geológico tienen frecuentemente una estructura que provee al material de propiedades especiales en su estado inalterado. Pero cuando el suelo se excava para usarse como un material de construcción, o cuando el depósito natural se perturba, por ejemplo metiendo pilotes, se destruye la estructura y las propiedades del suelo cambian radicalmente. (Olivera,2006:45)

1.10.1 Clases principales de suelos

	Gruesos	Finos	Orgánicos
Tipo de suelos inclusivos	piedra	Limo	Turba
	grava	arcilla	
	arena		
Forma de la partícula	Redondeada o angular	laminado	fibroso
Tamaño de la partícula o grano	grueso	fino	-----
Porosidad o relación de vacíos	baja	alta	alta
Permeabilidad	alta	Baja e impermeable	variable
Cohesión interparticular	alta	baja	Carente a baja

Fricción interparticular	Carente a muy baja	Alta	Baja
Plasticidad	carente	Baja a alta	Baja a moderada
Compresibilidad	Muy baja	Moderada a muy alta	En general muy alta
Velocidad de compresión	inmediata	Moderada a baja	Moderada a rápida

Identificación de campo y descripción de suelos

Tipo básico de suelo		Tamaño de partícula (mm)	Identificación visual	Naturaleza y plasticidad de las partículas
PEDREGONES		200	Sólo se aprecia en su totalidad en canteras o afloramientos de la roca	forma de partícula
GUIJARROS		60	Sueles ser difíciles de recuperar de los sondeos	Angular subangular subredondeada
GRAVA	gruesa	20	Fácilmente visibles a plena vista, puede describirse la forma de la partícula, puede describirse la graduación	Redondeada, plana, alargada
	mediana	6	Bien graduada, amplia diversidad de tamaños de grano, buena distribución. Mal graduada, graduada en forma incompleta (puede ser uniforme el tamaño de la mayor parte de las partículas está en límites estrechos; o bien, graduación con intermitencias, algún tamaño intermedio está subrepresentado).	Textura tersa, áspera, pulida
	Fina	2		
ARENA	gruesa	0.6	Visible a simple vista, poca o ninguna cohesión al secar, puede describirse la graduación	

	Mediana	0.2	Bien graduada, amplia graduación de tamaños de grano bien distribuidos. Mal graduada: puede ser uniforme el tamaño de la mayor parte de las partículas está en límites estrechos, o bien, graduación en intermitencias: algún tamaño intermedio está subrepresentado.	
LIMOS gruesos		0.02	A simple vista sólo se aprecia el limo grueso; presenta poca plasticidad y dilatancia notable; ligeramente granular o sedoso al tacto. Se desintegra en agua, los terrones se secan con rapidez, exhibe cohesión pero puede pulverizarse fácilmente con los dedos	Sin plasticidad o baja plasticidad
		0.006		
		0.002		
ARCILLAS			Los terrones secos pueden desmoronarse, pero no pulverizarse con los dedos, también se desintegran con el agua, pero con más lentitud que el limo, terso al tacto, presenta plasticidad pero sin dilatancia, se adhiere en los dedos y se seca con lentitud, se contrae bastante al secarse casi siempre muestra grietas. Las arcillas de alta o media plasticidad muestran estas propiedades en magnitud moderada o alta respectivamente	Plasticidad intermedia (arcilla magra)
				Alta plasticidad (arcilla grasosa)
ARCILLA, LIMO o ARENA ORGÁNICA		Variable	Contiene cantidades sustanciales de materia orgánica vegetal	
TURBAS		variable	Predominan los restos de plantas, casi siempre de color café oscuro o negro, por lo general de olor especial, baja densidad total	

CAPITULO 2

BASES DEL PROYECTO GEOMÉTRICO

Se entiende por proyecto geométrico, al nivel de calidad geométrica al cual se construye una carretera. Su selección se efectúa durante la etapa de planeación. Entre mayor es el estándar geométrico, mejor es la seguridad vial. El mayor estándar geométrico para una carretera corresponde a las autopistas. Algunos de los factores específicos más importantes a considerar en la selección del proyecto geométrico son: la clasificación funcional de la carretera, el volumen de tránsito al final del horizonte o período económico de la misma (20 años), el tipo de terreno y la velocidad de proyecto. Aunque también deben influir consideraciones de capacidad, eficiencia económica, seguridad e impacto ambiental.

2.1 Selección de ruta.

Una ruta es una franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados donde se puede ubicar un camino, tomando en cuenta razones de tipo económico, social, técnicas y políticas.

La selección de ruta es un proceso que abarca varias actividades que son muy importantes para la realización de éste, es decir, entre los mas importantes están el acopio de datos así como su análisis y exámenes previos realizados a ellos, hasta los levantamientos terrestres y aéreos, que son muy necesarios para

determinar los costos y sobre todo ventajas que cada una tenga, para que así, de esta forma, se elija la mas adecuada.

2.1.1 Acopio de datos.

Fundamentalmente para la realización de cualquier vía terrestre el acopio de datos es importante, los datos de transito en conjunto con los de topografía, hidrología, de drenaje y el uso de tierra son esenciales para el desarrollo del proyecto, además para la elección esquemática de una posible ruta es necesario que el especialista en este caso el proyectista, cuente con cartas geográficas y geológicas, así de esta manera, se pueden plantear ideas sobre rutas diferentes con base a una referencia determinada.

2.1.2 Carta topográfica.

Las cartas geográficas de tipo topográfico con las que se pueden contar son realizadas por la secretaria de la Defensa Nacional y las escalas que manejan son 1: 250 000, 1: 100, 000; 1: 50, 000 y 1: 25, 000 cubriendo parcialmente el territorio nacional, con el estudio de estas cartas el ingeniero puede generar ideas y darse cuenta de las condiciones de la región tales como las de topografía, hidrología y la ubicación de las poblaciones, auxiliándose de las cartas geológicas existentes y con mapas que indiquen la zona de potencial económico de la región, trazando posibles rutas que pudieran cumplir con el objetivo deseado, se debe de tener especial cuidado con puntos obligados que guíen el alineamiento general de la

ruta, es por ello que la ruta en estudio se divide en tramos y estos a su vez en sub-tramos para determinar puntos intermedios, es decir, poblados que puedan ser comunicados con la misma vía y así generar diferentes franjas de estudio.

2.1.3 Reconocimientos.

Una vez que se cuenta con la ruta o rutas posibles en los mapas geográficos, se comienza el trabajo de campo con reconocimientos del terreno y se dividen en dos tipos:

1. Reconocimiento Aéreo.
2. Reconocimiento Terrestre.

Reconocimiento aéreo. Este reconocimiento es el que ofrece mas ventajas sobre los otros ya que mediante a este se puede observar desde una altura determinada, abarcando varias zonas cercanas al lugar de la obra lo que facilita ampliamente el estudio de la selección de ruta; se efectúa mediante avionetas y helicópteros, se recomienda que por lo menos se hagan tres reconocimientos aéreos para una mejor apreciación de datos que posteriormente serán utilizados en la ruta seleccionada.

El primer recorrido que se realice se efectuara en avioneta y tiene por objetivo determinar las rutas que se consideren viables y fijar el área que debe fotografiarse a escala 1: 50, 000, el segundo reconocimiento se lleva a cabo después de haber hecho la interpretación de las fotografías a escala 1: 50, 000; y tiene por objeto comprobar que el terreno lo estudiado en las fotografías, el reconocimiento se realiza en helicóptero para permitir a los ingenieros descender

en lugares de interés y recabar en ellos la información que consideren necesaria, de esta manera se obtienen datos como el número de habitantes de un poblado, el tipo y número de cultivos que existen en la zona, ganado y otros aspectos económicos para determinar así, un estudio económico.

El tercer reconocimiento se puede hacer de manera terrestre o aérea, es solo un refinamiento del estudio que se ha realizado, en el cual generalmente ya no interviene el especialista de planeación, realizándolo en lo largo de la poligonal en estudio, llamada también trazo preliminar del camino, el ingeniero estudia el comportamiento de ríos para fijar lugares de cruces.

Fotografías aéreas. Las fotografías aéreas proporcionan información cualitativa detallada y datos cuantitativos precisos y facilitan el estudio del terreno desde los puntos de vista topográficos, geológicos y del uso de la tierra, permitiendo así una mejor selección de ruta.

La toma de fotografías aéreas está restringida en ciertas épocas de año y horas de día, por la presencia de nubes y por la proyección de sombras; se especifica que las nubes no cubran más del 5 % del área fotografiada y que el ángulo de altura del sol con respecto al horizonte este comprendido entre 45 y 75 grados dependiendo de la topografía del terreno, cuando se trata de terreno plano es conveniente que el ángulo sea un poco menor, porque así las sombras ayudan a observar el relieve.

Si se requiere obtener la altitud de vuelo, es decir la altura del vuelo sobre el nivel del mar, a la altura del vuelo habrá que agregarle la elevación media del terreno referida al nivel del mar.

Una vez que se realizan las fotografías se continua con el proceso de fotointerpretación que consiste en el examen de las imágenes fotográficas con el objetivo de identificar rasgos y determinar su significado.

Por cada ruta propuesta se debe de determinar el total de longitudes de pendientes, las cantidades de materiales en cuanto a terracerías y drenaje, el numero y tipo de intersecciones, las afectaciones y los conceptos de costos que sirvan para evaluar cada alternativa; un factor que es muy importante para determinar la selección de ruta es la pendiente del terreno, para esto se consideran las elevaciones de los puertos, la de los fondos de las barrancas y las de otros puntos que pueden afectar la posición de la línea.

Reconocimiento terrestre. Durante la realización de las fotografías aéreas las elevaciones del terreno y los movimientos del avión hacen variar la escala, el cabeceo y balanceo, por ello es indispensable determinar en el terreno la posición y la elevación de puntos previamente seleccionados, que permitan relacionar cuantitativamente al terreno con sus imágenes fotográficas y así, con este control se pueden utilizar las fotografías aéreas como un medio para obtener planos detallados y precisos del área requerida.

La orientación va de la mano con el control terrestre es la que se refiere a la ubicación de la zona, se divide en interior y exterior. La orientación interior se refiere a la reconstrucción de la perspectiva interior de cada fotografía, es decir, que el cono de rayos proyectados sea geoméricamente semejante al cono de rayos que penetra al objetivo de la cámara en el instante de la exposición.

Para concluir, la elección de la mejor ruta depende las posibles variantes que existan para la solución del problema a tratar y depende del futuro que se

tendrá para la carretera, al comparar las ventajas que ofrezcan las rutas posibles, es preciso hallar el costo aproximado de construcción, operación y conservación, de la vía que se vaya a proyectar y compararlo con los beneficios con los beneficios probables que se deriven de ella, asimismo, deben tenerse en cuenta los perjuicios ocasionados por la obra, a fin de considerarlos en la evaluación. Por tanto, una vez establecidas las rutas probables, es necesario comparar los costos anuales y todo lo que se refiera a mantenimientos, realización de obra, mejoramiento de vías, etc., para elegir de manera adecuada la que mas convenga en todos los aspectos.

2.2 Metodología del proyecto.

La metodología de proyecto es de vital importancia para la realización de la obra, es por ello que se consideran los siguientes principios en los que debe basarse el criterio de proyecto:

- a) Son mas costosas las fallas de proyecto que se reflejan en una obra ya terminada, que el costo adicional que significarían estudios necesarios para reducir o eliminar la posibilidad de las fallas.
- b) El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada, permite generalmente una economía considerable en la construcción y operación de las obras.
- c) Los estudios en el lugar de la obra requieren de esfuerzo continuo, la observación profunda y el registro de todos los datos que intervengan de alguna forma, en el comportamiento de la estructura por proyectarse.

- d) Para cada rama de proyecto debe contarse con ingenieros especialistas en esa materia. Para lograr esto, es necesario que en cada disciplina se mantenga al personal al día, en relación con los avances en las distintas tecnologías que les atañen.

La metodología de proyecto para carreteras se divide en tres etapas:

- Selección de Ruta
- Anteproyecto
- Proyecto

Ya se ha definido en el subtema anterior lo que se refiere a la selección de ruta, en cuanto al anteproyecto, se requiere establecer el trazo del camino, haciéndose necesario completar y definir los datos recogidos previamente, para lo cual se requiere un levantamiento topográfico traducido a un plano en cual se indiquen las curvas de nivel, un plano de perfil longitudinal del terreno en el eje de la poligonal, sobre estos planos se efectuara el anteproyecto del eje de la via, para cumplir así, con los requisitos establecidos para la carretera.

Entonces, el anteproyecto es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, para situar en plano obtenidos de esos levantamientos, el anteproyecto requiere una evaluación razonable exacta de la geometría de cada una de las posibilidades, sin que haya falta una exactitud minuciosa, ya que serán inútiles cuantos cálculos se hagan para todas las líneas posibles, excepto para aquella que juzgue posteriormente la mejor; para ello se realiza el trazo optimo que es aquel que se adapta económicamente en la topografía del terreno, basándose en

criterios de cómo el tipo de camino y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del camino, así como la velocidad de proyecto.

Una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se debe de buscar una combinación de alineamientos que se adapten al terreno, planimetría y altimétricamente y cumplan también con los requisitos establecidos.

En ocasiones, algunos factores pueden llevar a forzar una línea, entre ellos pueden mencionarse los requerimientos del derecho de vía, la división de propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes, los cruces de los ríos, las intersecciones con otras carreteras o ferrocarriles, las provisiones para lograr un buen drenaje, la naturaleza geológica de los terrenos donde se alojara la carretera.

“En la etapa de proyecto, dicha línea debe ser transferida al terreno a fin comprobar su adaptación al mismo, y, si fuese necesario, poder efectuar pequeños ajustes en los alineamientos y pendientes. Esta oportunidad se aprovecha para tomar los volúmenes de tierra, para efectuar los levantamientos requeridos para el diseño de las estructuras de drenaje, para establecer los detalles geométricos del proyecto, definir el derecho de vía y dejar referenciado el trazado para la construcción”.(SCT,1974:92)

2.3 Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino o de proyecto y los elementos que lo integran son:

1. Tangentes
2. Curvas circulares
3. Curvas circulares de transición

2.3.1 Tangentes.

Las tangentes son la proyección sobre el eje horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le llama punto de intersección (PI) y al ángulo formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas entre si por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

La longitud máxima de una tangente esta condicionada por la seguridad, si son muy largas son potencial de accidentes, por tal razón conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio, la longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas esta definida por la longitud necesaria para dar sobreelevación y ampliación a esas curvas.

2.3.2 Curvas circulares.

En su forma más simplificada, el alineamiento en planta de una carretera consiste en una serie de tramos rectos (tangentes) conectadas por curvas circulares. Las curvas circulares, son entonces, los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.

Cuando dos tangentes son enlazadas por una sola curva, ésta se llama curva simple. Una curva simple puede doblar hacia la derecha o hacia la izquierda, recibiendo entonces ese calificativo adicional. Cuando dos ó más curvas circulares contiguas, de diferente radio, cruzan hacia el mismo lado, reciben el nombre de curvas compuestas.

Elementos característicos de las curvas circulares simples:

1. Grado de curvatura.- ángulo subtendido por un arco de 20 m (Gc)

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

2. Radio de la curva.- es el radio de la curva circular (Rc)

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

3. Angulo central. Es el ángulo subtenido por la curva circular (Δc) en curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.
4. Longitud de la curva. Es la longitud de arco PC Y el PT. Se le representa como (Lc).

$$\frac{Lc}{2\pi R_c} = \frac{\Delta c}{360^\circ}$$

Pero teniendo en cuenta que :

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c} \quad Lc = \frac{20 \Delta c}{G_c}$$

5. Subtangente.- Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como (ST).

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta c}{2}$$

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

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

7. Ordenada media. Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva,

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

8. Deflexión a un punto cualquiera de la curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado.

Se le representa como Δc .

$$\Delta c = \frac{Gc l}{2}$$

9. Cuerda. Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Se le denomina C. si estos puntos son el PC y PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga.

$$C = 2Rc \sin \frac{\Delta c}{2}$$

Y para la cuerda larga:

$$CL = 2Rc \sin \frac{\Delta c}{2}$$

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

$$\emptyset = \frac{\Delta c}{2}$$

Y teniendo en cuenta la expresión de la deflexión a un punto cualquiera de la curva nos queda:

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

Para la cuerda larga:

$$\emptyset_c = \frac{Gc l_c}{40}$$

Elementos que integran una curva circular

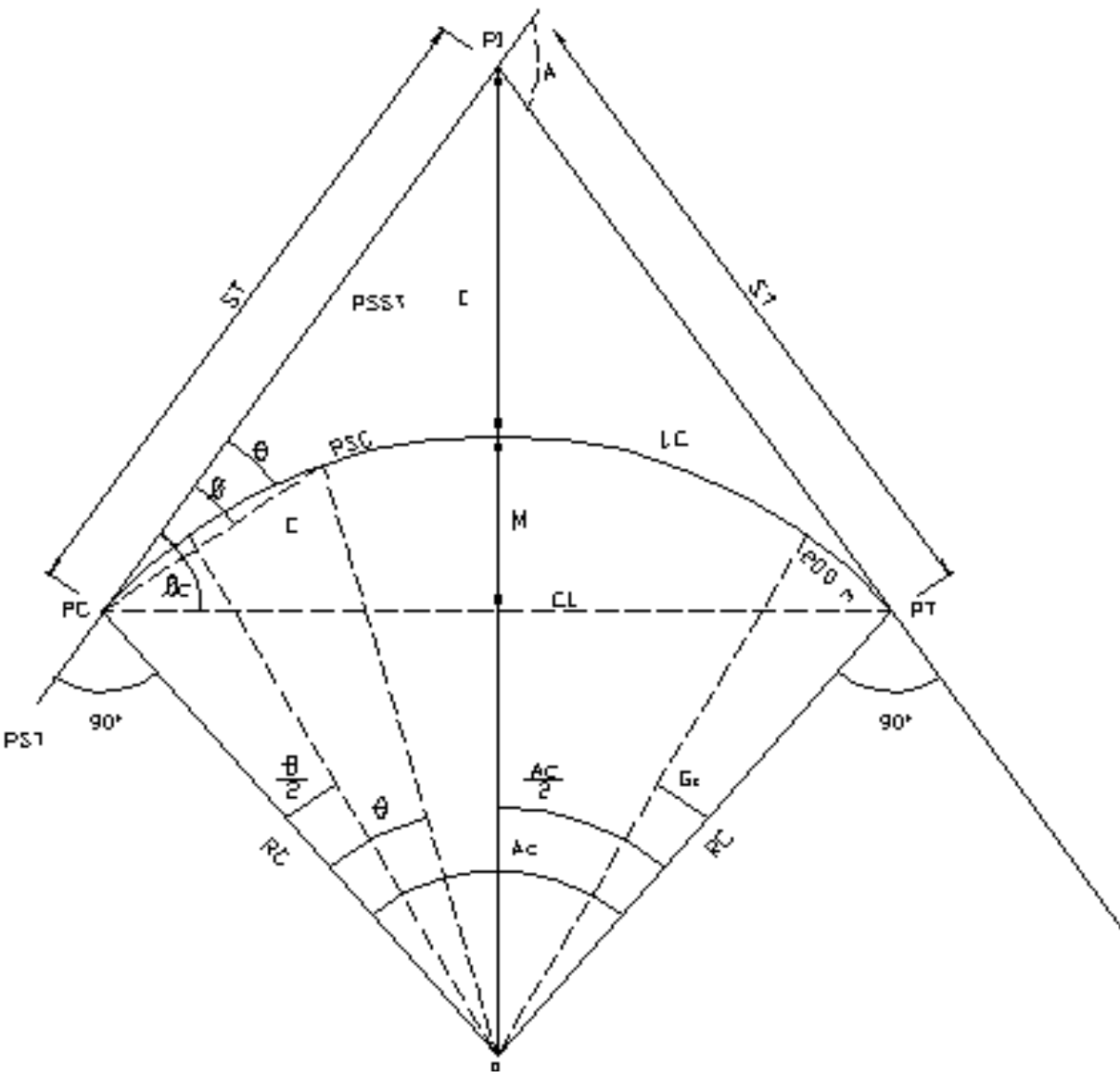


Figura 2.3.2 Elementos de la curva circular

Los elementos son los siguientes y se expresan de la siguiente manera:

- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC Punto 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
- A Angulo de deflexión de la tangente
- Ac Angulo central de la curva circular
- Angulo de deflexión a un PSC
- \varnothing Angulo a una cuerda cualquiera
- \varnothing_c Angulo 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

- t Longitud de un arco
- Lc Longitud de la curva circular

2.3.3 Curvas circulares de transición.

Se le llama curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectuó, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde el infinito para la tangente hasta el que le corresponde para la curva circular.

En un trazado donde sólo se emplean rectas y círculos, la curvatura pasa bruscamente desde cero en la tangente hasta un valor finito y constante en la curva. Esta discontinuidad de curvatura en el punto de unión de los alineamientos rectos con las curvas circulares no puede aceptarse en un trazado racional, pues además de ser incomoda para el conductor puede ser causa de accidentes debidos a la fuerza centrífuga. Por otra parte, para alcanzar en la curva circular el peralte (inclinación transversal de la vía en las curvas) requerido a todo lo largo de ella, debe pasarse del bombeo (inclinación transversal hacia ambos lados del eje de la vía en la recta) del alineamiento recto a dicho peralte. De estas consideraciones surge la necesidad de emplear un alineamiento de transición entre los alineamientos rectos y curvos de una carretera, a través del cual la curvatura pase gradualmente desde cero hasta el valor finito de la curva circular, a la vez que la inclinación transversal de la calzada pase también paulatinamente desde el bombeo al peralte.

2.3.3.1 Formas y características de las curvas circulares de transición.

Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya ecuación es:

$$R \cdot L = A^2$$

Siendo:

R = radio de curvatura en un punto cualquiera.

L = longitud de la curva entre su punto de inflexión (R = infinito) y el punto de radio

A = parámetro de la clotoide, característico de la misma.

La curva de transición se representa en la fig. 2.3.3.1

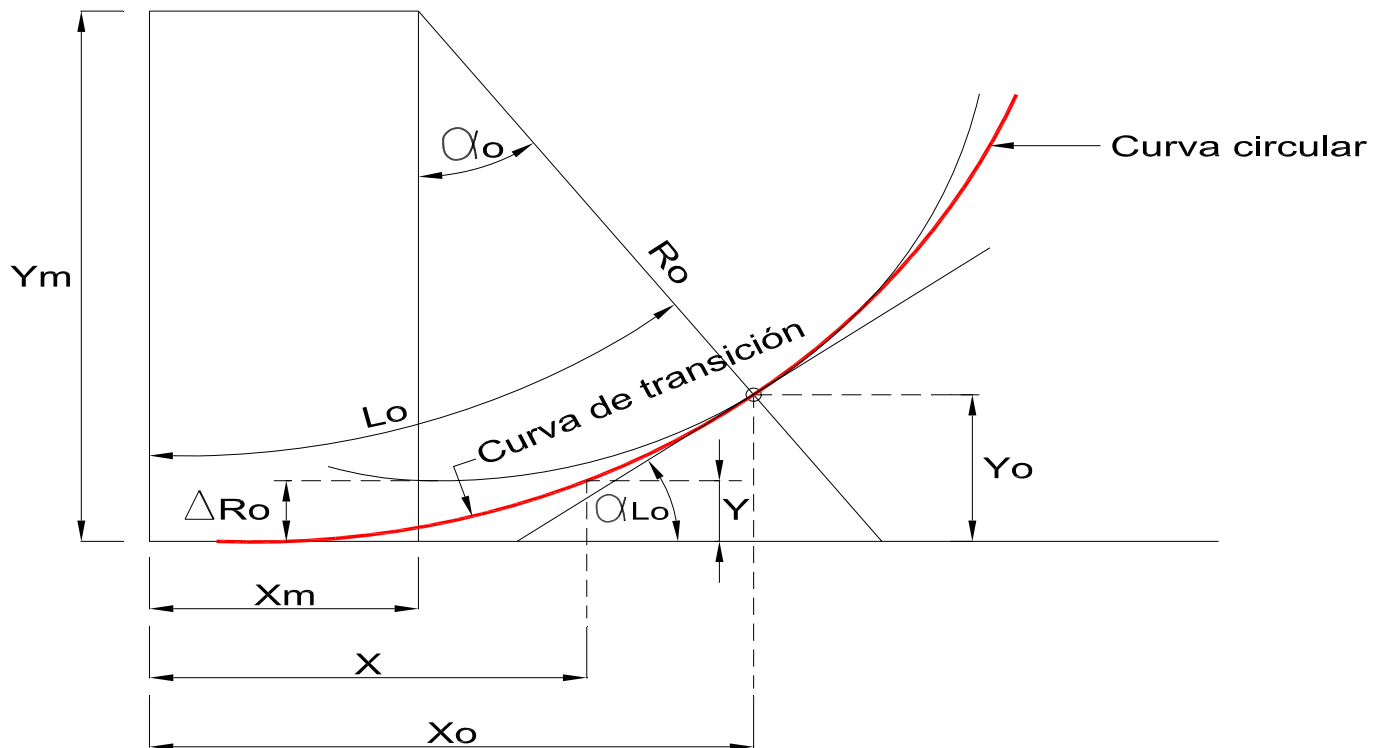
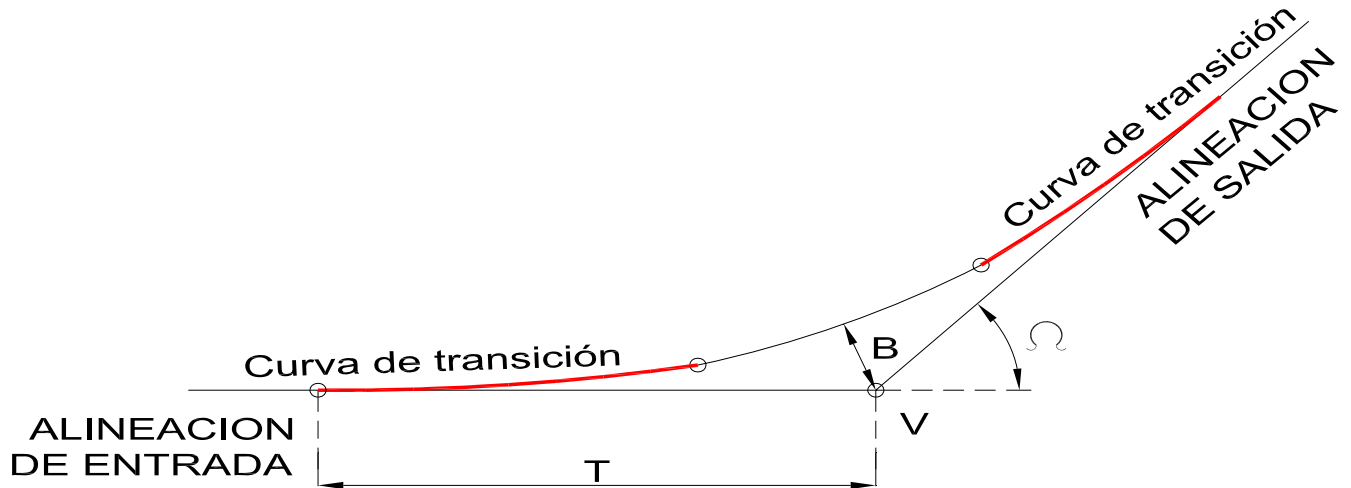


Figura 2.3.3.1 Elementos de la curva de transición.



R_o = radio de la curva circular contigua.

L_o = longitud total de la curva de transición.

DR_o = retranqueo de la curva circular.

X_o, Y_o = coordenadas del punto de unión de la clotoide y de la curva circular, referidas a la tangente y normal a la clotoide en su punto de inflexión.

X_m, Y_m = coordenadas del centro de la curva circular (retranqueada) respecto a los mismos ejes.

a_L = ángulo de desviación que forma la alineación recta del trazado con la tangente en un punto de la clotoide.

En radianes: $a_L = \frac{L}{2R}$

En grados centesimales: $a_L = \frac{31.83 L}{R}$

a_{Lo} = ángulo de desviación en el punto de tangencia con la curva circular.

W = ángulo entre las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión.

V = vértice, punto de intersección de las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión,

T = tangente, distancia entre el vértice y el punto de inflexión de una clotoide.

B = bisectriz, distancia entre el vértice y la curva circular.

Longitud mínima. La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal. La variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte deberá limitarse a un valor J aceptable desde el punto de vista de la comodidad.

Suponiendo a efectos de cálculo que la clotoide se recorre a velocidad constante igual a la velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor, el parámetro A en metros, deberá cumplir la condición siguiente:

$$A \text{ min} = \sqrt{\frac{V_e R_0}{40,450 J} \left(\frac{V_e^2}{R_0} - 1,27 \frac{(R_0 - R_1)}{R_1} \right)}$$

Siendo:

V_e = Velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor (km/h)

J = Variación de la aceleración centrífuga (m/s³)

R₁ = Radio de la curva circular asociada de radio mayor (m)

R₀ = Radio de la curva circular asociada de radio menor (m)

p₁ = Peralte de la curva circular asociada de radio mayor (%)

p₀ = Peralte de la curva circular asociada de radio menor (%)

Lo que supone una longitud mínima (L_{mín}) de la clotoide dada por:

$$L \text{ min} = \frac{V_e}{44.726 J} \left(\frac{V_e^2}{R_e} - 1.27 \frac{(p_0 - p_1)}{\left(1 - \frac{R_0}{R_1}\right)} \right)$$

A efectos prácticos, se adoptarán para J los valores indicados en la tabla , debiendo sólo utilizarse los valores de J_{máx} cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

Ve (km/hr)	Ve < 80	80 < Ve < 100	100 < Ve < 120	120 < Ve
J (m/s ³)	0.5	0.4	0.4	0.4
J max (m/s ³)	0.7	0.6	0.5	0.4

Tabla 2.3.3.3 valores de variación de la aceleración.

2.4 Alineamiento vertical.

Se le llama alineamiento vertical a la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la corona. Se le conoce como subrasante al eje de la subcorona en alineamiento vertical. El alineamiento se compone de curvas verticales y tangentes.

Las normas de servicios técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en la sección de proyecto geométrico de carreteras, indica las siguientes normas de cálculo para las curvas verticales:

Tangentes.- Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud y tendrán las siguientes características.

a.- Pendiente gobernadora.- Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en la siguiente tabla de valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

b.- Pendiente máxima.- Los valores determinados para pendiente máxima se indican en la siguiente tabla de valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

c.- Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas de sección en corte y/o balcón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.

d.- Longitud crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la grafica de longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora. A continuación se presenta una tabla que muestra la relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (camino principales). Según Firey y Peterson (1982).

TIPO DE TERRENO	Porcentaje en pendiente máxima para diversas velocidades de proyecto, en km/hr						
	50	60	70	80	90	100	110
Plano	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso	9	8	7	7	6	5	5

Longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora

CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)	PENDIENTE MÁXIMA (%)
	TIPO DE TERRENO PLANO LOMERIO MONTAÑOSO	TIPO DE TERRENO PLANO LOMERIO 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

2.4.1 Curvas verticales.

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser en columpio o en cresta, la curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo, como se ve en la siguiente figura:

Elementos de curva vertical.

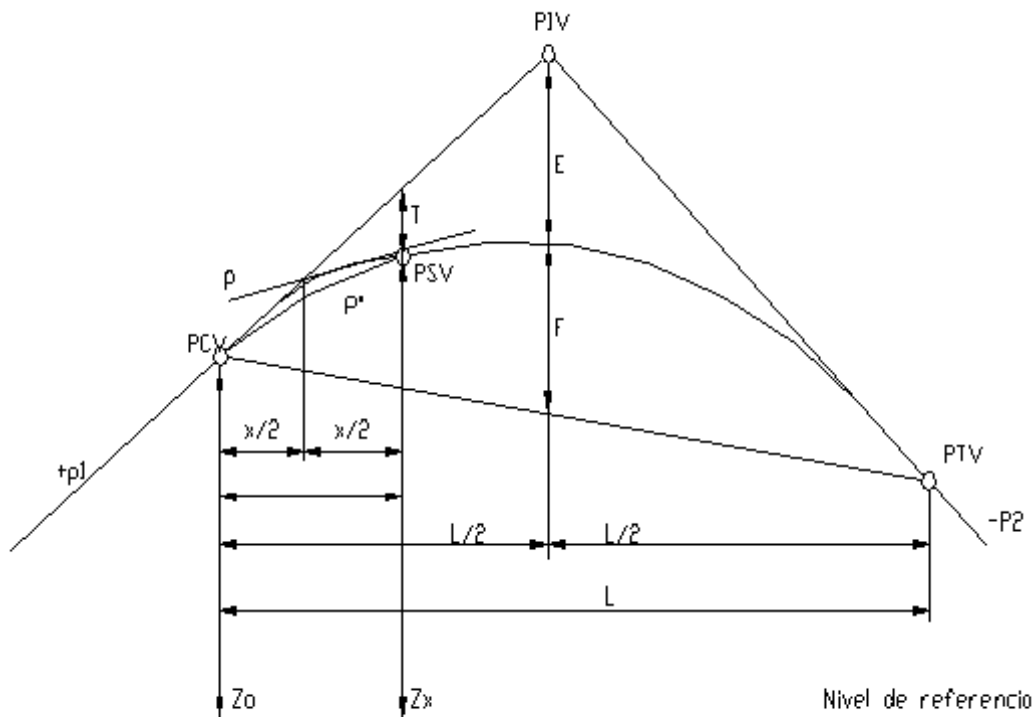


Figura 2.4.1 Elementos de la curva vertical.

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

A= Diferencia algebraica de pendientes

L= Longitud de la curva vertical, en metros

K= Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

x= Distancia del PCV a un PSV, en metros

p= Pendiente en un PSV, en m/m

p'= Pendiente de una cuerda, en m/m

E= Externa, en metros

F= Flecha, en metros

T= Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

Zo= Elevación del PCV, en metros

Zx= Elevación de un PSV, en metros

Nota: Si X y L se expresan en estaciones de 20 m la elevación de un PSV

puede calcularse con cualquiera de las expresiones:

$$Z_x = Z_o + (20 p_1 - (10AX/L))X$$

$$Z_x = Z_{x-1} + 20 p_1 - (10A/L)(2X - 1)$$

$$A = P_1 - (-P_2)$$

$$K = L / A$$

$$P = P1 - A (X/L)$$

$$P' = \frac{1}{2} (P1 + P)$$

$$E = (AL) / 8$$

$$F = E$$

$$T = 4E (X / L)^2$$

$$Zx = Zo + [P1 - (AX/2L)] X$$

a.- Curvas verticales en cresta.- Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

b.- Curvas verticales en columpio.- Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD+H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

c.- Requisitos de visibilidad.

1. La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K, especificado en la siguiente tabla "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales"

2. La distancia de visibilidad de encuentro deberá proporcionarse en las curvas verticales en cresta de las carreteras tipo "E", tal como se especifica en la siguiente tabla, "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales".

Valores mínimos del parámetro k y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

Velocidad de proyecto (km/hr)	Valores del parametro 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	12	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60

110	-	72	43	60
-----	---	----	----	----

La distancia de visibilidad de rebase solo se proporcionara cuando así lo indiquen las especificaciones de proyecto y/o lo ordene la secretaria, los valores del parámetro K, para satisfacer las especificaciones son:

Velocidad de proyecto en (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Parámetro K para rebase en (m)	18	32	50	73	99	130	164	203	245

Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que une.

a.- Longitud mínima:

1.- La longitud mínima de las curvas verticales se calculara con la expresión:

$$L = K A$$

En donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros

K = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla de valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las Tangentes verticales.

2.-La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a las mostradas en las siguientes dos tablas: "Longitud mínima de las curvas verticales en cresta" y "Longitud mínima de las curvas verticales en columpio".

b).- Longitud máxima.- No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

2.4.2 Cálculo de curvas verticales.

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. Es necesario revisar que la pendiente en estos segmentos del camino nunca sea mayor a la pendiente máxima dada por la tabla de tipos y características de caminos.

Es necesario también respetar las condiciones de longitud mínima de las curvas verticales en cresta y columpio. Las fórmulas de trazo de curvas verticales

son en comparación, más simples que las de curvas verticales, como se muestra a continuación:

$$K = \frac{(P_o - P_i)}{(10)(L)}$$

Donde:

P_o = pendiente de entrada

P_i = pendiente de salida

L = número total de estaciones

2.4.3 Cálculo de curva vertical en columpio.

A continuación se ejemplifica el cálculo de la curva vertical con algunos conceptos básicos:

$$L = (-0.50) - (-0.8) = 1.3 = 2 \text{ estaciones de } 20 \text{ mts} = 40 \text{ mts}$$

$$K = (1.3) / (10)(2) = 0.065$$

$$E = (1.3)(40)/8 = 6.5$$

$$F = 6.5$$

$$0.50 \text{-----} 100$$

$$x \text{-----} 20$$

$$X = 0.1$$

$$0.8 \text{-----} 100$$

$$x \text{-----} 20$$

$$X = 0.16$$

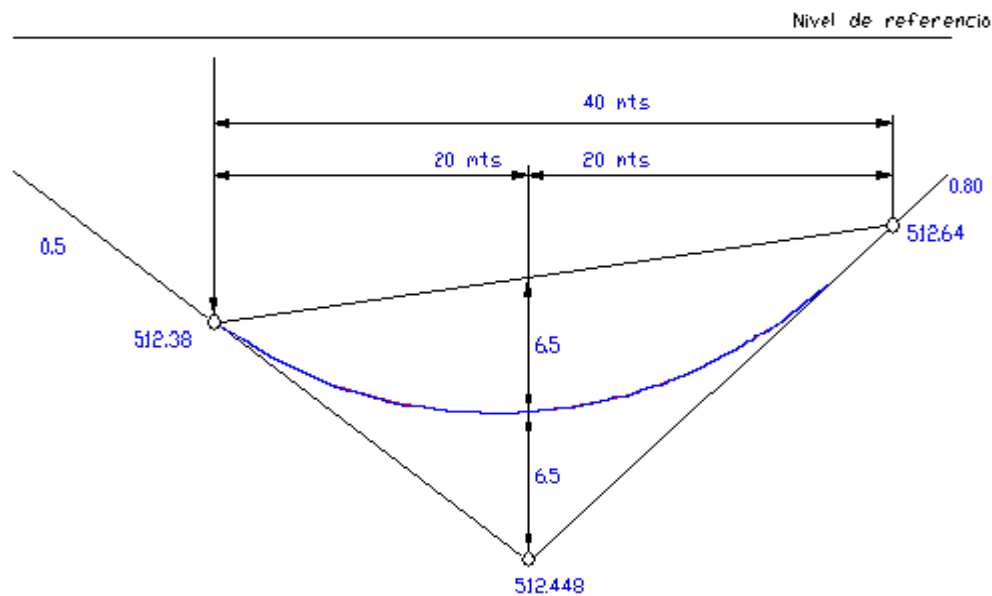
$$PIV = 512.48$$

$$PCV = 512.48 - 0.1 = 512.38$$

$$PTV = 512.48 + 0.16 = 512.6$$

Punto	Elevación	X ²	K	Y	Cota
0	512.38	0	0.065	0	512.38
1	512.48	1	0.065	0.0315	512.4485
0	512.64	0	0.065	0	512.64

La curva vertical en columpio queda representada en la Fig. 2.4.3



Curva vertical en columpio Fig. 2.4.3

2.5 Sección transversal.

Se le conoce como sección transversal a 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.

2.5.1 Los elementos que integran una sección transversal:

1. Corona
2. Subcorona
3. Cunetas y Contracunetas
4. Taludes
5. Partes complementarias

1. Corona.

Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, es decir, en las aristas superiores de los taludes del terraplén y las interiores de las cunetas, se representa por una línea, los elementos que conforman la corona son:

a) Rasante. Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical en desarrollo del eje de la corona del camino, se representa por un punto.

b) Pendiente transversal. Es la que da la corona normal a su eje, se representa en tres casos:

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

b.2 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.

b.3 Transición del bombeo a la sobreelevación. Para pasar del bombeo a la sobreelevación se tienen tres procedimientos: El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona, el segundo girar la sección sobre la orilla

interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona.

c) Calzada. Es la parte de la corona destinada del tránsito de vehículos y constituida por dos o más carriles, 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.

d) Acotamiento. Es la faja contigua a la calzada, comprendidas en sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino, dan seguridad al usuario, protegen contra la humedad.

2. 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. Se entiende por terracerías, al volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona, pavimento es la capa o capas de material seleccionado y tratado, comprendidos entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar 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.

Los elementos que definen la subcorona son:

- a) Subrasante. Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es el punto de cuya diferencia de elevación con la rasante esta determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.
- b) Pendiente transversal. Es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según la sección esté en tangente , en curva o en transición.
- c) 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.

3. Cunetas y contracunetas.

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

- a) Cunetas. Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a 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 metro medido horizontalmente de la corona al fondo de la cuneta, su talud es generalmente 3:1; del fondo de la cuneta parte del talud del corte.
- b) Contracunetas. Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los

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

4. Taludes.

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

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman, por el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es de 1:5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

5. Partes complementarias.

Aquí se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras. Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como parte de la sección transversal; su aplicación, diseño y descripción están tratados en el manual de dispositivos para el control del tránsito.

- a) 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.
- b) 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 suburbana, la banqueta es parte integrante de la calle, en caminos rara vez son necesarias.
- c) Fajas separadoras y camellones. Se le llaman fajas separadoras a las zonas que se disponen a dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. 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 de una calle o camino natural.

2.6 Señalamiento.

Las señales son dispositivos instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a reglamentar, advertir o informar al tránsito, mediante palabras o símbolos determinados. Existen tres tipos de señalamiento y se explican a continuación.

a) Señales preventivas

b) Señales restrictivas

c) Señales informativas

2.6.1. Señales Preventivas.

Son las señales de color amarillo que tienen un símbolo y que tienen por objeto prevenir a los conductores de la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza. Ejemplo de ello son las siguientes:





Pendiente Peligrosa



Cruce de Escolares



Cruce de Ferrocarril



Camino Dividido

Dimensiones [cm]		
Señal	Tablero adicional	
	un renglón	dos renglones
61 x 61 sin ceja	25 x 85	40 x 85
71 x 71 con ceja	30 x 100	50 x 100
86 x 86 con ceja	35 x 122	61 x 122
117 x 117 con ceja	35 x 152	61 x 152

*Nota: el tamaño del tablero de la señal esta en función del ancho de la carretera, calle o avenida, así como de la ubicación de las mismas.

2.6.2 Señales Restrictivas.

Son las señales de color blanco con un aro de color rojo y que tienen por objeto indicar la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito. Ejemplo de éstas son las siguientes:

Dimensiones [cm]		
Señal	Tablero adicional	
	un renglón	dos renglones
61 x 61 sin ceja	25 x 61	40 x 61
71 x 71 con ceja	30 x 71	50 x 71
86 x 86 con ceja	35 x 86	61 x 86
117 x 117 con ceja	35 x 117	61 x 117

Tabla 2.6.2 dimensiones comunes de las señales restrictivas.

*Nota: el tamaño del tablero de la señal esta en función del ancho de la carretera, calle o avenida, así como de la ubicación de las mismas.



Figura 2.6.2 Señales Restrictivas.

2.6.3. Señales Informativas.

Son señales con leyendas y/o símbolos, que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar.

2.6.3.1 Señales informativas de recomendación (SIR) e información general (SIG).

Se utilizarán con fines educativos para recordar a los usuarios determinadas disposiciones o recomendaciones de seguridad que conviene observar durante su recorrido (SIR) y para proporcionar a los usuarios, información general de carácter poblacional y geográfico, así como para indicar nombres de obras importantes en el camino, límites, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección, sentidos de circulación del tránsito, etc. (SIG).

Dimensiones [cm]			
Señal			
30 x 147	con ceja	56 x 239	con ceja
30 x 178	con ceja	56 x 300	con ceja
40 x 178	con ceja	71 x 178	con ceja
40 x 239	con ceja	71 x 239	con ceja
56 x 147	con ceja	86 x 239	con ceja
56 x 178	con ceja	86 x 300	con ceja

Tabla 2.6.3.1 Dimensiones de señales informativas.

*Nota: el tamaño del tablero de la señal esta en función del ancho de la carretera, calle o avenida, así como de la ubicación de las mismas.

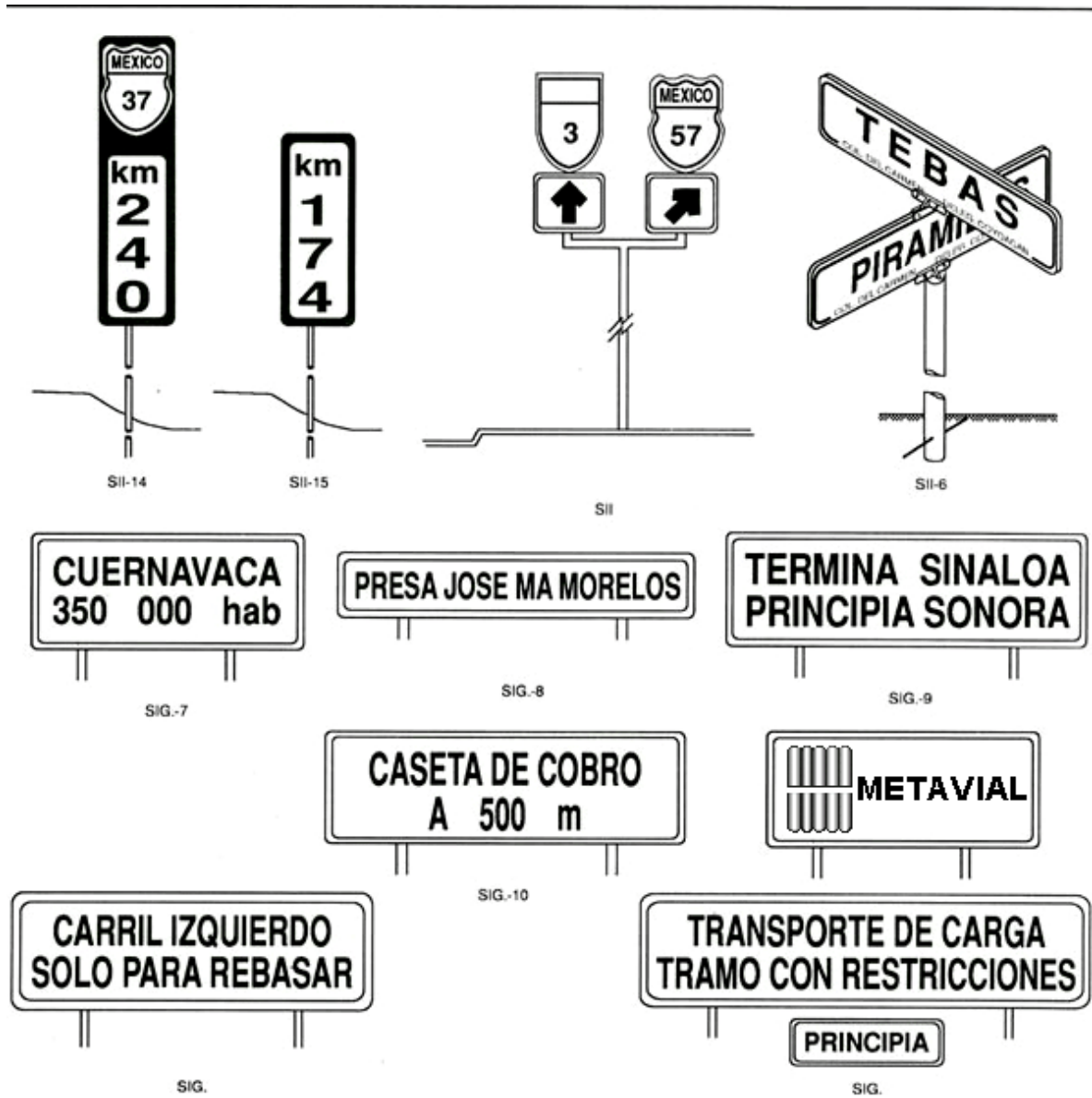


Figura 2.6.3.1 señales informativas de recomendación e información general.

2.6.3.2 Informativas de Servicios y Turísticas.

Tienen por objetivo informar de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo. Ejemplo de estas son las siguientes:



Figura 2.6.3.2 Informativas de servicios y turísticas

CAPITULO 3.

MARCO DE REFERENCIA

La alternativa para el mejoramiento del proyecto geométrico de la comúnmente conocida como la “curva del diablo” consiste en la revisión detallada de sus características geométricas, para que se defina alguna propuesta que beneficie al usuario, y que a su vez proporcione características optimas que mejoren la funcionalidad de la carretera en ese tramo, siendo la seguridad al usuario la mas importante, ya que en esta zona son comunes los accidentes automovilísticos debido al exceso de velocidad que algunos vehículos llegan a desarrollar antes y durante el trayecto de la curva, es por ello que se requieren proponer soluciones al conflicto de la zona.

3.1 Generalidades.

El estudio para el mejoramiento de la ruta se basa en un proyecto definido y estructurado anteriormente y que esta constituido en su longitud por 1 km aproximadamente, en el cual se encuentran tres curvas definidas y una de ellas es en la que se enfoca la investigación. Compuesto por tres curvas circulares simples y siendo una de ellas la “Del Diablo” (curva no. 3 en el proyecto), el proyecto geométrico se analizara nuevamente para dar a conocer el estado actual y posibles fallas en cuanto a normas de seguridad. Una vez realizado el análisis se propondrá y se establecerá un mejoramiento para el proyecto actual, definiendo características principales en las modificaciones realizadas.

3.2Resumen Ejecutivo.

A las afueras de la ciudad de Uruapan se encuentra ubicada La Curva No. 3 de acuerdo con el proyecto en estudio y es denominada como la “Del Diablo”, se caracteriza por la peligrosidad con la que cuenta, siendo ésta, la causa de accidentes automovilísticos ocasionados por el exceso de velocidad y deficiencia en el proyecto geométrico.

Actualmente cuenta con un mejoramiento que consiste en la ampliación de la curva, para dar mayor espacio y mejorar el movimiento del vehículo, proporcionando estabilidad y seguridad al usuario.

Es importante mencionar que las normas de la Secretaria de Comunicaciones y Trasportes establecen datos específicos en los trazos del proyecto geométrico, basándose en características principales como: tipos de carretera, tipo de terreno en la zona, velocidad de proyecto y aforo vehicular entre otras; haciendo referencia al aforo vehicular es importante mencionar que el flujo del transito se sobrepasa al planeado, por otra parte y como dato importante, la carretera es de tipo C y cuenta con una velocidad de proyecto de 60 km/hr, relacionando estos datos con las normas de la SCT, se define que los grados de curvatura máximos permitidos para este tipo de caminos con la velocidad de proyecto mencionada es de 11 , el de la curva en estudio sobrepasa al permitido, de ahí parte el análisis y el mejoramiento de la zona modificando el eje de proyecto actual y aumentado el radio de curvatura existente para que el grado de la curva disminuya.

3.3 Entorno geográfico.

La zona de proyecto esta ubicada dentro del Estado de Michoacán de Ocampo al centro-occidente del territorio nacional, la superficie territorial del estado es de 58,585 km², que representa el 3 % de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud Norte, y 100° 04' y 103° 44' de longitud Oeste.



Fig. 3.3.1 Ubicación de Michoacán en la República Mexicana

El área en estudio se encuentra localizada entre los municipios de Carapan y Uruapan, dentro de la carretera Federal no. 37 que comunica a Carapan con Playa Azul, en el tramo Carapan-Uruapan, se hará referencia específicamente al tramo que va del kilómetro 65 al 66, ya que el proyecto esta definido en esta longitud y por ello se basara la investigación con datos existentes en la zona.

Las coordenadas geográficas del lugar quedan representadas por las coordenadas 19° 28'56" Latitud Norte y 102° 04'10" Longitud Oeste a una elevación aproximada de 1904 m sobre el nivel del mar.



Fig. 3.3.2 Ubicación de la carretera Federal No. 37

Imágenes satelitales de la ubicación de “la Curva del Diablo” en la Carretera Federal No. 37. (Google Earth 2007)



Fotografía 3.3.3 Ubicación aérea de la curva denominada “Del Diablo”



Fotografía 3.3.4 Ubicación aérea de la curva denominada “Del Diablo”

La orografía de Michoacán es una de las más accidentadas de México y forma parte del Eje Volcánico Transversal (44.98 % de su superficie) y de la Sierra Madre del Sur (55.02 % de la superficie).

La altitud del estado oscila entre los 0 y 3840 m.s.n.m., anteriormente se menciona la altura de la zona en estudio que es de 1904 m aproximadamente, es por ello que se hará referencia a las zonas más altas del estado, mencionando cual de ellas es la más cercana al lugar, teniendo como principales elevaciones las siguientes:

- Volcán Tancítaro: 3,840 m.s.n.m.
- Cerro de San Andrés: 3,600 m.s.n.m.
- Cerro Patambán: 3,500 m.s.n.m.
- Cerro de las Papas: 3,400 m.s.n.m.
- Cerro Zirate: 3,340 m.s.n.m.

El volcán de Tancitaro es el más cercano a la zona de proyecto, además de ser el más alto en todo el estado de Michoacán. Dentro de la zona en estudio el tipo de terreno predominante es el Lomerío, aspecto a considerar que forma parte esencial para el desarrollo del proyecto geométrico basado en las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

3.4 Hidrología regional.

El estado de Michoacán cuenta con 228 km de costas en el Océano Pacífico, siendo sus costas unas de las más montañosas y accidentadas del país.

Los principales lagos del estado son: el lago Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, el lago de Zirahuén, una parte del lago de Chapala, y la presa de Infiernillo. Su río más importante es el río Lerma, el cual nace en el Estado de México y abastece a la presa de Tepuxtepec para regar las tierras del valle de Maravatio y producir energía hidroeléctrica. Le siguen en importancia el río Balsas con numerosos afluentes, como el río Cupatitzio el cual alimenta las caídas de agua de La Tzaráracua y el río Tepalcatepec.

Siendo el río Cupatitzio el más cercano en la zona, sin que exista o altere de alguna manera el área de desarrollo del proyecto. Existe una obra de drenaje, tipo alcantarilla que se localiza transversalmente al paso de la carretera en las estaciones aproximadas de 65+000 a 65+000 y permite el paso de aguas superficiales.

En la región el uso que se le da al suelo es principalmente el cultivo de frutos, aguacate en su mayoría, en cuanto a extracción de materiales se refiere, se localiza cercano el banco de materiales llamado Guadalupe. Es importante mencionar que la urbanización de la zona es cada vez más cercana debido a la extensión de poblados como La Basilia y Cherangueran, aunque en el tramo de la curva del diablo existe ya también alguna urbanización.

3.5 Informe fotográfico

La cobertura vegetal en el área esta cubierta por pastizales principalmente, que en algunas ocasiones llegan a obstruir un poco la visibilidad del conductor, existen también arboles de aguacate cercanos a la zona pero no influyen en la visibilidad.



Fotografía 3.5.1 curva en estudio



Fotografía 3.5.2 Vegetación de la zona

En la fotografía 3.5.2 se aprecia que la cuneta de la carretera esta obstruida por la vegetación, que impiden el funcionamiento del desalajo del agua pluvial, cabe mencionar que no solo en la zona en estudio existe el problema, sino que también a lo largo de la carretera existen algunas secciones con un problema similar.

Actualmente las cunetas que desalojan el agua de lluvia dentro del tramo carretero en estudio, se ven afectadas por la vegetación existente ya que impiden

el paso del agua viéndose afectada la funcionalidad para la que fueron construidas.

En la zona de ampliación de la curva el problema es inexistente. En la fotografía se puede apreciar la cuneta ubicada sobre la ampliación, es notable que la vegetación en esta área no afecta el desalojo de agua pluvial.



Fotografía 3.5.3 Ampliación de curva

En esta área es donde se encuentra localizado la obra de drenaje, tipo alcantarilla ubicado de manera transversal y a un costado de la curva.



Fotografía 3.5.4 Ubicación del puente en el trayecto de la curva

Actualmente no hay paso de aguas superficiales por el temporal, ya que no se registran lluvias, como se ve en la fotografía 3.5.5.



Fotografía 3.5.5 Estructura de puente

Es claro el azolve que existe en esta área, por ello es necesario dar mantenimiento a la zona para que no surjan problemas de desalojo de agua. Existe un lavadero que desemboca en esta área y que tiene como función desalojar el agua de lluvia que queda retenida en la parte superior de la carretera y que se aprecia en la fotografía 3.5.6.



Fotografía 3.5.6 Ubicación del lavadero posterior

Sobre la carpeta asfáltica no existen problemas en el drenaje superficial, en las cunetas, existe el problema de azolvamiento que impide el buen drenado de las aguas pluviales a causa del mal mantenimiento sobre todo en limpieza, mencionado ya anteriormente.



Fotografía 3.5.7 Vista de la Curva del Diablo

3.6 Estado actual.

Se tomaran en cuenta los siguientes aspectos:

1. Señalamiento
2. Funcionalidad
3. Estructural

Basándose en la siguiente imagen se comenta lo siguiente:



Fotografía 3.6.1 Señalamientos

En cuanto a señalamientos se refiere, la imagen muestra claramente que la barrera de seguridad esta en malas condiciones, no proporciona seguridad al conductor, por otra parte los señalamientos no proporcionan las información con la que debe de contar según las normas de la SCT debido al mantenimiento deficiente que se le a proporcionado al lugar. Del lado del acotamiento en dirección Carapan-Uruapan se nota lo siguiente:



Fotografía 3.6.2 Ampliación actual de la curva

No existe señalamiento vertical señales que indiquen la dirección de la curva y las que ahí se encuentran resultan insuficientes para proporcionar información y seguridad, solo se muestra el señalamiento horizontal sobre el pavimento asfáltico de la ampliación de la curva.

Basando la funcionalidad en la mejoras que se le hicieron al tramo carretero y visualizando actualmente como se encuentra, la curva no proporciona total seguridad al usuario tomando en cuenta, principalmente cuestiones de señalamiento y mantenimiento, es decir en señalamiento por no contar con suficiente información proporcionada en, letreros, avisos, protecciones y mantenimiento por el problema existente de las cunetas que son las encargadas del desalojo de agua, existiendo el riesgo de algún deslizamiento de cualquier tipo de automóvil por la existencia de agua sobre la carpeta asfáltica.

Otro aspecto considerado en el estado actual de la curva es el asfalto.



Fotografías 3.6.2 Estado actual del asfalto

Algunas secciones se encuentran en buen estado por el mantenimiento que a éste se le ha proporcionado, pero existe un área que cuenta con algunos agrietamientos en la estación 65+880, por ello es necesario reparar para su mejor funcionamiento y seguridad.

3.7 Aforo vehicular.

Tipo y clasificación de vehículos que transitan por la zona.

Los que principalmente transitan por la zona son:

1. Los tipo A2 (automóvil)
2. A'2 (camión ligero, capacidad de carga hasta 2 ton)
3. B2 (autobús de 2 ejes)
4. B3 (autobús de 3 ejes)
5. C3 (camión de 3 ejes, capacidad de carga hasta 23.5)
6. T2-S1(tractor de 2 ejes con semirremolque de un eje)



Fotografía 3.7.1 Aforo



Fotografía 3.7.2 Aforo

Se realizo un aforo con la finalidad de conocer el flujo vehicular que transita por la zona que duro aproximadamente 6 horas, obteniendo datos proporcionales a los registrados. Y se muestran en la siguiente tabla

Tipo de vehículo	Periodos de tiempo				
	1hr	3hrs	6hrs	12 hrs	24 hrs
A2	324	972	1944	3888	7776
A'2	26	78	156	312	624
B2	22	66	132	264	528
B3	18	54	108	216	432
C3	31	93	186	372	744
T2-S1	14	42	84	168	336
total	435	1305	2610	5220	10440

Tabla 3.7.1 Aforo vehicular

Con esto se puede apreciar que el flujo vehicular es considerable y que en diferentes tramos la carretera deja de ser funcional por el transito pesado que circula por la zona, ocasionando poca seguridad al usuario de vehiculos de menor tamaño ya se que obstruye visibilidad y la velocidad de proyecto se afecta considerablemente.

CAPITULO 4

METODOLOGIA

La Metodología es el conjunto de métodos de investigación apropiados al que hacer de una ciencia. La metodología busca en la realidad social la explicación veraz de los hechos sociales usando la observación y experimentación común a todas las ciencias, encuestas y documentación (trabajo en biblioteca u otro centro de documentación). La metodología hace décadas, desde los años 1960; se ha establecido independientemente y ha evolucionado a ser una especialización al servicio del propósito de la investigación, lo cual enriqueció las ciencias sociales en el triángulo diseño, recolección y análisis. Por ende en los planteamientos teóricos. Buscando primero los datos validos o adecuados para un objetivo específico y que éstos sean fiables o verdaderos y finalmente dar una explicación. La primera tarea para hacerlo será seleccionar un diseño o proyecto de investigación del trabajo o estudio, que incluye el propósito, el concepto o teoría que tiene en mente, método o métodos que va a seguir y el tipo de muestreo y dimensión de la muestra. (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.5).

En la elaboración de la presente Tesis utilizaremos los siguientes métodos de investigación:

1. Método matemático
2. Método analítico

4.1 Método matemático.

El método de las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad así misma.

En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.

Otra forma usual es la comparación. Las investigaciones en las cuales se advierten matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de unos factores por otros, se está aplicando el método comparativo.

4.2 Método Analítico.

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

Analizar significa desintegrar, descomponer un todo en sus partes para estudiar en forma intensiva cada uno de sus elementos, así como las relaciones entre sí y con el todo. La importancia del análisis reside en que para comprender la esencia de un todo hay que conocer la naturaleza de sus partes. El todo puede

ser de diferente índole: un todo material, por ejemplo, determinado organismo, y sus partes constituyentes: los sistemas, aparatos, órganos y tejidos, cada una de las cuales puede separarse para llevar a cabo un análisis mas profundo (esto no significa necesariamente que un aparato u órgano tenga que separarse físicamente del resto del organismo; en otras palabras, aislar un órgano o aparato significa aquí que no se tomen en cuenta las demás partes del todo). Otros ejemplos de un todo material es: la sociedad y sus partes: base económica (fuerzas productivas y relaciones sociales de producción) y la superestructura (política, jurídica, religiosa, moral). La sociedad es un todo material en tanto que existe fuera e independientemente de nuestra conciencia.

El todo puede ser también racional, por ejemplo, los productos de la mente: las hipótesis, leyes y teorías. Descomponemos una teoría según las leyes que la integran; una ley o hipótesis, según las variables o fenómenos que vinculan y el tipo de relaciones que establecen, por lo tanto, puede hablarse de análisis empírico y análisis racional. El primer tipo de análisis conduce necesariamente a la utilización del segundo tipo; por ello se le considera como un procedimiento auxiliar del análisis racional.

El análisis va de lo concreto a lo abstracto ya que mantiene el recurso de la abstracción puede separarse las partes (aislarse) del todo así como sus relaciones básicas que interesan para su estudio intensivo (una hipótesis no es un producto material, pero expresa relaciones entre fenómenos materiales; luego, es un concreto de pensamiento).(historia y evolución del pensamiento, Ruiz Limón Ramón,1999).

4.3 Enfoque de la investigación.

Enfoque cuantitativo. La información cuantitativa muestra de manera detallada la posibilidad de generalizar los resultados de la investigación en estudio, estableciendo un control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteos y magnitudes de éstos; brinda una gran responsabilidad de replica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares. Es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables.

Como características principales la investigación cuantitativa tiene, que se basa en la inducción probabilística, es objetiva, deductiva, va orientada al resultado y es generalizable. Los métodos cuantitativos han sido los mas usados en ciencias como biología, química y física, es por ello que son mas propios para las ciencias llamadas exactas.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis previamente hechas, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.5).

4.3.1 Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento. Se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice.

Etapas:

1. "Examinar las características del problema escogido.
2. Formulación de hipótesis.
3. Enunciar los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.
4. Elegir los temas y las fuentes apropiados.
5. Seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos.
6. Establecer, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
7. Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.

8. Realizar observaciones objetivas y exactas.
9. Describen, analizan e interpretan los datos obtenidos, en términos claros y precisos". (Miro Joan, 1994, p. 88)

4.3.2 Diseño de la investigación.

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación, el diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. Los diseños son estrategias con las que intentamos obtener respuestas a preguntas como:

1. Contar
2. Medir
3. Describir

El diseño también debe especificar los pasos que habrán de tomarse para controlar las variables extrañas y señala cuándo, en relación con otros acontecimientos, se van a recabar los datos y debe precisar el ambiente en que se realizará el estudio. Esto quiere decir que el investigador debe decir dónde habrán de llevarse a cabo las intervenciones y la recolección de datos, esta puede ser en un ambiente natural.

Los Diseños no experimentales. Son aquellos en los que el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo, dentro de los diseños no experimentales se encuentra el transeccional o

transversal, es el encargado de recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Los diseños transaccionales realizan observaciones en un momento único en el tiempo. Cuando miden variables de manera individual y reportan esas mediciones son descriptivos. Cuando describen relaciones entre variables son correlacionales y si establecen procesos de causalidad entre variables son correlacionales/causales.

4.3.3 Instrumentos de recopilación de datos

1. Observación.

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación. Existen dos clases de observación: la Observación no científica y la observación científica. La diferencia básica entre una y otra está en la intencionalidad: observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación. Observar no científicamente significa observar sin intención, sin objetivo definido y

por tanto sin preparación previa.

Pasos que debe tener la observación:

- a. Determinar el objeto, situación, caso, etc. (que se va a observar)
- b. Determinar los objetivos de la observación (para qué se va a observar)
- c. Determinar la forma con que se van a registrar los datos
- d. Observar cuidadosa y críticamente
- e. Registrar los datos observados
- f. Analizar e interpretar los datos
- g. Elaborar conclusiones
- h. Elaborar el informe de observación (este paso puede omitirse si en la investigación se emplean también otras técnicas, en cuyo caso el informe incluye los resultados obtenidos en todo el proceso investigativo)

Recursos auxiliares de la observación:

1. Fichas.
2. Récorde anecdóticos.
3. Grabaciones.
4. Fotografías.
5. Listas de chequeo de datos.
6. Escalas, etc.
7. Modalidades que puede tener la observación científica.
8. La Observación científica puede ser: Directa o Indirecta
10. Participante o no participante

11. Estructurada o no estructurada

12. De campo o de laboratorio

13. Individual o de equipo

- Observación Directa y la Indirecta. Es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar.

Es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno observando a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Tal ocurre cuando nos valemos de libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, etc., relacionadas con lo que estamos investigando, los cuales han sido conseguidos o elaborados por personas que observaron antes lo mismo que nosotros.

- Observación Participante y no Participante. La observación es participante cuando para obtener los datos el investigador se incluye en el grupo, hecho o fenómeno observado, para conseguir la información. Observación no participante es aquella e la cual se recoge la información desde afuera, sin intervenir para nada en el grupo social, hecho o fenómeno investigado. Obviamente, La gran mayoría de las observaciones son no participantes.
- Observación Estructurada y No Estructurada. Observación no Estructurada llamada también simple o libre, es la que se realiza sin la ayuda de elementos técnicos especiales. Observación estructurada es en cambio, la que se realiza con la ayuda de elementos técnicos

apropiados, tales como: fichas, cuadros, tablas, etc, por lo cual se los la denomina observación sistemática.

- Observación de Campo y de Laboratorio. La observación de campo es el recurso principal de la observación descriptiva; se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad.

La observación de laboratorio se entiende de dos maneras: por un lado, es la que se realiza en lugares pre-establecidos para el efecto tales como los museos, archivos, bibliotecas y, naturalmente los laboratorios; por otro lado, también es investigación de laboratorio la que se realiza con grupos humanos previamente determinados, para observar sus comportamientos y actitudes.

4.3.4 Programas computacionales.

Principalmente para la realización de un proyecto geométrico de una carretera, curva, diseño arquitectónico, etc., se recurre a el programa denominado Autocad, es uno de los programas más usados, elegido por arquitectos y diseñadores gráficos. Desglosando su nombre, se encuentra que CAD refiere a Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés).

Al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAO), Autocad gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la

que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en inglés GUI, que automatiza el proceso.

4.4 Descripción del proceso de investigación.

Durante el proceso de investigación se recurrió a diferentes aspectos que sirvieron como referencia inicial, para de ahí, partir con la metodología.

Se visitó la zona en estudio y se documentaron algunos datos importantes como:

1. Obras de importancia que existieran en la zona, aquí se observó que en el desarrollo de la curva existe un puente que da paso a aguas pluviales de las montañas cercanas.
2. Señalizaciones que actualmente se encuentran y que están en mal estado.
3. Estado del pavimento asfáltico alrededor de la zona.
4. Se realizó un estudio de tránsito vehicular que consistió en hacer un conteo de vehículos y al mismo tiempo clasificarlos por tipo, para conocer el flujo vehicular que transita por la zona de manera detallada.

Todo esto fue documentado y recopilado, así mismo, se tomaron algunas fotos que sirvieran de referencia en puntos que lo requirieran para tener de manera detallada la investigación obtenida.

Se recabaron datos científicos útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

1. Apuntes y libros especializados en proyecto geométrico, que demostraran y aportaran conocimientos necesarios para la realización de la revisión, como: señalización, normativas, mecánica de suelos, desarrollo geométrico de carreteras, entre otros.
2. Datos topográficos de la zona, para de ahí iniciar con el trazo del proyecto y compararlo con el que actualmente esta establecido.

Una vez recopilados los datos necesarios para la revisión del proyecto, se analizaron los más importantes y los más necesarios para la investigación. Se fueron documentando y resumiendo para obtener información concreta que permitiera establecer las conclusiones al las que se llegará, teniendo referencias de una fuente de información confiable y así poder demostrar de manera detallada la idea por la cual se realiza el proyecto sin dejar dudas al lector.

4.5 Análisis e interpretación de datos.

En la realización de esta sección se pretende dar a conocer datos relevantes sobre el estado actual del proyecto geométrico de la denominada “Curva del Diablo”, que se ubica en la carretera federal no. 37 y que comunica al poblado de Carapan con Playa Azul, en el tramo Carapan-Uruapan a la altura del kilometro 35.

A continuación se muestra la clasificación y especificaciones del camino tipo C:

	Concepto	Especificación	Unidad
1	Tipo de carretera	C	
2	TDPA en el horizonte de proyecto	500 A 1500	veh/día
3	Tipo de terreno	Lomerio	
4	Velocidad de proyecto	60	km/hr
5	Distancia de velocidad de parada	75	m
6	Distancia de velocidad de rebase	270	m
7	Grado máximo de curvatura	11	m
8	Pendiente gobernadora	5	%
9	Pendiente máxima	7	%
10	Ancho de calzada	6	m
11	Ancho de corona	7	m
12	Bombeo	2	%
13	Sobreelevación máxima	10	%

Tabla No. 1 Clasificación y especificaciones del camino tipo C según la SCT

La tabla no. 1 hace referencia a las especificaciones de caminos de acuerdo con la Secretaria de Comunicaciones y Transportes e indica las características que

debe llevar el tramo carretero en estudio, basándose principalmente en que la carretera Carapan-Playa Azul; es considerada tipo C con tipo de terreno Lomerío, con una velocidad de proyecto de 60 km/hr y con un aforo vehicular de 500 a 1500 vehículos por día.

Haciendo referencia al aforo vehicular que debe circular por este tipo de camino, es necesario comentar que hoy en día el incremento en el flujo vehicular a variado y ha ido creciendo y por consecuencia ahora es mucho mayor al de proyecto.

Los cálculos llevados a cabo para la revisión del proyecto geométrico actual, se basan en la revisión de las propuestas establecidas para las curvas horizontales principalmente, es por ello que se presenta primero la revisión de las curvas de proyecto, para que posteriormente se vayan haciendo comentarios y deducciones, haciendo notar diferencias con un calculo diferente basado en las normas de construcción de carreteras de la SCT, estableciendo datos que permitan demostrar si el proyecto con el que contamos en la actualidad es el adecuado y que cuente con los beneficios para el usuario pero sobre todo exista seguridad en la zona estudiada. Actualmente la curva cuenta con modificaciones para mejorar la funcionalidad y seguridad del tramo carretero.

Calculo del proyecto actual que comprende la primera curva del tramo que va de la Est. 65 + 052.532 a 65 + 166.581:

Calculo de curva circular simple No. 1

Proyecto Actual		Est. 65 + 052.532 a 65+166.581
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		22.423
Radio de Curvatura (Rc)		291.417
Grado de curvatura (Gc)	$1145.92/Rc$	3.932
Longitud de Curva (Lc)	$((20\Delta c)/Gc)$	114.047
Subtangente (ST)	$Rc*(\tan*(\Delta c/2))$	57.763
Externa (E)	$Rc*(\sec*(\Delta c/2)-1)$	5.670
Ordenada Media (M)	$Rc-(\text{sen ver}(\Delta c/2))$	5.561
Deflexión ()	$(Gc*Lc)/2$	224.230
Cuerda (C)	$2Rc\text{sen}(\Delta c/2)$	113.321
PC		65+052.532
PT		65+166.581

Tabla No. 2 Cálculo de curva circular No. 1

Aquí se muestra que el grado de curvatura no excede al máximo permitido y que en general los conceptos y especificaciones de la SCT están respetados y que la sección cumple con las normas establecidas para la realización del proyecto geométrico.

PROYECTO GEOMETRICO ACTUAL

Revisión de la sobreelevación de la curva no. 1 de alineamiento horizontal

Concepto	Dato
Tipo de camino	= C

Vel. de proyecto	=	60
Deflexión Δc	=	21.763
Radio de curvatura R_c	=	292.533
Subtangente ST	=	56.235
Punto de inflexión PI	=	65 + 110.295
Longitud de curva L_c	=	111.114
Grado de curvatura G_c	=	3.917

Transición del bombeo a la sobreelevación

Calculando PC y PT :

$$PC = PI - ST = 65 + 54.06$$

$$PT = PC + L_c = 65 + 165.174$$

Datos de la Curva

Tipo de camino	=	C
Vel. de proyecto	=	60 km/hr
Grado de curvatura G_c	=	3.917
Ampliación de curva A_c	=	0.6
Sobreelevación máxima		
Sc	=	6.2 %
Longitud de espiral Le	=	34 m

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = \frac{(b/Sc)}{Le} = 10.9677419$$

PLT a la entrada

Bombeo

PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION (PLT)

$$PLT - N = 65 + 26.0922581 \quad (-2, -2)$$

$$PLT = PC - 0.5 Le = 65 + 37.06 \quad (0, -2)$$

$$PLT + N = 65 + 48.0277419 \quad (+2, -2)$$

PLT a la salida

Bombeo

$$PLT - N = 65 + 171.206258 \quad (+2, -2)$$

$$PLT = PT + 0.5 Le = 65 + 182.174 \quad (0, -2)$$

$$PLT + N = 65 + 193.141742 \quad (-2, -2)$$

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION (TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$TLT = PC + 0.5 Le = 65 + 71.06$$

Calculo de TLT a la salida

$$TLT = PT - 0.5 Le = 65 + 148.174$$

Calculo del proyecto actual que comprende la segunda curva del tramo que va

de la Est. 65 + 547.945 a 65 + 735.656:

Calculo de curva circular simple No. 2		
Proyecto Actual		Est. 65 + 547.945 a 65+735.656
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		51.146
Radio de Curvatura (R_c)		210.281
Grado de curvatura (G_c)	$1145.92/R_c$	5.449
Longitud de Curva (L_c)	$((20\Delta c)/G_c)$	187.710
Subtangente (ST)	$R_c*(\tan*(\Delta c/2))$	100.628
Externa (E)	$R_c*(\sec*(\Delta c/2)-1)$	22.837
Ordenada Media (M)	$R_c-(\text{sen ver}(\Delta c/2))$	20.600
Deflexión ()	$(G_c*L_c)/2$	511.460
Cuerda (C)	$2R_c\text{sen}(\Delta c/2)$	181.540
PC		65+547.945
PT		65+735.656

Tabla No. 3 Cálculo de la curva circular No. 2

Aquí se muestra que el grado de curvatura no excede al máximo permitido y que en general los conceptos y especificaciones de la SCT están respetados y que la sección cumple con las normas establecidas para la realización del proyecto geométrico.

PROYECTO GEOMETRICO ACTUAL

Revisión de la sobreelevación de la curva no. 2 de alineamiento horizontal

Concepto	=	Dato
Tipo de camino	=	C
Vel. de proyecto	=	60
Deflexión Δc	=	51.146
Radio de curvatura R_c	=	210.281
Subtangente ST	=	100.628
Punto de inflexión PI	=	65 + 648.574
Longitud de curva L_c	=	187.71
Grado de curvatura G_c	=	5.449

Transición del bombeo a la sobreelevación

Calculando PC y PT :

PC = PI - ST	=	65 + 547.946
PT = PC + L_c	=	65 + 735.656

Datos de la Curva

Tipo de camino	=	C
Vel. de proyecto	=	60 km/hr
Grado de curvatura G_c	=	5.449
Ampliación de curva A_c	=	0.7
Sobreelevación máxima S_c	=	7.8 %
Longitud de espiral L_e	=	37 m

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = (b/S_c) L_e = 9.48717949$$

PLT a la entrada

Bombeo

PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION (PLT)

PLT - N	=	65 + 519.958821 (- 2 , - 2)
PLT = PC - 0.5 L_e	=	65 + 529.446 (0 , - 2)
PLT + N	=	65 + 538.933179 (+ 2 , - 2)

PLT a la salida

Bombeo

PLT - N	=	65 + 744.668821 (+ 2 , - 2)
PLT = PT + 0.5 L_e	=	65 + 754.156 (0 , - 2)
PLT + N	=	65 + 763.643179 (- 2 , - 2)

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION (TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$TLT = PC + 0.5 Le = 65 + 566.446$$

Calculo de TLT a la salida

$$TLT = PT - 0.5 Le = 65 + 717.156$$

Calculo del proyecto actual que comprende la tercera curva del tramo que va de la Est. 65 + 791.159 a 65 + 948.159:

Calculo de curva circular simple (Curva del diablo) No. 3		
Proyecto Actual		Est. 65+791.159 a 65+948.159
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		91.821
Radio de Curvatura (Rc)		97.677
Grado de curvatura (Gc)	$1145.92/Rc$	11.732
Longitud de Curva (Lc)	$((20\Delta c)/Gc)$	156.534
Subtangente (ST)	$Rc*(\tan^*(\Delta c/2))$	100.832
Externa (E)	$Rc*(\sec^*(\Delta c/2)-1)$	42.708
Ordenada Media (M)	$Rc-(\text{sen ver}(\Delta c/2))$	29.715
Deflexión ()	$(Gc*Lc)/2$	918.210
Cuerda (C)	$2Rc\text{sen}(\Delta c/2)$	140.314
PC		65+791.623
PT		65+948.159

Tabla No. 4 Cálculo de la curva circular (Curva del diablo) No. 3

Basando la investigación en la obtención del grado de curvatura que es igual a “11.732”, que se muestra en la tabla No. 4 y comparándolo con el grado de curvatura máximo permitido de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, demostramos que el proyecto actual no cuenta con las características optimas para su funcionalidad y NO CUMPLE con las Normas del proyecto geométrico que son requeridas para la construcción.

PROYECTO GEOMETRICO ACTUAL Curva del diablo

Revisión de la sobreelevación de la curva no. 3 de alineamiento horizontal

Concepto	Dato
Tipo de camino	= C
Vel. de proyecto	= 60
Deflexión Δc	= 91.821
Radio de curvatura R_c	= 97.677
Subtangente ST	= 100.832
Punto de inflexión PI	= 65 + 892
Longitud de curva L_c	= 156.534
Grado de curvatura G_c	= 11.732

Transición del bombeo a la sobreelevación

Calculando PC y PT :

$$PC = PI - ST = 65 + 792$$

$$PT = PC + L_c = 65 + 948$$

Datos de la Curva

Tipo de camino	= C
Vel. de proyecto	= 60 km/hr
Grado de curvatura G_c	= 11.732
Ampliación de curva A_c	= 1.1
Sobreelevación máxima	
S_c	= 10 %
Longitud de espiral L_e	= 48 m

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = \frac{(b/S_c)}{L_e} = 9.6$$

PLT a la entrada **Bombeo**

PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION (PLT)

$$PLT - N = 65 + 758 \quad (-2, -2)$$

$$PLT = PC - 0.5 L_e = 65 + 768 \quad (0, -2)$$

$$PLT + N = 65 + 777 \quad (+2, -2)$$

PLT a la salida

Bombeo

$$\begin{aligned}
 & \text{PLT - N} & = & 65 + 963 & \left(\begin{array}{l} + 2, - 2 \\ \end{array} \right) \\
 \text{PLT} = \text{PT} + 0.5 \text{ Le} & = & 65 + 972 & \left(\begin{array}{l} 0, - 2 \\ - 2, - 2 \end{array} \right) \\
 & \text{PLT + N} & = & 65 + 982 & \left(\begin{array}{l} \end{array} \right)
 \end{aligned}$$

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION (TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$\text{TLT} = \text{PC} + 0.5 \text{ Le} = 65 + 816$$

Calculo de TLT a la salida

$$\text{TLT} = \text{PT} - 0.5 \text{ Le} = 65 + 924$$

Teniendo como referencia las especificaciones de la SCT se realizaron los siguientes cálculos para demostrar de manera correcta la proyección mejorada de la curva, proyectando un nuevo eje de camino para mejorar y ampliar la curva que ocasiona el conflicto, obteniendo nuevos radios de curvatura, que a su vez modificaran los grados de curvatura y datos en general.

Calculo del proyecto propuesto que comprende la primera curva del tramo que va de la Est. 65 + 049.340 a 65 + 160.453:

Calculo de curva circular simple No. 1		
Según Normas de SCT		Est. 65 + 049.340 a 65+160.453
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		21.763
Radio de Curvatura (R_c)		292.533
Grado de curvatura (G_c)	$1145.92/R_c$	3.917
Longitud de Curva (L_c)	$((20\Delta c)/G_c)$	111.114
Subtangente (ST)	$R_c * (\tan^*(\Delta c/2))$	56.235
Externa (E)	$R_c * (\sec^*(\Delta c/2) - 1)$	5.356
Ordenada Media (M)	$R_c - (\text{sen ver}(\Delta c/2))$	5.260
Deflexión ()	$(G_c * L_c)/2$	217.630
Cuerda (C)	$2R_c \text{sen}(\Delta c/2)$	110.448
PC		65+049.340
PT		65+160.453

Tabla No. 5 Cálculo de la curva circular No. 1

Prácticamente son mínimos los cambios en esta curva y los datos cumplen con las especificaciones requeridas y que la sección cumple con las normas para la realización del proyecto geométrico.

PROYECTO GEOMETRICO CON NORMAS

Revisión de la sobreelevación de la curva no. 1 de alineamiento horizontal

Concepto	=	Dato
Tipo de camino	=	C
Vel. de proyecto	=	60
Deflexión Δc	=	21.763
Radio de curvatura R_c	=	292.533
Subtangente ST	=	56.235
Punto de inflexión PI	=	65 + 105.574
Longitud de curva L_c	=	111.114
Grado de curvatura G_c	=	3.917

Transición del bombeo a la sobreelevación

Calculando PC y PT :

PC = PI - ST	=	65 + 49.339
PT = PC + L_c	=	65 + 160.453

Datos de la Curva

Tipo de camino	=	C
Vel. de proyecto	=	60 km/hr
Grado de curvatura G_c	=	3.917
Ampliación de curva A_c	=	0.6
Sobreelevación máxima S_c	=	6.2 %
Longitud de espiral L_e	=	34 m

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = (b/S_c) L_e = 10.9677419$$

PLT a la entrada

Bombeo

PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION (PLT)

PLT - N	=	65 + 21.3712581	(- 2 , - 2)
PLT = PC - 0.5 L_e	=	65 + 32.339	(0 , - 2)

$$PLT + N = 65 + 43.3067419 (+ 2, - 2)$$

PLT a la salida

$$PLT - N = 65 + 166.485258 (+ 2, - 2)$$

$$PLT = PT + 0.5 Le = 65 + 177.453 (0, - 2)$$

$$PLT + N = 65 + 188.420742 (- 2, - 2)$$

Bombeo

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION (TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$TLT = PC + 0.5 Le = 65 + 66.339$$

Calculo de TLT a la salida

$$TLT = PT - 0.5 Le = 65 + 143.453$$

Calculo del proyecto propuesto que comprende la segunda curva del tramo que va de la Est. 65 + 536.148 a 65 + 731.438:

Calculo de curva circular simple No. 2		
Según Normas de SCT Est. 65 + 536.148 a 65+731.438		
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		47.242
Radio de Curvatura (R_c)		217.247
Grado de curvatura (G_c)	$1145.92/R_c$	5.275
Longitud de Curva (L_c)	$((20\Delta c)/G_c)$	179.126
Subtangente (ST)	$R_c \cdot (\tan^*(\Delta c/2))$	95.008
Externa (E)	$R_c \cdot (\sec^*(\Delta c/2) - 1)$	19.866
Ordenada Media (M)	$R_c \cdot (\text{sen ver}(\Delta c/2))$	18.202
Deflexión ()	$(G_c \cdot L_c)/2$	472.420
Cuerda (C)	$2R_c \text{sen}(\Delta c/2)$	174.095
PC		65+536.148
PT		65+731.438

Tabla No. 6 Cálculo de la curva circular No. 2

Con el nuevo eje de proyecto son mínimas las variaciones de la curva y se muestra que el grado de curvatura no excede al máximo permitido y que en general los conceptos y especificaciones de la SCT están respetados y que la sección cumple con las normas establecidas para la realización del proyecto geométrico

**PROYECTO GEOMETRICO
CON NORMAS
Revisión de la sobreelevación de la curva no. 2 de
alineamiento
horizontal**

Concepto	Dato
Tipo de camino	= C
Vel. de proyecto	= 60
Deflexión Δc	= 47.242
Radio de curvatura R_c	= 217.247
Subtangente ST	= 95.008
Punto de inflexión PI	= 65 + 631
Longitud de curva L_c	= 179.126
Grado de curvatura G_c	= 5.275

**Transición del bombeo a la
sobreelevación**

Calculando PC y PT :

$$PC = PI - ST = 65 + 536$$

$$PT = PC + L_c = 65 + 715$$

Datos de la Curva

Tipo de camino	= C
Vel. de proyecto	= 60 km/hr
Grado de curvatura G_c	= 5.275
Ampliación de curva A_c	= 0.7

$$\begin{aligned} \text{Sobreelevación} \\ \text{máxima } Sc &= 7.6 \quad \% \\ \text{Longitud de espiral } Le &= 37 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = \frac{(b/Sc)}{Le} = 9.74$$

PLT a la entrada **Bombeo**
PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION
(PLT)

$$\begin{aligned} \text{PLT} - N &= 65 + 508 \quad (-2, -2) \\ \text{PLT} = \text{PC} - 0.5 Le &= 65 + 518 \quad (0, -2) \\ &\quad (+2, -2) \\ \text{PLT} + N &= 65 + 527 \quad) \end{aligned}$$

PLT a la salida **Bombeo**
(+2, -2)

$$\begin{aligned} \text{PLT} - N &= 65 + 724 \quad) \\ \text{PLT} = \text{PT} + 0.5 Le &= 65 + 734 \quad (0, -2) \\ \text{PLT} + N &= 65 + 744 \quad (-2, -2) \end{aligned}$$

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION
(TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$\text{TLT} = \text{PC} + 0.5 Le = 65 + 555$$

Calculo de TLT a la salida

$$\text{TLT} = \text{PT} - 0.5 Le = 65 + 697$$

Calculo del proyecto propuesto que comprende la tercera curva del tramo que va de la Est. 65 + 766.349 a 65 + 955.745:

Calculo de curva circular simple (Curva del diablo) No. 3		
Según Normas de SCT		Est. 65+766.349 a 65+955.745
Concepto	Fórmula	Resultado
Inflexión del eje (Δc)		88.91
Radio de Curvatura (Rc)		122.05
Grado de curvatura (Gc)	$1145.92/Rc$	9.389
Longitud de Curva (Lc)	$((20\Delta c)/Gc)$	189.393

Subtangente (ST)	$Rc \cdot (\tan(\Delta c/2))$	119.750
Externa (E)	$Rc \cdot (\sec(\Delta c/2) - 1)$	48.936
Ordenada Media (M)	$Rc \cdot (\sin^2(\Delta c/2))$	34.931
Deflexión ()	$(Gc \cdot Lc)/2$	889.100
Cuerda (C)	$2Rc \sin(\Delta c/2)$	170.955
PC		65+766.349
PT		65+955.745

Tabla No. 7 Cálculo de la curva circular No. 3 (Curva del diablo)

Modificado el eje de proyecto, el radio de curvatura se amplió y así, el grado de curvatura disminuyó y ahora es ACEPTABLE ya que cumple con las especificaciones de la SCT y el proyecto geométrico es el adecuado para proporcionar seguridad al usuario, en cuanto a geometría se refiere.

**PROYECTO GEOMETRICO CON
NORMAS**

**Revisión de la sobreelevación de la curva no. 3 de
alineamiento
horizontal (Curva del diablo)**

Concepto	Dato
Tipo de camino	= C
Vel. de proyecto	= 60
Deflexión Δc	= 88.91
Radio de curvatura Rc	= 122.05
Subtangente ST	= 119.75
Punto de inflexión PI	= 65 + 886.101
Longitud de curva Lc	= 189.393
Grado de curvatura Gc	= 9.389

Transición del bombeo a la sobreelevación

Calculando PC y PT :

$$\begin{aligned} \text{PC} &= \text{PI} - \text{ST} &= & 65 + 766.351 \\ \text{PT} &= \text{PC} + \text{Lc} &= & 65 + 955.744 \end{aligned}$$

Datos de la Curva

$$\begin{aligned} \text{Tipo de camino} &= & \text{C} \\ \text{Vel. de proyecto} &= & 60 \text{ km/hr} \\ \text{Grado de curvatura } G_c &= & 9.389 \\ \text{Ampliación de curva } A_c &= & 1.1 \\ \text{Sobreelevación máxima} & & \\ \text{Sc} &= & 9.8 \% \\ \text{Longitud de espiral } L_e &= & 47 \text{ m} \end{aligned}$$

Distancia donde termina el bombeo e inicia la sobreelevación de 2%

$$N = \frac{(b/S_c)}{L_e} = 9.59183673$$

PLT a la entrada

Bombeo

PRINCIPIA LONGITUD DE TRANSICION (PLT)

$$\begin{aligned} \text{PLT} - N &= & 65 + 733.259163 & (-2, -2) \\ \text{PLT} = \text{PC} - 0.5 L_e &= & 65 + 742.851 & (0, -2) \\ \text{PLT} + N &= & 65 + 752.442837 & (+2, -2) \end{aligned}$$

PLT a la salida

Bombeo

$$\begin{aligned} \text{PLT} - N &= & 65 + 969.652163 & (+2, -2) \\ \text{PLT} = \text{PT} + 0.5 L_e &= & 65 + 979.244 & (0, -2) \\ \text{PLT} + N &= & 65 + 988.835837 & (-2, -2) \end{aligned}$$

TERMINA LONGITUD DE TRANSICION (TNT)

Calculo de TLT a la entrada

$$\text{TLT} = \text{PC} + 0.5 L_e = 65 + 789.851$$

Calculo de TLT a la salida

$$\text{TLT} = \text{PT} - 0.5 L_e = 65 + 932.244$$

CONCLUSIONES

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

Por otra parte queda definido que un proyecto geométrico es la planeación y organización para el desarrollo de cualquier tipo de carretera o camino que se quiera realizar, tomando como base, principalmente las características topográficas, hidrológicas y de drenaje del terreno donde se realizara el proyecto, es importante para que se puedan plantear ideas sobre rutas posibles y establecer la mas adecuada. El proyecto geométrico tiene como base los alineamientos horizontal y vertical que permiten definir características geométricas para proporcionar datos que son necesarios para el desarrollo en un principio del trazo y posteriormente de realización de el proyecto en la zona, queda conformado por rectas unidas por curvas que se

calculan por diferentes métodos que dan confiabilidad y seguridad al usuario cumpliendo con reglamentos de construcción que están establecidos principalmente por la Secretaría de comunicaciones y Transportes. La proyección geométrica de una determinada carretera es la base fundamental para la realización de la obra, de ahí se obtienen datos necesarios para generar los aspectos indispensables para el desarrollo del proyecto.

Se puede deducir mediante el análisis realizado en la presente tesis, que el proyecto geométrico en el tramo carretero Carapan-Uruapan entre el kilómetro 65 y 66 presenta una deficiencia basada en las Normas de proyecto de la SCT, específicamente en la curva numero 3 denominada como “Del Diablo” y consiste en que el grado de curvatura es mayor al permitido, por ello la curva no es totalmente segura para el usuario por las características geométricas que presenta, es decir el radio de la curva es menor al necesario para que el grado de curvatura sea menor; la SCT propone para un camino tipo C con velocidad de proyecto de 60 km/hr, un grado de curvatura menor a 11° , actualmente el proyecto en la curva presenta un grado de curvatura de $11^{\circ} 43' 55.2''$, siendo el error de $43' 55.2''$.

Es necesario que un proyecto geométrico cumpla con las normas establecidas, para que no se presenten problemas de este tipo donde se ve reflejado principalmente la seguridad del usuario, por ello es necesario contar con un proyecto que cuente con características adecuadas realizando obras complementarias que sean necesarias.

BIBLIOGRAFIA

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Normas para Proyecto Geométrico

México.

Mier, José (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974)

Manual de Proyecto Geométrico de carreteras

México.

Arias Carlos (1990)

Cuaderno de comportamiento de suelos

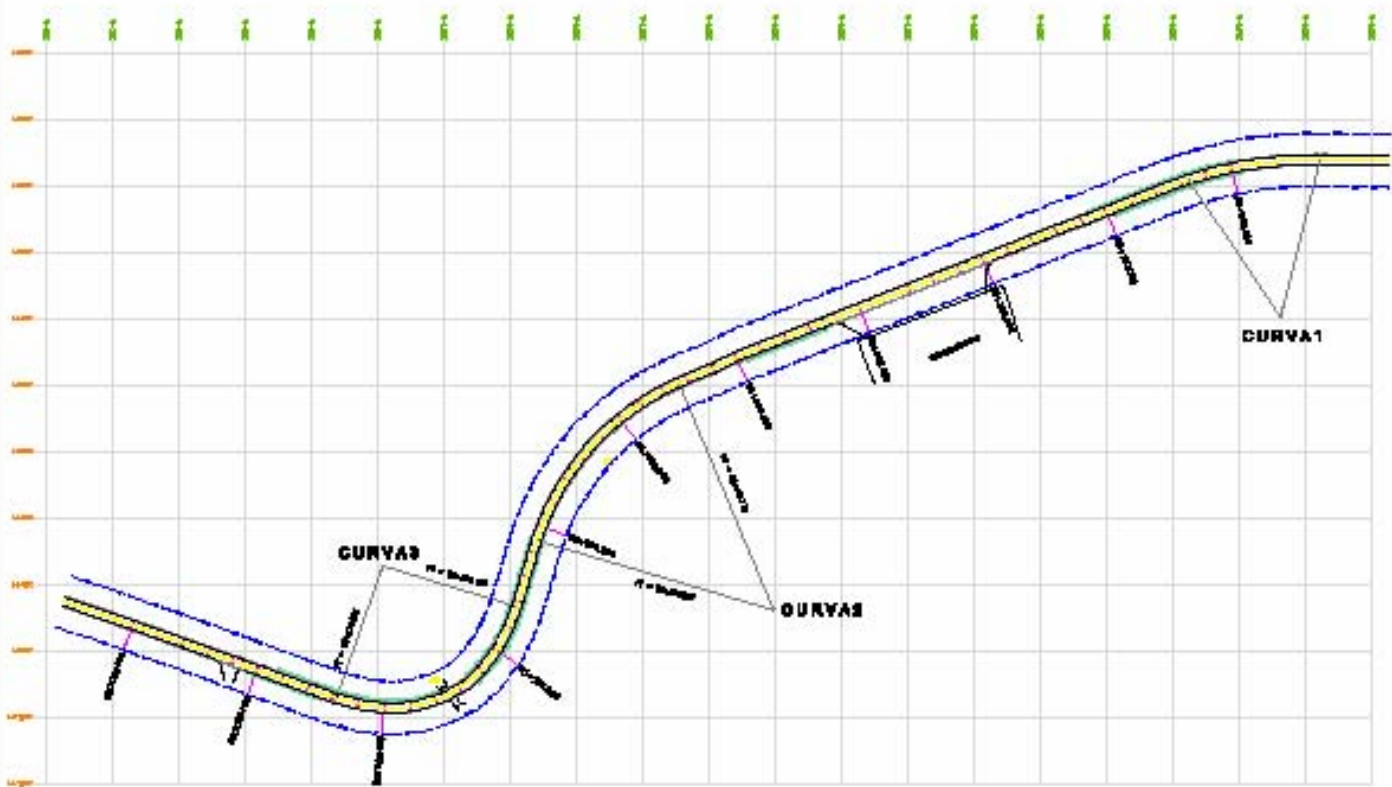
Facultad de Ingeniería de la UNAM, México

AASHO A policy on Geometric Design of Rural Highways (1965)

Estados Unidos de América.

Otras Fuentes de información: www.construaprende.com, www.mexatua.net,

www.sct.com.mx



LOCALIZACION:



PROYECTO



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

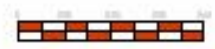
ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	CONVERSIONES		
	DEL SIEMPRE	DE SIEMPRE	SIEMPRE
...
...
...
...
...
...
...

CURVAS ACTUALES

COMPONENTES	VALORES			UNIDAD
	1	2	3	
...
...
...
...
...

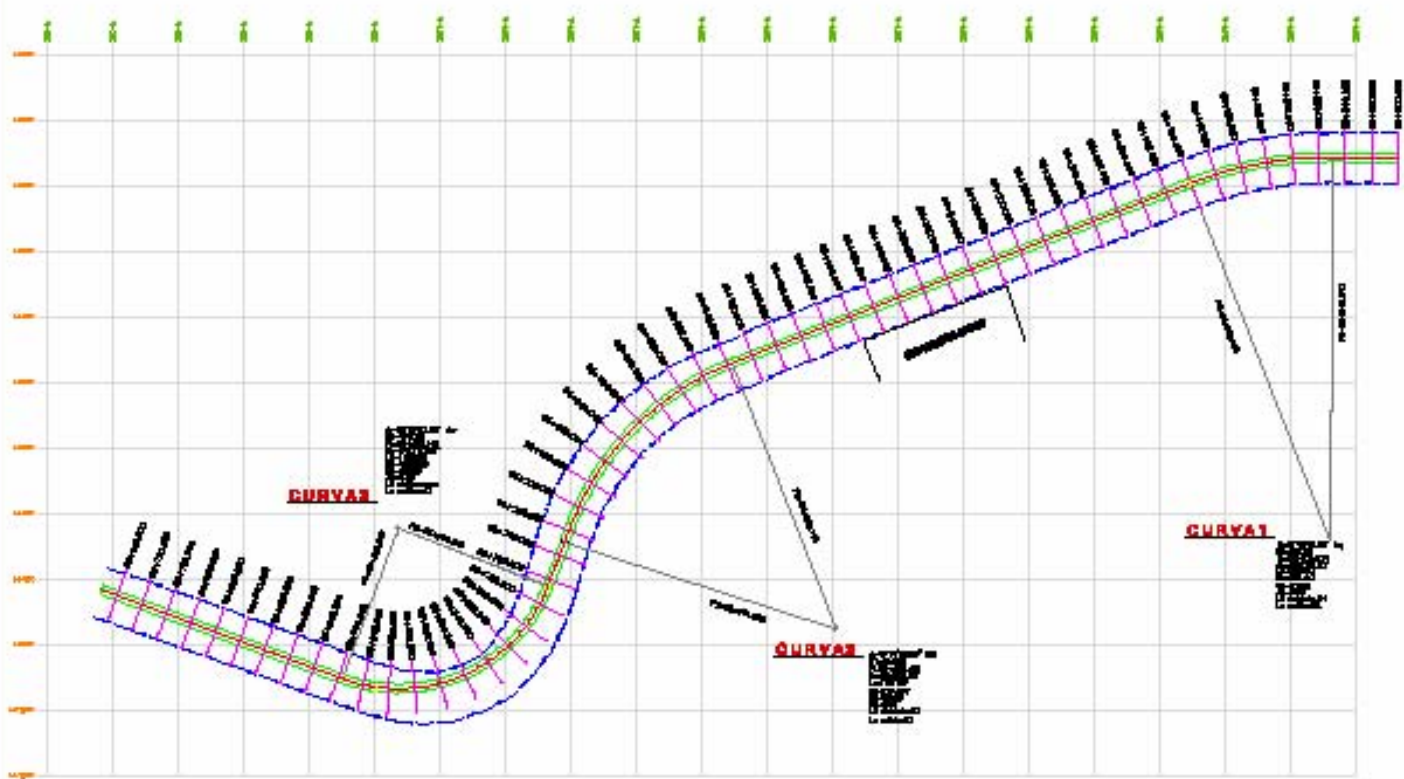
ESCALA GRÁFICA 1:1000



NO. DEL PLAN
01

...
PROYECTO ARQUITECTÓNICO ACERCA...

...
PA-01
1:1000
MÉTRICO
MAP



LOCALIZACION:



PROYECTO



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESPECIFICACIONES:

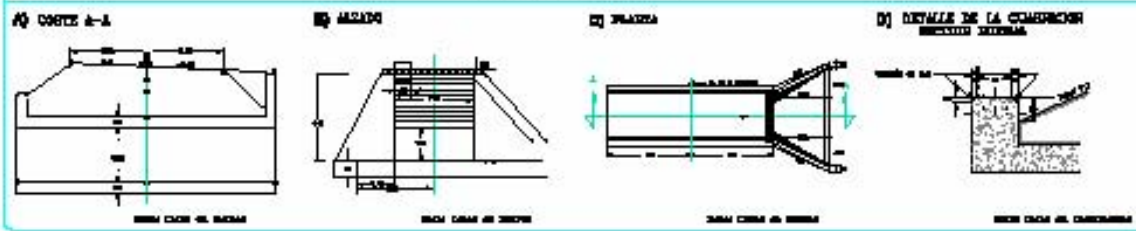
CONCEPTOS	CONDICIONES		
	DEL TRAZO	DE DESARROLLO	SECCION
SECCION	SI	SI	SI
ALINEAMIENTO	SI	SI	SI
SECCION TRANSVERSAL	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS DE OBRAS	SI	SI	SI

ESCALA: SECCIONAL 1:100

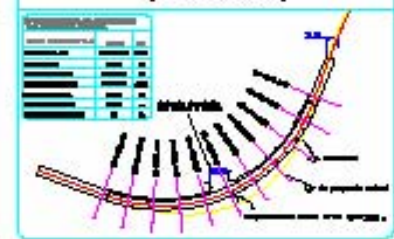
CURVAS MODIFICADAS

CONCEPTOS	VALORES			SECCION
	1	2	3	
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	-
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI
SECCION DE OBRAS	SI	SI	SI	SI

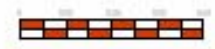
DETALLE DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL A LA CURVA



EMPLAZAMIENTO SOBRE BASE DE PROYECTO (PLAN Y SECCIONES)



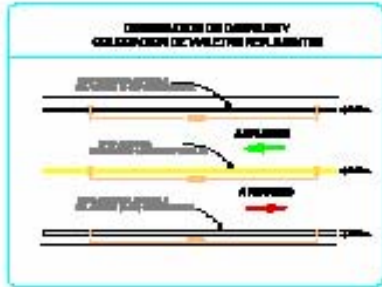
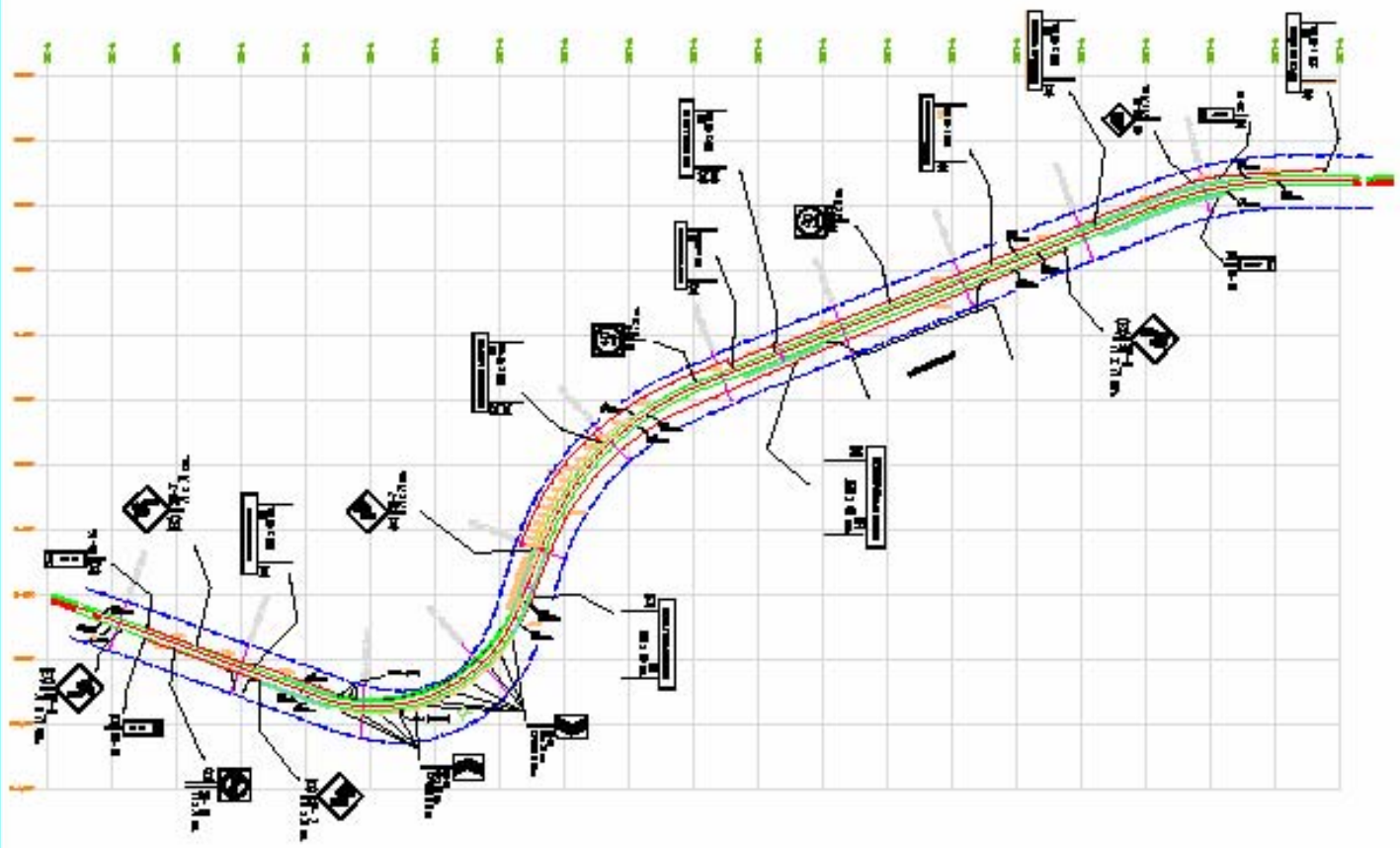
ESCALA GRAFICA 1:1000



02

PROYECTO: OBRAS DE DRENAJE
DISEÑADO: [Nombre]
PLANEACION, SECCIONES
DISEÑADO: [Nombre]
PROYECTO GEOMETRICO MODIFICADO

ESCALA: PIS-01
SECCION: 1:1000
MATERIAL: [Material]
FECHA: [Fecha]



PROYECTO


Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURAS Y MOVILIDAD
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE INGENIERÍA CIVIL

ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	Condiciones		
	CONTRATO	EN PROYECTO	REPRO
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI
SEÑALIZACIÓN	SI	SI	SI

ESCALA: 1:1000



ESCALA GRÁFICA 1:1000

04

TÍTULO: Proyecto de mejora de la infraestructura de transporte	NÚMERO: 04
AUTOR: DAVANI	ESCALA: 1:1000
PROYECTO: PLAN DE MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	FECHA: 2023
REALIZACIÓN: DAVANI	

A) SECCIONES DE TERRENO



NOTAS

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

LOCALIZACION:



PROYECTO

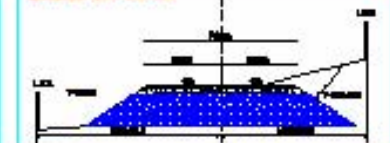


ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	CANTIDADES		
	DEL DISEÑO	DE EJECUCION	TOTAL
...
...
...
...
...
...
...
...

SECCION TIPO:



ESCALA: 1:1000

ESCALA GRAFICA 1:1000

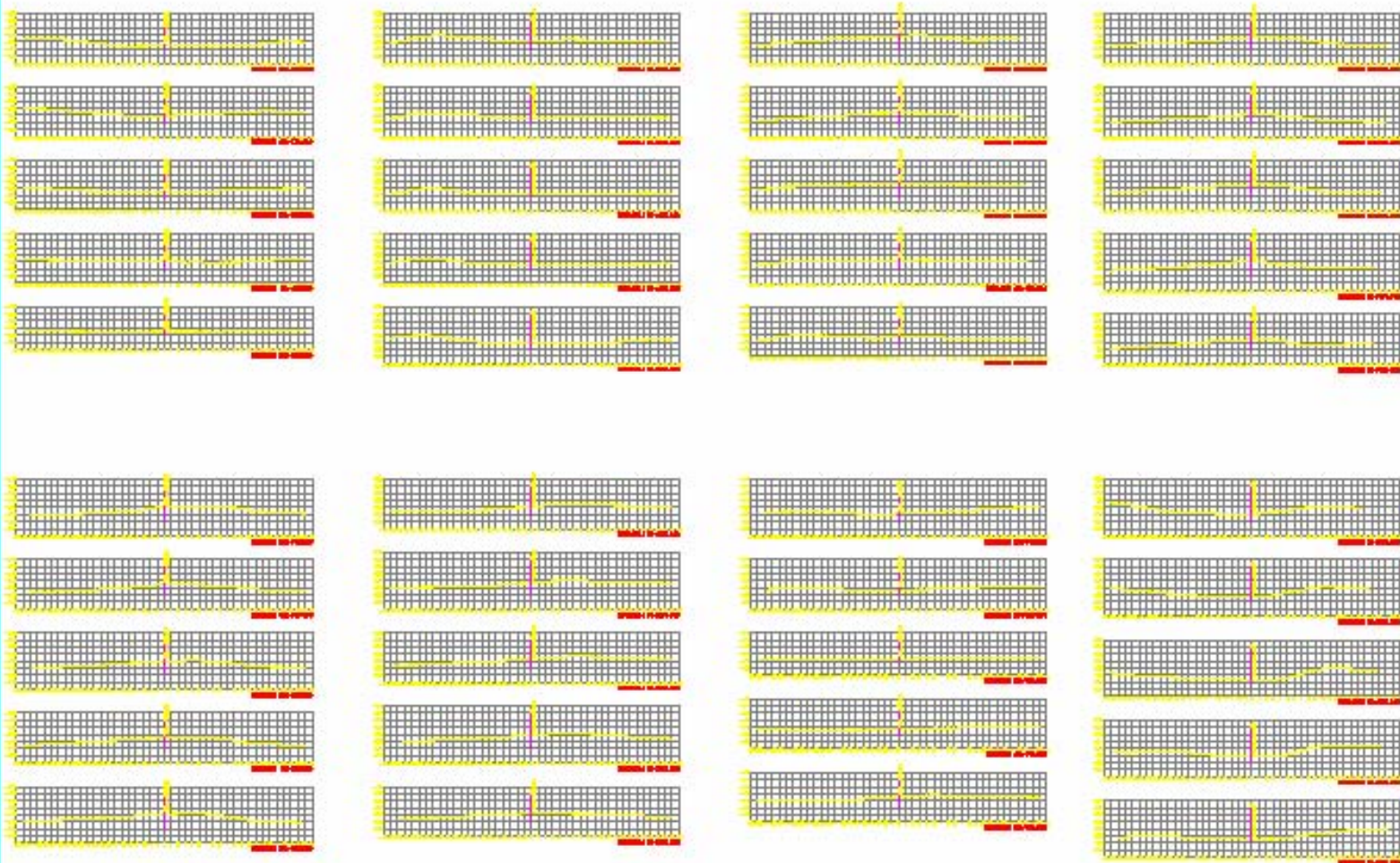


NO. SECCIONES

05

TIPO DE SECCION	SECCION TIPO
PROYECTO	1:1000
ESCALA	METROS
FECHA	...

A) SECCIONES DE TERRENO



NOTAS:
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

LOCALIZACION:



PROYECTO

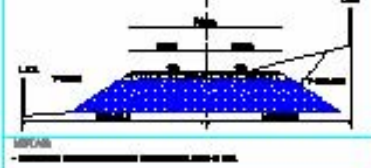


INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANTILLANA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

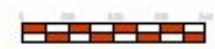
ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	CANTIDAD		
	UNIDADES	EN METROS	EN METROS
ALICATADO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1
ALICATADO DE PAVIMENTOS DE TRÁNSITO	1	1	1

SECCION TIPO:



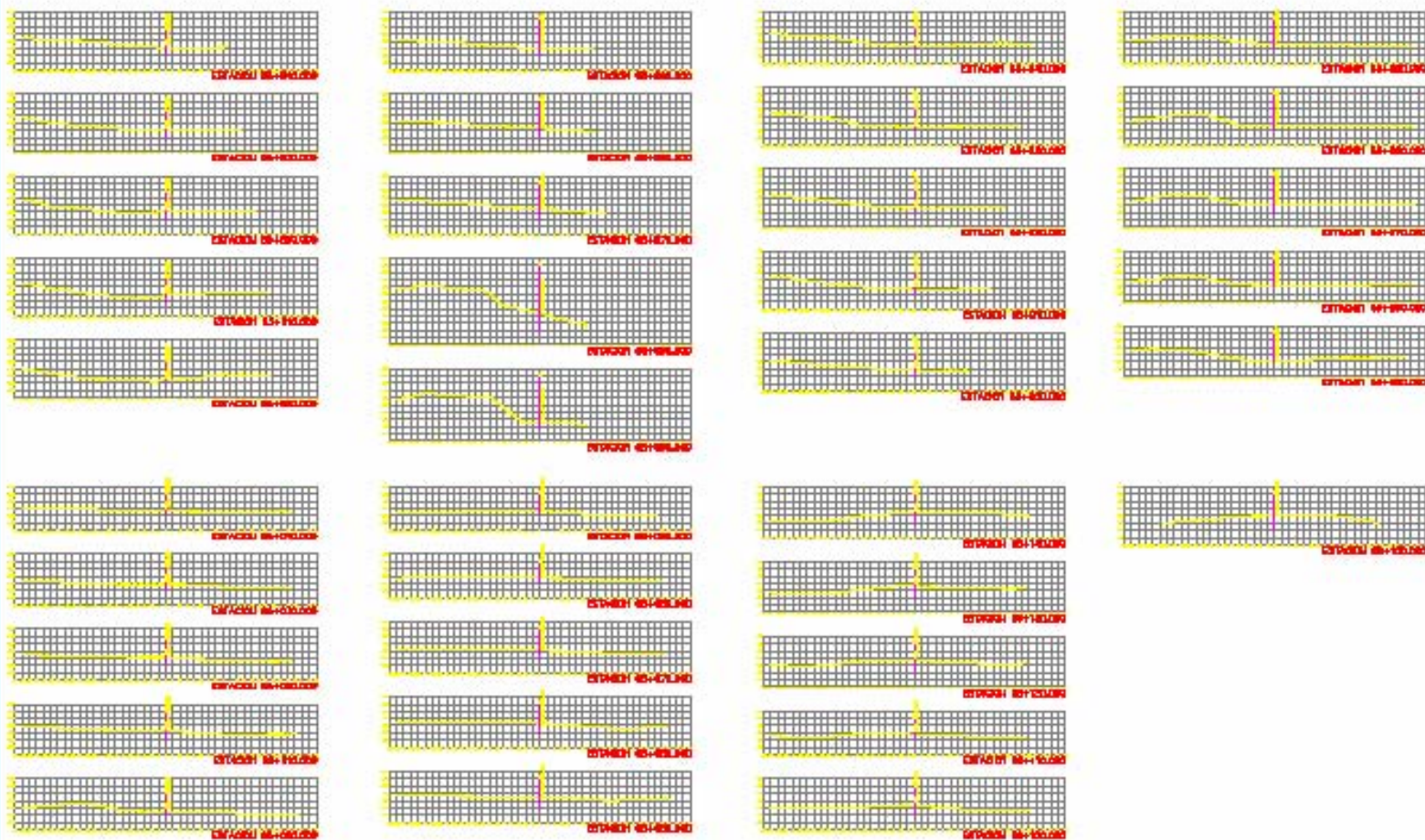
ESCALA GRAFICA 1:1000



06

PROYECTO	06
ESCALA	1:1000
FECHA DE ELABORACION	2023
FECHA DE APROBACION	2023
FECHA DE REVISION	2023
FECHA DE EMISION	2023

A) SECCIONES DE TERRENO



LISTAS
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

LOCALIZACION:



PROYECTO

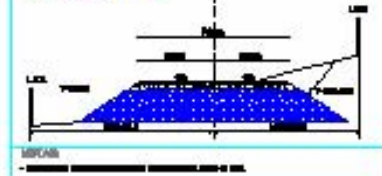


Asociación de Ingenieros Civiles de España
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL

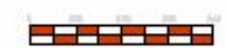
ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	Cuantificación		
	CONTRATO	SE DESPLAZA	TIPO
...
...
...
...
...
...
...
...
...

SECCION TIPO:



ESCALA GRAFICA 1:1000

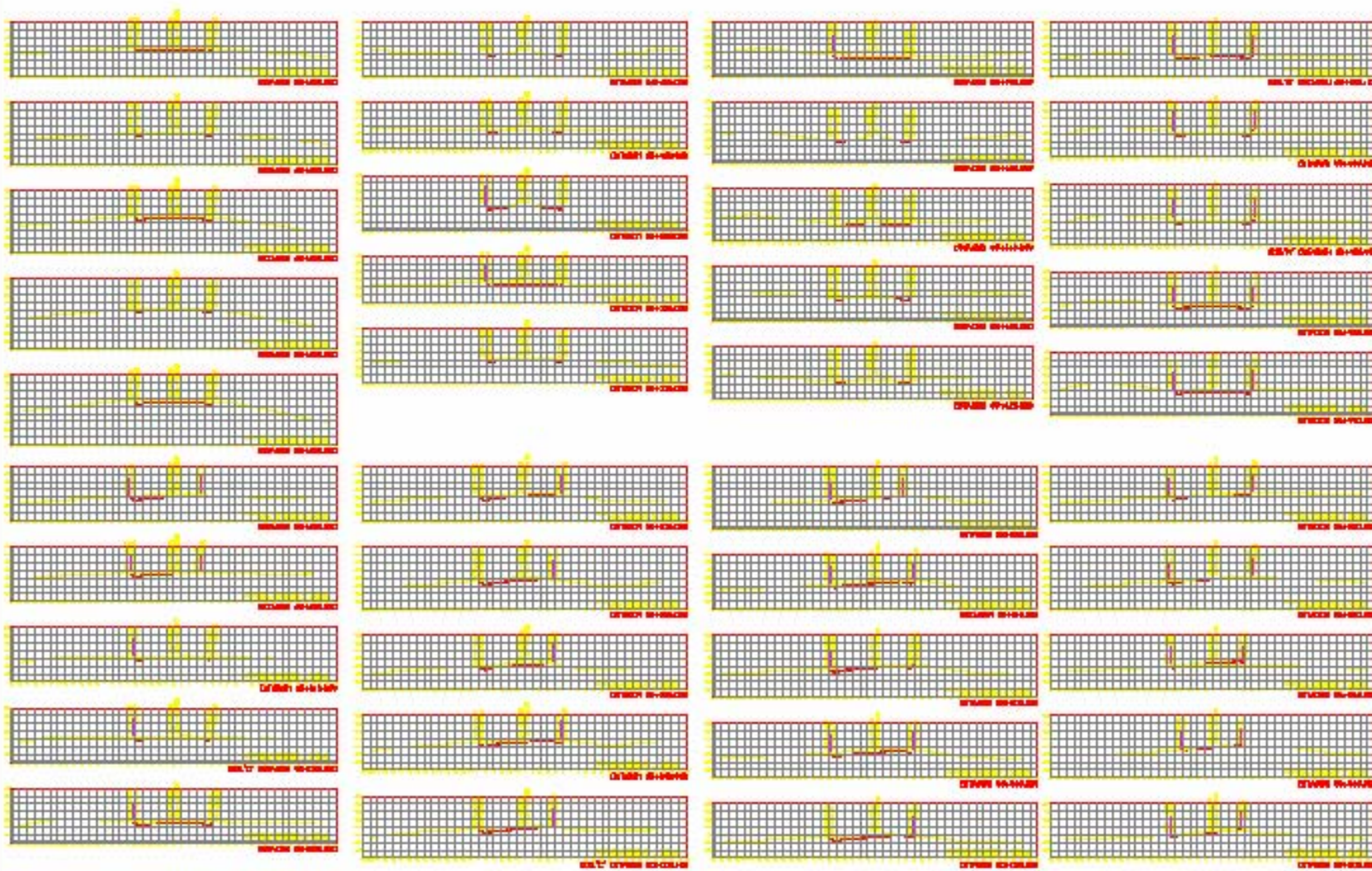


07

PROYECTO
 DISEÑO
 DISEÑO
 DISEÑO
 DISEÑO
 DISEÑO

ESCALA
1:1000
1:1000
1:1000
1:1000

B) SECCIONES DE PROYECTO



NOTAS:
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
 ESCALA VERTICAL 1 : 100



PROYECTO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	Cantidad		
	UNIDADES	M ²	M ³
TRAZADO	1	1	1
ESTRUCTURAS	1	1	1
REJES DE BARRERA	1	1	1
SEÑALIZACION	1	1	1
OTROS	1	1	1
TOTAL	1	1	1

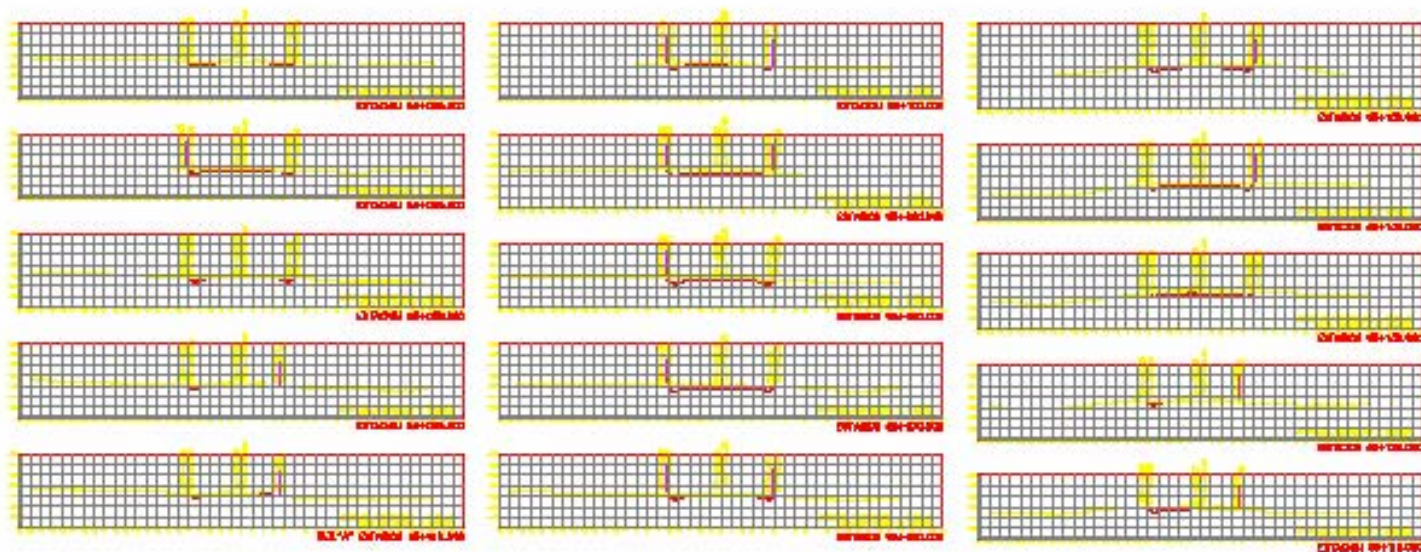


ESCALA GRAFICA 1:1000

09

PROYECTO	SECCION TIPO
INSTITUCION	UNIVERSIDAD DE CUENCA
ESCALA	1:1000
PROYECTO	SECCION TIPO
PROYECTO	SECCION TIPO

B) SECCIONES DE PROYECTO



NOTAS:

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

LOCALIZACION:



PROYECTO



UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESPECIFICACIONES:

CONCEPTOS	Condiciones		
	DEL TIPO	DE DESPLAZO	SECCION
TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI
TIPO DE TIPO	SI	SI	SI

SECCION TIPO:



NOTAS:
- SECCION TIPO DE TIPO DE TIPO

ESCALA GRAFICA 1:1000



11

PROYECTO	SECCION
TIPO DE TIPO	1:1000
ESCALA GRAFICA	1:1000
ESCALA HORIZONTAL	1:100
ESCALA VERTICAL	1:100
ESCALA GRAFICA	1:1000
ESCALA HORIZONTAL	1:100
ESCALA VERTICAL	1:100
ESCALA GRAFICA	1:1000
ESCALA HORIZONTAL	1:100
ESCALA VERTICAL	1:100

