



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

UN/M  
POSGRADO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO  
GEOMÉTRICO Y DE SEÑALAMIENTO PARA UN CAMINO TIPO "C"**

**T E S I N A**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES**

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

**ING. FELIPE ALVAREZ AAS**

**DIRECTOR DE TESINA: ING. GUILLERMO ESQUIVEL CASTAÑEDA**

**MÉXICO, D.F.**

**SEPTIEMBRE 2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>i</b>
<b>I. PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS</b> .....	<b>1</b>
1.1 Elementos básicos para el proyecto.....	1
1.2 Tipos de caminos de acuerdo con su utilidad socioeconómica .....	4
1.3 Clasificación de las carreteras .....	5
1.4 Metodología del proyecto.....	8
1.4.1 Selección de ruta.....	9
1.4.2 Anteproyecto.....	11
1.4.3 Proyecto .....	12
<b>II. REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA</b> .....	<b>13</b>
<b>III. ALINEAMIENTO HORIZONTAL</b> .....	<b>16</b>
3.1 Curvas circulares.....	16
3.2 Curvas circulares con espirales de transición.....	22
3.3 Tangentes .....	28
3.4 Sobreelevaciones y ampliaciones.....	31
3.4.1 Tablas para la obtención de la sobreelevación, ampliación y longitud de transición .....	35
3.5 Ejemplo para el cálculo de curvas horizontales, sobreelevaciones, ampliaciones, y deflexiones.....	40
3.5.1 Curva circular.....	40
3.5.2 Curva circular con espirales de transición.....	47
3.6 Visibilidad.....	56
3.7 Normas generales.....	57
<b>IV. ALINEAMIENTO VERTICAL</b> .....	<b>59</b>
4.1 Tangentes .....	59
4.2 Curvas verticales.....	61
4.2.1 Ejemplo de cálculo .....	65
4.2.2 Presentación de cálculo de una curva vertical.....	68
4.3 Proyecto de Subrasante.....	69
4.3.1 Subrasante económica.....	69
4.4 Normas generales.....	70
<b>V. CÁLCULO DE VOLÚMENES GEOMÉTRICOS</b> .....	<b>72</b>
5.1 Secciones de construcción.....	72
5.1.1 Ejemplo.....	79
5.2 Determinación de áreas .....	80
5.2 Cálculo de Volúmenes .....	80

<b>VI. CÁLCULO DE CURVA MASA Y MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS .....</b>	<b>81</b>
6.1 Propiedades de la curva masa .....	81
6.2 Datos para el cálculo de la curva masa .....	84
6.2.1 Observaciones particulares.....	85
6.2.2 Ejemplo del cuadro de datos para el cálculo de la curva masa .....	88
6.3 Procedimiento para el cálculo de la ordenada curva masa .....	89
6.4 Compensación de volúmenes de corte y terraplén .....	90
6.5 Acarreos.....	91
6.6 Posición económica de la compensadora .....	92
<b>VII. INFORME DE DATOS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>97</b>
7.1 Proceso electrónico de terracerías.....	97
7.2 Proceso tradicional .....	100
7.3 Ejemplo de proyecto con el proceso tradicional.....	102
7.3.1 Alineamiento vertical .....	102
7.3.2 Secciones de construcción .....	103
7.3.3 Volúmenes de terracerías y cálculo de curva masa.....	104
<b>VIII. SEÑALAMIENTO .....</b>	<b>105</b>
8.1 Señalamiento horizontal .....	105
8.2 Señalamiento vertical.....	106
8.2.1 Señales preventiva (SP).....	106
8.2.2 Señales restrictivas (SR) .....	108
8.2.3 Señales informativas (SI).....	110
8.2.4 Señales diversas (OD).....	111
<b>IX. PRESENTACIÓN DE PLANOS.....</b>	<b>112</b>
9.1 Planos km.....	112
9.1.1 Planta topográfica en el plano km .....	112
9.1.2 Perfil en el plano km.....	113
9.1.3 Información complementaria .....	113
9.2 Perfil de trabajo.....	115
9.2.1 Información complementaria .....	115
9.3 Secciones de construcción.....	116
9.3.1 Información complementaria .....	116
9.4 Señalamiento.....	117
9.4.1 Información complementaria .....	117
9.5 Planos definitivos.....	118
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>129</b>

# INTRODUCCIÓN

Una carretera es una infraestructura de transporte que se define como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que satisfaga las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente con el propósito de permitir el rodamiento adecuado de los vehículos, con niveles apropiados de seguridad y comodidad.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es de gran importancia ya que a través de él se establece el trazo, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. El proyecto de señalamiento, por su parte tiene el propósito de ofrecer información y mayor seguridad al usuario que transita por la carretera.

## **OBJETIVO**

Brindar a aquellos interesados en el área de proyectos de carreteras una guía de la documentación, contenido, procedimientos de cálculo y presentación requeridas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el proyecto geométrico y proyecto de señalamiento.

## **HIPÓTESIS**

El conocimiento de las normas y manuales son de importancia para establecer criterios y procedimientos para el desarrollo de los proyectos.

# CAPÍTULO I

## PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

El proyecto geométrico de las vías comprende el dimensionamiento de sus elementos físicos (las secciones transversales, el alineamiento vertical y el alineamiento horizontal). Las características del usuario, de los vehículos, del tránsito y velocidad sirven de base para la determinación de las dimensiones físicas de estos elementos.

### 1.1 ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO

#### **Usuario**

Es el elemento crítico en la determinación de muchas de las características del proyecto. Debido a la importancia de los usuarios en el flujo vehicular, hay que tomar en cuenta las limitaciones y el comportamiento de los mismos.

El comportamiento de una persona se puede ver afectada de alguna forma por las condiciones de su medio ambiente como son el uso de suelo, condiciones atmosféricas, elementos fijos de tránsito y la corriente del tránsito y sus características. Igualmente se consideran las condiciones de su propio sistema orgánico, como son el alcohol, las deficiencias físicas y problemas emocionales. Especial atención requiere la consideración de la visión del conductor, su agudeza visual, visión periférica, la recuperación al deslumbramiento, sensibilidad visual al color y la profundidad de la percepción.

#### **Vehículo**

Una carretera tiene por objeto permitir la circulación libre y de manera económica, segura y cómoda a los usuarios de la misma. Así pues, la vía debe proyectarse para satisfacer las necesidades de transportación de un lugar a otro, considerando las reacciones y

limitaciones del conductor. Por tanto, el proyecto de la vía debe realizarse en función de las características de los vehículos que circulan por ella.

Las características físicas de los vehículos, son los controles que ayudan a definir el proyecto geométrico de las carreteras, por tanto, es necesario examinar todos los tipos de vehículos, agruparlos por clases y establecer los tamaños y pesos representativos de cada grupo por utilizar.

El vehículo de proyecto se selecciona de aquellos modelos de motor con el peso, dimensiones y características operacionales que permitan uniformar el proyecto del camino; las características de este vehículo deben ser mayores que todos los de su clase y de todos aquellos que se espera utilicen el camino, de tal manera que para propósitos del diseño geométrico de carreteras, cada vehículo de proyecto tendrá dimensiones físicas más largas, así como los radios de giro mínimos mayores a todos aquellos de su clase.

Las características del vehículo de proyecto se utilizan para definir, entre otros criterios de diseño las distancias de visibilidad, la sección transversal, la longitud máxima de tangentes verticales, etc. Debe seleccionarse el que presente dimensiones y características de giro iguales a, o mayores a aquellos automotores (los más largos) esperados en un número considerable.

### **Tránsito**

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente de la demanda de los usuarios; es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, de su variación, su tasa de crecimiento y la composición.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 94.

Dada la relevancia del volumen de tránsito que absorberá el camino, para cada proyecto es importante realizar estudios necesarios para determinar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA); así también, es fundamental la evolución que tendrá éste en su vida útil.

### **Velocidad**

Es un importante factor en todo proyecto y factor definitivo al evaluar la calidad del flujo del tránsito, de ahí que sea un parámetro en el cálculo de la mayoría de los demás elementos de proyecto. Las siguientes definiciones de velocidad son las más frecuentemente empleadas y se aplican a diferentes condiciones o situaciones.

- a) *Velocidad de punto*. Está diseñada para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo en el momento de llevar a cabo el estudio, que permiten obtener la distribución de velocidades por grupos de usuarios.
- b) *Velocidad de marcha*. Es la velocidad de un vehículo en un tramo de un camino, obtenida al dividir la distancia del recorrido entre el tiempo en el cual el vehículo estuvo en movimiento.
- c) *Velocidad de operación*. Es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajar en un tramo de un camino, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad de proyecto del tramo.
- d) *Velocidad de proyecto*. Esta última es la máxima velocidad a la cual los vehículos pueden circular con seguridad por un camino y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo como son los grados de curvatura, las longitudes críticas de las pendientes longitudinales, las distancias de visibilidad, ya sean de parada, de rebase o de encuentro y sobreelevaciones en curva.

## 1.2 TIPOS DE CAMINOS DE ACUERDO CON SU UTILIDAD SOCIOECONÓMICA

### **Caminos de Integración nacional**

Son aquellos que principalmente sirven para unir el territorio del país.<sup>2</sup>

### **Caminos con función social**

Son aquellos cuyo fin principal es incorporar los núcleos poblacionales al desarrollo nacional. En cuanto a los estudios de función social, se realizan en zonas de baja potencialidad económica, pero con fuerte concentración de población. Su evaluación se realiza con base en la relación entre el costo de inversión y el número de habitantes por servir.<sup>2</sup>

### **Caminos de penetración económica**

Se denomina así a las obras cuya finalidad principal es incorporar al desarrollo general las zonas potencialmente productivas en los ámbitos comerciales, agrícolas, ganaderos o turísticos. Su evaluación se realiza con base en un índice de productividad que se divide entre los beneficios y el costo de la obra, siendo los primeros, la suma de los costos de la producción que se obtiene durante un cierto tiempo, usualmente cinco años.<sup>2</sup>

### **Caminos entre zonas desarrolladas**

Son aquellas obras que se realizan en zonas donde ya existen vías que ofrecen el servicio, las cuales se desean mejorar o construir, para disminuir los costos de operación del usuario además de mejorar el tránsito en los caminos. La evaluación está en función de la disminución de los costos de transportación a los usuarios.

La evaluación de estos caminos se hace a través de la relación beneficio-costos, denominado Índice de Recuperación, que se calcula dividiendo los ahorros que se tendrán

---

<sup>2</sup> Alonzo Salomón, Lauro Ariel y Rodríguez Rufino, Gabriel J. *Carreteras*. Universidad Autónoma de Yucatán: México, 2005. Página 151.

al utilizarse la nueva obra entre el costo de construcción.

### **1.3 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS**

En la práctica mexicana se distinguen varias clasificaciones de carreteras. Se tienen principalmente las siguientes:

#### **Clasificación por transitabilidad**

En general corresponde a etapas de construcción y se dividen en:

- a) *Pavimentada*. Cuando se ha construido totalmente la estructura de pavimento (asfalto o concreto).
- b) *Revestida*. Cuando sobre la capa subrasante se ha colocado una o varias capas de material granular y es transitable todo el año.
- c) *Terracería*. Cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante, transitable únicamente en tiempo de secas.

#### **Clasificación administrativa**

Por lo general, es independiente de las características técnicas de la carretera; clasificándolas más bien, según la dependencia del gobierno encargada de la construcción, conservación u operación, como sigue:

- a) *Federal*. Son costeadas íntegramente por la federación. Están a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- b) *Estatal (bipartitas)*. Son construidos por el sistema de cooperación 50% aportado por la Federación y 50% por el Estado.
- c) *Alimentadora (tripartitas)*. Denominados también caminos vecinales, son construidos con cooperación, pagando un tercio de su valor los vecinos beneficiados, un tercio aporta la Federación y un tercio restante el Estado.
- d) *De cuota*. Quedan a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos y otras autopistas

concesionadas a la iniciativa privada, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

### **Clasificación técnica oficial**

Permite distinguir en forma precisa la categoría física de la carretera, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito y las normas geométricas.

Para ello, las normas para proyecto geométrico de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las clasifican, de acuerdo con el tránsito diario promedio anual (TDPA) para el horizonte de proyecto, en la forma siguiente:

*Tipo A4 o A4S* para un TDPA de 5000 a 20 000 vehículos.

*Tipo A2* para un TDPA de 3000 a 5000 vehículos.

*Tipo B* Para un TDPA de 1500 a 3000 vehículos.

*Tipo C* Para un TDPA de 500 a 1500 vehículos.

*Tipo D* para un TDPA de 100 a 500 vehículos.

*Tipo E* para un TDPA de hasta 100 vehículos.

Dentro de esta clasificación también se distingue la clasificación según la configuración del terreno:

- a) *Camino en terreno plano.* Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que permita a los vehículos pesados mantener una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros.
- b) *Camino en terreno lomerío.* Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad debajo de la de los vehículos ligeros, en algunos tramos de la carretera.
- c) *Camino en terreno montañoso.* Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obligan a los vehículos pesados a operar con velocidades muy bajas en distancias considerables y a intervalos frecuentes.

Los valores principales de las características geométricas de acuerdo con la clasificación técnica oficial se resumen en la tabla 1.3:

TABLA 1.3 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																													
		E					D					C					B					A									
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Veh/día	HASTA 100					100 a 500					500 a 1500					1500 a 3000					MÁS DE 3000									
TERRENO	-																														
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	110	110	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	5.24	3.25	2.75
CURVAS	K	CRESTA	m / %																												
		COLUMPIO	m / %																												
VERTICALES	LONGITUD	m																													
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9					8					6					5					4									
		7					6					5					4					3									
		-					-					-					-					-									
PENDIENTE MÁXIMA	%	13					12					8					7					6									
		10					9					7					6					5									
		7					6					5					4					4									
ANCHO DE CALZADA	m	4.0					6.0					6.0					7.0					A2	A4	A4S							
		7.0					2 x 7.0					2 x 7.0					2 carriles					4 carriles	4 carriles								
ANCHO DE CORONA	m	4.0					6.0					7.0					9.0					12.0	2 x 10.5	2 x 11.0							
		Un cuerpo					Un cuerpo					Cuerpo por separado																			
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-					-					0.5					1.0					2.5	3.0 Ext. 0.5 Int.	3.0 Ext. 1.0 Int.							
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-					-					-					-					-	> 1.0	> 8.0							
BOMBEO	%	3.0					3.0					2.0					2.0					2.0									
SOBREELEVACIÓN MÁXIMA	%	1.0					10.0					10.0					10.0					10.0									

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico*. México, 1984. Página 9.

### **Clasificación en áreas urbanas**

Dentro del criterio de planeación, se pueden fijar funciones específicas a las diferentes carreteras y calles, para así atender las necesidades de movilidad de personas y mercancías, de una manera rápida, confortable y segura y a las necesidades de accesibilidad a las distintas propiedades o uso del área.

- a) *Autopista y vías rápidas.* Las autopistas son las que facilitan el movimiento rápido de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel. Estas dos arterias forman parte del sistema o red vial primaria de un área urbana.
- b) *Calles principales.* Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas direcciones.
- c) *Calles colectoras.* Son las que ligan a las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- d) *Calles locales.* Proporcionan acceso directo a las propiedades; además de facilitar el tránsito local.

### **1.4 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 más 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 fallas.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 55.

- b) El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada, permite generalmente una economía considerable en la construcción y operación de las obras.<sup>1</sup>
- 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.<sup>1</sup>
- 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.<sup>1</sup>

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

Selección de ruta

Anteproyecto

Proyecto

#### **1.4.1 Selección de ruta**

Una ruta es la franja de la corteza terrestre de ancho variable entre dos puntos obligados dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino, tomando en cuenta razones de tipo técnicas, económicas, sociales, políticas.

La selección de ruta es la etapa más importante del proyecto en el estudio de una carretera, este proceso implica varias actividades, desde el acopio de datos así como su análisis y verificación de los mismos, hasta los levantamientos terrestres y aéreos necesarios para determinar los costos y las ventajas que cada una tenga, para que así, de esta forma se elija la más conveniente.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 55.

### **Recolección de datos**

La recolección de datos es esencial para la realización del proyecto, ya que con ella se tiene un efecto determinante en la localización y elección del tipo de carretera. Los datos de tránsito en conjunto con los de la topografía, hidrología, drenaje y el uso de tierra constituyen la información básica para el proyecto de caminos, además para la elección esquemática de una posible ruta es necesario que el proyectista, cuente con cartas geográficas y geológicas.

### **Estudio sobre cartas geográficas**

Las principales cartas geográficas disponibles son las elaboradas por el INEGI, a escala 1:250 000, 1:100 000, 1:50 000 y 1:25 000 cubriendo territorio nacional. El estudio de esas cartas permite formarse una idea de las características más importantes de la región, sobre todo en lo que respecta a su topografía, a su hidrología y a la ubicación de las poblaciones. Sobre estas cartas se dibujan las diferentes líneas que definen las posibles rutas donde deberá tenerse especial cuidado en aquellos puntos obligados principales que guíen el alineamiento general de la ruta. Para ello, la ruta en estudio se divide en tramos y estos a su vez en subtramos, designados generalmente con los nombres de los pueblos extremos que unen. También deberá señalarse los puntos obligados intermedios y considerar los desniveles entre puntos obligados, así como las distancias entre ellos, para conocer la pendiente que regirá en su trazado.

### **Reconocimientos**

Una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos, se comienza con el trabajo de campo con reconocimientos del terreno los cuales pueden ser terrestres, aéreos o una combinación de ambos.

*Reconocimiento terrestre.* Este tipo de reconocimiento se realiza cuando no es posible realizarlo de manera aérea o cuando el proyecto no lo requiera; su limitación redunda en

que el ingeniero no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea, para realizarlo es necesario contar con un guía que conozca la región.

*Reconocimiento aéreo.* Con este tipo de reconocimiento se observa el terreno desde la altura que se quiera, alcanzando grandes zonas lo que representa una mayor ventaja sobre los demás. Existen tres reconocimientos aéreos:

- a) El primer reconocimiento aéreo se efectúa en avioneta y su propósito es determinar las rutas que sean factible y fijar el área que debe fotografiarse a escala 1:50 000.
- b) Después de haber hecho la interpretación de las fotografías a escala 1:50 000 se lleva a cabo el segundo reconocimiento con el propósito de comprobar los datos obtenidos con anterioridad, después se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías a escala 1:25 000.
- c) Este se realiza a lo largo de la poligonal en estudio o trazo preliminar del camino y puede hacerse de manera aérea o terrestre.

*Reconocimiento combinado.* Es una combinación de las dos anteriores y se lleva a cabo en las siguientes circunstancias:

- a) Cuando no se cuenta con fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en helicóptero o avión.
- b) Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y no es posible continuar con el reconocimiento aéreo.

#### **1.4.2 Anteproyecto**

Es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, donde se define la sección transversal, así como los alineamientos horizontal y vertical que seguirá el camino.

### **1.4.3 Proyecto**

La etapa de proyecto se inicia una vez situada la línea, con estudio de una precisión tal, que permiten definir las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones de los escurrimientos que cruza.

Un proyecto es el resultado de los estudios en los que se han considerado todos los casos previstos y se han establecido normas para la realización de la obra y para resolver aquellos otros casos que puedan presentarse y que no hayan estado considerados.

# **CAPÍTULO II**

## **REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA**

Todo proyecto carretero requiere de los elementos necesarios para poder ejecutar, valorar y cuantificar la obra, por ello la Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece ciertos requerimientos mismos que se mencionan a continuación:

### **Levantamiento topográfico**

1. Trazo
2. Referencias de trazo
3. Nivelación diferencial
4. Secciones transversales del terreno natural
5. Trazo, nivelación y seccionamiento de las obras de drenaje menor
6. Levantamiento e inventario de obras inducidas
7. Informe fotográfico

### **Estudio geotécnico y diseño de espesores de pavimento**

1. Informe de terracerías de la línea de trazo
2. Informe de terracerías de bancos de materiales
3. Resumen ejecutivo
4. Estudio de estabilidad de taludes
5. Cuadro de datos para el cálculo de la curva masa
6. Informe fotográfico

### **Proyecto constructivo de drenaje**

1. Plano de cuencas

2. Datos generales para el proyecto de obras de drenaje
3. Estudio de subdrenaje
4. Estudio de drenaje de obras complementarias
5. Dimensionamiento y cantidades de obra de drenaje menor

### **Proyecto geométrico**

1. Cálculos de los alineamientos horizontal y vertical.
2. Proceso electrónico ó similar al programa de la SCT que contenga:
  - Volúmenes de terracerías por kilómetro
  - Cálculo de curva masa
  - Alineamiento vertical
  - Secciones de construcción
3. Planos km
4. Perfiles de trabajo
5. Secciones de construcción

### **Proyecto de señalamiento**

1. Planos de señalamiento

### **Catálogo de conceptos y cantidades de obra**

### **Presupuesto de obra**

### **Especificaciones técnicas particulares**

### **Programa de ejecución**

Debido a los alcances de la tesina, en los próximos capítulos, únicamente se describirán los elementos que integran el proyecto geométrico y proyecto de señalamiento, que para

su entendimiento se ejemplificarán con fragmentos de un proyecto real denominado “Elaboración de los estudios y proyectos del camino: Entronque Estación Loreto - Baca, del km 0+000 – 8+200, en el Estado de Sinaloa”.

# CAPÍTULO III

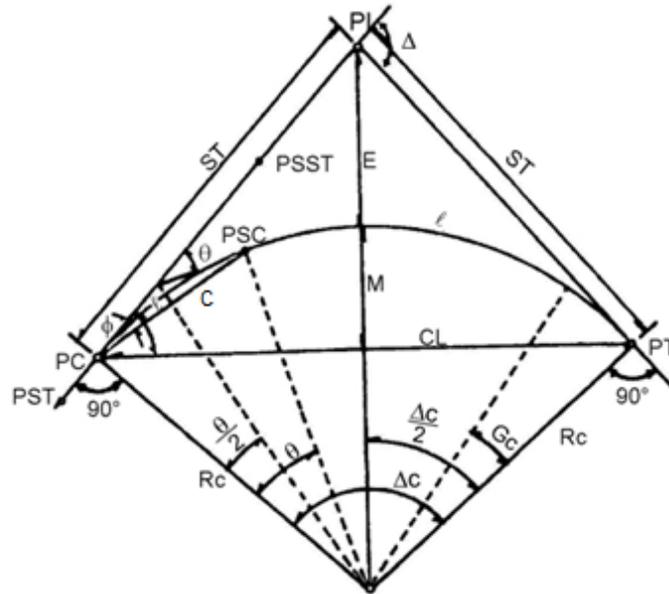
## ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino o proyecto. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes y las curvas; estas últimas pueden ser circulares o circulares con espirales de transición según sea el caso.

### 3.1 CURVAS CIRCULARES

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

a) *Curvas circulares simples.* Se identifican cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares simples tienen los elementos característicos y se calculan de la siguiente manera.



- |  |  |
|--|--|
| PI = Punto de inflexión                  | Gc = Grado de curvatura de la curva            |
| PC = Punto donde comienza la curva       | Rc = Radio de curvatura de la curva            |
| PT = Punto donde termina la curva        | ST = Subtangente                               |
| PST = Punto sobre tangente               | E = Externa                                    |
| PSST = Punto sobre subtangente           | M = Ordenada media                             |
| PSC = Punto sobre la curva               | CL = Cuerda larga                              |
| O = Centro de la curva circular          | ℓc = Longitud de la curva circular             |
| Δ = Angulo de deflexión de las tangentes | θ = Angulo de deflexión a un PSC               |
| Δc = Angulo central de la curva          | φ = Angulo de una cuerda cualquiera            |
| θc = Angulo de la cuerda larga           | C = Cuerda                                     |
|  | ℓ = Longitud de un arco cualquiera en la curva |

FIGURA 3.1.A. ELEMENTOS DE LA CURVA SIMPLE

1. Radio de curvatura mínimo.- Es el radio mínimo permisible de la curva circular. Se simboliza como  $R_{c\text{mín}}$

$$R_{c\text{mín}} = \frac{V^2}{127(S_{\text{máx}} + f)} \quad (3.1.1)$$

En donde:

V = Velocidad de proyecto

f = Coeficiente de fricción lateral

$S_{\text{máx}}$  = Sobreelevación máxima de la curva, en m/m.

V = Velocidad de proyecto

Los valores de  $f$  y  $S_{m\acute{a}x}$  se obtienen de la tabla 3.1.

TABLA 3.1. VALORES DE LA SOBREELEVACIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL.

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	SOBREELEVACION MAXIMA m/m
30	0.280	0.10
40	0.230	0.10
50	0.190	0.10
60	0.165	0.10
70	0.150	0.10
80	0.140	0.10
90	0.135	0.10
100	0.130	0.10
110	0.125	0.10

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico.* México, 1984. Página 18.

2. Grado de curvatura.- Es el ángulo subtendido por un arco de 20m. Se representa con la letra  $G_c$ :

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c} \quad (3.1.2)$$

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto, está dada por la expresión

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{1145.92}{R_{c_{m\acute{i}n}}} \quad (3.1.3)$$

3. Radio de curvatura.- Es el radio de la curva circular. Se simboliza como  $R_c$

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c} \quad (3.1.4)$$

4. Ángulo central.- Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como  $\Delta_c$ . En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

5. Longitud de curva.- Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se le representa como  $l_c$

$$l_c = \frac{20\Delta_c}{G_c} \quad (3.1.5)$$

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

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2} \quad (3.1.6)$$

7. Externa.- Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E.

$$E = R_c \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta_c}{2}} - 1 \right) \quad (3.1.7)$$

8. Ordenada media.- Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra M.

$$M = R_c \left( 1 - \cos \frac{\Delta_c}{2} \right) \quad (3.1.8)$$

9. 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.

$$\theta = \frac{G_c l}{20} \quad (3.1.9)$$

10. Cuerda.- Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Si esos puntos son el PC y el PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga.

$$C = 2R_c \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \quad (3.1.10)$$

Para la cuerda larga:

$$CL = 2R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta_c}{2} \quad (3.1.11)$$

11. Ángulo de la cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada.

$$\phi = \frac{G_c l}{40} \quad (3.1.12)$$

Para la cuerda larga:

$$\phi_c = \frac{G_c l_c}{40} \quad (3.1.13)$$

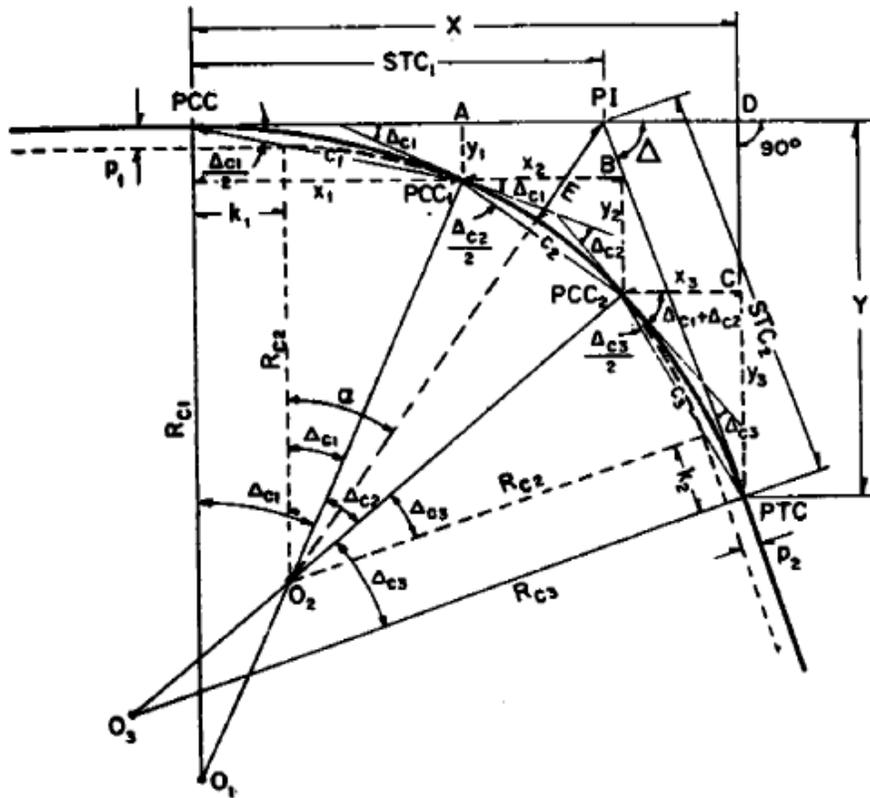
12. Punto donde comienza la curva (PC).

$$PC = PI - ST \quad (3.1.14)$$

13. Punto donde termina la curva (PT).

$$PT = PC + l_c \quad (3.1.15)$$

b) *Curvas circulares compuestas.* Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia en común entre dos consecutivas. En el caso de que sean del mismo sentido, se llaman curvas compuestas directas y cuando son de sentido contrario se les llama curvas compuestas inversas.



- PI** Punto de intersección de las tangentes  
**PCC** Punto donde se inicia la curva circular compuesta  
**PTC** Punto donde termina la curva circular compuesta  
**PCC<sub>1</sub>, PCC<sub>2</sub>** Puntos de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra  
**O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>** Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta  
  
**Δ** Angulo de deflexión entre las tangentes  
**Δ<sub>c1</sub>, Δ<sub>c2</sub>, Δ<sub>c3</sub>** Angulos centrales de las curvas circulares simples  
**R<sub>c1</sub>, R<sub>c2</sub>, R<sub>c3</sub>** Radios de cada una de las curvas circulares simples  
**STC<sub>1</sub>, STC<sub>2</sub>** Subtangentes de la curva circular compuesta  
**p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>** Desplazamientos de la curva central para curva compuesta de tres centros

FIGURA 3.1.B. ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR COMPUESTA

Esta tipo de curvas deben evitarse en caminos, porque introducen cambios de curvatura que resultan peligrosos; sin embargo se pueden emplear en terrenos montañosos, cuando se quiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o

topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras. También se pueden utilizar cuando existen limitaciones de libertad en el diseño, como por ejemplo, en los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones, en este último se tiene como condición que la relación entre los radios de las curvas no sobrepase de 2 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación.

### **3.2 CURVAS CIRCULARES CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN**

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas circulares con espirales de transición.<sup>1</sup>

Las curvas circulares con espirales de transición constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida. Cuando las espirales de entrada tienen la misma longitud, la curva es simétrica, en caso contrario es asimétrica. Este tipo de curvas se utilizan exclusivamente en carreteras tipo A, B, y C y sólo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea de 7% o mayor.

Las ventajas que ofrecen este tipo de curvas son las siguientes:

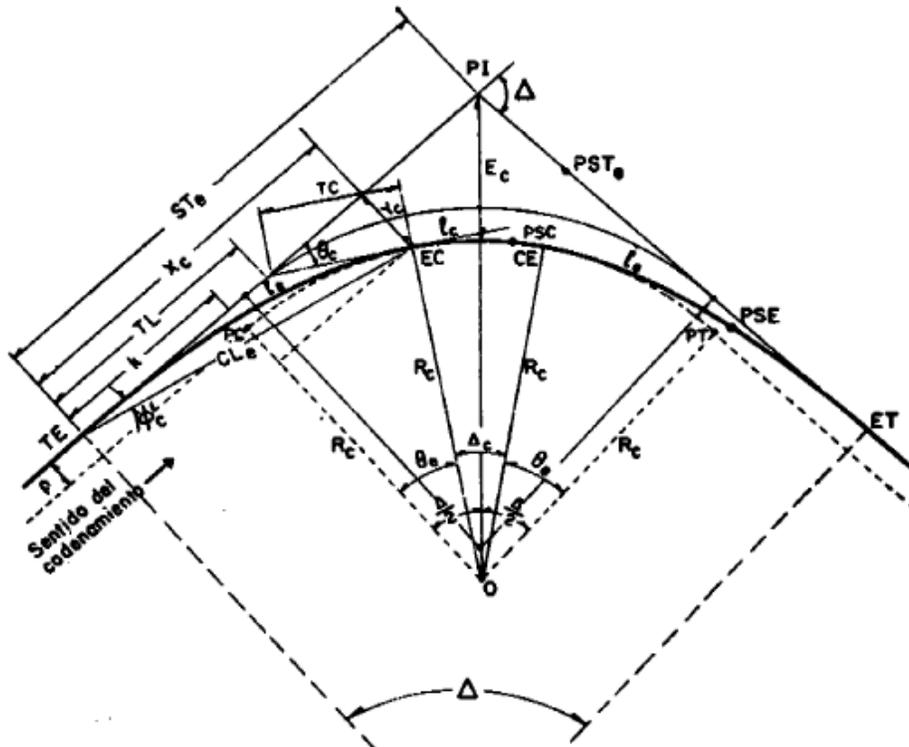
1. Las curvas circulares con espirales de transición diseñadas adecuadamente ofrecen al conductor una trayectoria fácil de seguir, de manera que la fuerza centrífuga se incremente y decrezca gradualmente conforme el vehículo entra en la curva circular y sale de ella. La fuerza centrífuga pasa de un valor cero, en el comienzo de la curva espiral, al valor máximo al final de la misma en una forma gradual.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 304.

2. Como consecuencia de lo anterior, resulta fácil para un conductor mantenerse en su carril sin disminuir la velocidad.
3. La longitud de la curva de transición permite un adecuado desarrollo de la sobreelevación cumpliéndose aproximadamente la relación velocidad-radio para el vehículo circulante. Si no se intercala una curva de transición, la sobreelevación debe iniciarse en la parte recta y en consecuencia el vehículo tiende a deslizarse hacia la parte interior de la curva, siendo necesaria una maniobra forzada para mantenerlo en su carril cuando el vehículo aún va en la parte recta.
4. Cuando la sección transversal necesita ser ensanchada a lo largo de una curva circular, la curva de transición también facilita la transición del ancho.
5. El aspecto de la curva resulta agradable.

Las curvas circulares con espirales de transición tienen los elementos característicos y se calculan de la siguiente manera.



- PI Punto de intersección de las tangentes
- TE Punto donde termina la tangente y empieza la espiral
- EC Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular
- CE Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral
- ET Punto donde termina la espiral y empieza la tangente
- PSC Punto sobre la curva circular
- PSE Punto sobre la espiral
- PST<sub>e</sub> Punto sobre la subtangente

- Δ Ángulo de deflexión de las tangentes
- Δ<sub>c</sub> Ángulo central de la curva circular
- θ<sub>e</sub> Deflexión de la espiral
- φ<sub>c</sub> Ángulo de la cuerda larga de la espiral

- ST<sub>e</sub> Subtangente
- X<sub>c</sub>, Y<sub>c</sub> Coordenadas del EC o del CE
- k, p Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)
- TL Tangente larga
- TC Tangente corta
- CL<sub>e</sub> Cuerda larga de la espiral
- E<sub>c</sub> Externa
- R<sub>c</sub> Radio de la curva circular
- l<sub>e</sub> Longitud de la espiral de entrada o salida
- l<sub>c</sub> Longitud de la curva circular

FIGURA 3.2. ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN

1. Grado de curvatura de la curva circular.- Es el ángulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c} \quad (3.2.1)$$

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

2. Longitud de la espiral.- Es la longitud medida sobre la curva entre el TE y el EC, o del CE al ET. Su valor mínimo se determina con la siguiente expresión:

$$L_e = 8VS \quad (3.2.2)$$

En donde:

$L_e$  es la longitud de la espiral, en metros.

$V$  es la velocidad de proyecto, en km/h

$S$  es la sobreelevación de la curva circular en m/m

Para carreteras tipo A-4, la longitud de la espiral calculada con esta fórmula deberá multiplicarse por 1.7.

3. Parámetro de la espiral.- Es la magnitud que define las dimensiones de la espiral.

$$K = \sqrt{R_c l_c} \quad (3.2.3)$$

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

5. Ángulo central de la curva circular.- Es el ángulo formado entre el EC y CE medido a partir del centro de la curva circular.

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e \quad (3.2.4)$$

6. Deflexión a un punto cualquiera de la espiral.- Es el ángulo comprendido entre la tangente en TE o ET y la tangente en un punto cualquiera PSE.

$$\theta = \left(\frac{L}{Le}\right)^2 \theta_e \quad (3.2.5)$$

7. Deflexión de la espiral.- Es el ángulo comprendido entre las tangentes a la espiral en sus puntos extremos.

$$\theta_e = \frac{G_c Le}{40} \quad (3.2.6)$$

8. Longitud de curva.- Es la longitud del arco entre el EC y el CE. Se le representa como  $l_c$

$$l_c = \frac{20\Delta_c}{G_c} \quad (3.2.7)$$

9. Longitud total de la curva.- Es la suma de las longitudes de las dos espirales de transición y de la longitud de curva circular.

$$L_T = 2Le + l_c \quad (3.2.8)$$

10. Coordenadas del EC o del CE de la curva.

$$X_c = \frac{Le}{100} (100 - 0.00305\theta_e^2) \quad (3.2.9)$$

$$Y_c = \frac{Le}{100} (0.582\theta_e - 0.0000126\theta_e^3) \quad (3.2.10)$$

11. Coordenadas del PC o del PT de la curva circular.

$$p = Y_c - R_c(1 - \cos\theta_e) \quad (3.2.11)$$

$$k = X_c - R_c \text{sen}\theta_e \quad (3.2.12)$$

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

$$ST_e = k + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} \quad (3.2.13)$$

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

$$E_c = (R_c + p) \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R_c \quad (3.2.14)$$

14. Cuerda.- Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Si estos puntos son el TE y EC o el ET y el CE, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga.

$$C_e = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (3.2.15)$$

Para la cuerda larga:

$$CL_e = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} \quad (3.2.16)$$

15. Ángulo de la cuerda.- Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada.

$$\phi = \arctan \frac{y}{x} \quad (3.2.17)$$

16. Tangente larga. Es el tramo de subtangente comprendido entre el TE o ET y la intersección con la tangente a EC o CE.

$$TL = X_c - Y_c \frac{1}{\tan \theta_e} \quad (3.2.18)$$

17. Tangente corta. Es el tramo de la tangente a CE o EC comprendida entre uno de estos puntos y la intersección con la subtangente correspondiente.

$$TC = Y_c \frac{1}{\sen \theta_e} \quad (3.2.19)$$

18. Punto donde termina la tangente y empieza la espiral (TE).

$$TE = PI - ST_e \quad (3.2.20)$$

19. Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular (EC).

$$EC = TE + L_e \quad (3.2.21)$$

20. Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral (CE).

$$CE = EC + l_c \quad (3.2.22)$$

21. Punto donde termina la espiral y empieza la tangente (ET).

$$ET = CE + L_e \quad (3.2.23)$$

### 3.3 TANGENTES

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Estas están definidas por su longitud (T), así como su dirección, que puede medirse por el azimut (A). Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y el ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente es representada por  $\Delta$  y se calcula como la diferencia de azimuts. Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de las curvas anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente y se le representa por PST.

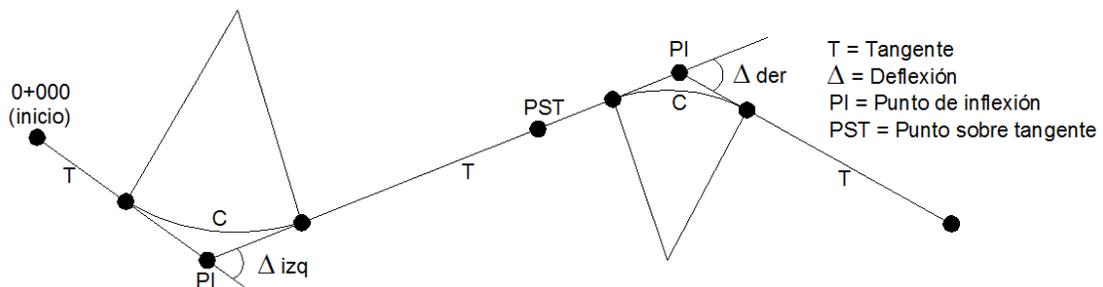


FIGURA 3.3.A. ESQUEMA GENERAL DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

**Longitud mínima**

La longitud mínima de tangente es aquella que permita hacer, en forma adecuada, las transiciones de sobreelevación y ampliación entre dos curvas consecutivas.

Cuando en el proyecto existan curvas consecutivas inversas, la longitud mínima de tangente debe cumplir con lo siguiente:

- Entre dos curvas circulares con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.

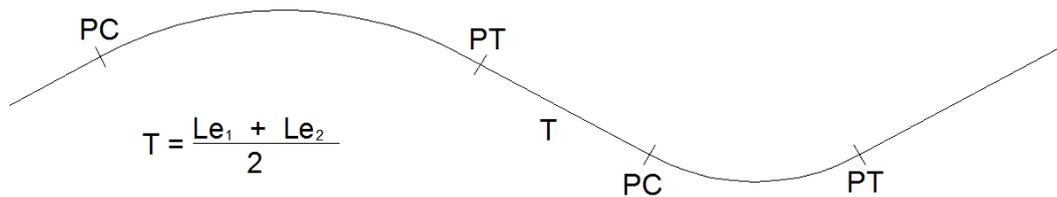


FIGURA 3.3.B. ESQUEMA ENTRE DOS CURVAS CIRCULARES SIMPLES

- Entre dos curvas circulares con espirales de transición, podrá ser igual a cero.

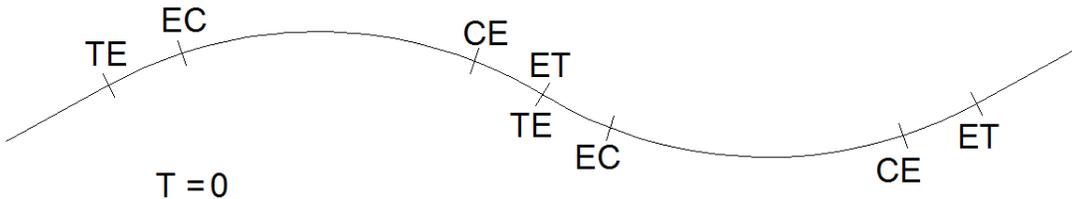


FIGURA 3.3.C. ESQUEMA ENTRE DOS CURVAS CIRCULARES CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN MIXTA

- Entre dos curvas circulares cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.

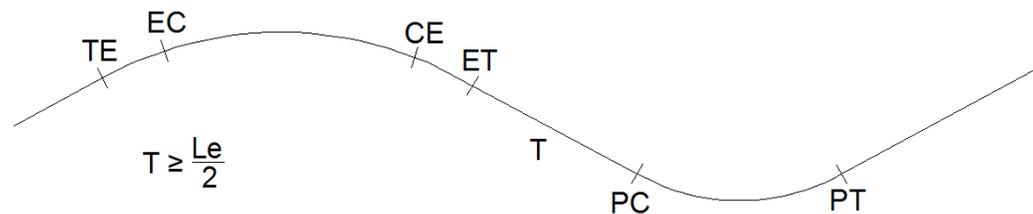


FIGURA 3.3.D. ESQUEMA ENTRE UNA CURVA CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN MIXTA Y UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE

Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado, sin embargo, para reducir el efecto desfavorable que estas curvas ejercen sobre el conductor es conveniente considerar para el proyecto:

- La longitud en metros de la tangente que separa el PT del PC de dos curvas circulares con transiciones mixtas, es mayor o igual a 1.7 veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora.

$$T \geq 1.7V_p \quad (3.3.1)$$

- La longitud en metros de la tangente que separa ET del TE de dos curvas circulares con espirales de transición es mayor o igual a 1.7 veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la semisuma de las longitudes de las espirales.

$$T \geq 1.7V_p - \frac{Le_1 + Le_2}{2} \quad (3.3.2)$$

- La longitud en metros de la tangente que separa el PT del TE o el ET del PC de dos curvas circulares, teniendo una de ellas espiral y la otra de transición mixta, es mayor o igual a 1.7 veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la longitud de la espiral.

$$T \geq 1.7V_p - Le \quad (3.3.3)$$

Si la longitud de la tangente entre curvas consecutivas en el mismo sentido no cumple con lo indicado anteriormente, se podrán sustituir por una sola curva que se ajuste, en lo posible, al trazo original, o por otras curvas de mayor grado, pero menores al máximo, para lograr la condición de tangente libre de 1.7 veces la velocidad de proyecto.

### **Longitud máxima**

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en punto fijos del camino durante bastante

tiempo, o bien, por que favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene evitar la longitud de las tangentes, sustituyendo dichas tangentes por otras de menor longitud unidas entre sí por curvas suaves. En la normativa no se establecen límites específicos en cuanto a la longitud máxima de una tangente, sin embargo, algunos autores recomiendan que estas no excedan los 15 km y otros más conservadores recomiendan que estos tramos rectos tengan como máximo 5 km de longitud.

### **3.4 SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES**

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación de la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición.<sup>1</sup>

Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, el cambio de la pendiente transversal de la corona puede efectuarse una parte sobre las tangentes contiguas a las curvas y otra parte sobre la curva circular. Las normas de proyecto geométrico SCT especifican que estas, transiciones mixtas deben proyectarse considerando un medio de su longitud sobre la tangente del alineamiento horizontal y el medio restante dentro de la curva circular.

Además de los cambios de pendiente, también es necesario dar un ancho adicional a la corona y calzada. Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el centro del carril de circulación correspondiente. La ampliación de la calzada en las curvas, se da en el lado

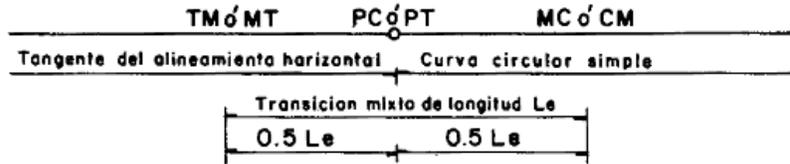
---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 374.

interior y para pasar del ancho de calzada en tangente al ancho de calzada en curva. A este incremento del ancho se le denominada ampliación (Ac).

**LOCALIZACION RELATIVA DE LAS TRANSICIONES**

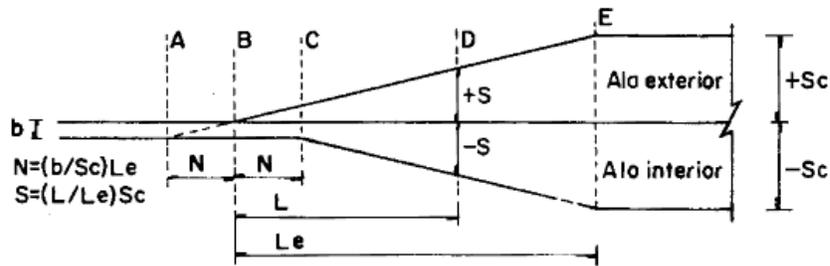
a) Transición mixta



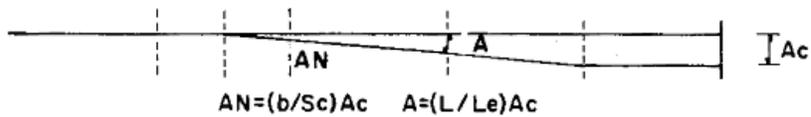
b) Espiral de transición



**VARIACION DE LA SOBREELEVACION**



**VARIACION DE LA AMPLIACION**



**SECCIONES TRANSVERSALES**

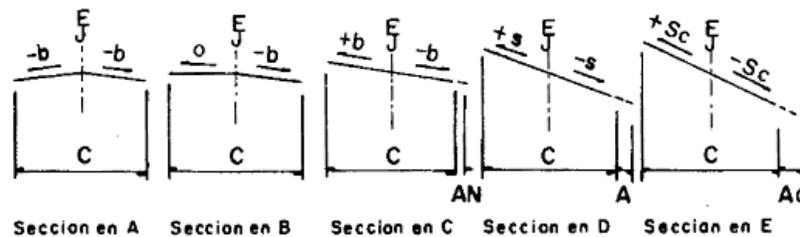


FIGURA 3.4.A. DESARROLLO DE LA SOBREELEVACIÓN Y LA AMPLIACIÓN

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico.* México, 1984. Página 42.

En la figura 3.4.A se muestran los puntos auxiliares donde varían la sobreelevación y la ampliación en curvas horizontales. Para la determinación de estos puntos se presentan tres casos, los cuales son:

1. En curvas circulares simples se satisface la condición de que al menos el tercio central de la curva contenga la sobreelevación máxima ( $Le/2 \leq Lc/3$ ). Los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} TT_1 &= PC - (Le/2) & N_1 &= TT_1 - N \\ TT_2 &= PC + (Le/2) & N_2 &= TT_1 + N \\ TT_3 &= PT - (Le/2) & N_3 &= TT_4 - N \\ TT_4 &= PT + (Le/2) & N_4 &= TT_4 + N \end{aligned}$$

$$N = (Le/Sc) \times b$$

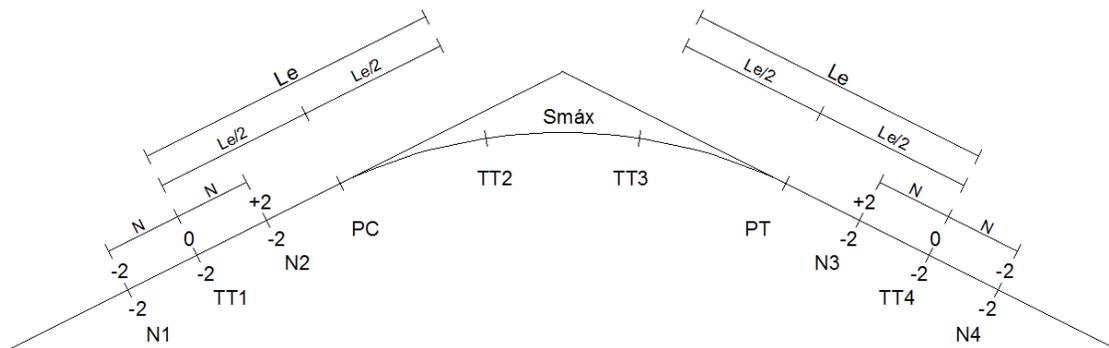


FIGURA 3.4.B. DESARROLLO DE LA SOBREELEVACIÓN Y LA AMPLIACIÓN EN CURVA CIRCULAR SIMPLE

2. En curvas circulares simples no se satisface la condición de que al menos el tercio central de la curva contenga la sobreelevación máxima ( $Le/2 > Lc/3$ ). Por lo que los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} TT_1 &= TT_2 - (Le) & N_1 &= TT_1 - N \\ TT_2 &= PC + (Lc/3) & N_2 &= TT_1 + N \\ TT_3 &= PT - (Lc/3) & N_3 &= TT_4 - N \\ TT_4 &= TT_3 + (Le) & N_4 &= TT_4 + N \end{aligned}$$

$$N = (Le/Sc) \times b$$

3. Cuando se tienen curvas circulares con espirales de transición, toda la longitud de la curva circular ( $L_c$ ) contiene la sobreelevación máxima por lo que no es necesario hacer ninguna revisión. Los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} N_1 &= TE - N & TE &= PI - STe \\ N_2 &= TE + N & ET &= CE + Le \\ N_3 &= ET - N & EC &= TE + Le \\ N_4 &= ET + N & CE &= EC - Lc \end{aligned}$$

$$N = (Le/Sc) \times b$$

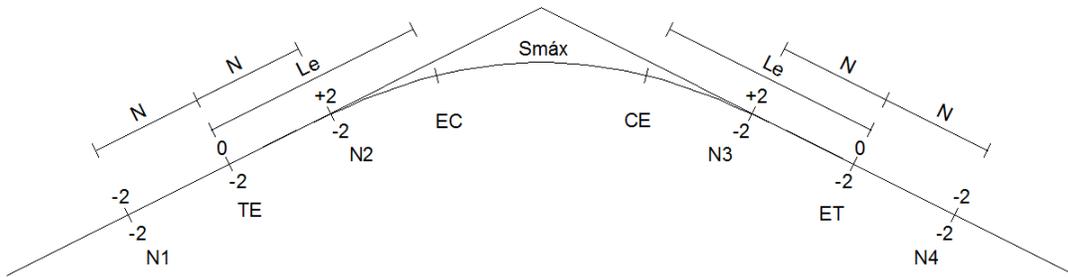


FIGURA 3.4.C. DESARROLLO DE LA SOBREELEVACIÓN Y LA AMPLIACIÓN EN CURVAS CIRCULARES CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN

En la tabla 3.4 se presenta un resumen de fórmulas de los casos anteriores para la ubicación de los puntos auxiliares.

TABLA 3.4. UBICACIÓN DE PUNTOS AUXILIARES

Caso 1	Caso 2	Caso 3
Curva simple	Curva simple	Curva espiral de transición
$Le/2 \leq Lc/3$	$Le/2 > Lc/3$	Toda la curva circular contiene la $S_c$ máxima
$N_1 = TT_1 - N$	$N_1 = TT_1 - N$	$N_1 = TE - N$
$TT_1 = PC - (Le/2)$	$TT_1 = TT_2 - (Le)$	$TE = PI - STe$
$N_2 = TT_1 + N$	$N_2 = TT_1 + N$	$N_2 = TE + N$
$TT_2 = PC + (Le/2)$	$TT_2 = PC + (Lc/3)$	$EC = TE + Le$
$TT_3 = PT - (Le/2)$	$TT_3 = PT - (Lc/3)$	$CE = ET - Le$
$N_3 = TT_4 - N$	$N_3 = TT_4 - N$	$N_3 = ET - N$
$TT_4 = PT + (Le/2)$	$TT_4 = TT_3 + (Le)$	$ET = CE + Le$
$N_4 = TT_4 + N$	$N_4 = TT_4 + N$	$N_4 = ET + N$

Para los tres casos  $N = (Le/Sc) \times b$

### **3.4.1 Tablas para la obtención de la sobreelevación, ampliación y longitud de transición.**

Para facilitar el cálculo de las sobreelevaciones, ampliaciones y longitudes de transición, se cuentan con tablas las cuales se usan de la siguiente manera:

1. Se elige la tabla correspondiente al tipo de camino que se esté proyectando de acuerdo con la clasificación técnica oficial.
2. Con el grado de curvatura y la velocidad de proyecto se entra a la tabla elegida, la intersección del renglón correspondiente a los  $G_c$  y la columna de la velocidad de proyecto dará la sobreelevación ( $Sc$ ), la longitud de transición ( $Le$ ) y la ampliación ( $Ac$ ) correspondiente.

**AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES  
CARRETERA TIPO E Y D**

VELOCIDAD			30			40			50			60			70		
Gc	Rc		Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
00°	30'	2291.832	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
01°	00'	1145.916	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
01°	30'	763.944	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
02°	00'	572.958	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
02°	30'	458.366	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
03°	00'	381.972	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
03°	30'	327.405	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
04°	00'	286.479	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
04°	30'	254.648	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
05°	00'	229.183	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
05°	30'	208.348	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
06°	00'	190.986	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
06°	30'	176.295	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
07°	00'	163.702	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
07°	30'	152.789	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
08°	00'	143.240	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
08°	30'	134.814	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
09°	00'	127.324	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
09°	30'	120.623	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10°	00'	114.592	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11°	00'	104.174	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12°	00'	95.493	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13°	00'	88.147	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14°	00'	81.851	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15°	00'	76.394	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16°	00'	71.620	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17°	00'	67.407	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18°	00'	63.662	80	3.0	10	100	6.0	19									
19°	00'	60.311	90	3.0	10	100	6.3	20									
20°	00'	57.296	90	3.3	10	100	6.7	21									
22°	00'	52.087	100	3.7	10	110	7.3	23									
24°	00'	47.747	100	4.0	10	120	8.0	26									
26°	00'	44.074	110	4.3	10	130	8.7	28									
28°	00'	40.926	110	4.7	11	130	9.3	30									
30°	00'	38.197	120	5.0	12	140	10.0	32									
32°	00'	35.810	130	5.3	13												
34°	00'	33.703	130	5.7	14												
36°	00'	31.831	140	6.0	14												
38°	00'	30.156	150	6.3	15												
40°	00'	28.648	150	6.7	16												
42°	00'	27.284	160	7.0	17												
44°	00'	26.044	160	7.3	18												
46°	00'	24.911	170	7.7	18												
48°	00'	23.873	180	8.0	19												
50°	00'	22.918	180	8.3	20												
52°	00'	22.037	190	8.7	21												
54°	00'	21.221	190	9.0	22												
56°	00'	20.463	200	9.3	22												
58°	00'	19.757	200	9.7	23												
60°	00'	19.099	210	10.0	24												

Ac AMPLIACION DE L CALZADA Y LA CORONA EN cm.  
EN CARRETERAS TIPO E Y NO SE DARA LA  
AMPLIACION POR CURVATURA A MENOS QUE SE  
PROYECTEN LIBRADEROS EN CURVAS  
HORIZONTALES.

Sc SOBREELEVACION EN PORCENTAJE

Le LONGITUD DE LA TRANSICION MIXTA, EN METROS.

**AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES  
CARRETERA TIPO C**

VELOCIDAD			40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc		Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
00° 15'	4583.664		20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
00° 30'	2291.832		20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
00° 45'	1527.888		20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
01° 00'	1145.916		20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
01° 15'	916.733		30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
01° 30'	763.944		30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
01° 45'	654.809		30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58
02° 00'	572.958		30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
02° 15'	509.296		30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	53	60	8.7	70
02° 30'	458.366		40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
02° 45'	416.697		40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
03° 00'	381.972		40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
03° 15'	352.590		40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
03° 30'	327.405		40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
03° 45'	305.578		50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.5	56	70	9.8	71			
04° 00'	286.479		50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
04° 15'	269.627		50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
04° 30'	254.648		50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
04° 45'	241.245		50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
05° 00'	229.183		50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
05° 30'	208.348		60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
06° 00'	190.986		60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
06° 30'	176.295		60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
07° 00'	163.702		70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
07° 30'	152.789		70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
08° 00'	143.240		70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
08° 30'	134.814		80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
09° 00'	127.324		80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
09° 30'	120.623		80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10° 00'	114.592		90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11° 00'	104.174		90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12° 00'	95.493		100	7.3	23	110	9.3	37															
13° 00'	88.147		100	7.6	24	110	9.6	38															
14° 00'	81.851		110	7.9	25	120	9.8	39															
15° 00'	76.394		110	8.2	26	120	9.9	40															
16° 00'	71.620		120	8.5	27	130	10.0	40															
17° 00'	67.407		120	8.7	28	140	10.0	40															
18° 00'	63.662		130	8.9	28				Ac	AMPLIACION DE L CALZADA Y LA CORONA EN cm. EN CARRETERAS TIPO E NO SE DARA LA AMPLIACION POR CURVATURA A MENOS QUE SE PROYECTEN LIBRADEROS EN CURVAS HORIZONTALES.													
19° 00'	60.311		130	9.1	29				Sc	SOBREELEVACION EN PORCENTAJE													
20° 00'	57.296		140	9.2	29				Le	LONGITUD DE LA TRANSICION MIXTA, EN METROS.													
21° 00'	54.567		140	9.4	30				( DEBAJO DE LA LINEA GRUESA SE EMPLEARAN ESPIRALES DE TRANSICION Y ARRIBA SE USARAN TRANSICIONES MIXTAS)														
22° 00'	52.087		150	9.5	30																		
23° 00'	49.822		150	9.6	31																		
24° 00'	47.747		160	9.7	31																		
25° 00'	45.837		160	9.8	31																		
26° 00'	44.074		170	9.9	32																		
27° 00'	42.441		170	9.9	32																		
28° 00'	40.926		180	10.0	32																		
29° 00'	39.514		190	10.0	32																		
30° 00'	38.197		190	10.0	32																		

**AMPLIACIONES, SOBRE ELEVACIONES Y TRANSICIONES  
CARRETERA TIPO B Y A (A2)**

VELOCIDAD			50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc		Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
00° 15'	4583.664		0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
00° 30'	2291.832		0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
00° 45'	1527.888		20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
01° 00'	1145.916		20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.5	56	30	5.2	62
01° 15'	916.733		20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	56	40	6.3	62
01° 30'	763.944		20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.5	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64
01° 45'	654.809		30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	58	50	8.1	71
02° 00'	572.958		30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	65	50	8.9	78
02° 15'	509.296		30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	53	50	8.7	70	60	9.4	83
02° 30'	458.366		30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	86
02° 45'	416.697		30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88
03° 00'	381.972		40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.9	79			
03° 15'	352.590		40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80			
03° 30'	327.405		40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	69						
03° 45'	305.578		40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71						
04° 00'	286.479		40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
04° 15'	269.627		50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72						
04° 30'	254.648		50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
04° 45'	241.245		50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
05° 00'	229.183		50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63									
05° 30'	208.348		60	6.0	28	60	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64									
06° 00'	190.986		60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
06° 30'	176.295		60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55												
07° 00'	163.702		60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55												
07° 30'	152.789		70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56												
08° 00'	143.240		70	7.6	30	80	9.4	45															
08° 30'	134.814		70	7.9	32	80	9.6	46															
09° 00'	127.324		80	8.2	33	90	9.7	47															
09° 30'	120.623		80	8.4	34	90	9.8	47															
10° 00'	114.592		80	8.6	34	90	9.9	48															
10° 30'	109.135		90	8.8	35	100	10.0	48															
11° 00'	104.174		90	9.0	36	100	10.0	48															
11° 30'	99.645		90	9.2	37																		
12° 00'	95.493		100	9.3	37																		
12° 30'	91.673		100	9.5	38																		
13° 00'	88.147		100	9.3	38																		
13° 30'	84.883		110	9.7	39																		
14° 00'	81.851		110	9.8	39																		
14° 30'	79.029		110	9.8	39																		
15° 00'	76.394		110	9.9	40																		
15° 30'	73.930		120	9.9	40																		
16° 00'	71.620		120	10.0	40																		
16° 30'	69.449		120	10.0	40																		
17° 00'	67.407		130	10.0	40																		

Ac AMPLIACION DE L CALZADA Y LA CORONA EN cm.  
EN CARRETERAS TIPO E NO SE DARA LA  
AMPLIACION POR CURVATURA A MENOS QUE SE  
PROYECTEN LIBRADEROS EN CURVAS  
HORIZONTALES.

Sc SOBREELEVACION EN PORCENTAJE

Le LONGITUD DE LA TRANSICION MIXTA, EN METROS.

( DEBAJO DE LA LINEA GRUESA SE EMPLEARAN ESPIRALES DE TRANSICION Y  
ARRIBA SE USARAN TRANSICIONES MIXTAS)

### AMPLIACIONES, SOBRE ELEVACIONES Y TRANSICIONES CARRETERA TIPO A (A4S Y A4)

VELOCIDAD			70					80					90					100					110				
Gc	Rc	Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		
		A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4S		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	
00° 15'	4583.664	0	20	2.0	39	67	0	20	2.0	45	76	0	30	2.0	50	86	0	30	2.0	56	95	0	30	2.0	62	105	
00° 30'	2291.832	20	30	2.0	39	67	20	30	2.0	45	76	20	40	2.0	50	86	20	40	2.3	56	95	20	50	2.7	62	105	
00° 45'	1527.888	20	40	2.0	39	67	20	40	2.3	45	76	30	50	2.8	50	86	30	60	3.4	56	95	30	60	4.0	62	105	
01° 00'	1145.916	20	50	2.5	39	67	30	50	3.0	45	76	30	60	3.6	50	86	30	70	4.5	56	95	30	70	5.2	62	105	
01° 15'	916.733	30	50	3.0	39	67	30	60	3.7	45	76	40	60	4.5	50	86	40	70	5.5	56	95	40	80	6.3	62	105	
01° 30'	763.944	30	60	3.5	39	67	30	60	4.4	45	76	40	70	5.3	50	86	40	80	6.4	56	95	40	90	7.3	64	109	
01° 45'	654.809	30	60	4.1	39	67	40	70	5.0	45	76	40	80	6.1	50	86	40	90	7.3	58	99	50	100	8.1	71	121	
02° 00'	572.958	30	70	4.6	39	67	40	80	5.7	45	76	40	90	6.7	50	86	50	90	8.1	65	110	50	100	8.9	78	133	
02° 15'	509.296	40	80	5.1	39	67	40	90	6.2	45	76	50	100	7.3	53	89	50	100	8.7	70	118	60	110	9.4	83	141	
02° 30'	458.366	40	80	5.5	39	67	50	90	6.8	45	76	50	100	7.9	57	97	60	110	9.2	74	125	60	120	9.8	86	147	
02° 45'	416.697	40	80	6.0	39	67	50	90	7.3	47	79	50	110	8.4	60	103	60	110	9.6	77	131	60	120	10.0	88	150	
03° 00'	381.972	50	90	6.4	39	67	50	100	7.7	49	84	60	110	8.8	63	108	60	120	9.9	79	135						
03° 15'	352.590	50	90	6.7	39	67	50	110	8.1	52	88	60	120	9.2	66	113	60	130	10.0	80	136						
03° 30'	327.405	50	100	7.1	40	68	60	110	8.5	54	92	60	120	9.6	69	118											
03° 45'	305.578	50	110	7.5	42	71	60	120	8.8	56	96	60	130	9.8	71	120											
04° 00'	286.479	50	110	7.8	44	74	60	120	9.1	58	99	70	130	9.9	71	121											
04° 15'	269.627	60	110	8.1	45	77	60	130	9.4	60	102	70	140	10.0	72	122											
04° 30'	254.648	60	120	8.4	47	80	70	130	9.6	61	104																
04° 45'	241.245	60	120	8.7	49	83	70	140	9.7	62	106																
05° 00'	229.183	60	130	8.9	50	85	70	140	9.9	63	108																
05° 15'	218.270	60	130	9.1	51	87	80	140	10.0	63	108																
05° 30'	208.348	70	140	9.3	52	89	80	150	10.0	64	109																
05° 45'	199.290	70	140	9.5	53	90																					
06° 00'	190.986	70	150	9.6	54	91																					
06° 15'	183.347	70	150	9.7	54	92																					
06° 30'	176.295	80	160	9.8	55	93																					
06° 45'	169.765	80	160	9.9	55	94																					
07° 00'	163.702	80	160	9.9	55	94																					
07° 15'	158.057	80	160	10.0	56	95																					
07° 30'	152.789	80	170	10.0	56	95																					

Ac AMPLIACION DE LA CALZADA Y LA CORONA EN cm.  
EN CARRETERAS TIPO E NO SE DARA LA  
AMPLIACION POR CURVATURA A MENOS QUE SE  
PROYECTEN LIBRADEROS EN CURVAS  
HORIZONTALES.

Sc SOBREELEVACION EN PORCENTAJE

Le LONGITUD DE LA TRANSICION MIXTA, EN METROS.

( DEBAJO DE LA LINEA GRUESA SE EMPLEARAN ESPIRALES DE TRANSICION Y  
ARRIBA SE USARAN TRANSICIONES MIXTAS)

### 3.5 EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES, SOBREELEVACIONES, AMPLIACIONES Y DEFLEXIONES

Con base en las ecuaciones y las tablas anteriores se presenta un ejemplo de cálculo para curvas circulares y uno para curvas circulares con espirales de transición.

#### 3.5.1 CURVA CIRCULAR

##### Datos

Camino tipo C

Velocidad de proyecto: 80km/h

Sentido: derecho

PI = 0+384.189 km

$\Delta = 20^\circ 57' 53.10''$

##### Elementos de la curva circular

1. Radio de curvatura mínimo.

$$R_{c_{\min}} = \frac{80^2}{127(10\% + 0.140)} = 209.97 \text{ m}$$

2. Grado máximo de curvatura.

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{1145.92}{209.97} = 5^\circ 27' 26.80''$$

3. Se propone un grado de curvatura menor al máximo calculado.

$$G_c = 3^\circ 00' 00.00''$$

4. Radio de curvatura.

$$R_c = \frac{1145.92}{3} = 381.973 \text{ m}$$

5. Longitud de curva.

$$l_c = \frac{20(20^\circ 57' 53.10'')}{3^\circ 00' 00.00''} = 139.77 \text{ m}$$

6. Subtangente.

$$ST = 381.973 \tan \frac{20^\circ 57' 53.10''}{2} = 70.673 \text{ m}$$

7. Externa.

$$E = 381.973 \left( \frac{1}{\cos \frac{20^\circ 57' 53.10''}{2}} - 1 \right) = 6.483 \text{ m}$$

8. Ordenada media.

$$M = 381.973 \left( 1 - \cos \frac{20^\circ 57' 53.10''}{2} \right) = 6.375 \text{ m}$$

9. Cuerda larga.

$$CL = 2(381.973) \sin \frac{20^\circ 57' 53.10''}{2} = 138.987 \text{ m}$$

10. Punto donde comienza la curva (PC).

$$PC = 384.189 - 70.673 = 313.52 \text{ m}$$

11. Punto donde termina la curva (PT).

$$PT = 313.52 + 139.77 = 453.28 \text{ m}$$

### Sobreelevaciones y ampliaciones

El cálculo puntos auxiliares de sobreelevaciones y ampliaciones las cuales se resuelve de la siguiente manera:

- a. Se calculan las constantes de sobreelevación y ampliación.

$$Cte\ Sobreelevación = \frac{Sc}{Le} \quad (3.5.1)$$

$$Cte\ Ampliación = \frac{Ac}{Le} \quad (3.5.2)$$

- b. En la columna “estación” se colocan los kilometrajes correspondientes a la ubicación de los puntos auxiliares según los casos descritos anteriormente, asimismo se colocan los cadenamientos de las estaciones cerradas de 20 m.
- c. En la columna “transición” se colocan las distancias que existen con respecto a TT1 y TT4 considerando si la curva es de entrada o de salida.
- d. Para obtener las sobreelevaciones y ampliaciones, se debe multiplicar el valor del renglón de la transición por las constantes calculadas en el punto 1, tomando en cuenta la ubicación donde inicia la sobreelevación y la ampliación, así como el sentido de la curva.

## 12. Constantes

$$Cte\ Sobreelevación = \frac{7.70\%}{49\ m} = 0.0016\ \%/m$$

$$Cte\ Ampliación = \frac{0.60\ m}{49\ m} = 0.0122\ m/m$$

$$N = \frac{49}{7.70\%} \times 2\% = 12.73\ m$$

13. Comprobación

$$Le/2 \leq Lc/3$$

$$49/2 \leq 139.77/3$$

$$24.5 \text{ m} \leq 46.59 \text{ m}$$

$\therefore$  aplica el caso 1

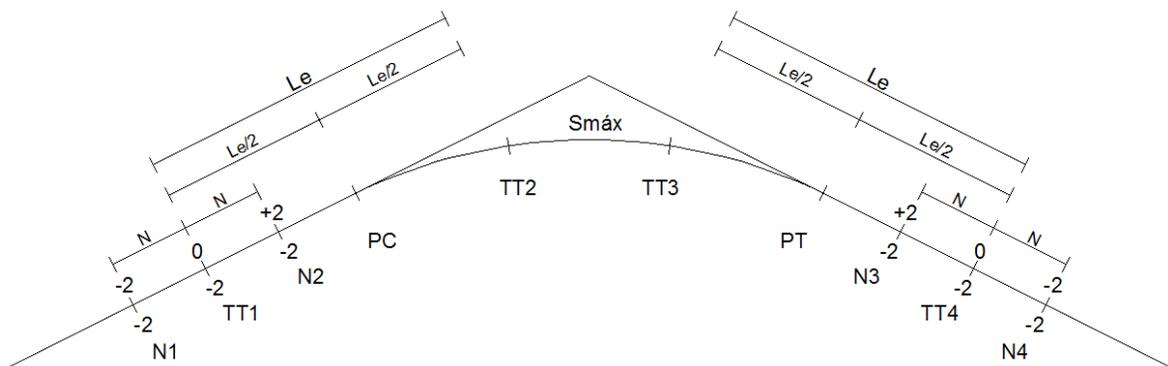
14. Puntos auxiliares

$$TT_1 = 313.52 \text{ m} - 24.5 \text{ m} = 289.02 \text{ m} \quad N_1 = 289.02 \text{ m} - 12.73 \text{ m} = 276.29 \text{ m}$$

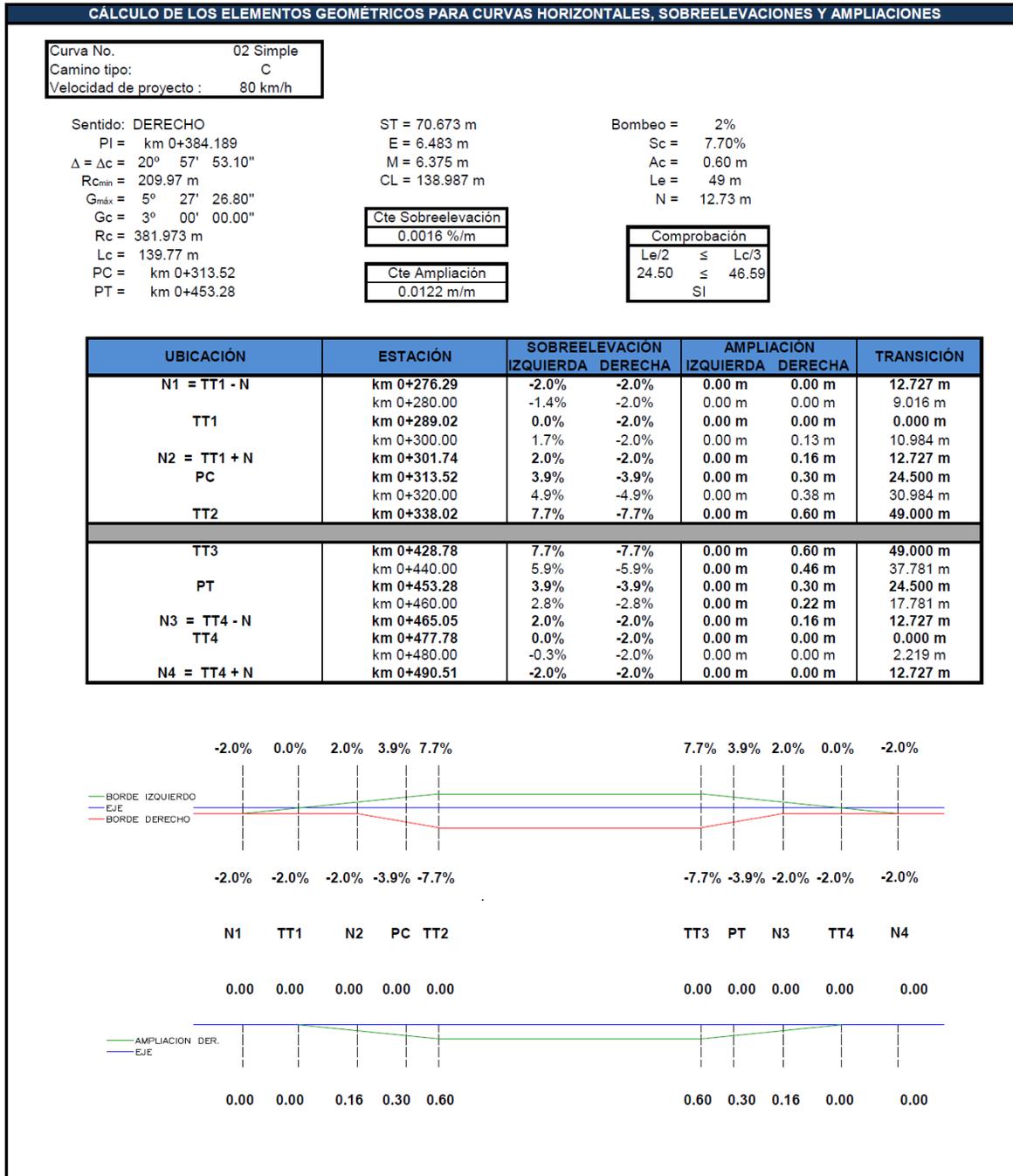
$$TT_2 = 313.52 \text{ m} + 24.5 \text{ m} = 338.02 \text{ m} \quad N_2 = 289.02 \text{ m} + 12.73 \text{ m} = 301.75 \text{ m}$$

$$TT_3 = 453.28 \text{ m} - 24.5 \text{ m} = 428.78 \text{ m} \quad N_3 = 477.78 \text{ m} - 12.73 \text{ m} = 465.05 \text{ m}$$

$$TT_4 = 453.28 \text{ m} + 24.5 \text{ m} = 477.78 \text{ m} \quad N_4 = 477.78 \text{ m} + 12.73 \text{ m} = 490.51 \text{ m}$$



Para presentar el cálculo de los elementos de las curvas circulares y los puntos auxiliares de sobreelevación y ampliación se recomienda elaborarla de la siguiente manera.



Deflexiones

Una vez que se cuentan con los elementos geométricos y los puntos auxiliares, se puede realizar el cálculo de las deflexiones. En el caso de las curvas circulares, las deflexiones son

los ángulos que se forman entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado, se representan como  $\theta$ .

### 15. Ángulos de las cuerdas

$$L = 313.52 - 313.52 = 0 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 0+313.52} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (0)}{40} = 0^\circ 00'.00''$$

$$L = 320.00 - 313.52 = 6.48 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 0+320.00} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (6.48)}{40} = 0^\circ 29' 10.69''$$

$$L = 338.02 - 313.52 = 24.50 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 0+338.02} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (24.50)}{40} = 1^\circ 50' 15.00''$$

.  
.  
.

$$L = 453.28 - 313.52 = 139.77 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 0+453.28} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (139.77)}{40} = 10^\circ 28' 53.10''$$

### 16. Deflexiones

$$\theta_{km\ 0+313.52} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (0)}{20} = 0^\circ 00'.00''$$

$$\theta_{km\ 0+320.00} = \frac{3^\circ 00' 00.00'' (6.48)}{20} = 0^\circ 58' 21.38''$$

$$\theta_{km\ 0+338.02} = \frac{3^{\circ}\ 00'\ 00.00''\ (24.50)}{20} = 3^{\circ}\ 40'\ 30.00''$$

.  
.  
.

$$\theta_{km\ 0+453.28} = \frac{3^{\circ}\ 00'\ 00.00''\ (139.77)}{20} = 20^{\circ}\ 57'\ 53.10''$$

17. Cuerdas

$$C_{km\ 0+313.52} = 2(381.973) \operatorname{sen} \frac{0^{\circ}\ 00'\ 00.00''}{2} = 0\ m$$

$$C_{km\ 0+320.00} = 2(381.973) \operatorname{sen} \frac{0^{\circ}\ 58'\ 21.38''}{2} = 6.48\ m$$

$$C_{km\ 0+338.02} = 2(381.973) \operatorname{sen} \frac{3^{\circ}\ 40'\ 30.00''}{2} = 24.50\ m$$

.  
.  
.

$$C_{km\ 0+453.28} = 2(381.973) \operatorname{sen} \frac{20^{\circ}\ 57'\ 53.10''}{2} = 138.99\ m$$

La presentación se deberá mostrar como la siguiente tabla:

DEFLEXIONES									
UBICACIÓN	ESTACIÓN	I	φ			θ			C
PC	km 0+313.52	0.00 m	0°	0'	0.00"	0°	0'	0.00"	0.00 m
	km 0+320.00	6.48 m	0°	29'	10.69"	0°	58'	21.38"	6.48 m
TT2	km 0+338.02	24.50 m	1°	50'	15.00"	3°	40'	30.00"	24.50 m
	km 0+340.00	26.48 m	1°	59'	10.69"	3°	58'	21.38"	26.48 m
	km 0+360.00	46.48 m	3°	29'	10.69"	6°	58'	21.38"	46.46 m
	km 0+380.00	66.48 m	4°	59'	10.69"	9°	58'	21.38"	66.40 m
	km 0+400.00	86.48 m	6°	29'	10.69"	12°	58'	21.38"	86.30 m
TT3	km 0+420.00	106.48 m	7°	59'	10.69"	15°	58'	21.38"	106.14 m
	km 0+428.78	115.27 m	8°	38'	41.55"	17°	17'	23.10"	114.83 m
	km 0+440.00	126.48 m	9°	29'	10.69"	18°	58'	21.38"	125.91 m
PT	km 0+453.28	139.77 m	10°	28'	56.55"	20°	57'	53.10"	138.99 m

**3.5.2 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES DE TRANSICIÓN**Datos

Camino tipo C

Velocidad de proyecto: 80km/h

Sentido: izquierdo

PI = 1+575.509 km

 $\Delta = 29^\circ 42' 6.70''$ Elementos de la curva circular con espirales de transición

1. Se propone un grado de curvatura.

$$G_c = 5^\circ 00' 00.00''$$

2. Deflexión de la espiral.

$$\theta_e = \frac{5^\circ 00' 00.00''(63)}{40} = 7^\circ 52' 30.00''$$

3. Ángulo central de la curva circular.

$$\Delta_c = 29^\circ 42' 6.70'' - 2(7^\circ 52' 30.00'') = 13^\circ 57' 6.70''$$

4. Longitud de curva.

$$l_c = \frac{20(13^\circ 57' 6.70'')}{5^\circ 00' 00.00''} = 55.807 \text{ m}$$

5. Radio de curvatura.

$$R_c = \frac{1145.92}{5^\circ 00' 00.00''} = 229.184 \text{ m}$$

6. Parámetro de la espiral.

$$K = \sqrt{5^\circ 00' 00.00''(55.807)} = 120.161 \text{ m}$$

7. Longitud total de la curva.

$$L_T = 2(63) + 55.807 = 122.404 \text{ m}$$

8. Coordenadas del EC o del CE de la curva.

$$X_c = \frac{63}{100} (100 - 0.00305(7^\circ 52' 30.00'')^2) = 62.881 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{63}{100} (0.582(7^\circ 52' 30.00'') - 0.0000126(7^\circ 52' 30.00'')^3) = 2.884 \text{ m}$$

9. Coordenadas del PC o del PT de la curva circular.

$$p = 2.884 - 229.184 (1 - \cos 7^\circ 52' 30.00'') = 0.722 \text{ m}$$

$$k = 62.881 - 229.184 \operatorname{sen} 7^\circ 52' 30.00'' = 31.480 \text{ m}$$

10. Subtangente.

$$ST_e = 31.480 + (229.184 + 0.722) \tan \frac{29^\circ 42' 6.70''}{2} = 92.442 \text{ m}$$

11. Externa.

$$E_c = (229.184 + 0.722) \frac{1}{\cos \frac{29^\circ 42' 6.70''}{2}} - 229.184 = 8.667 \text{ m}$$

12. Cuerda larga.

$$CL_e = \sqrt{62.881^2 + 2.884^2} = 62.947 \text{ m}$$

13. Tangente larga.

$$TL = 62.881 - 2.884 \frac{1}{\tan 7^\circ 52' 30.00''} = 42.033 \text{ m}$$

14. Tangente corta.

$$TC = 2.884 \frac{1}{\text{sen } 7^{\circ} 52' 30.00''} = 21.046 \text{ m}$$

15. Punto donde termina la tangente y empieza la espiral (TE).

$$TE = 1575.509 - 92.442 = 1483.07 \text{ m}$$

16. Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular (EC).

$$EC = 1483.07 + 63 = 1546.07 \text{ m}$$

17. Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral (CE).

$$CE = 1546.07 + 55.807 = 1601.87 \text{ m}$$

18. Punto donde termina la espiral y empieza la tangente (ET).

$$ET = 1601.87 + 63 = 1664.87 \text{ m}$$

### Sobreelevaciones y ampliaciones

19. Constantes

$$Cte \text{ Sobreelevación} = \frac{9.90\%}{63 \text{ m}} = 0.0016 \%/\text{m}$$

$$Cte \text{ Ampliación} = \frac{0.80 \text{ m}}{63 \text{ m}} = 0.0127 \text{ m}/\text{m}$$

$$N = \frac{63}{9.90\%} \times 2\% = 12.73 \text{ m}$$

20. Puntos auxiliares

$$N_1 = 1483.07 \text{ m} - 12.73 \text{ m} = 1470.34 \text{ m}$$

$$N_2 = 1483.07 \text{ m} + 12.73 \text{ m} = 1495.80 \text{ m}$$

$$N_3 = 1664.87 \text{ m} - 12.73 \text{ m} = 1652.14 \text{ m}$$

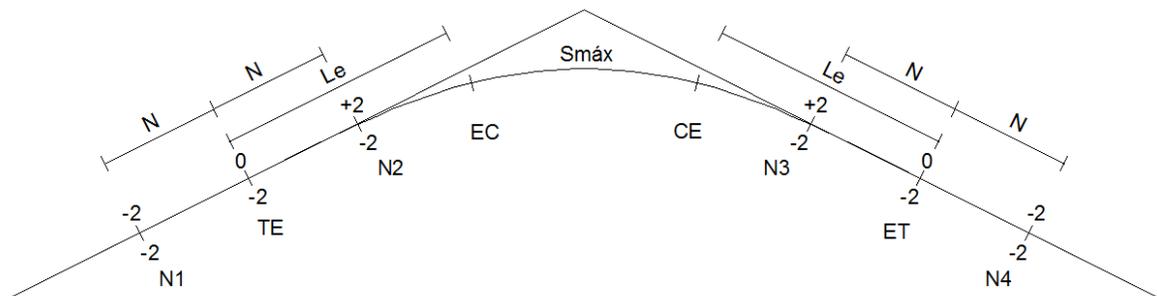
$$N_4 = 1664.87 \text{ m} + 12.73 \text{ m} = 1677.60 \text{ m}$$

$$TE = 1575.51 \text{ m} - 92.442 \text{ m} = 1483.07 \text{ m}$$

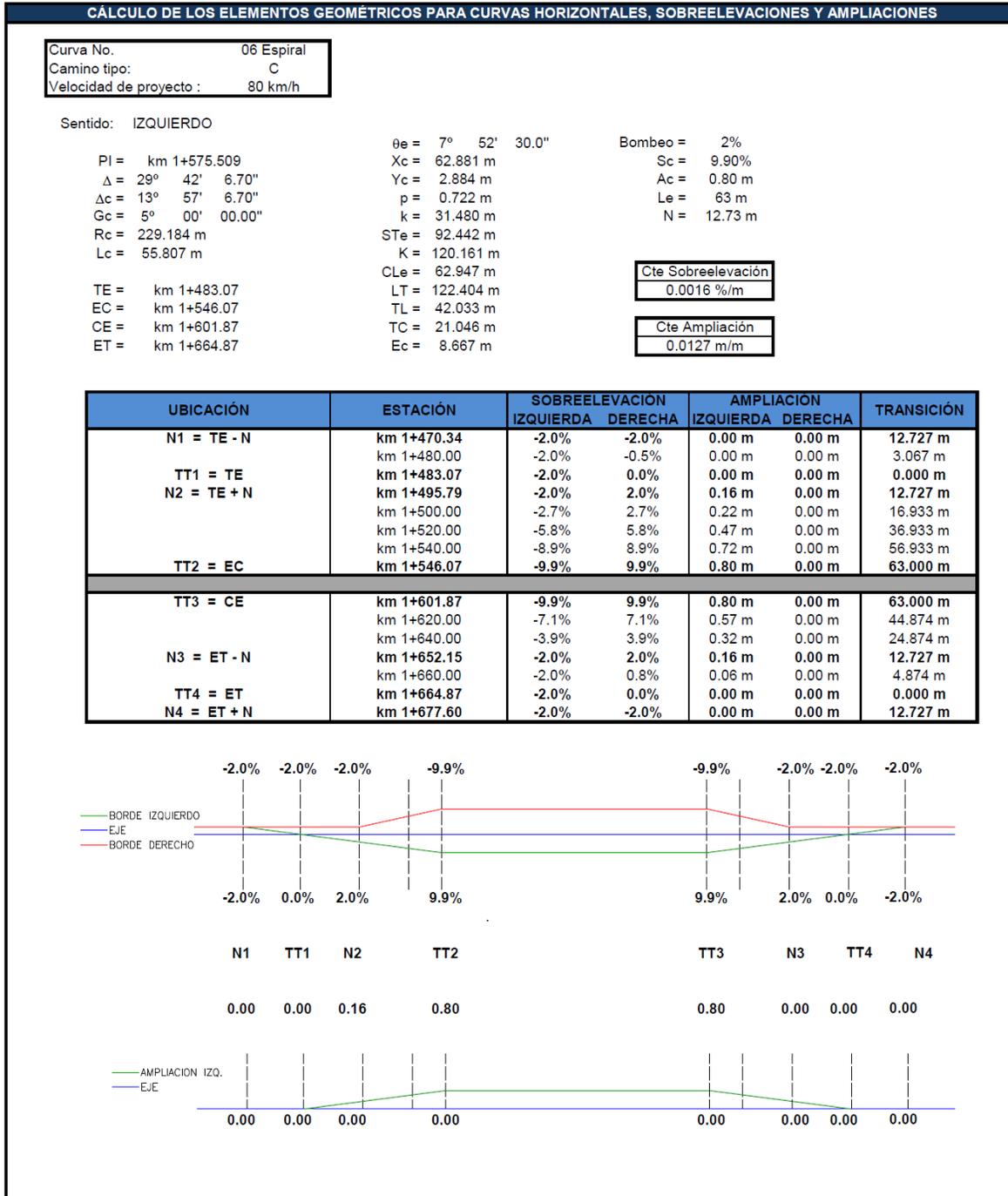
$$ET = 1601.87 \text{ m} + 63.00 \text{ m} = 1664.87 \text{ m}$$

$$EC = 1483.07 \text{ m} + 63.00 \text{ m} = 1546.07 \text{ m}$$

$$CE = 1546.07 \text{ m} - 55.807 \text{ m} = 1601.87 \text{ m}$$



Para presentar el cálculo de los elementos de las curvas circulares con espirales de transición y los puntos auxiliares de sobreelevación y ampliación se recomienda realizarla de la siguiente forma.



Deflexiones

Para el caso de las curvas circulares con espirales de transición, las deflexiones de la espiral son los ángulos comprendidos entre la tangente en TE o ET y la tangente en un punto cualquiera PSE.

Espiral de entrada, desde el TE al EC:

21. Deflexión de la espiral

$$L = 1483.07 - 1483.07 = 0 \text{ m}$$

$$\theta_{km \ 1+483.07} = \left(\frac{0}{63}\right)^2 7^\circ 52' 30.00'' = 0^\circ 00' 00.00''$$

$$L = 1495.79 - 1483.07 = 12.73 \text{ m}$$

$$\theta_{km \ 1+495.79} = \left(\frac{12.73}{63}\right)^2 7^\circ 52' 30.00'' = 0^\circ 19' 17.02''$$

.  
.  
.

$$L = 1546.07 - 1483.07 = 63.00 \text{ m}$$

$$\theta_{km \ 1+495.79} = \left(\frac{63}{63}\right)^2 7^\circ 52' 30.00'' = 7^\circ 52' 30.00''$$

22. Coordenadas de la curva

$$X_{km \ 1+483.07} = \frac{0}{100} (100 - 0.00305(0^\circ 00' 00.00'')^2) = 0 \text{ m}$$

$$Y_{km \ 1+483.07} = \frac{0}{100} (0.582(0^\circ 00' 00.00'') - 0.0000126(0^\circ 00' 00.00'')^2) = 0 \text{ m}$$

$$X_{km \ 1+495.79} = \frac{12.73}{100} (100 - 0.00305(0^\circ 19' 17.02'')^2) = 12.73 \text{ m}$$

$$Y_{km\ 1+495.79} = \frac{12.73}{100} (0.582(0^\circ 19' 17.02'') - 0.0000126(0^\circ 19' 17.02'')^2) = 0.02\ m$$

·  
·  
·

$$X_{km\ 1+546.07} = \frac{63}{100} (100 - 0.00305(7^\circ 52' 30.00'')^2) = 62.88\ m$$

$$Y_{km\ 1+546.07} = \frac{63}{100} (0.582(7^\circ 52' 30.00'') - 0.0000126(7^\circ 52' 30.00'')^2) = 2.88\ m$$

### 23. Cuerdas de la espiral

$$\phi_{km\ 1+483.07} = \arctan \frac{0}{0.1} = 0^\circ 00' 00.00''$$

$$C_{e\ km\ 1+483.07} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0\ m$$

$$\phi_{km\ 1+495.79} = \arctan \frac{0.02}{12.73} = 0^\circ 06' 25.82''$$

$$C_{e\ km\ 1+483.07} = \sqrt{12.73^2 + 0.02^2} = 12.73\ m$$

·  
·  
·

$$\phi_{km\ 1+546.07} = \arctan \frac{2.88}{62.88} = 2^\circ 37' 32.21''$$

$$C_{e\ km\ 1+546.07} = \sqrt{62.88^2 + 2.88^2} = 62.95\ m$$

Curva circular, desde el CE al CE:

### 24. Ángulos de las cuerdas

$$L = 1546.07 - 1546.07 = 0\ m$$

$$\phi_{km\ 1+546.07} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (0)}{40} = 0^\circ 00'.00''$$

$$L = 1560 - 1546.07 = 13.93 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 1+560.00} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (13.93)}{40} = 1^\circ 44' 30.00''$$

.  
.  
.

$$L = 1601.87 - 1546.07 = 55.81 \text{ m}$$

$$\phi_{km\ 1+601.87} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (55.81)}{40} = 6^\circ 58' 33.35''$$

### 25. Deflexiones

$$\theta_{km\ 1+546.07} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (0)}{20} = 0^\circ 00'.00''$$

$$\theta_{km\ 1+560} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (13.93)}{20} = 3^\circ 28' 59.99''$$

.  
.  
.

$$\theta_{km\ 1+601.87} = \frac{5^\circ 00' 00.00'' (55.81)}{20} = 13^\circ 57' 6.70''$$

### 26. Cuerdas

$$C_{km\ 1+546.07} = 2(229.184) \operatorname{sen} \frac{0^\circ 00' 00.00''}{2} = 0 \text{ m}$$

$$C_{km\ 1+560.00} = 2(229.184) \operatorname{sen} \frac{3^\circ 28' 59.99''}{2} = 13.93 \text{ m}$$

.  
.  
.

$$C_{km\ 1+601.87} = 2(229.184) \operatorname{sen} \frac{13^{\circ} 57' 6.70''}{2} = 55.67\ m$$

Espiral de salida, desde el ET al CE:

Las deflexiones y cuerdas de la espiral de salida se calculan de la misma manera que la espiral de entrada pero tomando como origen el ET y como punto final el CE.

La presentación se deberá mostrar de la siguiente manera:

DEFLEXIONES									
UBICACIÓN	ESTACIÓN	L	$\theta_e$ o $\theta$	x	y	$\phi'e$ o $\phi$	Ce o C		
TE	km 1+483.07	0.00 m	0° 0' 0.00"	0.00 m	0.00 m	0° 0' 0.00"	0.00 m	0.00 m	
	km 1+495.79	12.73 m	0° 19' 17.02"	12.73 m	0.02 m	0° 6' 25.82"	12.73 m		
	km 1+500.00	16.93 m	0° 34' 8.13"	16.93 m	0.06 m	0° 11' 22.97"	16.93 m		
	km 1+520.00	36.93 m	2° 42' 23.36"	36.93 m	0.58 m	0° 54' 8.98"	36.93 m		
	km 1+540.00	56.93 m	6° 25' 52.88"	56.86 m	2.13 m	2° 8' 39.82"	56.90 m		
EC	km 1+546.07	63.00 m	7° 52' 30.00"	62.88 m	2.88 m	2° 37' 32.21"	62.95 m		
EC	km 1+546.07	0.00 m	0° 0' 0.00"	-	-	0° 0' 0.00"	0.00 m		
	km 1+560.00	13.93 m	3° 28' 59.99"	-	-	1° 44' 30.00"	13.93 m		
	km 1+580.00	33.93 m	8° 28' 59.99"	-	-	4° 14' 30.00"	33.90 m		
	km 1+600.00	53.93 m	13° 28' 59.99"	-	-	6° 44' 30.00"	53.81 m		
CE	km 1+601.87	55.81 m	13° 57' 6.70"	-	-	6° 58' 33.35"	55.67 m		
CE	km 1+601.87	63.00 m	7° 52' 30.00"	62.88 m	2.88 m	2° 37' 32.21"	62.95 m		
	km 1+620.00	44.87 m	3° 59' 43.48"	44.85 m	1.04 m	1° 19' 56.15"	44.86 m		
	km 1+640.00	24.87 m	1° 13' 39.44"	24.87 m	0.18 m	0° 24' 33.71"	24.87 m		
	km 1+652.15	12.73 m	0° 19' 17.02"	12.73 m	0.02 m	0° 6' 25.82"	12.73 m		
	km 1+660.00	4.87 m	0° 2' 49.69"	4.87 m	0.00 m	0° 0' 56.59"	4.87 m		
ET	km 1+664.87	0.00 m	0° 0' 0.00"	0.00 m	0.00 m	0° 0' 0.00"	0.00 m		

### 3.6 VISIBILIDAD

En las curvas del alineamiento horizontal que parcial o totalmente queden alojadas en corte o que tengan obstáculos en su parte interior que limiten la distancia de visibilidad, debe tenerse presente que esa distancia sea cuando menos equivalente a la distancia de visibilidad de parada. Si las curvas no cumplen con ese requisito deberán tomarse las medidas necesarias para satisfacerlo, ya sea recortando o abatiendo el talud del lado interior de la curva, modificando el grado de curvatura o eliminando el obstáculo. La distancia mínima (m) que debe haber entre el obstáculo y el eje del carril interior de la curva, estará dada por la expresión y la gráfica que aparecen en la figura 3.5:

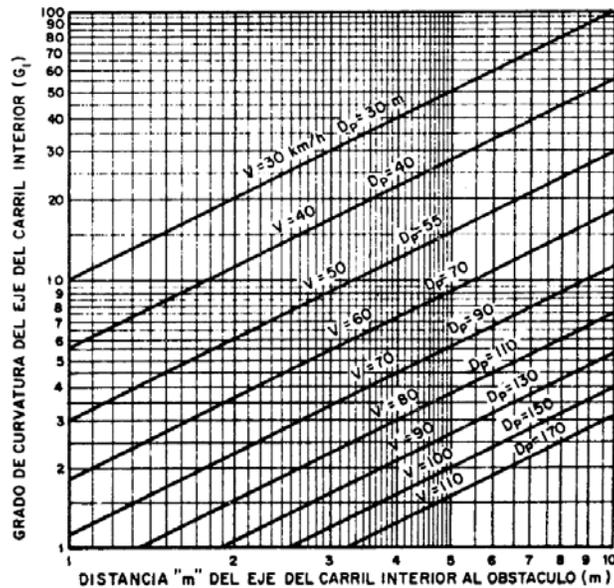
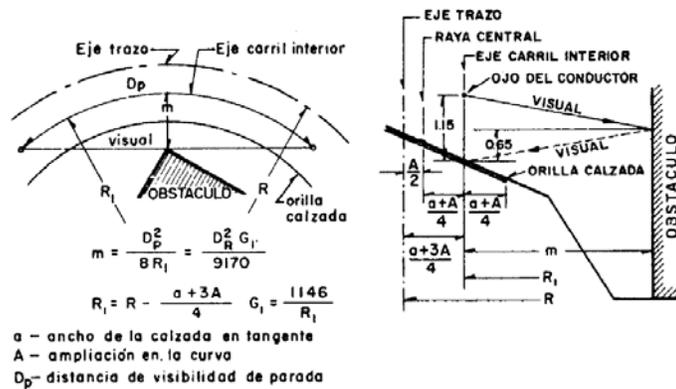


FIGURA 3.5. DISTANCIA MÍNIMA NECESARIA A OBSTÁCULOS EN EL INTERIOR DE CURVAS CIRCULARES PARA DAR LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico.* México, 1984. Página 22.

### 3.7 NORMAS GENERALES

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto, es la condición que de preferencia.
2. La topografía condiciona especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad se tomará en cuenta en todos los casos, porque frecuentemente requiere mayores radios que la velocidad.
4. El alineamiento debe ser lo más direccional posible y ser consistente con la topografía.
5. Debe evitarse el uso del grado máximo de curvatura permitido, prefiriendo curvas suaves, dejando los de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
6. Debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas, las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5.
7. Se evitará el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia.
8. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero pueden proyectarse cuando las tangentes sean mayores de 300 m.

9. Es conveniente limitar el empleo de tangentes mayores a 10 km, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

# CAPÍTULO IV

## ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del eje de la subcorona sobre un plano vertical. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le conoce como subrasante.

### 4.1 TANGENTES

Las tangentes sobre un plano vertical se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. De acuerdo con la figura 4.1.A, la longitud  $T_v$  de una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente  $m$  de la tangente vertical es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal de la misma. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra  $A$ .<sup>3</sup>

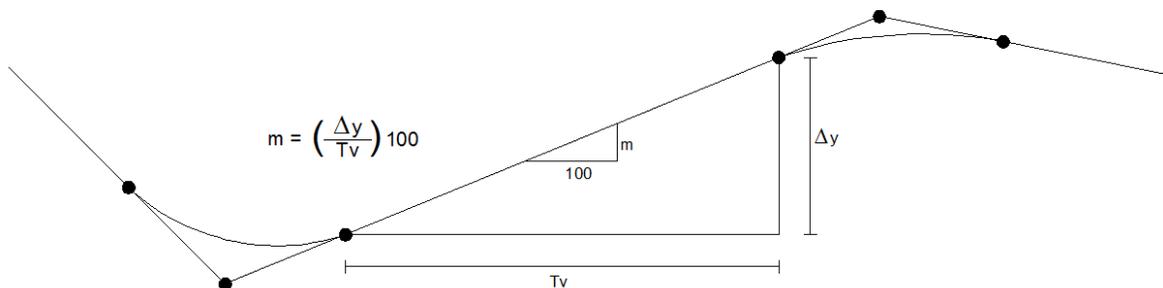


FIGURA 4.1.A. TANGENTE VERTICAL.

Para propósitos de diseño, las pendientes deben limitarse dentro de un rango normal de valores, de acuerdo al tipo de carretera que se trate. Así se tendrán pendientes mínimas, gobernadoras y máximas.

<sup>3</sup> Cárdenas Grisales, James. *Diseño Geométrico de Carreteras*. 1ra edición, Ecoe: Colombia, 2002. Página 266.

La pendiente mínima es la menor pendiente que se permite en el proyecto. Su valor se fija para facilitar el drenaje superficial longitudinal. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

La pendiente gobernadora es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado.

La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Su valor queda determinado por el volumen de tránsito futuro y su composición, por el tipo de terreno por donde pasará la carretera y la velocidad de proyecto.

En la tabla 4.1.A se indican los valores determinados para pendiente gobernadora y pendiente máxima para los diferentes tipos de carretera, terreno y velocidad de proyecto.

TABLA 4.1.A. PENDIENTES GOBERNADORA Y PENDIENTE MÁXIMA PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE CARRETERA.

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																													
		E					D					C					B					A									
MONTAÑOSO	-	[Shaded cells]																													
LOMERIO		[Shaded cells]																													
PLANO		[Shaded cells]																													
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	110	110	60	70	80	90	100	110
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9	7	-	-	-	8	6	-	-	-	6	5	-	-	-	5	4	-	-	-	4	3	-	-	-	4	3	-	-	-
PENDIENTE MÁXIMA	%	13	10	7	-	-	12	9	6	-	-	8	7	5	-	-	7	6	4	-	-	6	5	4	-	-	6	5	4	-	-

Las pendientes máximas se emplearán, cuando sea apropiado desde el punto de vista económico con el fin de salvar obstáculos de carácter local en tramos cortos tal que no se rebase la longitud crítica.

Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical. Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.

Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora se obtendrán de la gráfica mostrada en la figura 4.1.B.

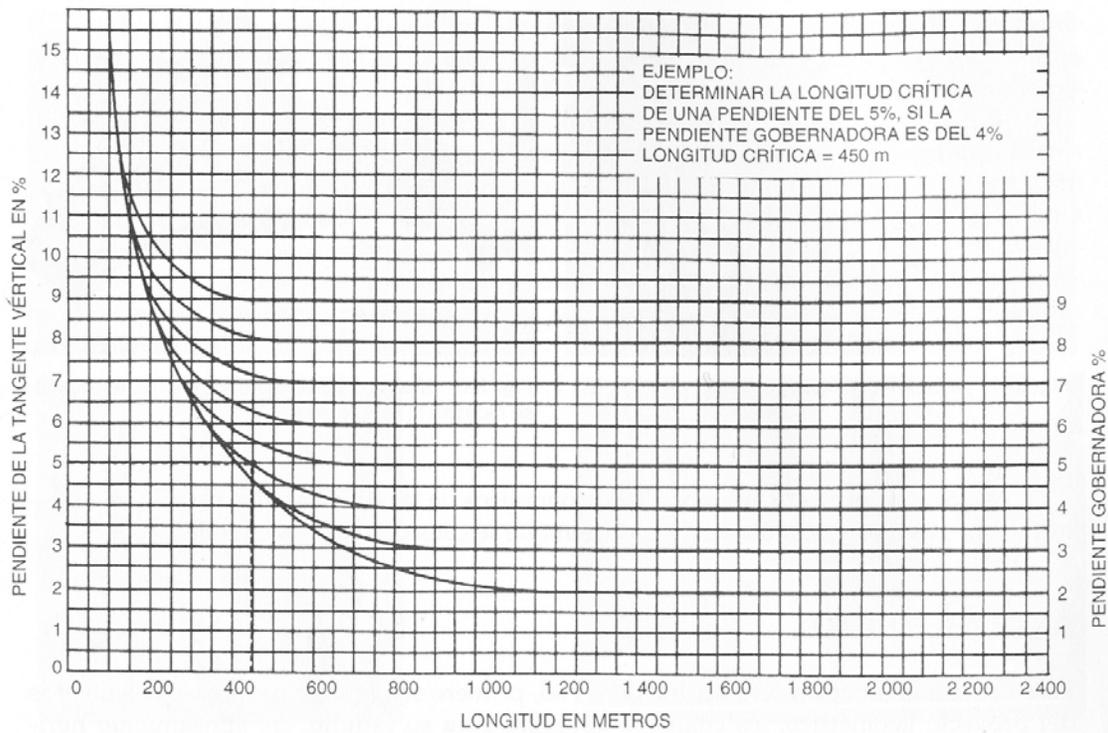


FIGURA 4.1.B. LONGITUD CRÍTICA DE TANGENTES VERTICALES CON PENDIENTE MAYOR QUE LA GOBERNADORA.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico.* México, 1984. Página 24.

## 4.2 CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación segura y permita un drenaje adecuado. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

La curva tiene forma parabólica y pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo,

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras.* 4ta Reimpresión: México, 1991. Página 356.

recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente. En la siguiente figura 4.2.A se ilustran los tipos representativos de curvas verticales en cresta y en columpio; en los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo.

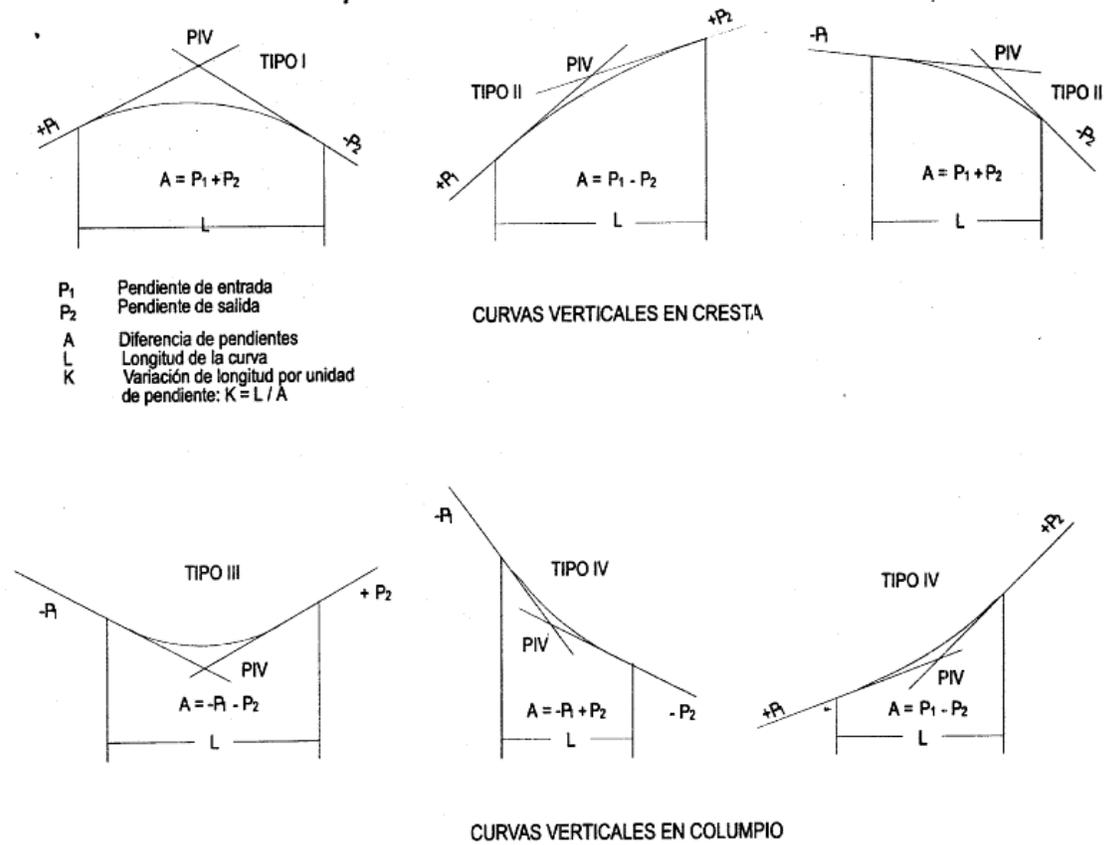
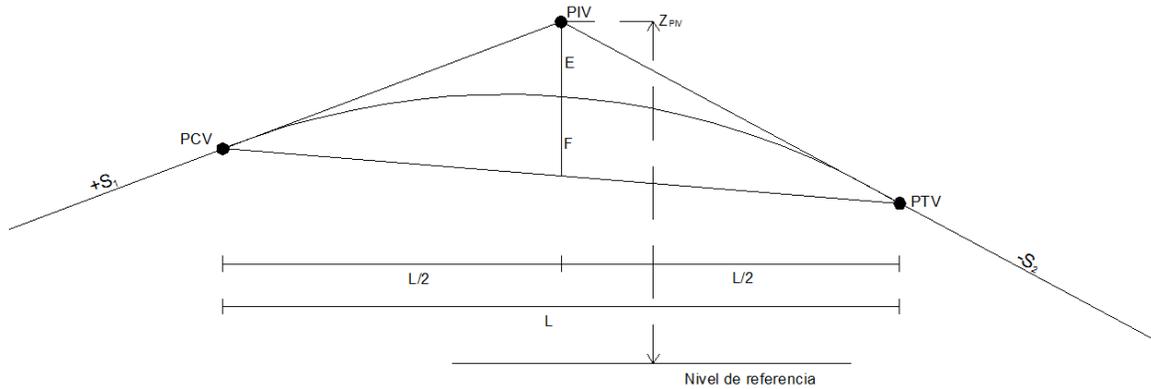


FIGURA 4.2.A. FORMA DE CURVAS VERTICALES Y ELEMENTOS.

En la figura 4.2.B se muestran los elementos que caracterizan una curva vertical y se calculan de la siguiente manera.



- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| PIV = Punto de intersección vertical | E = Externa vertical                        |
| PCV = Principio de la curva vertical | F = Flecha vertical                         |
| PTV = Principio de tangente vertical | $S_1$ = Pendiente de la tangente de entrada |
| L = Longitud de la curva vertical    | $S_2$ = Pendiente de la tangente de salida  |
| $Z_{PIV}$ = Elevación del PIV        |   |

FIGURA 4.2.B. ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.

1. Punto en donde comienza la curva vertical (PCV).

$$PCV = Z_{PIV} - S_1 \left( \frac{L}{2} \right) \quad (4.2.1)$$

2. Punto de intersección vertical (PIV).

3. Punto donde termina la curva vertical y principia de tangente vertical (PTV).

$$PTV = Z_{PIV} + S_2 \left( \frac{L}{2} \right) \quad (4.2.2)$$

4. Longitud de la curva vertical.- Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y PTV. Se representa con la letra L. La longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la siguiente expresión:

$$L = KA \quad (4.2.3)$$

En donde:

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

$$A = S_2 - S_1 \quad (4.2.4)$$

S<sub>2</sub> = Pendiente de la tangente de salida.

S<sub>1</sub> = Pendiente de la tangente de entrada.

K es la variación de la longitud por unidad de pendiente, en m/%. De acuerdo con las Normas de Servicios Técnicos se tienen 2 criterios que éste parámetro debe cumplir:

- a) Criterio de drenaje. Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente, se ha encontrado que para que esto ocurra se debe cumplir que:

$$K = \frac{L}{A} \leq 43 \quad (4.2.5)$$

- b) Criterio de seguridad. Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de la curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor ó igual que la de parada. En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos del parámetro K.

TABLA 4.2.B VALORES DEL PARÁMETRO K Y LONGITUD MININA DE CURVAS VERTICALES.

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

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico.* México, 1984. Página 26.

5. Externa vertical.- Es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente-. Se representa como E.

$$E = \frac{AL}{8} \quad (4.2.6)$$

6. Flecha.- Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV, medida verticalmente. Se representa con la letra F

$$F = E \quad (4.2.7)$$

#### 4.2.1 Ejemplo de cálculo

Además de las ecuaciones vistas en el subtema 3.2, para poder resolver la tabla presentada en el ejemplo se requieren aplicar las siguientes ecuaciones:

$$C = n^2y \quad (4.2.8)$$

$$y = \frac{A}{L/2} \quad (4.2.9)$$

Donde:

C es la corrección vertical

n es el número de estaciones de 20 m

y es constante

#### Datos

Camino tipo C

$V_p = 80$  km/h

PIV = 1+720.00

$Z_{PIV} = 263.33$  m

Tipo de curva: Columpio

$S_1 = -1.16\%$

$S_2 = 0.42\%$

1. Parámetro K para curva en columpio para una  $V_p = 80$  km/h

$$K = 25$$

2. Diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y salida.

$$K = 0.42 \% - (-1.16 \%) = 1.58 \%$$

3. Longitud de la curva vertical.

$$L_{\min} = 25(1.58) = 39.5 \text{ m}$$

$$L_{\text{propuesta}} = 120 \text{ m}$$

4. Elevación de la subrasante donde comienza la curva vertical y de la cota en la tangente (PCV).

$$PCV = 263.33 - (-1.16 \%) \left( \frac{120}{2} \right) = 264.02 \text{ m}$$

5. Elevación de la subrasante donde termina la curva vertical y principia de tangente vertical (PTV).

$$PTV = 263.33 + 0.42 \% \left( \frac{120}{2} \right) = 263.58 \text{ m}$$

6. Externa vertical.

$$E = \frac{1.58 \% (120)}{8} = 0.24 \text{ m}$$

7. Flecha.

$$F = 0.24 \text{ m}$$

8. Cotas en la tangente

$$Cota_T = Cota_{T_{ant}} + (\Delta_{EST})S_1$$

Donde:

$Cota_{T_{ant}}$  es la elevación de la tangente anterior

$\Delta_{EST}$  es la diferencia entre estaciones

$S_1$  es la pendiente de entrada

ESTACIÓN	COTAS EN LA TANGENTE
km 1+660.00	264.02 m
km 1+680.00	263.79 m
km 1+700.00	263.56 m
km 1+720.00	263.33 m
km 1+740.00	263.09 m
km 1+760.00	262.86 m
km 1+780.00	262.63 m

9. Constantes

$$y = \frac{1.58}{120/2} = 0.02633$$

Para	C
n	$n^2 y$
0	0.000
1	0.026
2	0.105
3	0.237
4	0.422
5	0.659
6	0.948

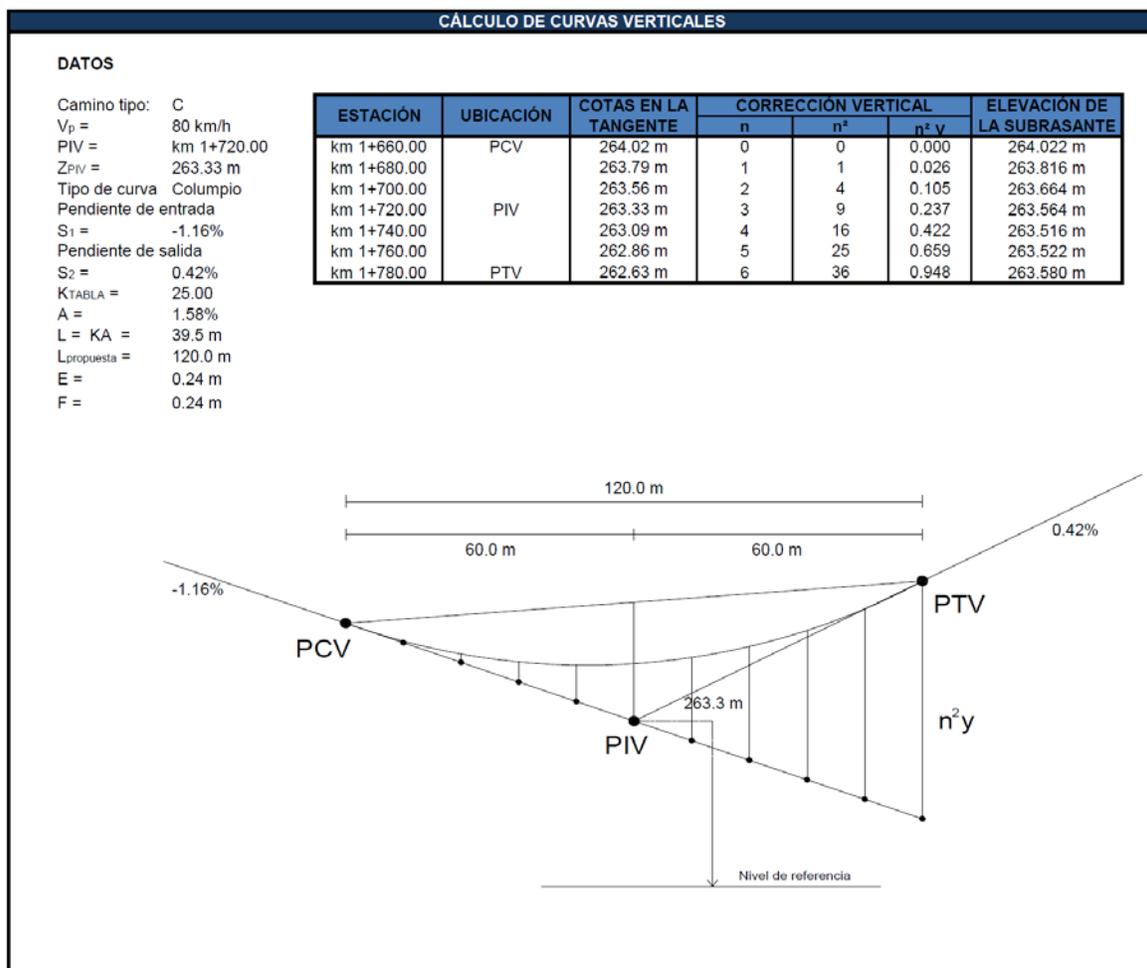
10. Elevación de la subrasante

$$ELEV_{SBR} = Cota_T + n^2 y$$

ELEVACIÓN DE LA SUBRASANTE
264.022 m
263.816 m
263.664 m
263.564 m
263.516 m
263.522 m
263.580 m

#### 4.2.2 Presentación de cálculo de una curva vertical

Para presentar el cálculo de curvas verticales, se recomienda elaborarla de la siguiente manera:



### **4.3 PROYECTO DE LA SUBRASANTE**

La subrasante es el perfil de las terracerías del camino compuesto por las líneas rectas que son las pendientes unidas por arcos de curvas parabólicas verticales.

Al proyectar la subrasante se debe compensar, en todo lo que sea posible, los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aun en el transversal cuando se aloje en una ladera que permita la compensación lateral, teniendo en cuenta las especificaciones de pendiente máxima y de longitud de curvas verticales.

#### **4.3.1 Subrasante económica**

El costo de construcción de un camino está integrado en buena parte por los movimientos de terracerías. Esto implica una serie de estudios, tendientes a buscar una mejor economía, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

La subrasante a la que corresponden los movimientos de terracerías más económicas se les conoce como subrasante económica, y ésta deberá cumplir las especificaciones dadas del proyecto geométrico dado.

Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo se debe analizar:

- El alineamiento horizontal definitivo.
- El perfil longitudinal.
- Las secciones transversales del terreno.
- La calidad de los materiales (datos geotécnicos).
- La elevación mínima del proyecto para alojar adecuadamente el drenaje.

Con base en lo anterior se considera que los elementos de construcción que definen el proyecto de la subrasante son:

Condiciones topográficas (Donde se traza el camino)	Terreno plano Terreno lomerío Terreno montañoso
Condiciones geotécnicas (Tipo de materiales por los que pasa el camino)	Material de Terracerías Tipo A (se puede atacar con pico y pala) Tipo B(se ataca con arado o con explosivos ligeros) Tipo C (se ataca mediante explosivos)
Subrasante mínima (Puntos que la fijan)	Obras menores Puentes Zonas de inundación Intersecciones
Costos de las terracerías (En función de los siguientes)	Costos unitarios <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavaciones en corte</li> <li>- Excavaciones en préstamo</li> <li>- Compactación</li> <li>- Sobreacarreos</li> <li>- Costos de afectaciones</li> <li>- Desmontes y despalmes</li> </ul> Coeficientes de variabilidad volumétrica Distancia económica de sobreacarreos

#### 4.4 NORMAS GENERALES

En el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que deben considerarse:

- a) La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje. En terrenos en lomerío se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de la operación de los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
- b) Es preferente una subrasante suave con cambios graduales.
- c) Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas.

- d) Se deben evitar dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separadas por una tangente vertical corta.
- e) Es preferible un perfil escalonado, a una sola pendiente sostenida. Procurando disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
- f) Cuando existan largas pendientes uniformes, es conveniente adoptar un carril adicional.
- g) Los carriles auxiliares de ascenso deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente este excedida.
- h) Se debe moderar la pendiente en intersecciones a nivel.

# CAPÍTULO V

## CÁLCULO DE VOLÚMENES GEOMÉTRICOS

Para obtener la aproximación debida en el cálculo de los volúmenes de tierra, es necesario obtener la elevación de la subrasante en las estaciones cerradas y en todos aquellos puntos intermedios en los cuales se note que haya cambios notables en la pendiente del terreno. También es conveniente calcular la elevación de los PC, PT, TE, ET, EC, Y CE de las curvas horizontales en los que la sección transversal sufre un cambio motivado por la sobreelevación y la ampliación.

Una vez que se obtiene la elevación de la subrasante para cada una de las estaciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente dado por la diferencia entre las elevaciones del terreno y de la subrasante. El cálculo de los volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción.

### 5.1 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

Es la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formarán las terracerías y el pavimento.

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción se determinan en dos grupos:

- A. Los propios del diseño geométrico.
- B. Los impuestos por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

Los elementos relativos al primer grupo se mencionan a continuación:

1. Espesor de corte o de terraplén
2. Ancho de corona
3. Ancho de calzada
4. Ancho de acotamiento
5. Pendiente transversal
6. Ampliación en curvas
7. Espesor de Pavimento
8. Ancho de subcorona
9. Talud de corte o de Terraplén
10. Dimensiones de las cunetas

Los elementos que forman el segundo grupo son:

11. Despalme
12. Compactación del terreno natural
13. Escalón de liga
14. Cuerpo del terraplén
15. Capa subrasante
16. Capa subyacente
17. Cuña de afinamiento
18. Muro de retención
18. Berma
20. Estratos en corte
21. Ex.Ac.Te.Co.
22. Compactación de la cama de cortes
23. Corte en caja

A continuación se describen las definiciones de los conceptos anteriores

1. Espesor de corte o de terraplén.- Es la diferencia que hay entre la elevación del terreno natural y la subrasante, con este dato conocemos si el camino en una determinada estación está cortando o terraplenando.
2. Ancho de corona.- La corona es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros, o sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas.<sup>1</sup>
3. Ancho de calzada.- La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.<sup>1</sup>
4. Ancho de acotamiento.- Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino.<sup>1</sup>
5. Pendiente transversal.- Es la pendiente que se da a la corona en el sentido normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos: bombeo, sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación.<sup>1</sup>
6. Ampliación en curvas.- Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreaño se le llama ampliación, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 367, 376, 379.

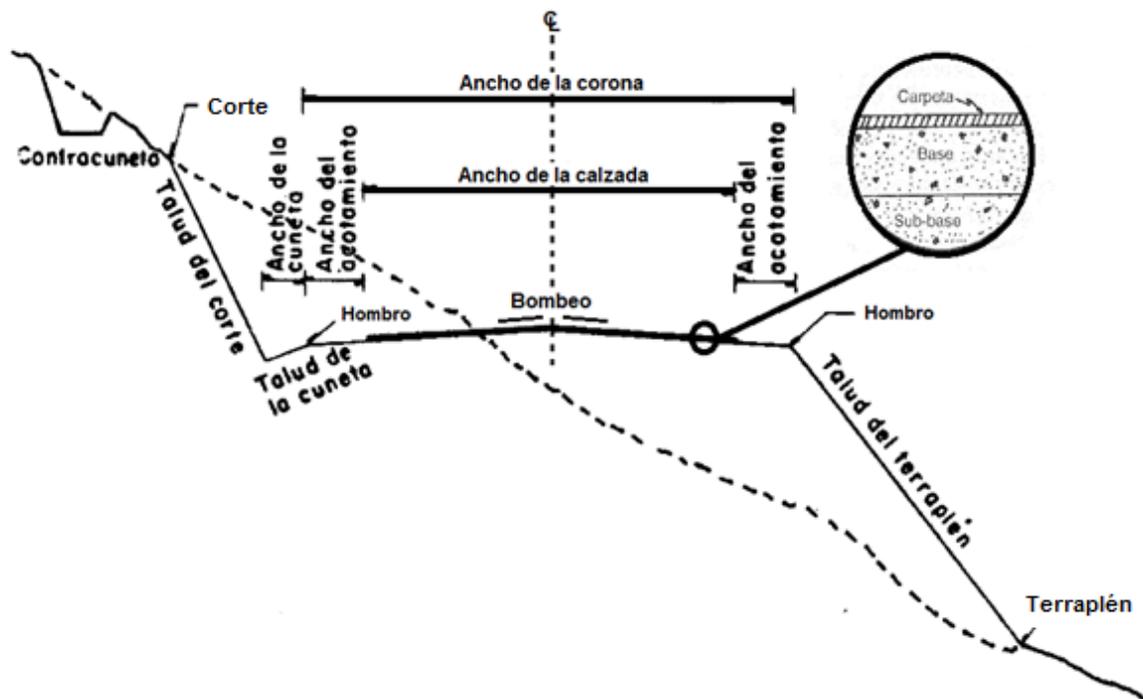


FIGURA 5.1.A. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN BALCÓN

7. Espesor de Pavimento.- El pavimento está formado por las capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona. Esta estructura tiene por objeto soportar las cargas, inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a las capas de terracerías, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo que proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos que generalmente están formados por la subbase, la base y la carpeta asfáltica, definiendo esta última la calzada del camino.<sup>1</sup>

8. Ancho de subcorona.- La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 379 – 380.

9. Talud de corte o de Terraplén.- El talud es la inclinación de la superficie de los cortes o los terraplenes.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman. En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente utilizado para este es de 1.5:1. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio para definir los taludes.<sup>1</sup>

10. Dimensiones de las cunetas.- Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte o a ambos lados de la corona, contigua a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.<sup>1</sup>

Normalmente la cuneta tiene una sección triangular con ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombre de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud de corte.<sup>1</sup>

11. Despalme.- Es la remoción de la capa superficial del terreno natural que por sus características no es adecuada para la construcción, ya sea que se trate de zonas de cortes, de áreas destinadas para despalmes de terraplenes, o de zonas de préstamo.<sup>1</sup>

12. Compactación del terreno natural.- Es la que se da al material del terreno sobre en

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 386, 388, 403.

el que se desplantará un terraplén o al que quede debajo de la subcorona, o de la capa subrasante en corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido.<sup>1</sup>

13. Escalón de liga.- Los escalones de liga son excavaciones en el terreno natural o en el cuerpo de terraplenes existentes cuya pendiente transversal excede de 25 %, con objeto de proporcionar un apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos o ampliar terraplenes construidos.
14. Cuerpo del Terraplén.- Se llama así a la parte del terraplén que queda debajo de la subcorona.<sup>1</sup> Su función es la de alcanzar el nivel de desplante para la construcción de la subyacente o subrasante según sea el caso. Esta capa se construye con suelos y fragmentos de roca, producto de cortes o de la extracción de bancos.
15. Capa subrasante.- Es la capa construida bajo la subbase o base, su función es la de recibir las cargas transmitidas por el pavimento y transmitir las en forma uniforme hacia la subyacente y el cuerpo de terraplén. Su espesor es variable entre 20 cm y 30 cm. Está conformada con suelos naturales, seleccionados o cribados, producto de cortes o de la extracción de bancos.
16. Capa subyacente.- Esta capa se construye bajo la subrasante y puede o no ser requerida, esto dependerá del número de ejes equivalentes de tránsito esperados durante la vida útil del pavimento. Los materiales que constituyen esta capa, son suelos y fragmentos de roca, producto de cortes o de la extracción de bancos.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 403.

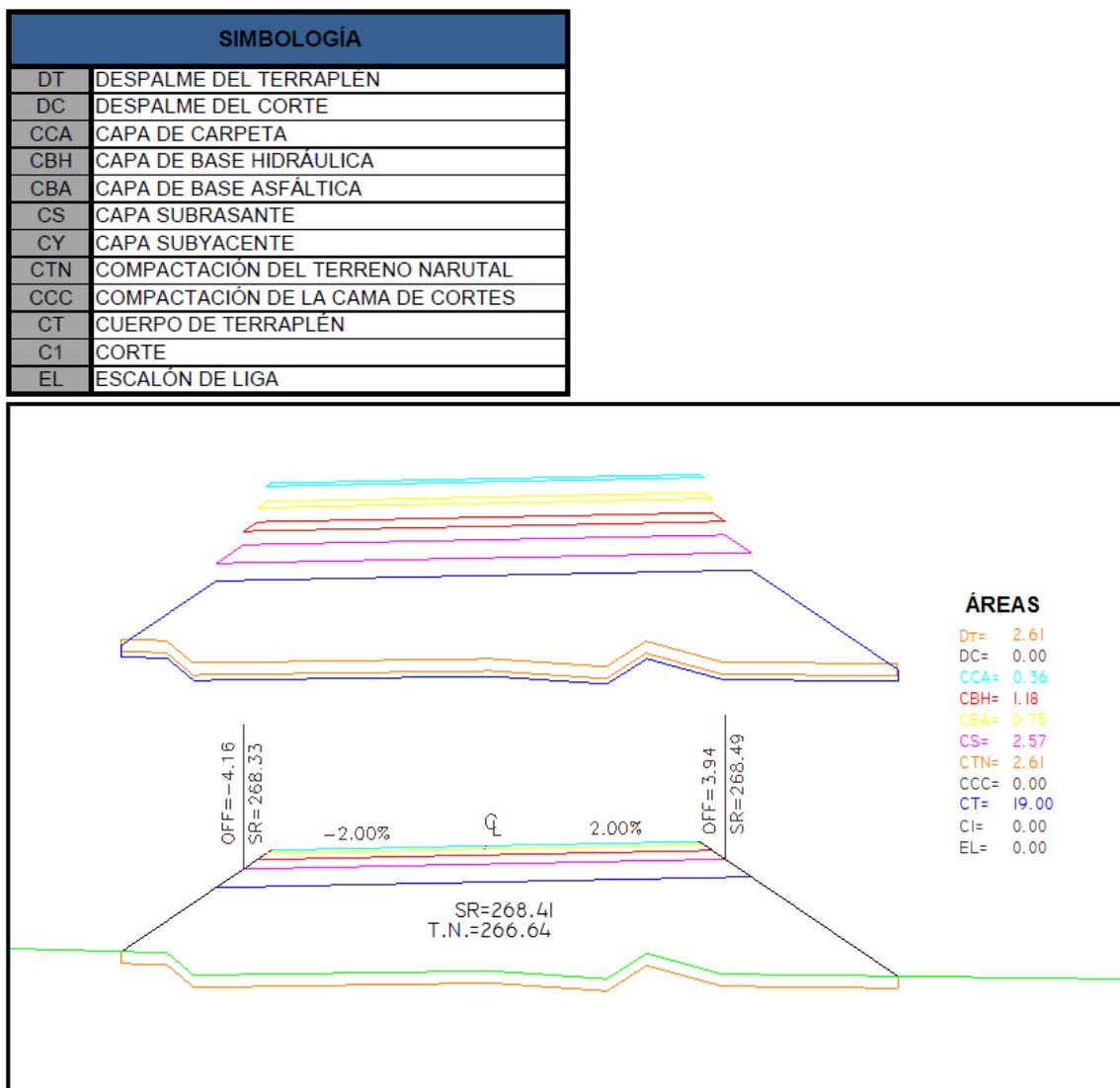
17. Cuña de afinamiento.- Es el aumento lateral que se le da a un talud del terraplén para lograr la compactación requerida en las partes contiguas a él. Es de forma triangular, comúnmente de 20 cm de ancho en su parte superior al nivel del hombro de la subcorona, y termina en la línea de ceros del talud o en el lecho superior de la porción inferior si ésta es de material no compactable; ésta cuña debe recortarse en el afinamiento final.<sup>1</sup>
18. Muro de retención.- Cuando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura estarán dadas como resultado del estudio económico.<sup>1</sup>
19. Berma.- En un terraplén está formada por el material que se coloca adosado a su talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén; en corte, es un escalón que se hace recortando el talud con objeto de darle mayor estabilidad y de detener en el material que se pueda desprender, evitando así que se llegue a la corona del camino.<sup>1</sup>
20. Estratos en corte.- Así se designan a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características de los demás.<sup>1</sup>
21. Ex.Ac.Te.Co.- El material sirve, se excava, acamellona, tiene y compacta para la formación de la capa.
22. Compactación de la cama de cortes.- El material sirve, sin excavarlo sólo se compacta para formar la capa

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 405.

23. Corte en caja.- Es la excavación del material inadecuado subyacente a la subcorona para formar la capa subrasante y debe ser sustituido por otro de características apropiadas. El material producto de la excavación puede ser depositado en una zona de desperdicio o, si sirve para formar una capa de menor compactación, enviarlo a otro sitio para formarla.

### 5.1.1 Ejemplo



## 5.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS

Para fines de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén y de las capas del pavimento; para lograr lo anterior se deberá estimar el área de las distintas porciones consideradas en el proyecto de la sección de construcción. Para la obtención de estas áreas se pueden usar diferentes métodos como el método analítico, el método gráfico, el método planimétrico y el método electrónico. Actualmente para la determinación de áreas se realiza fácilmente utilizando algún programa CAD (método electrónico).

## 5.3 CÁLCULO DE VOLÚMENES

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de los volúmenes geométricos. Para ello es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismoides. Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural.

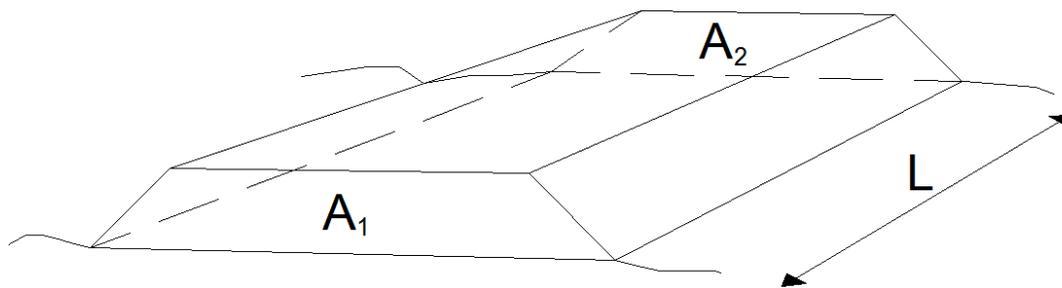


FIGURA 5.3.A. VOLUMEN DE UN PRISMOIDE

La siguiente fórmula conocida como de las áreas medias, permite calcular el volumen entre dos secciones transversales conocidas, y que por su simplicidad es muy útil para el cálculo de las secciones de construcción:

$$V = \frac{L}{2}(A_1 + A_2) \quad (5.3.1)$$

# CAPÍTULO VI

## CÁLCULO DE CURVA MASA Y MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS

El movimiento de tierras es uno de los factores de mayor importancia en la construcción de un camino y, dentro de este aspecto, el concepto principal para la formulación de costos, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, es el acarreo del material. Resulta indispensable contar con un medio que permita calcular lo más aproximadamente posible estos acarreos. El procedimiento generalmente empleado para determinar los volúmenes de materiales y sus acarreos es el diagrama de masas o también conocida como curva masa.

### 6.1 PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASAS

Las principales propiedades del diagrama de masas son las siguientes:

1. Las ordenadas representan volúmenes, la diferencia de ordenada entre dos puntos indicará la diferencia de volumen entre ellos.
2. Las abscisas representan estaciones.
3. El volumen de una estación de 20 m o fraccionaria se considera distribuido uniformemente en ella.
4. Son positivos los volúmenes de cortes cuando en sus secciones transversales los cortes dominan a los terraplenes.

5. Son negativos los volúmenes de terraplenes cuando en sus secciones transversales los terraplenes dominan los cortes.
6. Los tramos ascendentes son los tramos en donde en sus secciones transversales los cortes dominan a los terraplenes.
7. Los tramos descendentes son los tramos en donde en sus secciones transversales los terraplenes dominan a los cortes.
8. Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal, el sentido del acarreo de material es hacia adelante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.
9. Las partes rectas son las partes de volumen constantes por unidad de longitud.
10. Los tramos de mayor pendiente son de mayores volúmenes por unidad de longitud.
11. Los tramos de menor pendiente son de menores volúmenes por unidad de longitud.
12. El tramo horizontal es el tramo en que no hay terracería o donde en sus secciones transversales hay compensación de volúmenes de cortes y de terraplenes.
13. Los máximos son los puntos donde terminan los tramos de secciones transversales en los que dominan los cortes.
14. Los mínimos son los puntos donde terminan los tramos de secciones transversales en los que dominan los terraplenes.

15. Los volúmenes de cortes deben estar abundados de acuerdo con la clasificación del material.
16. Cuando se cortan los tramos ascendentes y descendentes contiguos con una línea horizontal, los volúmenes de corte y terraplén en ese tramo quedan compensados; a esta línea horizontal se le llama “Línea de Compensación ó Compensadora”, y el sentido del movimiento de volúmenes es del tramo ascendente hacia el tramo descendente.
17. La línea compensadora, generalmente no puede ser una sola línea horizontal a través de una distancia muy grande, por lo que tendrá entonces, una sucesión de líneas compensadoras que abarcan tramos reducidos.
18. Cuando se cortan los tramos descendentes y ascendentes contiguos con una línea horizontal, los volúmenes de terraplén y corte quedan compensados en ese tramo y el sentido del movimiento de volúmenes es del tramo ascendente hacia el tramo descendente.
19. El volumen de corte que no se aprovecha para la formación del terraplén de llama “desperdicio”, (D).
20. El volumen del terraplén que no se forma con el corte, si no de excavación fuera del lecho se llama “préstamo”, (P).
21. El acarreo que no se paga a los contratistas por convenio, se llama “acarreo libre” (AL).
22. La diferencia de ordenadas representa la diferencia de volúmenes de terracerías entre las estaciones consideradas.

23. La distancia entre los centros de gravedad del corte y del terraplén, menos el acarreo libre, se llama “distancia media de sobreacarreo”.
24. Cuando la figura comprendida entre la curva de masas y las dos líneas de compensación contiguas difieren del trapecio, es conveniente subdividirla en el número de trapecios necesarios para poder estimar las distancias medias parciales de sobreacarreo.

## **6.2 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA MASA**

Consiste en un resumen en forma tabular (ver tabla 6.2) donde se muestra la estratigrafía obtenida de los sondeos realizados a lo largo de la línea de trazo. En él se proporcionan los datos necesarios para el cálculo de la curva masa como son:

1. La delimitación en los kilometrajes con características de suelo similar.
2. Espesor de los estratos encontrados.
3. Descripción de los materiales, indicando para suelos: nombre, color, consistencia o compacidad, grado de plasticidad, porcentaje de contenido de grava y fragmentos de roca, grado de humedad, etc., para rocas: nombre y origen geológico, estado de intemperización y fracturamiento, echado de los estratos, materiales que se obtendrán al ser explotados, etc.
4. Tratamiento que requiere el material encontrado cuando se coloque formando el terraplén
5. Coeficiente de variación volumétrica para materiales compactables, coeficientes de abundamiento, así como coeficiente de bandeado para materiales no compactables.
6. Clasificación para presupuesto.
7. Taludes recomendables en cortes y terraplenes.
8. Observaciones particulares para el aprovechamiento de los materiales detectados en el tramo en estudio.



- G. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80 m y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m; y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m de espesor.
  
- H. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m de espesor como mínimo, y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.
  
- I. En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 90% de su P.V.S.M., en una profundidad mínima de 0.20 m y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m de espesor, compactándola al 100%, con material procedente del banco más cercano.
  
- J. En este tramo se deberán proyectar cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m de espesor, como mínimo y capas subrasante de 0.30 m; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.
  
- K. En cortes, se deberá escarificar los 0.15 m superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100% de su P.V.S.M. en un espesor mínimo de 0.15 m con lo que quedará formada la primera capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la segunda capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100% de su P.V.S.M.

- L. En cortes formados en este material, se proyectará únicamente capa subrasante de 0.30 m de espesor, compactándola al 100% y se construirá de préstamo del banco más cercano.
- M. En cortes formados en este material, se escarificará los 0.30 m a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 90%, hasta una profundidad de 0.20 m Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m de espesor.
- N. En caso de cortes y terraplenes formados con este material, se deberá proyectar capa de transición y capa subrasante de 0.20 m y 0.30 m respectivamente, compactando al 95% y 100% ambas se construirán con material de préstamo del banco más cercano.
- O. Al efectuar el corte, deberá ponerse especial atención en no provocar ninguna fractura adicional fuera del talud que se pretende formar; para lograrlo, se debe diseñar la ubicación y las cargas de los barrenos, utilizando de preferencia el sistema de precorte. Antes de iniciar formalmente los trabajos en el sitio, se deberán efectuar pruebas para ajustar el diseño de las cargas y de la ubicación de los barrenos. Estas acciones y su posterior aplicación deberán de ser supervisadas. En todo caso, deberá evitarse al máximo posible, el uso de explosivos.
- P. Para compactar el nuevo terraplén que se formará con los fragmentos de roca procedentes de la excavación en este material, se deberá colocar el producto de la excavación en capas con espesor no mayor de 30.0 cm Compactar mediante bandeo con tractor D-8 o similar, ronceando y aplicando por lo menos 5 pasadas por cada punto de la superficie de la capa, manteniendo un regado continuo del área por compactar. (compactación a toda agua).

6.2.2 Ejemplo del cuadro de datos para el cálculo de la curva masa

A continuación se presenta un ejemplo con el llenado del informe de estudio geotécnico.

Los incisos de la columna de observaciones corresponden a los del subcapítulo 6.2.1.

INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO																
DEL KM AL KM	ESTRATO N°	ESPESOR (m)	CLASIFICACION SCT	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTAL			CORTE		TERRAPLEN		OBSERVACIONES	
					90%	95%	100%	C.BANEADO	C. ABUND.	A	B	C	ALT. MÁX.	TALUD		ALT. MÁX.
KM. 0+000 AL KM. 0+500	1	0.2	CAPA VEGETAL ARENA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD (SM), ARENA Y GRAVA; POLVO DE ROCA, EN ESTADO MEDIANTE COMPACTO.	DESPALME						100	0	0				
	2	INDEF.		COMPACTACIÓN	0.90	0.86	0.81		1.25	80	20	0		0.5 X 1.0	1.5 X 1.0	A. B. D. I
KM. 0+500 AL KM. 1+000	1	0.2	CAPA VEGETAL	DESPALME						100	0	0				
	2	INDEF.	ARENA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD (SM), ARENA Y GRAVA; POLVO DE ROCA, EN ESTADO MEDIANTE COMPACTO.	COMPACTACIÓN	1.01	0.96	0.91		1.40	60	40	0		0.5 X 1.0	1.5 X 1.0	A. B. D. I
KM. 1+000 AL KM. 1+500	1	0.2	CAPA VEGETAL	DESPALME						100	0	0				
	2	INDEF.	ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD (SC), DE COLOR CAFÉ CLARO; EN ESTADO COMPACTO	COMPACTACIÓN	1.00	0.95	0.90		1.32	40	60	0		0.5 X 1.0	1.5 X 1.0	A. B. D. I
KM. 1+500 AL KM. 2+000	1	0.2	CAPA VEGETAL	DESPALME						100	0	0				
	2	INDEF.	ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD (SC), DE COLOR CAFÉ CLARO; EN ESTADO COMPACTO.	COMPACTACIÓN	1.02	0.97	0.92		1.45	50	50	0		0.5 X 1.0	1.5 X 1.0	A. B. D. I



terraplén, siendo esencial el conocimiento de este cambio para la correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierra correspondientes.

Los coeficientes de variabilidad volumétrica se refieren a la relación que existe entre el peso volumétrico seco del material en su estado natural y el peso volumétrico seco del material colocado en el terraplén, su valor numérico dependerá del grado de compactación. Mientras que el coeficiente de abundamiento es la relación entre el peso volumétrico seco del lugar y el peso volumétrico seco suelto. Los valores se obtienen del cuadro de datos geotécnicos para curva masa.

7. Suma algebraica. En esta columna se pondrá la suma algebraica de los volúmenes dando el signo positivo a los volúmenes de corte y signo negativo a los volúmenes de terraplén, dichos volúmenes deberán ser afectados por el CVV o el coeficiente de abundamiento en el caso de los cortes. Los resultados que se obtengan serán anotados en la respectiva columna según el signo.
8. Ordenada Curva Masa (OCM). Al origen del cadenamiento se debe fijar un valor elevado para que no se obtenga una cantidad negativa en relación al eje de referencia. De ahí se parte sumando los valores de los cortes o restando los valores de cuerpo de terraplén calculados en la columna 7.
9. Ordenada Curva Masa de Finos. Consiste en ir restando los volúmenes de la capa subrasante y la capa subyacente al valor de una ordenada tomada como origen que deberá tener un valor tal que las diferencias sean siempre positivas.

#### **6.4 COMPENSACIÓN DE VOLÚMENES DE CORTE Y TERRAPLÉN**

Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos ya sea en cima o columpio, éstos tendrán la misma ordenada, y por

consecuencia, los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén serán iguales en el tramo comprendido entre ellos, o sea que ambos puntos son los extremos de un tramo compensado.

A la línea horizontal dibujada se llama compensadora, y a la distancia entre los dos puntos se le llama abertura del diagrama, siendo la distancia máxima de acarreo al llevar el material del corte al terraplén.

### 6.5 ACARREOS

Consisten en el transporte de material producto de cortes o de préstamos, a lugares fijados para construir un terraplén o depositar un desperdicio. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes clasifica los acarreos de acuerdo con la distancia que hay entre el centro de gravedad de la excavación y el centro de gravedad del terraplén a construir, o del sitio donde el desperdicio se va a depositar; en:<sup>1</sup>

a. Acarreo libre. Es el que se efectúa dentro de una distancia de 20 metros.

b. Sobreacarreo. Se expresa en:

$m^3$  – *Estación*, cuando el acarreo se efectúe hasta una distancia de 100 metros.

$m^3$  – *hectómetro*, cuando el acarreo se efectúe de 100 metros hasta 500 metros de distancia.

$m^3$  – *5 hectómetro*, cuando la distancia de acarreo sea de 500 metros hasta 2000 metros.

$m^3$  – *kilómetro*, para acarreos de préstamo de banco y se mide en kilómetros completos.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 427.

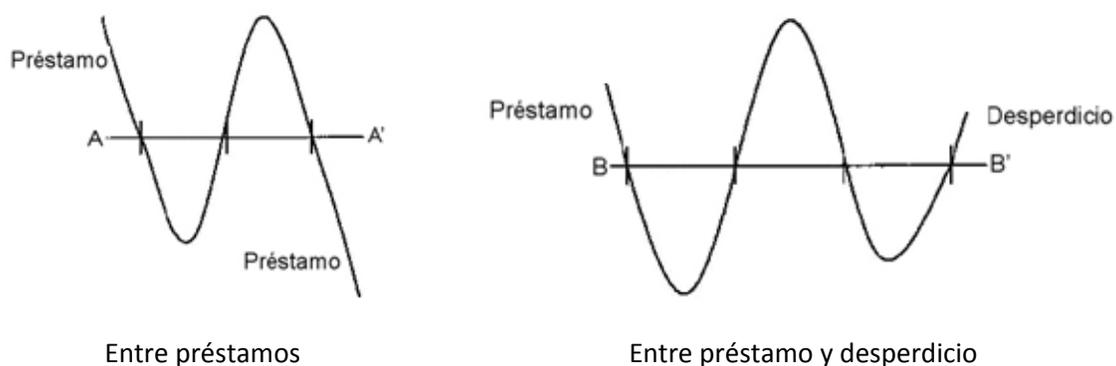
## 6.6 POSICIÓN DE LA COMPENSADORA ECONÓMICA

Recibe el nombre de compensadora general aquella compensadora que en un tramo corta el mayor número de veces el diagrama de masas y que produce los movimientos de terracerías más económicas.

Es conveniente obtener una sola compensadora general para un tramo de gran longitud; sin embargo la economía buscada obliga la mayor parte de las veces a que la compensadora no sea una línea continua, sino que debe interrumpirse en ciertos puntos para reiniciarla en otros situados arriba o abajo de la anterior, lo que origina tramos que no están compensados longitudinalmente y cuyos volúmenes son la diferencia de las ordenadas de las compensadoras.<sup>1</sup>

Lo que se pretende con la compensadora económica es obtener una compensadora que nos permita llevar a cabo los movimientos de tierra a un costo mínimo, haciendo intervenir las condiciones especiales que se presentan en los extremos de la compensadora, como préstamos y desperdicios.

En la figura 6.6.A se pueden identificar la ubicación de estos cuatro casos que se pueden presentar.



<sup>1</sup> Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 432.

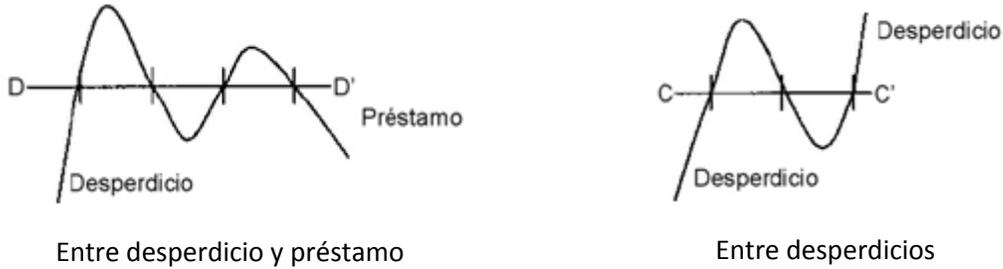


FIGURA 6.6.A. PRÉSTAMOS Y DESPERDICIOS

La compensadora económica se determina en función de los precios unitarios vigentes para acarreo y para excavación en préstamos, de las aberturas del diagrama medidas sobre la compensadora en estudio y de los coeficientes de variabilidad volumétrica de los materiales.

Para el desarrollo de las ecuaciones que a continuación se citan y que rigen la posición económica de la compensadora para los casos antes descritos, se ha empleado la simbología siguiente:

*Pat.* Es el costo total que requiere la construcción de un metro cúbico de terraplén con material producto de préstamo, en el punto anterior y contiguo al tramo compensado. Este costo incluye los correspondientes a excavación, acarreo y compactación.

*Pad.* Es el costo total que resulta de construir un metro cúbico de terraplén con material producto de préstamo, en el punto posterior y contiguo al tramo compensado.

*Dad y Dat.* Es el costo unitario total del sobre acarreo y/o acomodo del desperdicio de adelante y atrás, respectivamente.

*Dcd y Dct.* Son los precios unitarios por concepto de compactación del corte que se desperdicia adelante y atrás, respectivamente.

*Cnon.* Son los coeficientes de variabilidad volumétrica de los materiales de corte que serán acarreados hacia atrás.

*Cpar.* Son los coeficientes de variabilidad de los materiales provenientes de corte que serán movidos hacia delante.

*Cat*. Es el coeficiente de variabilidad volumétrica de los materiales del préstamo de atrás.

*Cad*. Es el coeficiente de variabilidad volumétrica de los materiales del préstamo de adelante.

*Cdd* y *Cdt*. Son los coeficientes de variabilidad volumétrica de los materiales producto de los cortes que ocasionan los desperdicios de adelante y de atrás, respectivamente.

*\$A*. Es el precio unitario de los acarrees medidos en,  $m^3 \alpha$ , pues sus distancias se miden en unidades  $\alpha$ .

*\$B*. Es el precio unitario de los acarrees medidos en,  $m^3 \beta$ , pues sus distancias se miden en unidades  $\beta$ .

*\$C*. Es el precio unitario de los acarrees medidos en,  $m^3 \gamma$ , pues sus distancias se miden en unidades  $\gamma$ .

*AL*. Es el acarreo libre.

1. Entre préstamos. Considérese el diagrama de masas QT de la figura 6.6.B, que comprende una serie de movimientos originados por la compensadora general AA', limitada por dos préstamos. La ecuación general que se debe satisfacer es la siguiente:

$$\frac{P_{at}}{C_{at}} - \frac{P_{ad}}{C_{ad}} = \$A \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$B \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$C \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) \quad (6.6.1)$$

2. Entre préstamo y desperdicio. En la misma figura 6.6.B considérese ahora el diagrama de masas QS, cuya compensadora AA' está situada entre un préstamo atrás y un desperdicio adelante; entonces, la ecuación general anterior se cambia a la siguiente:

$$\frac{P_{at}}{C_{at}} + \frac{D_{ad}-D_{cd}}{C_{dd}} = \$A \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$B \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$C \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) \quad (6.6.2)$$

3. Entre desperdicio y préstamo. En la misma figura considérese ahora el diagrama de masas RT, cuya compensadora AA' está situada entre un desperdicio atrás y un préstamo adelante; entonces la ecuación general que se debe satisfacer es la siguiente:

$$-\frac{D_{at}}{C_{dt}} - \frac{P_{ad}}{C_{ad}} + \frac{D_{ct}}{C_{dt}} = \$A \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$B \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$C \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) \quad (6.6.3)$$

4. Entre desperdicios. Finalmente considérese el diagrama de masas RS, en el que la compensadora AA' está limitada por dos desperdicios; la ecuación general que se debe satisfacer es:

$$\frac{D_{ad}-D_{cd}}{C_{dd}} - \frac{D_{at}-D_{ct}}{C_{dt}} = \$A \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$B \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) + \$C \left( \sum \frac{D_{non-AL}}{C_{non}} - \sum \frac{D_{par-AL}}{C_{par}} \right) \quad (6.6.4)$$

La aplicación práctica de estas cuatro ecuaciones es sencilla; basta medir las aberturas en la unidad correspondiente al sobreacarreo en cada movimiento, restarle el acarreo libre y multiplicarlas por el precio unitario; los productos así obtenidos serán de signo positivo o negativo según correspondan a movimientos hacia atrás o hacia delante, y se efectúa la suma algebraica de estos productos. Esta suma debe ser igual al primer miembro; si no lo fuere, se moverá la compensadora hasta encontrar esa igualdad.

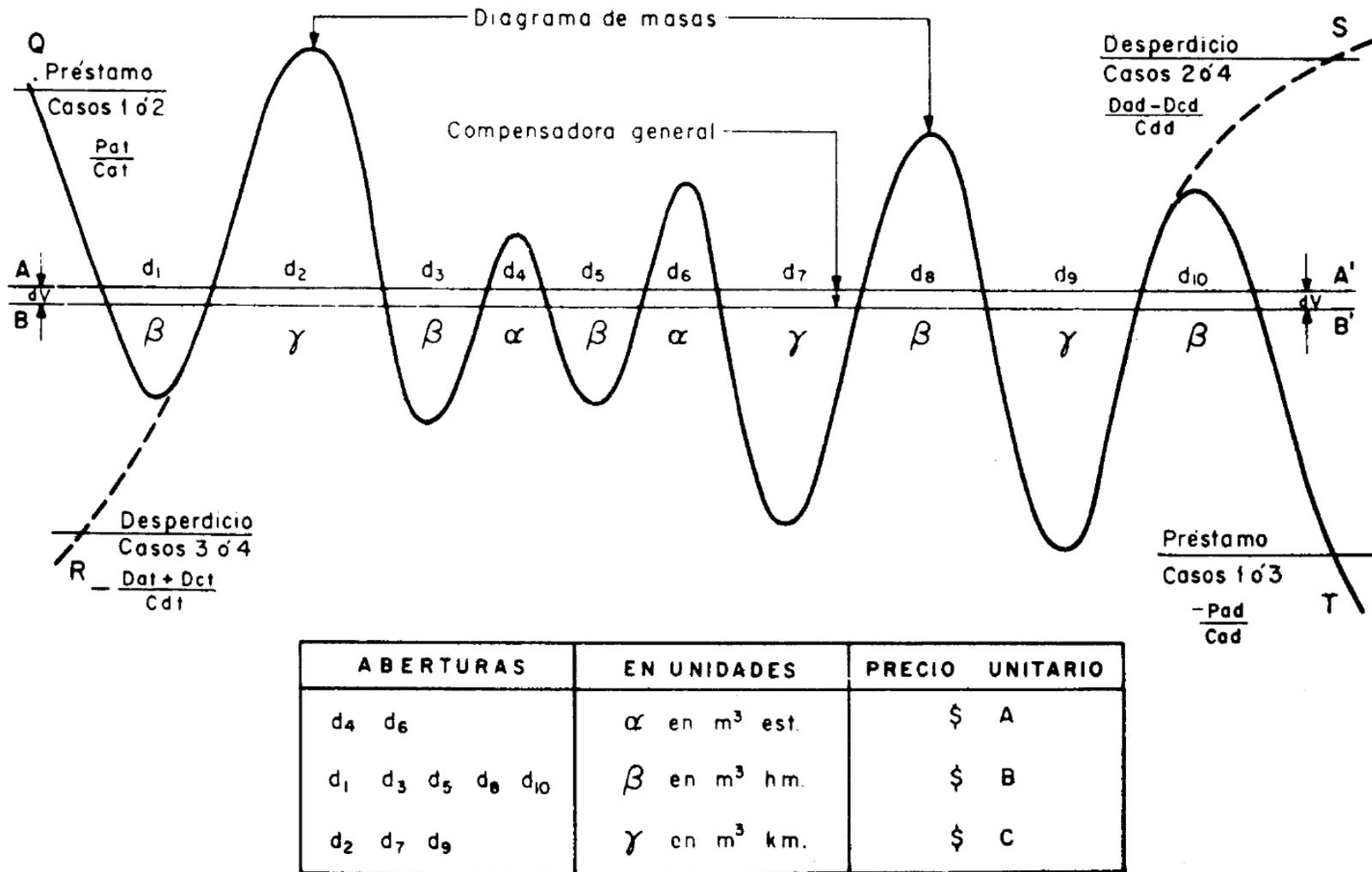


FIGURA 6.6.B. POSICIÓN DE LA COMPENSADORA ECONÓMICA

Fuente. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991. Páginas 435.

# CAPÍTULO VII

## INFORME DE DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Una vez que se tienen los alineamientos horizontal y vertical definitivos, se está en posibilidad de realizar el informe de datos de construcción.

El objeto del informe de datos de construcción es obtener los siguientes elementos:

1. Alineamiento vertical
2. Secciones de construcción
3. Volúmenes de terracerías por kilómetro
4. Cálculo de curva masa

Esto se podrá realizar mediante el programa “proyecto de curva masa” de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes mejor conocido como proceso electrónico de terracerías o bien se podrá elaborar mediante el proceso tradicional.

### **7.1 PROCESO ELECTRÓNICO DE TERRACERÍAS**

Los datos utilizables en el programa “proyecto de curva masa”, están agrupados en los siguientes 17 bloques:

1. Generales del tramo.- Se especifican los datos generales del tramo a procesar.
2. Secciones transversales de terreno.- Son definidas por puntos sobre el terreno natural, contenidos en un plano normal al eje y cuyo registro será por cambio en la topografía.

Se considera el eje de proyecto como el origen del sistema de referencia, se toman distancias y desniveles a cada lado del eje, tomando como negativas las distancias

izquierda y positivas a la derecha; para desniveles, serán negativos los que se encuentren por debajo del eje de proyecto y positivos los que estén arriba.

3. Alineamiento vertical.- Se describe por medio de los puntos de inflexión vertical y longitudes de las curvas.
4. Sobreelevaciones y ampliaciones.- Son el resultado de un cálculo anterior con base en la velocidad de proyecto, bombeo y el alineamiento horizontal.
5. Geometría.- Se refiere a la geometría de la sección de construcción (ancho de semicorona, ancho de cuneta, talud de cuneta y ancho de cuña de afinamiento) y es necesario especificar las estaciones en las que se observan cambios en los datos geométricos.
6. Datos de terraplén.- Estos datos se relacionan con las secciones proyectadas en terraplén.
7. Espesores y tratamientos.- Se especifican los espesores de las capas subrasante y subyacente de la sección de construcción y el tipo de tratamiento de los estratos según sirvan para la formación de dichas capas.
8. Especificación para cortes.- Se describen las especificaciones para cortes, resultado de los estudios geotécnicos efectuados sobre el despalme y dos estratos.
9. Ordenadas de curva masa.- Mediante esta forma se proporcionan los valores de las ordenadas de curva masa al inicio y/o en cualquier estación del tramo.
10. Muros.- Se especifican las estaciones en donde se requiera ubicar muro en terraplén o un abatimiento de talud en corte.

11. Supresiones de geometría y/o volúmenes.- Se determinan las estaciones entre las cuales se deberán suprimir las secciones de construcción y/o los volúmenes.
12. Bermas en corte.- Se pueden incluir si se desean proyectar secciones en corte con bermas.
13. Cambio de talud en corte.- Se especifican las estaciones donde se requiera realizar un cambio en el talud de corte.
14. Datos adicionales de ampliaciones y sobreelevaciones.- En secciones proyectándose dentro de la zona de un entronque se pueden utilizar ampliaciones y sobreelevaciones adicionales para las transiciones en la corona.
15. Documentación.- Si se desea agregar alguna nota, descripción o indicación en el reporte de curva masa, se deberá agregar a la solicitud del proceso.
16. Zonas de precios del tabulador.- Si se indica en los datos generales la utilización de los precios de alguna zona, se reportarán las cantidades de obra con dichos precios, sin que el usuario pueda variarlos.
17. Traslado del eje de proyecto.- Se indica en caso de que el eje de proyecto tenga que ser trasladado.

Los nueve últimos, ordenadas, muros, supresiones, bermas, cambio en taludes, sobreelevaciones para entronques, documentación, tabulador y traslado del eje, son opcionales, según lo requiera el proyecto.



2. Elevación del terreno.- Es el nivel alcanzado por el terreno natural.
3. Pendiente longitudinal.- Representan las pendientes de entrada y salida de las curvas verticales.
4. Elevaciones de cotas y corrección de curva.- Son el resultado del cálculo a partir de las pendientes de entrada y salida y la longitud de curva propuesta.
5. Elevación de la subrasante.- Es el nivel que alcanza la subcorona propuesta en el proyecto de la subrasante.
6. Espesores de corte y terraplén.- Se obtienen a partir de la diferencia entre la elevación del terreno natural y la elevación de la subrasante, colocando en la columna de corte si el signo es positivo y en terraplén si el signo es negativo.

1	2	3	4		5	6	
ESTACIÓN	ELEVACIÓN DEL TERRENO (m)	PENDIENTE LONGITUDINAL	COTAS ELEVACIONES (m)	CORRECCIÓN DE CURVA (m)	ELEVACIÓN SUBRASANTE (m)	ESPESOR DE CORTE (m)	ESPESOR DE TERRAPLÉN (m)

TABLA 7.2.B ALINEAMIENTO VERTICAL.

Los volúmenes de terracerías por kilómetro y el cálculo de la curva masa se realizan conforme el subtema 6.3 “PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA ORDENADA CURVA MASA”

7.3 EJEMPLO DEL PROYECTO CON EL PROCESO TRADICIONAL

7.3.1 Alineamiento vertical

ALINEAMIENTO VERTICAL							
ESTACIÓN	ELEVACIÓN DEL TERRENO (m)	PENDIENTE LONGITUDINAL	COTAS ELEVACIONES (m)	CORRECIÓN DE CURVA (m)	ELEVACIÓN SUBRASANTE (m)	ESPESOR DE CORTE (m)	ESPESOR DE TERRAPLÉN (m)
0+000.00	302.55	-7.5079%			302.28	0.27	0.00
0+020.00	299.87	-7.5079%			300.78	0.00	0.91
0+040.00	298.28	-7.5079%			299.28	0.00	1.00
0+060.00	297.20	PCV	297.779	0.00	297.78	0.00	0.58
0+080.00	296.25		296.278	0.08	296.36	0.00	0.11
0+100.00	295.06		294.776	0.32	295.09	0.00	0.03
0+110.00	294.54	PIV	294.025	0.50	294.52	0.01	0.00
0+120.00	294.01		293.275	0.71	293.99	0.02	0.00
0+140.00	293.21		291.773	1.27	293.04	0.17	0.00
0+160.00	292.88	PTV	290.271	1.98	292.25	0.63	0.00
0+180.00	291.55	-3.5441%			291.54	0.01	0.00
0+200.00	290.69	-3.5441%			290.84	0.00	0.15
0+220.00	289.87	-3.5441%			290.13	0.00	0.26
0+240.00	289.25	PCV	289.414	0.00	289.41	0.00	0.16
0+260.00	288.58		288.705	0.03	288.73	0.00	0.15
0+280.00	287.96	PIV	287.996	0.10	288.10	0.00	0.14
0+300.00	287.27		287.287	0.23	287.52	0.00	0.25
0+320.00	286.94	PTV	286.579	0.42	287.00	0.00	0.06
0+340.00	286.36	-2.5000%			286.50	0.00	0.14
0+360.00	285.88	-2.5000%			286.00	0.00	0.12
0+380.00	285.47	-2.5000%			285.50	0.00	0.03
0+400.00	285.02	-2.5000%			285.00	0.02	0.00
0+420.00	284.54	-2.5000%			284.50	0.04	0.00
0+440.00	284.02	-2.5000%			284.00	0.02	0.00
0+460.00	283.51	-2.5000%			283.50	0.01	0.00
0+480.00	282.28	-2.5000%			283.00	0.00	0.72
0+500.00	282.50	-2.5000%			282.50	0.00	0.00
0+520.00	282.00	-2.5000%			282.00	0.00	0.00
0+540.00	281.47	-2.5000%			281.50	0.00	0.03
0+560.00	280.96	-2.5000%			281.00	0.00	0.04
0+580.00	280.41	-2.5000%			280.50	0.00	0.09
0+600.00	279.81	PCV	279.999	0.00	280.00	0.00	0.19
0+620.00	279.33		279.499	0.05	279.55	0.00	0.22
0+640.00	278.85	PIV	278.999	0.21	279.21	0.00	0.36
0+660.00	279.90		278.499	0.47	278.97	0.93	0.00
0+680.00	279.19	PTV	277.999	0.83	278.83	0.36	0.00
0+700.00	279.18	-0.4167%			278.75	0.43	0.00
0+720.00	277.73	-0.4167%			278.67	0.00	0.94
0+740.00	277.35	-0.4167%			278.58	0.00	1.23
0+760.00	276.99	-0.4167%			278.50	0.00	1.51
0+780.00	277.10	-0.4167%			278.42	0.00	1.32
0+800.00	277.46	-0.4167%			278.33	0.00	0.87
0+820.00	277.78	-0.4167%			278.25	0.00	0.47
0+840.00	277.91	PCV	278.162	0.00	278.16	0.00	0.25
0+860.00	278.07		278.079	-0.04	278.04	0.03	0.00
0+880.00	277.91	PIV	277.995	-0.16	277.84	0.07	0.00
0+900.00	277.78		277.912	-0.36	277.56	0.22	0.00
0+920.00	277.36	PTV	277.828	-0.63	277.20	0.16	0.00
0+940.00	277.06	-2.0000%			276.80	0.26	0.00
0+960.00	276.20	-2.0000%			276.40	0.00	0.20
0+980.00	276.06	-2.0000%			276.00	0.06	0.00
1+000.00	275.69	-2.0000%			275.60	0.09	0.00
1+020.00	275.29	PCV	275.198	0.00	275.20	0.09	0.00
1+040.00	274.98		274.798	-0.02	274.78	0.20	0.00
1+060.00	274.49	PIV	274.398	-0.08	274.32	0.17	0.00
1+080.00	273.73		273.998	-0.19	273.81	0.00	0.08
1+100.00	273.31	PTV	273.598	-0.33	273.27	0.04	0.00
1+120.00	272.69	-2.8333%			272.70	0.00	0.01
1+140.00	272.24	PCV	272.135	0.00	272.14	0.10	0.00
1+160.00	271.50		271.569	0.05	271.62	0.00	0.12
1+180.00	270.41	PIV	271.002	0.20	271.20	0.00	0.79
1+200.00	269.82		270.435	0.46	270.89	0.00	1.07
1+220.00	269.33	PTV	269.869	0.81	270.68	0.00	1.35
1+240.00	269.04	-0.8026%			270.52	0.00	1.48
1+260.00	268.85	-0.8026%			270.36	0.00	1.51
1+280.00	269.12	PCV	270.197	0.00	270.20	0.00	1.08

7.3.2 Secciones de construcción

SECCIONES DE CONSTRUCCION																				
ESTACION	No. DE CURVA	SENTIDO	Vp (km/h)	TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (%)		AMPLIACIÓN (m)		SOBREANCHO (m)		ANCHO DE CARPETA (m)		ANCHO DE SUBRASANTE (m)		CUNETETA IZQ.		CUNETETA DER.		TALUDES	
					IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	ANCHO	PROF.	ANCHO	PROF.	IZQ.	DER.
0+000.00	N1	1	derecho	40	5.15	-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+005.15	TT1	1	derecho	40	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.45	0.46	3.50	3.50	3.95	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+010.31	N2	1	derecho	40	5.15	2.00	-2.00	0.00	0.33	0.44	0.46	3.50	3.83	3.94	4.29					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+020.00		1	derecho	40	14.85	5.67	-5.67	0.00	0.95	0.41	0.49	3.50	4.45	3.91	4.94					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+030.15	TT2	1	derecho	40	25.00	9.70	-9.70	0.00	1.60	0.38	0.52	3.50	5.10	3.88	5.62					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+039.13	TT3	1	derecho	40	25.00	9.70	-9.70	0.00	1.60	0.38	0.52	3.50	5.10	3.88	5.62					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+040.00		1	derecho	40	24.13	9.36	-9.36	0.00	1.54	0.39	0.51	3.50	5.04	3.89	5.55					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+058.97	N3	1	derecho	40	5.15	2.00	-2.00	0.00	0.33	0.44	0.46	3.50	3.83	3.94	4.29					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+060.00		1	derecho	40	4.13	1.60	-2.00	0.00	0.26	0.44	0.46	3.50	3.76	3.94	4.22					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+064.13	TT4	1	derecho	40	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.45	0.46	3.50	3.50	3.95	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+069.28	N4	1	derecho	40	5.15	-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+080.00				40		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+100.00				40		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+120.00				40		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+140.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+160.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+180.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+200.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+220.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.95	3.50	3.50	3.96	4.45		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+240.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.95	3.50	3.50	3.96	4.45		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+260.00				80		-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.95	3.50	3.50	3.96	4.45		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+276.29	N1	2	derecho	80	12.73	-2.00	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+280.00		2	derecho	80	9.02	-1.42	-2.00	0.00	0.00	0.46	0.46	3.50	3.50	3.96	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+289.02	TT1	2	derecho	80	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.45	0.46	3.50	3.50	3.95	3.96					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+300.00		2	derecho	80	10.98	1.73	-2.00	0.00	0.13	0.44	0.46	3.50	3.63	3.94	4.10					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+301.74	N2	2	derecho	80	12.73	2.00	-2.00	0.00	0.16	0.44	0.46	3.50	3.66	3.94	4.12					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+313.52	PC	2	derecho	80	24.50	3.85	-3.85	0.00	0.30	0.42	0.48	3.50	3.80	3.92	4.28					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+320.00		2	derecho	80	30.98	4.87	-4.87	0.00	0.38	0.42	0.48	3.50	3.88	3.92	4.36					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+338.02	TT2	2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	0.50	3.50	4.10	3.90	4.60					t 1.5 :1 t 1.5 :1
0+340.00		2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	1.11	3.50	4.10	3.90	5.21		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+360.00		2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	1.11	3.50	4.10	3.90	5.21		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+380.00		2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	1.11	3.50	4.10	3.90	5.21		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+400.00		2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	1.11	3.50	4.10	3.90	5.21		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+420.00		2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	1.11	3.50	4.10	3.90	5.21		1.00	0.33		t 1.5 :1 c 0.5 :1
0+428.78	TT3	2	derecho	80	49.00	7.70	-7.70	0.00	0.60	0.40	0.50	3.50	4.10	3.90	4.60					t 1.5 :1 t 1.5 :1



# CAPÍTULO VIII

## SEÑALAMIENTO

El señalamiento es el conjunto de marcas, señales y dispositivos destinados a prevenir, regular, recomendar e informar de las condiciones particulares del camino y/o su geometría mediante rayas, símbolos y letras al usuario.

Según su propósito, el señalamiento se clasifica en señalamiento horizontal y señalamiento vertical.

### 8.1 SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

Es el conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre la superficie de rodamiento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.

El señalamiento horizontal se clasifica oficialmente de la siguiente manera:

TABLA 8.1.A CLASIFICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.

<b>Clasificación</b>	<b>Tipos de marcas</b>
<b>M-1</b>	<b>Raya separadora de sentidos de circulación</b>
M-1.1	Raya continua sencilla (Calzada hasta 6.5 m)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Calzada hasta 6.5 m)
M-1.3	Raya continua doble (Calzada mayor de 6.5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Calzada mayor de 6.5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Calzada mayor de 6.5 m)
<b>M-2</b>	<b>Raya separadora de carriles</b>
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
<b>M-3</b>	<b>Raya en la orilla de la calzada</b>
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua

M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
<b>M-4</b>	<b>Raya guía en zonas de transición</b>
<b>M-5</b>	<b>Rayas canalizadoras</b>
<b>M-6</b>	<b>Raya de alto</b>
<b>M-7</b>	<b>Rayas para cruce de peatones</b>
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías rápidas
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en calles secundarias
<b>M-8</b>	<b>Marcas para cruce de ferrocarril</b>
<b>M-9</b>	<b>Rayas con espaciamiento logarítmico</b>
<b>M-10</b>	<b>Marcas para estacionamiento</b>
<b>M-11</b>	<b>Símbolos para regular el uso de carriles</b>
<b>M-12</b>	<b>Marcas en guarniciones</b>
M-7.1	Para prohibición del estacionamiento
M-7.2	Para delinear guarniciones
<b>M-13</b>	<b>Rayas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodamiento</b>
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
<b>DH-1</b>	<b>Violetas sobre el pavimento</b>
<b>DH-2</b>	<b>Violetas sobre estructuras</b>
<b>DH-3</b>	<b>Botones</b>

## 8.2 SEÑALAMIENTO VERTICAL

Es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos. Según su propósito, las señales son:

### 8.2.1 Señales preventivas (SP)

Tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro en el camino y naturaleza del mismo. El tablero será cuadrado con las esquinas redondeadas con una diagonal en posición vertical, el color del fondo será amarillo con letras y ribete de color negro a excepción del símbolo de “ALTO” en la señal SP-31 que deberá ser rojo y la señal SP-27 que deberá ser negro con blanco. Las dimensiones de los tableros varían según el tipo de camino, el largo del cuadrado puede ser de 71 cm, 86 cm o 117 cm. En la figura 8.2.A se muestran las señales preventivas.



FIGURA 8.2.A SEÑALES PREVENTIVAS.

Longitudinalmente, las señales preventivas se deben colocar antes de la zona de riesgo que se señala, a una distancia determinada en función de la velocidad como se indica en la Tabla 8.2.A.

TABLA 8.2.A. UBICACIÓN LONGITUDINAL DE LAS SEÑALES PREVENTIVAS.

Velocidad km/h	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia m	30	45	65	85	110	140	170	205	245	285

La ubicación lateral de la señal será a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino, cuando la carretera este en corte, el poste deberá colocarse en el talud a nivel del hombro aproximadamente, pero sin obstruir el área hidráulica de la cuneta.

### 8.2.2 Señales restrictivas (SR)

Tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad. Para estas señales se usará la forma cuadrada con las esquinas redondeadas, excepto la señal SR-6 que será octogonal y la señal SR-7 que tendrá forma de triángulo equilátero, con un vértice hacia abajo. En la figura 8.2.B se muestran las señales restrictivas



FIGURA 8.2.B SEÑALES RESTRINGIDAS.

El color del fondo de las señales restrictivas será blanco, el anillo y la franja diametral serán en rojo y el símbolo, letras y ribete serán en negro, excepto la señal SR-6 que llevará fondo rojo con letras y ribete blanco y la señal SR-7 que llevará fondo blanco franja perimetral roja y leyenda en negro.

Longitudinalmente, las señales restrictivas se deben colocar en el lugar mismo donde existe la restricción o prohibición, la ubicación lateral será a no menos de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino.

### **8.2.3 Señales informativas (SI)**

Tienen como finalidad el proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje.

Las señales informativas se clasifican en cinco grupos:

- Señales informativas de identificación (SII)

- Señales informativas de destino (SID)

- Señales informativas de recomendación (SIR)

- Señales de información general (SIG)

- Señales turísticas y de servicios (STS)

Señales informativas de identificación (SII).- Se usarán para identificar las calles según su nombre, en carreteras identificarán su tipo, número de ruta y de kilometraje.

Señales informativas de destino (SID).- Se usarán para informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Se deberán emplear de forma secuencial, para permitir que el usuario ejecute su maniobra con anticipación.

Señales informativas de recomendación (SIR).- Se utilizarán para recordar al usuario disposiciones o recomendaciones de seguridad que conviene observar durante su recorrido. Las leyendas que estas señales contengan deberán tener no más de cuatro palabras o números por renglón y en ningún caso más de dos renglones.

Señales de información general (SIG).- Se utilizarán para proporcionar a los usuarios, información general de carácter poblacional y geográfico, así como para indicar nombres de obras importantes en el camino, límites políticos, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección y sentido de circulación del tránsito, entre otras.

Señales turísticas y de servicios (STS).- Se utilizarán para informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo. En algunos casos estas señales podrán usarse combinadas con una informativa de destino en un mismo tablero. Según su propósito se clasifican en señales turísticas (SIT) y señales de servicios (SIS).

#### **8.2.4 Señales diversas (OD)**

Son dispositivos que tienen por objeto encauzar o prevenir a los usuarios. Según su función se clasifican como indicadores de obstáculos, indicadores de alineamiento, reglas y tubos guía para vados, e indicadores de curvas peligrosas.

# **CAPÍTULO IX**

## **PRESENTACIÓN DE PLANOS**

Los planos deberán ser desarrollados mediante un programa CAD que sea compatible con los archivos de extensión DWG y DXF de AutoCAD®.

Los planos finales deberán ser entregados en archivo digital, y con excepción de los planos de secciones de construcción, deberán ser presentados en papel traslúcido (poliéster o vellum) en dos juegos, los cuales deberán ser firmados por los responsables de la empresa proyectista, la empresa revisora y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### **9.1 PLANOS KM**

Los planos km expresarán gráficamente los proyectos geométricos y de terracerías, se dibujarán para cada subtramo de 1 km de la carretera y se entregarán en formato 90x60 cm, considerando lo siguiente:

#### **9.1.1 Planta topográfica en el plano km**

En la sección superior del plano km, se colocará la planta topográfica del subtramo de 1 km correspondiente.

- a) Las plantas topográficas preliminares de la carretera se dibujarán a escala una a dos mil y con las curvas de nivel a cada dos metros, distinguiendo como curvas de nivel maestras aquellas cuya elevación sea múltiplo de diez. La cuadrícula del sistema cartesiano de referencia se indicará a cada 200 m, rotulando las coordenadas correspondientes en sus extremos.
- b) La planta topográfica en el plano km, se mostrará el eje definitivo de la carretera, indicando las estaciones cerradas principales a cada 100 m y marcando las secundarias a cada 20 m; los puntos de inflexión (PI), de principio de espiral (TE),

de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT 0 ET) y de término de espiral (ET), así como los puntos sobre tangente (PST), sobre subtangente (PSST o PSTe), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC); las longitudes y azimuts de las tangentes libre; los puntos de la poligonal de referencia; la ubicación, identificación y elevación de los bancos de nivel; la ubicación de las obras menores y mayores de drenaje; los destinos y la probable delimitación del derecho de vía.

### **9.1.2 Perfil en el plano km**

En la sección inferior del plano km, se ubicará el perfil que represente la configuración vertical del terreno en el eje definitivo del camino, para el correspondiente subtramo de 1 km.

- a) El perfil del eje definitivo en el plano km, se dibujará sobre un sistema cartesiano definido por los cadenamientos de ese eje en las abscisas y las elevaciones del terreno en las ordenadas, a escala horizontal 1:2000 y vertical de 1:200, rotulando en sus bordes dichos cadenamientos y elevaciones.
- b) El perfil del eje definitivo en el plano km, mostrará la ubicación, identificación, y elevación de los bancos de nivel, así como la ubicación y el tipo de las obras menores y mayores de drenaje u otra estructura propuesta.
- c) En la sección también deberá ir incluida la curva masa a escala horizontal 1:2000 y escala vertical variable de tal manera que se evite que esta quede encimada con el perfil del eje definitivo.

### **9.1.3 Información complementaria**

Los planos km contendrán la siguiente información complementaria:

- a) El cuadro de identificación del plano km, que indicará el nombre de la carretera; el nombre del tramo de la carretera en estudio; los cadenamientos inicial y final del

subtramo contenido en el plano, el origen del cadenamiento y la fecha de elaboración del plano.

- b) El cuadro de datos generales del proyecto, que indicará el tránsito diario promedio anual estimado, la composición vehicular, el tipo de carretera y las especificaciones del proyecto.
- c) La sección tipo de la carretera propuesta para el subtramo de 1 km, que incluya los anchos de corona, calzada, acotamientos y el derecho de vía.
- d) La designación y coordenadas de los puntos de la poligonal de referencia que correspondan al subtramo de 1 km.
- e) El cuadro de referencia de trazo que correspondan a los puntos característicos ubicados en el subtramo de 1km, que indicará los cadenamientos de esos puntos; los ángulos y distancias a las referencias, señalando sus tipos, y el croquis de referenciación.
- f) El cuadro de la geometría del alineamiento horizontal que corresponda al subtramo de 1 km, que indicará los tipos, cadenamientos y coordenadas de los puntos característicos del eje definitivo de la carretera y todos los datos de las curvas horizontales.
- g) El cuadro de obras de drenaje, que indicará las obras menores y mayores de drenaje propuestas en el subtramo de 1 km, señalando sus tipos, dimensiones generales y los cadenamientos donde se ubiquen.
- h) Cuadros de movimientos de terracerías y cantidades de obra que correspondan al subtramo de 1 km.
- i) Cuadro de ampliaciones y sobreelevaciones de las curvas proyectadas en el subtramo de 1 km.
- j) El cuadro de estratigrafía y clasificación, que indicará el tipo de material, clasificación presupuestal y coeficientes de variación volumétrica.
- k) El cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización de los estudios topográficos y aerofotogramétricos para el proyecto.
- l) El norte astronómico con declinación magnética.

## 9.2 PERFIL DE TRABAJO

El perfil de trabajo representa la configuración del terreno en el eje definitivo de la carretera.

- a) El perfil del eje definitivo de la carretera, utilizado para determinar la subrasante definitiva y expresar gráficamente el proyecto de terracerías, se dibujará a escala horizontal de 1:2000 y vertical de 1:200 sobre fondo de retícula milimétrica.
- b) Se rotularán sobre un sistema cartesiano los cadenamientos en el eje de las abscisas y las elevaciones del terreno en el eje de las ordenadas, se indicará la ubicación, identificación y elevación de los bancos de nivel, la posición y el tipo de las obras menores y mayores de drenaje u otra estructura propuesta.
- c) En la parte superior se asentará la información del alineamiento horizontal, indicando sus puntos característicos; las longitudes y azimuts de las tangentes libres y los datos de las curvas horizontales.
- d) Deberá ir incluida la curva masa a escala horizontal 1:2000 y escala vertical variable de tal manera que se evite que esta quede encimada con el perfil del eje definitivo.
- e) El perfil del eje definitivo de la carretera se dibujará en un plano en subtramos de 5 kilómetros o fracción.

### 9.2.1 Información complementaria

Los planos de perfiles contendrán la siguiente información complementaria:

- a) El cuadro de identificación del plano de perfil, que indicará los nombres de la carretera y del tramo que se estudia, así como el origen de su cadenamiento; los cadenamientos extremos del perfil del eje la carretera que contenga el plano; el cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización del estudio topográfico o aerofotogramétrico, fecha de elaboración del plano.

- b) El cuadro de especificaciones de proyecto que indicará el tipo de carretera, todos los datos generales y las escalas horizontal y vertical.
- c) La sección tipo, que incluyan los anchos de corona, calzada, acotamientos y el derecho de vía en el subtramo de la carretera.
- d) El cuadro de obras de drenaje, que indicará las obras menores y mayores de drenaje y otras estructuras propuestas, señalando sus tipos, dimensiones generales y los cadenamientos donde se ubiquen.
- e) Cuadros de movimientos de terracerías y cantidades de obra totales.
- f) El cuadro de estratigrafía y clasificación, que indicará el tipo de material, clasificación presupuestal y coeficientes de variación volumétrica.

### **9.3 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN**

En el plano de secciones de construcción se plasmarán las secciones transversales al eje definitivo y se determinarán los volúmenes de los diferentes conceptos de las terracerías.

- a) La sección contará con un fondo de retícula milimétrica, a escalas horizontal y vertical 1:100, aunque en caso de secciones muy amplias se pueden utilizar escalas menores.

#### **9.3.1 Información complementaria**

Los planos de secciones transversales contendrán la siguiente información complementaria:

- a) El cuadro de identificación del plano de secciones transversales, que indicará el nombre de la carretera y del tramo que se estudia, así como el origen de su cadenamiento; el cuadro de firmas y autorización del estudio topográfico o aerofotogramétrico, y fecha de elaboración.
- b) El cuadro de especificaciones de proyecto que indicará el tipo de carretera, todos los datos generales y las escalas horizontal y vertical.

- c) El cuadro de abreviaturas para expresar los datos de proyecto de terracerías.

#### **9.4 SEÑALAMIENTO**

En los planos de señalamiento se deberá plasmar el señalamiento horizontal y vertical que debe tener el tramo en toda su longitud indicando claramente los requerimientos operacionales de la carretera, se presentarán en formato 90x60 cm tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Los planos de proyecto de señalamiento se dibujarán a escala 1:5000, mostrando tangentes y curvas que constituyen el alineamiento horizontal de la carretera.
- b) Las señales estándar deberán ser representadas con precisión a escala de 1:100 y localizadas en el plano en sus apropiadas posiciones relativas a la precisión permitida por la escala del trazo.

##### **9.4.1 Información complementaria**

Los planos de señalamiento contendrán la siguiente información complementaria:

- a) El cuadro de datos generales del proyecto, que indicará el tránsito diario promedio anual estimado, la composición vehicular, el tipo de carretera y las especificaciones del proyecto.
- b) El cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización de los estudios topográficos y aerofotogramétricos para el proyecto.
- c) En cada plano habrá de incluirse, un listado de todos los señalamientos. Los listados incluirán los siguientes detalles: kilometraje en orden ascendente, para el lado derecho comenzando en la parte superior de listado y, en orden descendente para el lado izquierdo, empezando en la parte superior del listado, con dimensiones y descripción estándar.
- d) Deberá haber una lista con la sumatoria de todas las señales, mostrando las cantidades de cada tipo, así como una lista con la sumatoria de todos los

señalamientos horizontales, incluyendo las rayas continuas, vialetas, etc. La lista deberá mostrar los siguientes detalles: tipo, color, dimensiones (ancho, espaciamiento, etc.), y observaciones relevantes. Se debe indicar la cantidad de defensa metálica marcando el número de crestas.

- e) Se deberán de incluir especificaciones y detalles para señalamiento, acabados, tratamientos, etc.

## **9.5 PLANOS DEFINITIVOS**

Ver anexos

## CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo contiene elementos de tipo teórico-práctico que servirán como herramienta de apoyo para aquel que la consulte, debido a esto se logró cumplir con el objetivo.

Para garantizar un adecuado diseño geométrico en cualquier proyecto carretero, se deben tomar en cuenta los siguientes elementos: seguridad, comodidad, funcionalidad, estética, economía y compatibilidad con el medio ambiente.

Es indispensable que se cuente con el señalamiento apropiado para satisfacer las condiciones de seguridad que requiere el usuario.

Es de importancia que se conozca la normativa SCT porque en él se establecen los criterios y procedimientos para el correcto desarrollo y uniformidad de estilo y calidad de los proyectos.

Debido a la antigüedad que tienen las normas mexicanas para el diseño geométrico de carreteras se debe tomar en consideración la revisión y actualización permanente de las mismas, adaptando aquellos elementos que mejoren la seguridad e incrementen la eficiencia operativa.

# ANEXOS

## **Anexo 1. Plano km**

POLIGONAL DE REFERENCIA

NP O CAD. X Y Z

REFERENCIAS DEL TRAZO

PTO. REF. (P)	ANGULOS (α) A LA DERECHA PROLONGACION TANGENTE ATRAS Y DISTANCIA DE P O R	COLOCADO EN:		COLOCADO EN:		COLOCADO EN:										
		1	2	3	4	5	6									
V_1	0+027.03	51	32	50	19.67	VARILLA EN MOJONERA	79	47	08	15.98	VARILLA EN MOJONERA	505	44	57	12.19	VARILLA EN MOJONERA
V_2	0+400.00	63	24	21	41.17	CONCRETO (HIDRANTE)	175	33	58	13.12	VARILLA EN MOJONERA	554	06	02	14.55	VARILLA EN MOJONERA
V_3	0+680.00	205	07	52	14.84	CONCRETO (BEBEBERO)	208	06	12	15.98	CONCRETO (BEBEBERO)	555	57	55	11.37	VARILLA EN MOJONERA
V_4	0+840.00	366	45	50	34.73	CONCRETO (HIDRANTE)	12	29	03	17.06	POSTE DE CFE	78	55	24	2.39	BASE DE MUFA
V_5	+392.35	158	09	21	6.00	VARILLA EN MOJONERA	236	25	57	14.14	CONCRETO (HIDRANTE)	241	12	26	13.95	POSTE DE CFE

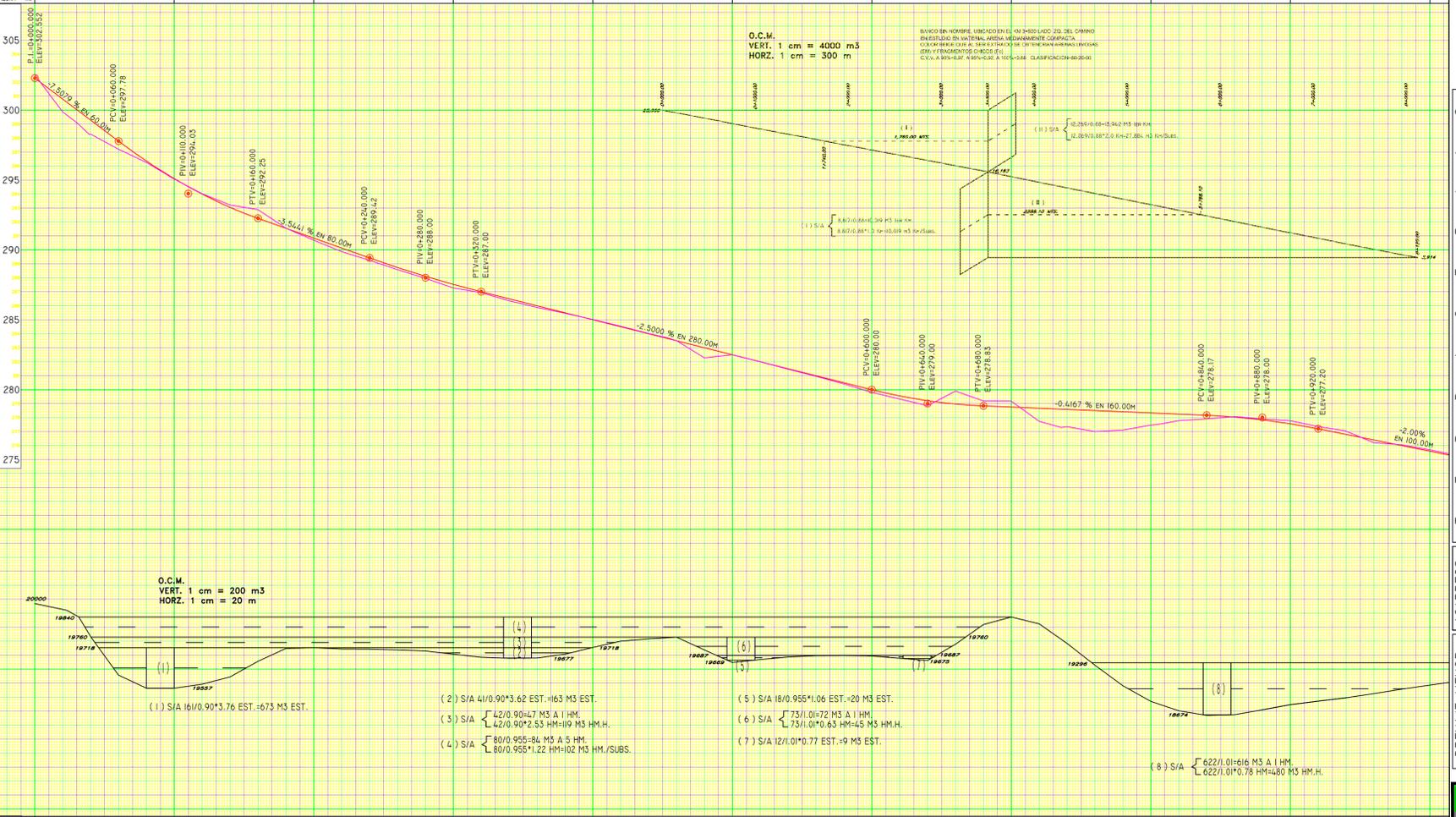
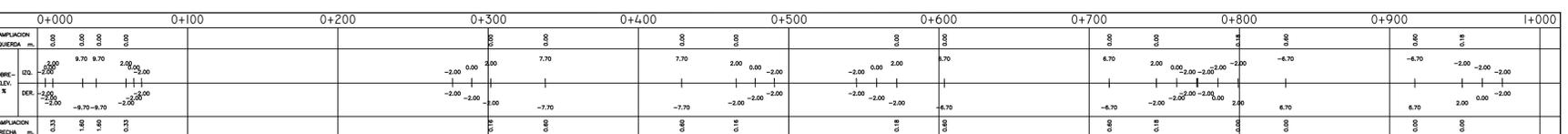
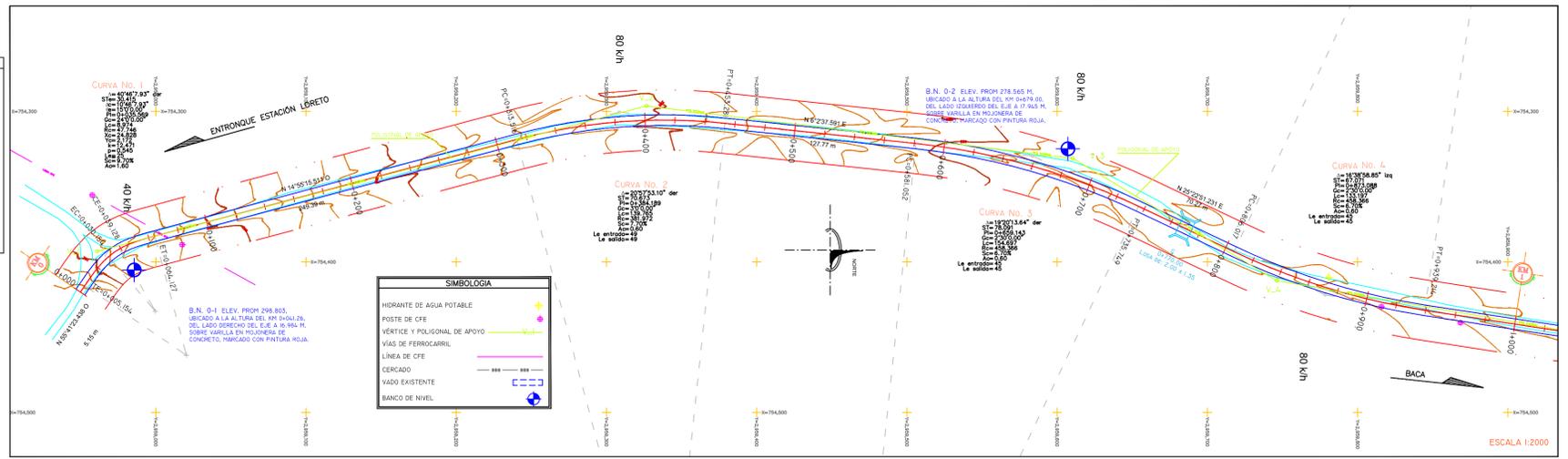
GEOMETRIA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CURVA	PC		EC		PI		PST		CE		PT		ET	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	754.415.78	2.958.952.81	754.396.50	2.958.968.59	754.390.66	2.958.969.95	754.391.32	2.958.975.91	754.382.83	2.958.999.94	754.382.83	2.958.999.94	754.382.83	2.958.999.94
2	754.318.61	2.959.240.32			754.300.42	2.959.308.61			754.307.86	2.959.378.89				
3	754.321.31	2.959.505.95			754.329.53	2.959.583.61			754.363.01	2.959.654.16				
4	754.393.13	2.959.717.65			754.421.87	2.959.778.24			754.432.06	2.959.844.54				

CURVA	Δt	Δc	Gc	Rc	ST o STe	Lc	Θ e	Le	Xc	Yc	k	p
1	40°46'7.93"D	10°46'7.93"D	24°00'00"	47.766	30.415	8.974	15°00'00"	25.00	24.828	2.172	12.471	0.545
2	20°57'53.10"D	3°00'00"	381.972	70.673	139.765			49.00				
3	19°20'13.64"D	2°30'00"	458.366	78.091	154.697			45.00				
4	16°38'58.85"D	2°30'00"	458.366	67.071	133.197			45.00				

MOVIMIENTO DE TERRACERIAS

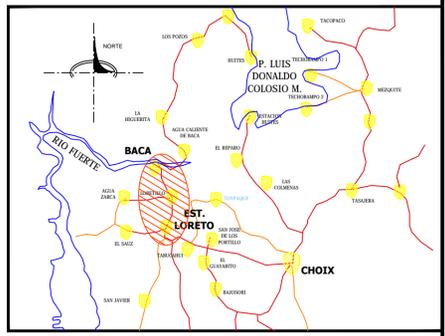
MOVIMIENTO No.	VOLUMEN GEOMETRICO M3	DISTANCIA DE PAGO		VOLUMEN x DISTANCIA (SOBRE ACARREO)	
		CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
I	8,817	1.00	KM	10,019	M3 - KM
		1.0	KM-SUB	10,019	M3-KM-SUB
II	12,269	1.00	KM	13,942	M3 - KM
		2.0	KM-SUB	27,884	M3-KM-SUB
1	161	3.76	EST	673	M3 - EST
		3.62	EST	163	M3 - EST
2	41	1.0	HM	47	M3 - 1 HM
		2.53	HM	119	M3 - HM H.
3	80	5.0	HM	84	M3 - 5 HM
		1.22	HM	102	M3 - HM/SUBS.
4	18	1.06	EST	20	M3 - EST
		1.0	HM	72	M3 - 1 HM
5	73	0.63	HM	45	M3 - HM H.
		0.77	EST	9	M3 - EST
6	12	1.0	HM	616	M3 - 1 HM
		0.78	HM	480	M3 - HM H.



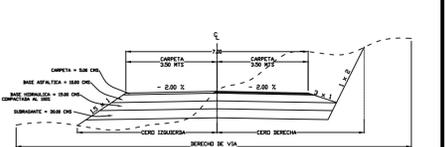
DATOS DE PROYECTO

TRANSITO (DPA)	500 A 1,500	AÑO	A=	B=	C=	VELOCIDAD DE PROYECTO	40-80	km/h
CURVATURA MAXIMA	5.5	PENDIENTE GOBERNADORA	5.00	%				
ANCHO DE CORONA	7.00	ANCHO DE CALZADA	7.00	m				
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.30	PENDIENTE MAXIMA	7.00	%				

LOCALIZACION



SECCION TIPO



CANTIDADES DE OBRA

EXCAVACIONES (VOL. GEOMETRICO)	DESCAPALME		CORTES Y EXC. ADICIONALES		CAJAS PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES		REBAJES CORONA DE CORTE Y/O TERRAPLEN		ESCALONES DE LIGA	
	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3
DESCAPALME	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00
TOTAL	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00	1,329.10	1,149.00

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE CAMBIOS REALES

OBRA	ESTRATIGRAFIA Y CLASIFICACION	ELEVACION DE LA SUBRASANTE	CADENAMIENTO
MATERIAL ARENA LIMOSA CLASIFICACION= 20-80-00 C.V.V. A 90%=0.90 A 95%=0.86 A 100%=0.81	MATERIAL ARENA LIMOSA CLASIFICACION= 20-80-00 C.V.V. A 90%=1.01 A 95%=0.96 A 100%=0.91	0+770.00 LOSA DE: 2.00 x 1.35	0+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1+000

SCT DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
CARRETERA: ENTRONQUE ESTACION LORETO-BACA, EN EL ESTADO DE SINALOA  
PROYECTO DE TERRACERIAS  
TRAMO: 0+000 - 8+120  
DE: 0+000 - 1+000  
ORIGEN DE CAD.: ENTRONQUE ESTACION LORETO  
No. EXPEDIENTE: ARCHIVO ELECTRONICO: PLANTA GEOMETRICA.DWG  
FECHA: OCTUBRE 2009

## **Anexo 2. Perfil de trabajo**



## **Anexo 3. Secciones de construcción**

SCT



# DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE CAMINOS RURALES

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

## SECCIONES DE CONSTRUCCION

CARRETERA: ENTRONQUE ESTACION LORETO - BACA,  
EN EL ESTADO DE SINALOA.

TRAMO: 0+000 AL 8+120

DE ESTACION: 0+000 A EST. 0+640

ORIGEN: ENTRONQUE ESTACION LORETO (VIA DE FERROCARRIL).



DIRECTOR GENERAL

DIRECTOR TECNICO RESPONSABLE

EL ENCARGADO DE LA SUBDIRECCION DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO REGIONAL

EL ENCARGADO DE LA DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE CAMINOS RURALES

Fecha : NOVIEMBRE 2009.

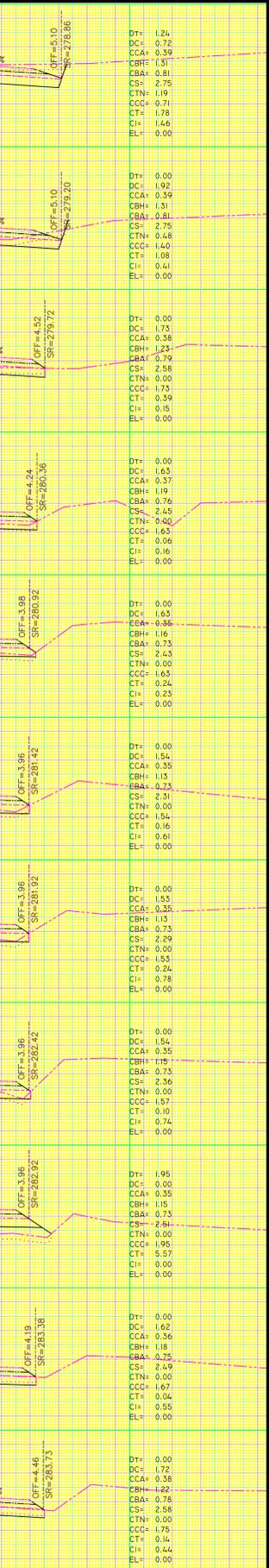
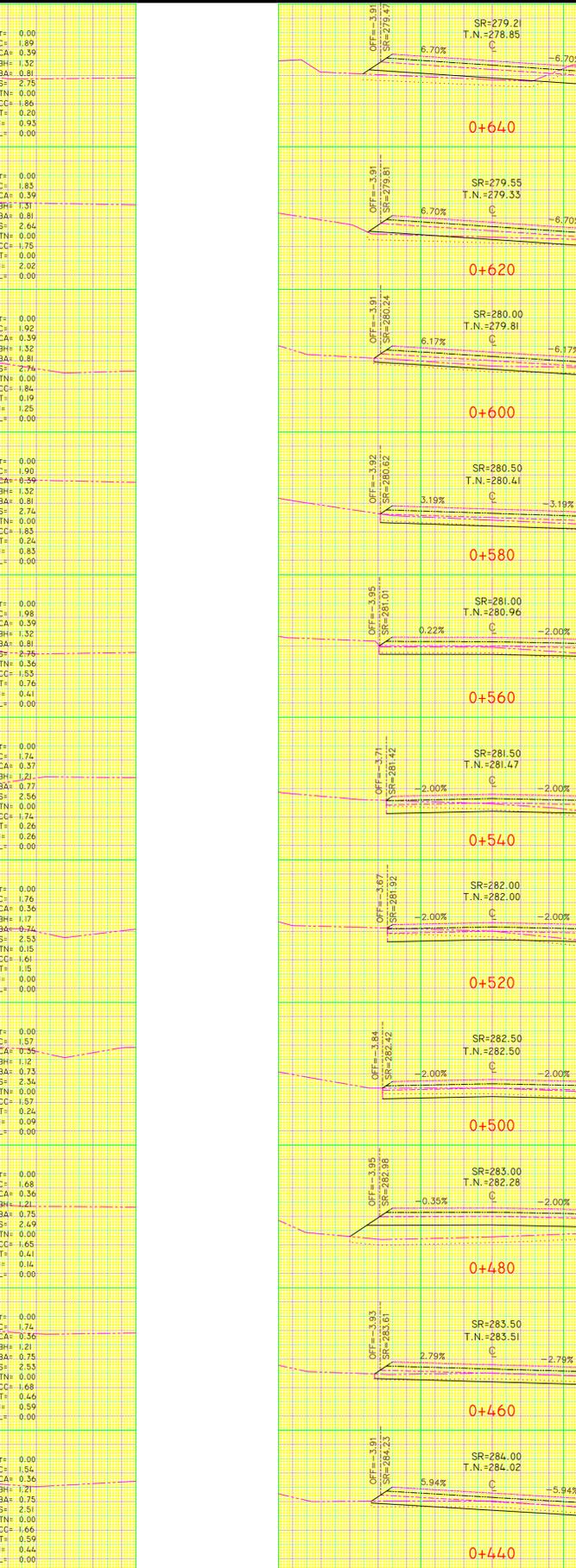
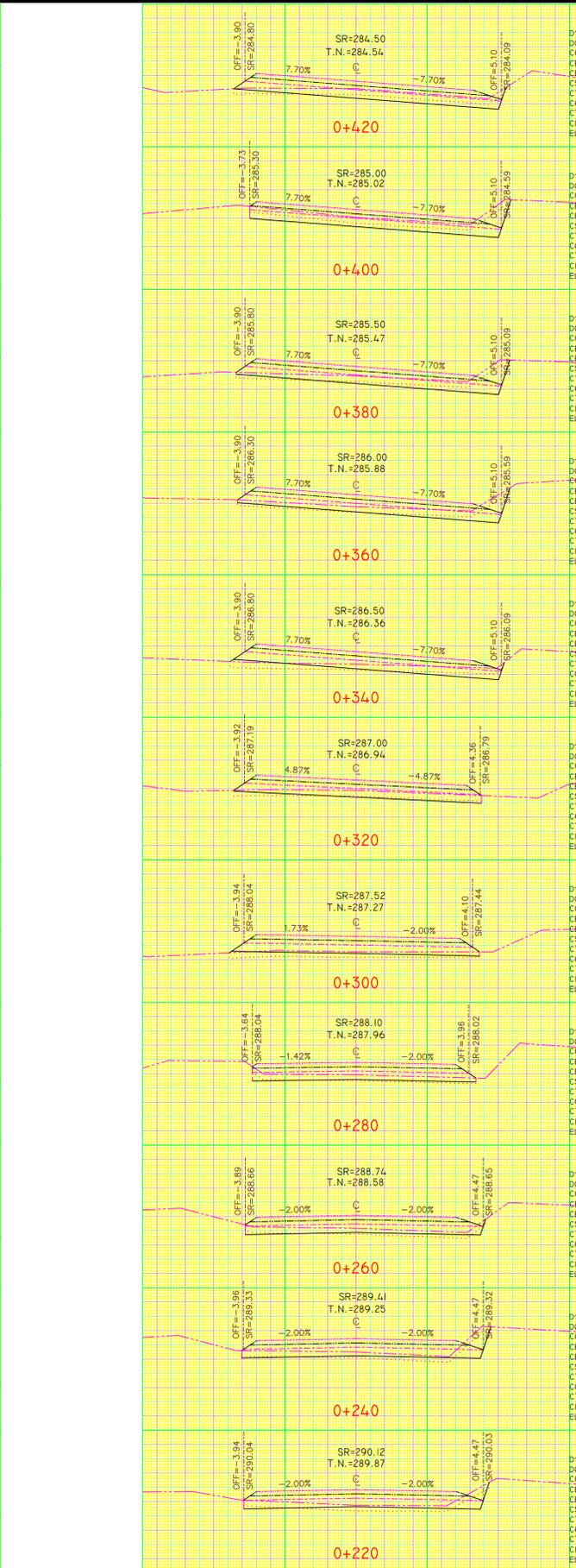
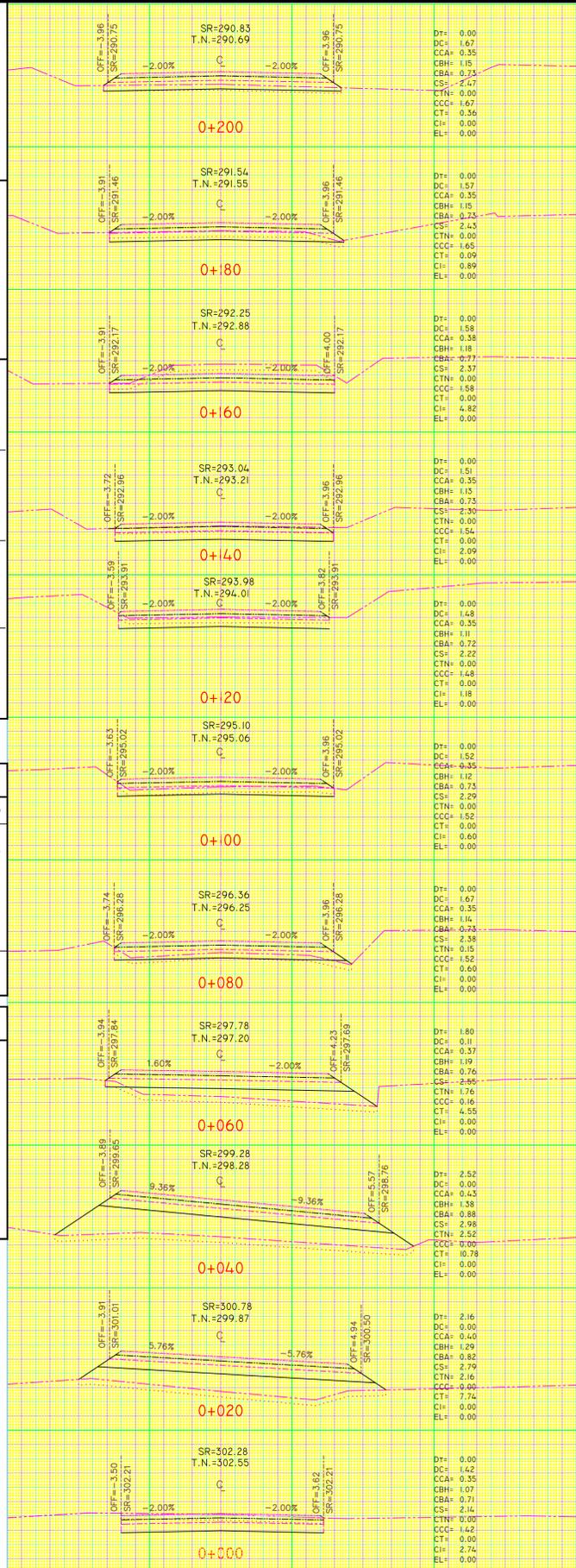
### ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICAS		UNIDAD
	DEL TRAMO	EN ESTE PLANO	
CARRETERA	C	C	A
VELOCIDAD DE PROYECTO	40 - 80	40 - 80	KM./HORA
ANCHO DE CORONA	7.00	7.00	M.
ANCHO DE CARPETA	7.00	7.00	M.
ESPESOR DE SUB BASE MAS BASE	0.25	0.25	M.
CURVATURA MAXIMA	5.5	5.5	%
PENDIENTE GOBERNADORA	5.00	5.00	%
PENDIENTE MAXIMA	7.00	7.00	%

No.- 1 / 8 ESCALAS : VERTICAL 1 : 100 HORIZONTAL 1 : 100

### ABREVIATURAS

DESALME DEL TERRAPLEN	DT
DESALME DEL CORTE	DC
CAPA DE CARPETA	CCA
CAPA DE BASE HIDRAULICA	CBH
CAPA DE BASE ASFALTICA	CBA
CAPA DE SUBASANTE	CS
COMPACTACION DE TERRENO DE DESALME DE TERRAPLEN	CTN
COMPACTACION DE TERRENO NATURAL EN CORTE	CCC
TERRAPLEN	CT
CORTE	CI
ESCALON DE LIGA (EN CASO DE REQUERIRSE)	EL

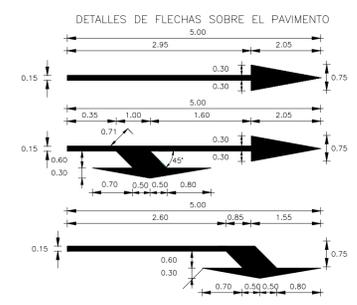


## **Anexo 4. Señalamiento**

ESEPECIFICACIONES DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL

**SENALES INFORMATIVAS**  
 - De identificación:  
 -Nomenclaturas; tablero rectangular con su mayor dimension horizontal y con la leyenda en ambas caras forma cuadrada, con esquinas redondeadas.  
 -Flechas: forma de escudo, federal, estatal o camino rural, colocado sobre un tablero rectangular, que incluye una flecha que indica la trayectoria que sigue la ruta.  
 -Kilometraje: tablero rectangular colocado con su mayor dimension vertical.  
 -Colores: fondo blanco reflejante, y las letras, numeros, flechas y flete en negro.  
 - De destino:  
 -Forma rectangular, colocadas con su mayor dimension horizontal, sobre apoyos adecuados.  
 -Colores: fondo en color verde mate y las letras, numeros, flechas, escudos y flete en color blanco reflejante, excepto la señal diagramatica en zona urbana, que sera de fondo blanco con caracteres, flecha alargada y flete en color negro.  
 - De recomendar:  
 -Forma rectangular, colocadas con su mayor dimension horizontal sobre apoyos adecuados.  
 -Colores: fondo color blanco mate, con letras y flete en negro.  
 - De informacion general:  
 -Forma rectangular con su mayor dimension horizontal colocado sobre apoyos adecuados.  
 -Colores: fondo blanco mate con letras y flete en negro. Los que indican sentido de circulacion del trafico tendran fondo negro y flecha de color blanco reflejante.  
 - De servicio y turisticas:  
 -Forma de tablero cuadrado. Podra llevar un tablero adicional rectangular donde se indica la direccion o la distancia del sitio.  
 -Colores: El fondo tanto del tablero de las senales como del tablero adicional sera azul mate con simbolos, letras, flechas y flete en blanco reflejante.

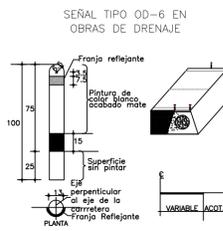
**ACABADOS DE LAS SENALES**  
 Los colores seran de acuerdo al patron oficial del manual de dispositivos para el control del trafico en calles y carreteras de la SCT. De igual manera las leyendas, escudos, flechas, simbolos y fletes, deberan tener las dimensiones y espesores que se indican en el proyecto de señalamiento y/o de acuerdo con el referido manual.  
 Los signales, placas reflejantes y listas de la impronta, deberan de estar galvanizadas por un minimo de 7 años contra defectos de fabricacion por mala calidad de los materiales o mala aplicacion o degradacion de los colores, independientemente de la ubicacion o zona Geografica donde se instalen las senales.  
 El acabado final del reverso de la placa, chorro o tablero sera unicamente el galvanizado.  
**REFLEJANTES**  
 A menos que se indique otra condicion todas las senales utilizaran material reflejante, debiendo cumplir este material las normas de calidad, duracion y color que marque la dependencia, con un minimo de 7 años sin importar la zona Geografica de la instalacion donde se instale el señalamiento.  
 Todas las senales tipo SR y SE tendran fondo reflejante de alta intensidad en color amarillo indorado para las preventivas y blanco para las restrictivas, los simbolos fletes y leyendas y numeros en impresion con tintas serigraficas negras para las SR y negro y rojo para las SE.  
 Las senales SD bajo, tendran fondo en pedicelo reflejante, grado de ingenieria en color verde y leyenda, simbolos, fletes, numeros y fletes en tinta serigrafica negra.  
 Las senales tipo SR y SE, tendran fondo en pedicelo reflejante grado de ingenieria en color blanco, leyenda, simbolos, numeros y fletes en tinta serigrafica negra.  
 Las senales SE tendran fondo en grado de ingenieria color azul y leyenda, simbolos, numeros y fletes color blanco de alta intensidad.  
 En las senales elevadas de uno y dos banderas y en las tipo puente informativas de destino y general, tendran fondo reflejante en grado de ingenieria en color verde y las leyendas fletes escudos numeros y flechas seran en material reflejante alta intensidad color blanco, los impresores de los escudos seran con tintas serigraficas y/o en color negro.



**SENALES PREVENTIVAS**  
 - Tablero forma cuadrada, con esquinas redondeadas, colocandose en forma de diamante, si se requiere alguna explicacion, se adicionara en la parte inferior un tablero rectangular con esquinas redondeadas.  
 - Colores: acabado reflejante o mate; amarillo para el fondo y negro para simbolos, leyendas, caracteres y flete.

**SENALES RESTRICTIVAS**  
 - Tablero forma cuadrada, con esquinas redondeadas, excepto las senales de "ALTO", que tendra forma octogonal, y "CEDA EL PASO", que tendra forma de triangulo equilatero con uno de sus vertices hacia abajo; si se requiere alguna explicacion, se adicionara en la parte inferior un tablero rectangular con esquinas redondeadas, formando un conjunto.  
 - Colores: fondo blanco en acabado reflejante o mate; el anillo y la franja diagonal en rojo, y el simbolo, letras y flete en negro, excepto senales de "ALTO" y "CEDA EL PASO". La señal de "ALTO" llevara fondo rojo con letras y flete en blanco. La señal de "CEDA EL PASO" llevara fondo blanco, con letras en negro y franja perimetral en rojo.

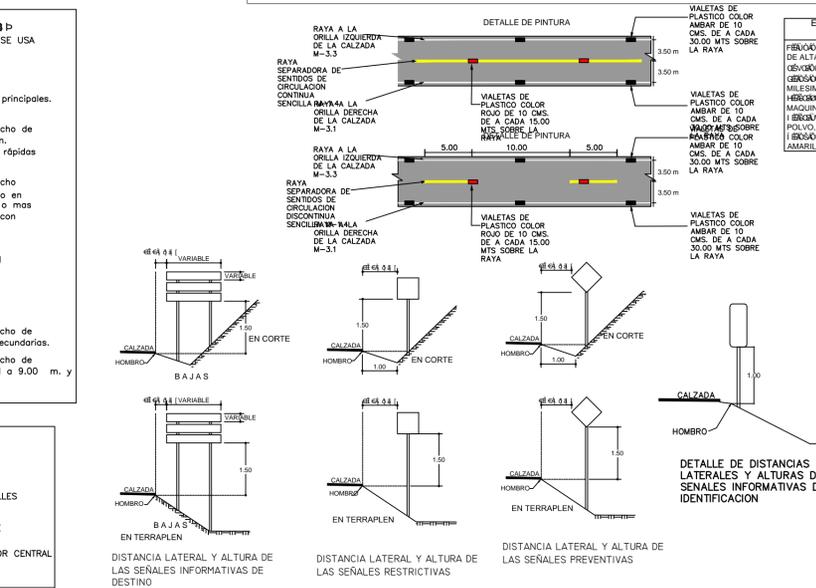
DIMENSIONES DE LA SEÑAL EN CMS	LUGAR DONDE SE UTILIZA LA SEÑAL
71 x 71 (con ceja)	En carreteras con ancho de corona menor de 9.00 m, calles y avenidas principales.
86 x 86 (con ceja)	En carreteras con ancho de corona entre 9.00 y 12.00 m, vias rapidas urbanas y carreteras de cuatro carriles donde se pueden ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
117 x 117 (con ceja)	En carreteras con cuatro carriles o mas, con o sin separador central y carreteras con accesos controlados.



ALTIMETRIA DEL TABLERO EN CMS	ALTIMETRIA DE LAS LETRAS EN CMS	ALTIMETRIA DE LAS MAYUSCULAS EN CMS	NUMERO DE RENGLONES	DONDE SE USA
30	30	15	1	En calles y avenidas principales.
56	40	20	1	En carreteras con ancho de corona menor 9.00 m.
71	40	20	2	En bulevares y vias rapidas urbanas.
56	56	25	1	En carreteras con ancho mayor de 9.00 m, o en carreteras de cuatro o mas carriles y carreteras con accesos controlados.
86	56	25	2	

**DIMENSION DEL TABLERO DE LOS INDICADORES DE CURVAS**

PELOROSAS.	USO
60 x 45 SIN CEJA	EN CARRETERAS CON ANCHO DE CORONA MENOR DE 9 M, CALLES Y AVENIDAS PRINCIPALES.
75 x 60 CON CEJA	EN CARRETERAS CON ANCHO DE CORONA COMPRENDIDO ENTRE 9 Y 12 M Y VIAS RAPIDAS.
90 x 76 CON CEJA	EN CARRETERAS DE 4 O MAS CARRILES, CON O SIN SEPARADOR CENTRAL Y CARRETERAS CON ACCESOS CONTROLADOS.



**ESEPECIFICACIONES DE LA PINTURA PARA SEÑALES RESTRICTIVAS**

SR	CANT.	PREZAS	DIMENSIONES (CM)	COLOR	OBSERVACIONES
SR-8	4	29K400	30 x 120	FONDO ROJO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, FLETE, Y LETRAS BLANCAS	ALTO
SR-9	6	71X71	30 x 30	FONDO BLANCO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	RESTRICTIVA DE VELOCIDAD
SR-18	2	71X71	30 x 30	FONDO BLANCO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	NO REBASAR
SR-34	1	71X71	30 x 30	FONDO ROJO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, FLETE, Y LETRAS BLANCAS	UTILISE ENTORON DE SEGURIDAD

**CATALOGO DE CONCEPTOS DE SEÑALAMIENTO VERTICAL PROPUESTA**

TIPO DE SEÑAL	CANT.	PREZAS	DIMENSIONES (CM)	COLOR	OBSERVACIONES
SR-6	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	CURVA SIMPLE
SR-8	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	DOBLE CURVA
SR-10	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	CAMINO SINUOSO
SR-12	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	ENTRONQUE EN T INTERSECCION
SR-13	1	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	ENTRONQUE EN DELTA ISLETA TRIANGULAR
SR-34	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	GANADO
SR-36	2	71X71	30 x 30	FONDO AMARILLO REFLEJANTE GRADO DIAMANTE, CON FLETE Y PICTOGRAMAS EN NEGRO	MAQUINARIA AGRICOLA

**SENALES INFORMATIVAS DE IDENTIFICACION**

SR	CANT.	PREZAS	DIMENSIONES (CM)	COLOR	OBSERVACIONES
SR-14	-	30 x 120	30 x 120	FONDO BLANCO CON FLETE, NUMEROS Y LETRAS EN NEGRO	SEÑAL INFORMATIVA DE IDENTIFICACION
SR-15	2	30 x 30	30 x 30	FONDO BLANCO MATE CON FLETE Y LETRAS EN NEGRO	INFORMATIVA DE RECOMENDACION
SR-6	3	71*178	71*178	FONDO BLANCO MATE CON FLETE Y LETRAS EN NEGRO	INFORMATIVA DE RECOMENDACION GENERAL
SG-7	-	71*178	71*178	FONDO BLANCO MATE CON FLETE Y LETRAS EN NEGRO	INFORMACION GENERAL
SD-9	1	(2) 30*178	30*178	FONDO VERDE MATE CON FLETE Y LETRAS EN BLANCO	INFORMACION DE DESTINO

**SENALES INFORMATIVAS DE DESTINO**

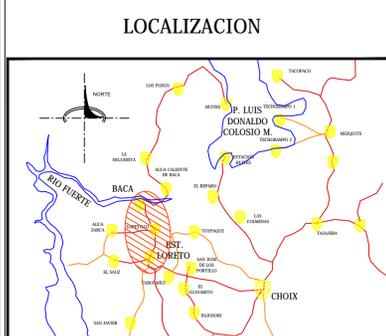
SR	CANT.	PREZAS	DIMENSIONES (CM)	COLOR	OBSERVACIONES
OD-6	12	100	100	BLANCO CON BANDA REFLEJANTE	INDICADOR DE ALINEAMIENTO

**CONCEPTO DE SEÑALAMIENTO VERTICAL PROPUESTA**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
M-8 MARCAS SOBRE PAVIMENTO PARA CRUCE DE FERROCARRIL	14.40	M <sup>2</sup> DE PINTURA EFECTIVA
M-4 RAYA SEPARADORA DE SENTIDOS DE CIRCULACION CONTINUA	1,574.80	ML DE PINTURA EFECTIVA
M-7 RAYA SEPARADORA DE SENTIDOS DE CIRCULACION DISCONTINUA	425.10	ML DE PINTURA EFECTIVA
M-3 RAYA EN LA ORILLA DE LA CALZADA IZQUIERDA	2,000	ML DE PINTURA EFECTIVA
M-1 RAYA EN LA ORILLA DE LA CALZADA DERECHA	2,000	ML DE PINTURA EFECTIVA
M-2 VILETA REFLEJANTE EN RAYA SEPARADORA DE CIRCULACION	133	PIEZAS
M-3 VILETA REFLEJANTE EN ORILLAS DE LA CALZADA	133	PIEZAS
FLECHA SENCILLA DE FRENTE DE 5.00 M AL COLOR BLANCO REFLEJANTE	6	PIEZAS
FLECHA SENCILLA DE SALIDA DE 5.00 M AL COLOR BLANCO REFLEJANTE	4	PIEZAS

**DATOS DE PROYECTO**

TRANSITO (DPA)	500 o 1,500	ARO	A=	B=	C=
CARRETERA TIPO	C	VELOCIDAD DE PROYECTO	40-80 KPH		
CURVATURA MAXIMA	5.5 °	PENDIENTE GOBERNADORA	5.00 %		
ANCHO DE CORONA	7.00 m	PENDIENTE MAXIMA	7.00 %		
ANCHO DE CALZADA	7.00 m				



- NOTAS**
- Toda la señalización esta de acuerdo al Manual de Dispositivos para el control de trafico en calles y Carreteras (SCT). Normas: N-PRY-CAR-10.01.001/99 , 002/05, Normas: 003/99 a la 009/99.
  - Las senales preventivas son tableros, fijados en postes, con simbolos y/o leyendas que tienen por objeto prevenir a los conductores sobre la existencia de algun peligro en el camino y su naturaleza, la simbologia que se utiliza es SP.
  - Las senales restrictivas son tableros fijados en postes, con simbolos y/o leyendas que tienen por objeto indicar al usuario, tanto en zona rural como en urbana, la existencia de limitaciones fisicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el transito, su simbologia es SR.
  - Las senales informativas son tableros fijados en postes con leyendas y/o simbolos, que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombre y ubicacion de poblaciones, lugares de interes, servicios, kilometraje y ciertas recomendaciones. Su simbologia es SI.

**SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES**

**DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS**

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES  
 DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

**PROYECTO DE SEÑALAMIENTO**

CARRETERA: ENTRONQUE ESTACION LORETO-BACA, EN EL ESTADO DE SINALOA

PLANO 1/4

TRAMO	DE KM a KM	ORIGEN DE CAD.
0+000 - 8+120	0+000 - 2+000	ENTRONQUE ESTACION LORETO

ESCALA: 1:2000

ARCHIVO ELECTRONICO: PROY.SEÑALAMIENTO.DWG

FECHA: NOVIEMBRE 2009

# BIBLIOGRAFÍA

Olivera Bustamante, Fernando. *Estructuración de vías terrestres*. 2da edición, Grupo Editorial Patria: México, 1996, pp. 5-6, 13-18, 25-41.

Crespo Villalaz, Carlos. *Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 4ta edición, Limusa: México, 2010, pp. 1-5, 83-94, 101-133.

Alonzo Salomón, Lauro Ariel y Rodríguez Rufino, Gabriel J. *Carreteras*. Universidad Autónoma de Yucatán: México, 2005, pp. 21-22, 143-175.

Cárdenas Grisales, James. *Diseño Geométrico de Carreteras*. 1ra edición, Ecoe: Colombia, 2002, pp. 15-16, 265-268

Esquivel Castañeda, Guillermo. *Apuntes de proyecto geométrico de carreteras*. 1983

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. 4ta Reimpresión: México, 1991.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Título 2.01.01 Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico*. México, 1984.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras*. México, 1986.

American Association of State Highway and Transportation Officials. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. EE.UU., 2001.

Normativa para la infraestructura del transporte (Normativa SCT)

- Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras [N·PRY·CAR·1·01·006/07](#)
- Ejecución de Proyectos de Señalamiento [N·PRY·CAR·10·01·001/99](#)
- Diseño de Señalamiento Horizontal [N·PRY·CAR·10·01·002/05](#)
- Diseño de Señales Preventivas [N·PRY·CAR·10·01·003/99](#)

- Diseño de Señales Restrictivas [N·PRY·CAR·10·01·004/99](#)
- Diseño de Señales Informativas [N·PRY·CAR·10·01·005/99](#)
- Diseño de Señales Turísticas y de Servicios [N·PRY·CAR·10·01·006/99](#)
- Diseño de Señales Diversas [N·PRY·CAR·10·01·007/99](#)
- Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales [N·PRY·CAR·10·01·008/99](#)