

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PROFESIONAL

“MANUAL PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO GEOMÉTRICO DE ACUERDO A LA NORMATIVA SCT VIGENTE. CASO PRÁCTICO: CAMINO E.C. (ZITÁCUARO – CD. ALTAMIRANO) – OCUARO DEL KM 0+000 AL KM 3+000”

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Presenta:

EDUARDO SEBASTIÁN RUBIO TORRES

Asesor:

Maestro en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres LUIS MANUEL PÉREZ ALCALÁ

Morelia, Michoacán.

Julio 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por concederme el don de vivir, aprender, disfrutar y compartir, de ganar y perder, de enseñarme que existe un premio para cada esfuerzo y por colocarme en el entorno perfecto para mi desarrollo social y profesional.

A MIS PADRES por brindarme la oportunidad y el apoyo para estudiar una carrera universitaria sin escatimar esfuerzo, dedicación y confianza.

A MI MADRE por siempre demostrar el gran amor y la devoción que tienes a tus hijos, por tu eterno, incondicional e ilimitado apoyo, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por enseñarme a ser un hombre de bien, con ideales y valores perfectamente definidos, por ser una mujer ejemplar y principalmente por ser la mujer que me dio la vida y cada día me sigue enseñando a vivirla.

A MI PADRE por tener y transmitirme su valor y entrega para salir adelante ante cualquier adversidad, por enseñarme que la vida no es sencilla pero que siempre se puede mejorar, por alentarme en momentos difíciles, por acompañarme en este viaje llamado vida, por siempre estar al pendiente de sus hijos procurando su bien ante todo.

A MI NOVIA Tania Moreno Hernández, por ser mi fuerza, mi energía y mi eterna felicidad, por apoyarme y comprenderme en cada etapa nueva de mi vida entregándome su amor y amistad incondicional, por acompañarme a cada instante respaldando y alentando mis decisiones ayudándome a ser mejor cada día.

A MIS HERMANOS Roberto y Emilio, por ser ese apoyo incondicional en todo momento, por ser mi equipo de trabajo más importante en la vida, porque sé que son las personas con las que siempre contaré y a las que siempre apoyaré.

A MI FAMILIA por su constante atención y apoyo brindado, procurando siempre alentarme y brindarme buenos deseos.

A MI ASESOR el M.I. Luis Manuel Pérez Alcalá por guiar la elaboración de este trabajo y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

AL M.I. José Fernando López Nava por apoyarme en mi vida profesional brindándome los consejos necesarios siendo una persona ejemplar.

A LA M.C. Patricia Araiza Chávez por guiarme y apoyarme durante mi formación profesional con sus valiosos consejos para la vida diaria.

A MIS AMIGOS por estar conmigo en todo momento, por su apoyo en los mejores y peores momentos, por sus enseñanzas y por ser esa familia que cada quien escoge.

Al personal técnico y administrativo de PCS INGENIERIA S.A. de C.V. por apoyar mi desarrollo profesional y personal.

Al personal directivo de PYCLON S.A. de C.V por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

A La Familia Moreno Hernández por aceptarme y hacerme sentir como un integrante más de su hogar compartiendo momentos muy especiales conmigo.

A Mi Escuela y Maestros por guiar y fomentar mi amor por la Ingeniería Civil.

Al CECTI por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo.

A todas las personas que me apoyaron directa o indirectamente para la realización de este trabajo.

INDICE

INDICE DE TABLAS	6
INDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	10
ABSTRACT	10
PALABRAS CLAVES	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. NORMATIVA SCT	16
2.1 NORMATIVA ESTUDIO TOPOGRAFICO	16
2.1.1 N-LEG-2/07 “EJECUCIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSULTORIAS Y ASESORIAS”	16
2.1.2 N-PRY-CAR-1-01-001/07 “EJECUCIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS”	18
2.1.3 N-PRY-CAR-1-01-002/07 “TRAZO Y NIVELACIÓN DE EJES PARA ESTUDIO TOPOGRAFICO”	22
2.1.4 N-PRY-CAR-1-01-003/07 “LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES PARA EL ESTUDIO TOPOGRAFICO”	22
2.2 NORMATIVA PARA PROYECTO GEOMETRICO.....	25
2.2.1 CONSIDERACIONES TECNICAS.....	25
2.2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE CAMINO.....	29
2.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS SEGÚN EL TDPA	29
2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE ACUERDO A CADA TIPO DE CAMINO Y VELOCIDAD DE PROYECTO	30
2.2.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	30
2.2.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.....	31
2.2.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.....	32
2.2.6 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.....	32
2.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO GEOMÉTRICO	53
2.3.1 N-PRY-CAR-1-01-006/07 “PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS PARA CARRETERAS.” ..	53
2.3.2. ENTREGA FISICA EN EL CAMPO.....	64

3.	ELABORACIÓN DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	68
3.1	ANTECEDENTES DE LA TOPOGRAFIA	68
3.2	EVOLUCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS	71
3.3	TIPOS DE LEVANTAMIENTOS.....	88
3.4	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA CAMINO E.C. (ZITÁCUARO – CD. ALTAMIRANO) – OCUARO DEL KM 0+000 AL KM 3+000.....	90
3.5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	93
3.6	PROCESAMIENTO ELECTRONICO.....	98
4.	ELABORACIÓN DE PROYECTO GEOMETRICO	107
4.1	SELECCIÓN DE RUTA PRELIMINAR.....	107
4.2	SELECCIÓN DE RUTA DEFINITIVA.....	108
4.3	SELECCIÓN DEL TIPO DE CAMINO.....	109
4.3.1	TIPO DE CAMINO	109
4.3.2	VELOCIDAD DE PROYECTO	109
4.4	PROYECTO GEOMÉTRICO PARA CAMINO E.C. (ZITÁCUARO – CD. ALTAMIRANO) – OCUARO DEL KM 0+000 AL KM 3+000.....	109
4.4.1	ALINEAMIENTO HORIZONTAL	110
4.4.2	ALINEAMIENTO VERTICAL.....	114
4.4.3	SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	126
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
6.	BIBLIOGRAFIA.....	145
	ANEXOS	147
	PLANO TOPOGRAFICO	147
	PLANO DE PERFIL DE TERRENO.....	149
	PLANO DE SECCIONES DE TERRENO NATURAL.....	151
	PLANO KM	153
	PLANO DE SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	156

INDICE DE TABLAS

TABLA 2-1 Clasificación y características de las carreteras.	30
TABLA 2-2 Distancia de visibilidad de parada.....	31
TABLA 2-3 Distancia de visibilidad de rebase.....	32
TABLA 2-4 Grado máximo de curvatura	35
TABLA 2-5 Valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas.....	38
TABLA 2-6 Valores mínimos del parámetro k y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.	39
TABLA 2-7 Parámetro K para la distancia de visibilidad de rebase.	39
TABLA 2-8 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo E y D.....	46
TABLA 2-9 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo C.	47
TABLA 2-10 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo B Y A (A2).....	48
TABLA 2-11 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo A (A4S Y A4).	49
TABLA 2-12 Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central.	50
TABLA 2-13 Dimensiones de los planos, escalas y separación entre curvas de nivel.....	55
TABLA 2-14 Simbología para el trazado de información planimetría y altimétrica para las plantas topográficas.....	56
TABLA 2-15 Simbología para perfiles.	57
TABLA 2-16 Simbología para secciones transversales.....	57
TABLA 3-1 Resumen de los puntos de levantamiento topográfico.	98
TABLA 4-1 Comparativa de resultados en el cálculo de curva horizontal.	114
TABLA 4-2 Comparativa de resultados de la curva vertical mediante el cálculo manual y cálculo del programa.....	124
TABLA 4-3 Ampliaciones y sobreelevaciones de las secciones de control.....	130
TABLA 4-4 Comparativa de resultados de las secciones de control mediante el cálculo manual y cálculo del programa.	135

INDICE DE FIGURAS

FIG. 2-1 Ubicación de los puntos que como mínimo se requieren para integrar una sección transversal.....	25
FIG. 2-2 Elementos de la curva circular.	34
FIG. 2-3 Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.	36
FIG. 2-4 Longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.	37
FIG. 2-5 Elementos de la curva vertical.	41
FIG. 2-6 Longitud mínima de las curvas verticales en cresta.	42
FIG. 2-7 Longitud mínima de las curvas verticales en columpio.	42
FIG. 2-8 Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos E, D, C, B Y A2.	43
FIG. 2-9 Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos A4.	44
FIG. 2-10 Desarrollo de la sobreelevación y la ampliación.	52
FIG. 2-11 Planta topográfica.	65
FIG. 2-12 Perfil de ejes definitivos del camino o de la obra especial.	65
FIG. 2-13 Plano KM.....	66
FIG. 2-14 Plano de secciones transversales.....	66
FIG. 3-1 Estira cables.....	68
FIG. 3-2 Medida de la circunferencia de la Tierra por Eratóstenes.	69
FIG. 3-3 Telescopio de Galileo Galilei.	70
FIG. 3-4 Cuerda.	71
FIG. 3-5 Cadena de eslabones con dimensión a cada 20 cm.	71
FIG. 3-6 Cinta métrica de 30 metros.	72
FIG. 3-7 Odómetro actual.....	72
FIG. 3-8 Escuadras de agrimensor.	73
FIG. 3-9 Trazo haciendo uso de la Groma.	73
FIG. 3-10 Gnomon.	74
FIG. 3-11 Libra aquaria.	74
FIG. 3-12 Corobate.	75
FIG. 3-13 Dioptra sobre tripie.	76
FIG. 3-14 Brújula.	76
FIG. 3-15 Esquema de plancheta.....	77
FIG. 3-16 Goniometro	78
FIG. 3-17 Herramientas de un goniometro.....	78
FIG. 3-18 Teodolito mecánico	79
FIG. 3-19 Telémetro.	80

FIG. 3-20 Clisímetro	81
FIG. 3-21 Taquímetro.....	81
FIG. 3-22 Nivel montado.	82
FIG. 3-23 Teodolito Electrónico.....	83
FIG. 3-24 Distanciómetro montado sobre teodolito electrónico.....	84
FIG. 3-25 Nivel Laser.	84
FIG. 3-26 Estación total Sokkia Set 650x.....	85
FIG. 3-27 Estación total Trimble 5000 series.	86
FIG. 3-28 GPS Topográfico.....	87
FIG. 3-29 Ubicación del Municipio Huetamo de Núñez en el Estado de Michoacán.	90
FIG. 3-30 Carretera Federal MEX-051.....	91
FIG. 3-31 Ubicación del proyecto y la Cabecera Municipal.....	92
FIG. 3-32 Localización de comunidades aledañas al proyecto.	92
FIG. 3-33 Diagrama de proceso a seguir para orientar la estación total.	95
FIG. 3-34 Procedimiento de la estación para radiar y guardar un punto.	96
FIG. 3-35 Block de notas de coordenadas de las radiaciones de levantamiento topográfico.....	99
FIG. 3-36 Punto de Terreno natural con su respectivo código y número de punto.	100
FIG. 3-37 Se muestra procedimiento para importar puntos de levantamiento al programa.....	100
FIG. 3-38 Puntos de levantamiento en AutoCAD.....	101
FIG. 3-39 Simbología utilizada para plano topográfico.....	102
FIG. 3-40 Configuración del terreno.	102
FIG. 3-41 Procedimiento en el programa para realizar la triangulación de puntos.	103
FIG. 3-42 Se muestra la triangulación de los puntos por dentro de la brecha.....	103
FIG. 3-43 Se muestra la triangulación completa de los puntos del levantamiento.	104
FIG. 3-44 Se visualizan las curvas de nivel delgadas y gruesas marcadas a cada 1 y 5 metros respectivamente.	104
FIG. 3-45 Esquema de ejemplo de plano topográfico.	105
FIG. 4-1 Eje del camino en color rojo.	110
FIG. 4-2 Procedimiento del programa para trazo de curvas horizontales.	112
FIG. 4-3 Pantalla de Captura de datos para el cálculo de la curva horizontal.	112
FIG. 4-4 Procedimiento para anotar los datos de una curva horizontal.....	113
FIG. 4-5 Datos de curva haciendo uso del programa.....	113
FIG. 4-6 Trazo de curvas horizontales.	114
FIG. 4-7 Procedimiento para obtener el perfil de terreno.	115
FIG. 4-8 Perfil del terreno.....	115

FIG. 4-9 Procedimiento para el trazo de perfil de proyecto (rasante).....	117
FIG. 4-10 Se observan las opciones de dibujo en la barra de comandos.	117
FIG. 4-11 Curva en cresta.....	118
FIG. 4-12 Curva en columpio.	118
FIG. 4-13 Interpolación usando triángulos semejantes.	120
FIG. 4-14 Comando para realizar el dibujo de una curva vertical.....	122
FIG. 4-15 Parámetros para el cálculo de la curva vertical.....	123
FIG. 4-16 Resultados de la curva vertical con el programa CivilCAD.	123
FIG. 4-17 Trazo de curvas verticales.	124
FIG. 4-18 Esquema de ejemplo de plano KM.....	125
FIG. 4-19 Estructura de pavimento propuesta.....	126
FIG. 4-20 Variación de la sobreelevación y la ampliación en las secciones de control.	128
FIG. 4-21 Seleccionamos "Procesar Eje".	131
FIG. 4-22 Menú que aparece al seleccionar "Procesar Eje".....	131
FIG. 4-23 Menú "Editor de secciones".....	132
FIG. 4-24 Menú "Datos de Sección".....	133
FIG. 4-25 Menú de Talud que aparece al seleccionar el botón "Indicar relación H:V".....	133
FIG. 4-26 Menú "Opciones".....	134
FIG. 4-27 Menú que permite definir los valores necesarios para la colocación de cunetas en corte.....	135
FIG. 4-28 Eje del camino.....	136
FIG. 4-29 Seleccionamos "Marcar estaciones".	137
FIG. 4-30 Se observa en la barra de comandos la opción "Estación".....	137
FIG. 4-31 Se muestra marcada la estación 0+267.81 con un tamaño de texto mayor.	138
FIG. 4-32 Sección transversal generada por el programa CivilCAD.	138
FIG. 4-33 Sección transversal con capa de despalme en todo el ancho de sección.	139
FIG. 4-34 Corrección de capa de despalme.....	140

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un manual que sirviera como ejemplo para realizar estudios topográficos y proyectos geométricos en el área de las vías terrestres atendiendo las especificaciones y normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), máxima autoridad en la rama de dichos estudios. Para complementar el trabajo, el Camino E.C. (Zitácuaro – Cd. Altamirano) – Ocuaro sirvió como ejemplo para seguir paso a paso la metodología propuesta en nuestro manual, obtenida de la Normativa SCT vigente y apoyado en herramientas tecnológicas que simplifican el trabajo del proyectista.

Se logró establecer una metodología que permitió avanzar en el desarrollo del proyecto partiendo de las especificaciones consideradas y de los conocimientos adquiridos sobre todo en los primeros dos años de la carrera, evaluando particularmente la funcionalidad del programa CivilCAD en cuanto a veracidad de resultados y eficacia de los procedimientos, del que se obtuvieron resultados completamente satisfactorios para los fines competentes a este trabajo.

Se lograron identificar las normas que tienen mayor injerencia en la elaboración de los estudios topográficos y las consideraciones de proyecto que determinan las condiciones geométricas del proyecto de un camino, mencionando y ejemplificando cada una de las etapas que se deben llevar a cabo para cumplir con los estándares de calidad a los que conduce la Normativa SCT vigente, desde el procesamiento de la información hasta la entrega de los estudios y proyectos solicitados.

ABSTRACT

The aim of this work was the development of a manual that would serve as an example to make topographic's studies and survey geometric's projects in roads area attending to specifications and standards from the Ministry of Communications and Transporting (SCT), which is the highest authority in the field of such studies. To complement the work, the E.C. (Zitacuaro - Cd Altamirano.) – Ocuaro road, is usefull as an example to follow, step by step, the methodology proposed in our manual, obtained from the SCT current legislation and supported by technological tools that simplify the work of the designer.

It was possible to establish a firm methodology to get a good progress in the development of the project beggining from the specifications considered and knowledge acquired, mainly in the first two years, and also particularly assessing the functionality of CivilCAD program in terms of accuracy of the results and

effectiveness of processes, where completely and satisfactory results were obtained for relevant purposes to this work.

We identified the rules that have the greatest influence in the development of surveying and also design considerations that determine the geometrical conditions of the proposed path, exemplifying each of the stages to be carried out to get the quality standards leading to the current SCT legislation, all about from the information processing to the delivery of the required studies and projects.

PALABRAS CLAVES

- Manual
- Estudio topográfico
- Proyecto geométrico
- Normativa SCT
- CivilCAD

INTRODUCCIÓN

12

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales aspectos por los cuales florecieron las culturas antiguas fue su capacidad de comunicarse unos con otros, y así, como en toda sociedad era necesario establecer diálogos para tener una organización que les permitiera evolucionar con objetivos conjuntos, fue naciendo la necesidad de establecer comunicación entre una comunidad y otra. Es ahí cuando nace la importancia de tener caminos que faciliten tanto la comunicación, como la interacción entre sociedades, generando un crecimiento tanto económico como social que los llevaría a convertirse en sociedades cada vez más desarrolladas.

Las vías de comunicación forman parte fundamental en el desarrollo de un país, es por eso que en nuestra sociedad, la red carretera nacional ha sido un punto atenuante para el crecimiento económico, político y social del país.

Se considera como inicio de la red carretera nacional la década de los 20's en el siglo pasado, llegando a tener, gracias a su extensión, el privilegio de ser considerada para los años 70's como una de las más modernas de la época. Es importante señalar que la red carretera también se vio afectada por la situación que vivió el país en la década de los 80's, que es considerada una de las mayores crisis en todos los rubros de desarrollo de nuestra nación.

En los últimos años, la modernización de los caminos existentes ha representado todo un reto para una sociedad que vive inmersa en una etapa de desarrollo constante. Si bien el país como tal no ha cambiado, si lo han hecho sus necesidades principales. La economía de México se sustenta principalmente en su potencial comercialización e industrialización para lo cual es necesario contar con vías de comunicación adecuadas, que permitan a los usuarios el rápido transporte de materias primas, productos y servicios. Es por eso que se ha vuelto necesario aumentar la capacidad vehicular y el factor de seguridad y confort en las principales carreteras del país.

Una carretera bien construida y proyectada será aquella que cumpla cabalmente con los factores de seguridad y comodidad estipulados en las normas que las rigen. Existe además, un tercer factor a considerar, que también es muy importante al momento de hacer el proyecto de un camino, la economía. Se puede pensar que debería ser el factor principal si consideramos la necesidad de caminos alimentadores pendientes por realizar ya que si tuviéramos carreteras económicas, se podrían construir aún más kilómetros de las mismas, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, existe una normativa federal que nos conduce a la elaboración de los proyectos que brinden al usuario la mayor

seguridad y confort posible, siendo esto, por lo general, inversamente proporcional a la economía de la obra.

Actualmente, la elaboración de los proyectos carreteros se realiza mediante contratistas de servicios, que a su vez, están obligados a satisfacer las condiciones impuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Organismo Federal encargado de revisar que se cumplan los lineamientos estipulados en la normativa para la elaboración de los mismos.

Un proyecto ejecutivo de una carretera se compone de 6 aspectos fundamentales:

- Estudio Topográfico
- Estudio Geotécnico
- Estudio de Drenaje
- Proyecto Geométrico
- Proyecto de Señalamiento
- Presupuesto de Obra

Cada uno de los puntos mencionados se rige bajo un conjunto de normas específicas, diseñadas exclusivamente para que el contratista de servicios presente un proyecto completo y correcto ante las autoridades pertinentes.

14

Entendemos a la Topografía como una de las ramas más importantes para la Ingeniería Civil ya que es el comienzo de toda obra o proyecto de infraestructura, fundamentalmente en la elaboración de estudios para trazos carreteros, dado que la topografía del terreno permite determinar las consideraciones de proyecto para las condiciones geométricas del mismo.

De igual manera, es fundamental elaborar un proyecto geométrico de manera integral, que permita elevar los estándares de seguridad y confort requeridos cuidando, desde luego, el factor económico que traerá consigo la construcción del camino.

Sabemos que integrar un proyecto para la SCT es un proceso que implica seguir paso a paso las condiciones estipuladas en la normativa vigente.

En el presente trabajo mostraremos de manera sencilla, clara y ordenada, el procedimiento que es necesario llevar a cabo para lograr la elaboración de un estudio topográfico y un proyecto geométrico completo bajo los lineamientos de la normatividad vigente, presentando paso a paso, las normas y manuales oficiales sobre los cuales se rigen.

NORMATIVA SCT

15

2. NORMATIVA SCT

En la actualidad, la Secretaria de Comunicaciones y Transportes es la máxima autoridad en materia de vías de comunicación, es decir, en todo lo relacionado a caminos, puentes y túneles, entre otros.

Como organismo federal, la SCT tiene una Normativa vigente que abarca todos los aspectos que competen a las vías de comunicación desde su proyecto hasta su ejecución, misma que debe ser cumplida cabalmente por todos los contratistas de servicios para que a su vez todos los proyectos y construcción de caminos y puentes se lleven a cabo dentro del marco de legalidad, lo que a su vez significa que todo proceso será realizado con la calidad necesaria para la seguridad de todos los usuarios.

A continuación haremos mención de algunos apartados citados en la Normativa SCT, los cuales serán nuestra guía para la elaboración de un Estudio Topográfico y un Proyecto Geométrico.

2.1 NORMATIVA ESTUDIO TOPOGRAFICO

2.1.1 N-LEG-2/07 “EJECUCIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSULTORIAS Y ASESORIAS”.

REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Previamente a la ejecución de un estudio o proyecto, se requiere contar con los elementos que enseguida se refieren:

1. La definición del tipo de estudio o proyecto que se requiere y del sitio donde se pretende realizar. Cuando se trate de un estudio a detalle o proyecto que incluya la ingeniería de detalle, además se requiere el anteproyecto debidamente autorizado por la Secretaría, que defina el tipo de obra que se proyectará. Las características generales de su geometría y del servicio que prestará, incluyendo su trazo, así como sus alineamientos horizontal y vertical preliminares.
2. Cuando el estudio o proyecto se realice por contrato, los Términos de Referencia a que se debe sujetar, que contengan como mínimo:
 - a. Los antecedentes que originan la necesidad del estudio o proyecto; la designación y el tipo de obra para la que se realizará el estudio o proyecto, así como las características generales de su geometría, y

- del servicio que prestará; la ubicación geográfica del sitio de estudio o de la obra por proyectar; y el objetivo de los trabajos por ejecutar.
- b. La descripción precisa y detallada de los servicios que se requieren.
 - c. Los plazos de ejecución, incluyendo un calendario de prestación de servicios.
 - d. La relación de los datos, documentos y recursos que proporcionará la Secretaría al Contratista de Servicios, necesarios para la realización del estudio o proyecto.
 - e. La descripción general de los trabajos por ejecutar para la realización del estudio o proyecto, incluyendo, en su caso, la metodología por emplear.
 - f. Las especificaciones generales que se deben observar para la ejecución del estudio o proyecto, así como las especificaciones particulares que establezcan los parámetros y criterios técnicos que deban atenderse obligatoriamente, mismas que pueden incluir para cada concepto de trabajo, en los aplicable, lo siguiente:
 - i. La definición del concepto.
 - ii. El tipo de equipo y materiales que deban utilizarse en la ejecución del concepto.
 - iii. Los criterios generales para la ejecución del concepto, indicando, en su caso, los valores específicos de diseño y los criterios técnicos que deban atenderse.
 - iv. La forma, unidades y aproximación con que se medirá el concepto, para determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado para el efecto de pago.
 - v. La base de pago del concepto, que se indique todo aquello que deba ser incluido en su precio, como personal, materiales, equipos, herramientas, acciones, operaciones y en general todo lo que se requiera para su correcta ejecución.
 - g. La descripción detallada del producto final que deba entregar el Contratista de Servicios, relacionando los planos y documentos por elaborar como resultado del estudio o proyecto, estableciendo el formato y presentación de cada uno.

2.1.2 N-PRY-CAR-1-01-001/07 “EJECUCIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS”

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Son el conjunto de actividades, de campo y gabinete, necesarias para representar gráficamente y a una escala convenida, la topografía de un lugar mediante sus proyecciones horizontales (planimetría) y verticales (altimetría), identificando sobre esta, cuando así se requiera, los puntos característicos de las obras que existan en el lugar y de las que se proyecten.

Según su propósito, los estudios topográficos pueden ser:

Estudios topográficos para carreteras

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

a. Estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera

Es el conjunto de trabajos necesarios para trazar, nivelar, y en su caso, referenciar en el campo el eje preliminar de la carretera: obtener su perfil y la topografía de una franja del terreno, generalmente con ancho comprendido entre cincuenta (50) y doscientos (200) metros a cada lado de ese eje, según los tipos del terreno y de la carretera por proyectar, con el propósito de proveer al proyectista de la información topográfica que le permita determinar los ejes definitivos del camino así como elaborar el anteproyecto de la carretera. Se apoya en la ruta definitiva previamente seleccionada de acuerdo con lo indicado en él, *Selección de la Ruta*, y en el estudio aerofotogramétrico para proyecto preliminar de carretera. Comúnmente se ejecuta en sustitución del estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo de la carretera, a que se refiere el párrafo B.2.1.2. De esta Norma, cuando por la densidad de la vegetación o por la falta de recursos, entre otros factores, no sea posible la ejecución de este último.

b. Estudio topográfico para proyecto definitivo de la carretera

Es el conjunto de trabajos necesarios para trazar, nivelar y referenciar en el campo los ejes definitivos del camino y de las obras menores de drenaje, así como obtener sus perfiles y sus secciones transversales, con el propósito de proveer al proyectista de la información topográfica que le permita ejecutar la ingeniería de

detalle para elaborar el proyecto ejecutivo de la carretera. Se apoya en los ejes definitivos previamente determinados y en el anteproyecto correspondiente.

c. Estudios topográficos de obras especiales

Son los estudios, para proyecto preliminar (básico) y para proyecto definitivo (de detalle), que respectivamente se definen en seguida y que se realizan con el propósito de obtener información topográfica necesaria para proyectar una obra especial, tal como un entronque, una plaza de cobro o un parador, entre otras, así como sus obras menores y complementarias de drenaje y subdrenaje.

d. Estudios aerofotogramétricos para carreteras

Son los estudios básicos que se realizan con el propósito de obtener la información fotográfica y topográfica necesaria para elaborar el anteproyecto de una carretera.

RUTA

Es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de una carretera. Mientras más detallados y precisos sean los estudios básicos para determinar la ruta, el ancho de la franja será más reducido.

EJE PRELIMINAR

Es el eje preliminar del camino que corresponde al eje de la ruta definitiva previamente seleccionada, es decir, el eje preliminar de la carretera, o bien, el eje preliminar de cada uno de los diversos elementos de las obras especiales, que se determina sobre las plantas topográficas producto del estudio aerofotogramétrico para proyecto preliminar de la carretera y se precisa mediante sus puntos característicos, tales como los puntos de inflexión (PI) y los puntos sobre tangente (PST) que identifican secciones especiales.

EJE DEFINITIVO

Es el eje, que después de un análisis de alternativas, se elige como el más conveniente para el camino dentro de la ruta seleccionada, con base en el eje preliminar; para una obra menor de drenaje, o para cada uno de los diversos elementos de las obras especiales, y que se determina sobre las plantas topográficas producto del estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo de la carretera, del estudio aerofotogramétrico de obra especial, del estudio topográfico para proyecto preliminar que corresponda o directamente en campo, según proceda, y se precisa mediante sus puntos característicos, tales como los puntos

de inflexión (PI), de su principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE) 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) que identifican secciones especiales; las longitudes y azimutes de sus tangentes, y los datos de las curvas horizontales, circulares y con espirales, que resultan del cálculo del alineamiento horizontal para el proyecto geométrico.

OBRAS MENORES DE DRENAJE

Son todas aquellas obras transversales necesarias para permitir el paso de corrientes superficiales de agua a través de la carretera, cuyo gálibo horizontal, de acuerdo con el área hidráulica necesaria, sea igual que seis (6) metros o menor, como los tubos de concreto y de lámina corrugada de acero o de algún material sintético; bóvedas de concreto reforzado o de mampostería; cajones y losas de concreto reforzado.

OBRAS ESPECIALES

Son aquellos elementos diferentes del camino pero que forman parte integral de la carretera, tales como:

- Entronques,
- Intersecciones (cruces carreteros, ferroviarios, peatonales y granaderos, así como puentes canal y puentes ducto),
- Plazas de cobro y
- En general, todas las obras para el uso y aprovechamiento del derecho de vía.

20

La obtención de la información topográfica necesaria para proyectar los puentes, que pudieran considerarse como obras especiales, requiere del procedimiento específico para un estudio hidráulico-hidrológico, que se establece en la Norma – PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*.

REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Además de lo establecido en la Norma N-LEG-2, Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías, se requiere contar con lo siguiente:

Para el estudio topográfico para proyecto definitivo de la carretera

- a. Cartas topográficas de la República Mexicana, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a escala uno a cincuenta mil (1:50 000), que cubran la totalidad del

territorio que abarcará la carretera y sobre las cuales se señale el eje definitivo del camino.

- b. Plantas topográficas preliminares del estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo o del estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera, a escala uno a dos mil y con curvas de nivel a cada dos metros (1:2 000/2), que cubran la totalidad del territorio que abarcará la carretera, y sobre las cuales se señalen el eje definitivo del camino y sus puntos característicos, la probable delimitación del derecho de vía y los puntos de control terrestre o los bancos de nivel que se hayan empleado, según el caso.
- c. Planos de perfil del eje preliminar de la carretera, deducido en el estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo de la carretera u obtenido en su estudio topográfico para proyecto preliminar correspondiente.
- d. Información documental referente a los cadenamientos de los puntos característicos del eje definitivo del camino y sus coordenadas, incluyendo en su caso, las de sus respectivas referencias de trazo; las longitudes y azimutes de las tangentes; los datos de las curvas horizontales, circulares y con espirales; las identificaciones y coordenadas de los puntos de control terrestre o de los bancos de nivel empleados, según sea el caso; la relación de las obras menores de drenaje que se propongan y la sección transversal tipo de la carretera.
- e. Cuando así lo apruebe la Secretaría, para el caso de caminos secundarios o alimentadores, o cuando se trate de tramos cortos de topografía suave, el estudio topográfico para proyecto definitivo podrá efectuarse sin contar con el estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo o sin él topográfico para proyecto preliminar de la carretera. En ambos casos, este estudio se podrá basar en fotografías recientes y suficientemente confiables, con escala uno a veinticinco mil (1:25 000) o uno a diez mil (1:10 000), sobre las cuales se señale el eje definitivo del camino y sus puntos característicos.

2.1.3 N-PRY-CAR-1-01-002/07 “TRAZO Y NIVELACIÓN DE EJES PARA ESTUDIO TOPOGRAFICO”

CONTENIDO

Esta norma contiene los criterios generales para efectuar el trazo y la nivelación de ejes preliminares y definitivos de la carretera, de las obras menores de drenaje y de los diversos elementos de las obras especiales, para la ejecución de los estudios topográficos para proyecto preliminar y para proyecto definitivo de la carretera y de obras especiales, necesarios para los proyectos geométrico y de terracerías correspondientes, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

DEFINICIONES

TRAZO

Es el conjunto de trabajos necesarios para replantear en el campo los puntos característicos del eje por trazar, según su tipo, tales como los puntos de inflexión (PI), de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE) 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), que identifican secciones especiales, y marcar las estaciones cerradas a cada veinte (20) metros.

22

ESTABLECIMIENTO DE LAS REFERENCIAS DE TRAZO

Es el conjunto de trabajos necesarios para marcar en el campo los puntos fijos que permitan, en cualquier momento, reponer el trazo, particularmente durante la construcción de la carretera y de sus obras especiales.

NIVELACIÓN

Es el conjunto de trabajos necesarios para determinar en el campo las elevaciones de todos los puntos característicos replanteados, de las estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros y de los puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno.

2.1.4 N-PRY-CAR-1-01-003/07 “LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES PARA EL ESTUDIO TOPOGRAFICO”

DEFINICIÓN

Es el conjunto de trabajos necesarios para levantar y nivelar en el campo, todos los quiebres notables del terreno, transversalmente a los eje preliminares y definitivos de la carretera, de las obras menores de drenaje y de los diversos

elementos de las obras especiales, ubicar los caminos, carreteras y vías férreas; cableados, torres de alta tensión y postes; ductos superficiales y subterráneos; colindancias y cercas; construcciones y obras existentes; ríos, arroyos, canales y otros cuerpos de agua, o cualquier otro elemento que sea de interés, con el propósito de determinar su configuración vertical en cada sección transversal y de hacer el modelo tridimensional del terreno.

PERSONAL Y EQUIPO DE TOPOGRAFÍA

El personal y el equipo para el levantamiento topográfico cumplirán con los siguientes requisitos:

1. El personal será especializados en la realización de este tipo de trabajos. El responsable técnico debe ser un ingeniero topógrafo con experiencia en vías terrestres.
2. El equipo estará integrado cuando menos por:
 - a. Un tránsito con precisión mínima de un (1) minuto y un nivel de mano, para el trazo y nivelación de ejes preliminares y de fondos de cauces.
 - b. Una estación total del tipo electroóptico, con prismas reflectores y con aproximación mínima en las distancias de dos milímetros más menos tres partes por millón ($2 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$) y un (1) segundo, para el replanteo de ejes definitivos y sus rellenos, así como un nivel fijo automático para la nivelación de esos ejes.

LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Una vez trazado y nivelado el eje, como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-01-002, *Trazo y Nivelación de Ejes para el Estudio Topográfico*, se levantarán en el campo, a ambos lados y perpendicularmente al eje, las secciones topográficas del terreno sustentadas en los puntos característicos marcados en el campo, tales como los puntos sobre tangente (PST) si el eje es preliminar o, si es definitivo, en los puntos de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE), de término de espiral (ET), sobre tangente (PST), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC), según corresponda, así como en las estaciones cerradas a cada veinte (20) metros y en los puntos singulares que caractericen cambios de pendiente del terreno cuando se presenten desniveles mayores de cincuenta (50) centímetros, determinados durante la nivelación del eje, considerando lo siguiente:

1. Si el tamaño y la densidad de la vegetación así lo requieren, se abrirán todas las brechas que sean necesarias para el levantamiento de las secciones topográficas.
2. Las secciones transversales se levantarán a ambos lados del eje:
 - a. Hasta los límites de la franja en estudio del camino o del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra especial, según corresponda, cuando el eje sea preliminar.
 - b. Hasta treinta (30) metros a cada lado de los ejes definitivos del camino y de los elementos de las obras especiales o hasta los límites del probable derecho de vía más diez (10) metros, lo que resulte mayor; hasta treinta (30) metros a cada lado del eje de una carretera existente o hasta los cerros de sus cortes o terraplenes más diez (10) metros, lo que resulte mayor y hasta diez (10) metros a cada lado de los ejes definitivos de las obras menores de drenaje o hasta los probables cerros de los cortes más cinco (5) metros, lo que resulte mayor. El probable derecho de vía comprenderá los cerros de los taludes de los cortes y terraplenes que se prevean.
3. Cada sección transversal tendrá su origen en su intersección con el eje trazado y las distancias horizontales a los puntos donde se observen los quiebres notables del terreno, serán positivas a la derecha del eje, en el sentido de su cadenamamiento y negativas a la izquierda. Se seleccionan todos aquellos puntos del terreno que definan cambios en la pendiente del mismo y formen parte de los accidentes topográficos naturales o artificiales.
4. Si la pendiente del terreno en una sección transversal es sensiblemente uniforme, la sección constará como mínimo de siete (7) puntos: los correspondientes al eje trazado, a los límites de la sección y del probable derecho de vía, y a los puntos intermedios entre estos últimos y el eje, como se muestra en la figura 2.1.

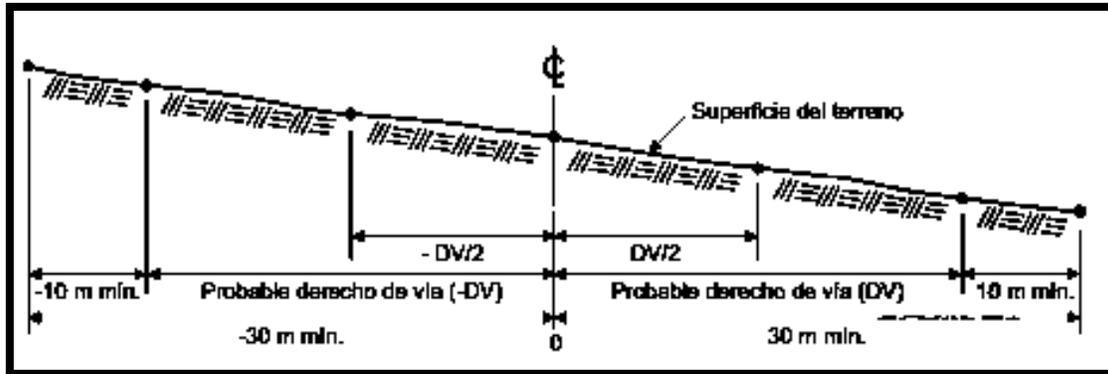


FIG. 2-1 Ubicación de los puntos que como mínimo se requieren para integrar una sección transversal.

5. Cada sección se denominará con el cadenamiento del eje trazado que le corresponda. Todas las distancias horizontales y las elevaciones se medirán con una aproximación de un (1) centímetro.

2.2 NORMATIVA PARA PROYECTO GEOMETRICO

La elaboración del proyecto geométrico de una carretera deberá regirse bajo los lineamientos de las NORMAS DE SERVICIOS TECNICOS para PROYECTO GEOMETRICO de la SCT, las cuales contienen las consideraciones técnicas necesarias para poder proyectar de manera eficiente una carretera de acuerdo al tipo de camino que sea requerido.

2.2.1 CONSIDERACIONES TECNICAS

Para el claro entendimiento de este capítulo vamos a precisar el significado de algunos términos técnicos que serán empleados y logremos captar la información de la manera correcta.

- ACOTAMIENTO: Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.
- ALINEAMIENTO HORIZONTAL: Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.
- ALINEAMIENTO VERTICAL: Proyección del desarrollo del eje de proyecto de una carretera sobre un plano vertical.

- **AMPLIACIÓN EN CURVA:** Incremento al ancho de corona y de calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.
- **BANQUETA:** Faja destinada a la circulación de peatones, ubicada generalmente a un nivel superior al de la calzada.
- **BOMBEO:** Pendiente transversal descendiente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
- **BORDILLO:** Elemento que se construye sobre los acotamiento, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.
- **CALZADA:** Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
- **CERO:** En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o del corte y del terreno natural.
- **CONTRACUNETETA:** Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno.
- **CORONA:** Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.
- **CUNETETA:** Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.
- **CURVA CIRCULAR HORIZONTAL:** Arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas.
- **CURVA ESPIRAL DE TRANSICIÓN:** Curva del alineamiento horizontal que liga una tangente con una curva circular, cuyo radio varia en forma continua, desde infinito para la tangente hasta el de la curva circular.
- **CURVA VERTICAL:** Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
- **CURVA VERTICAL EN COLUMPIO:** Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.
- **CURVA VERTICAL EN CRESTA:** Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.
- **DEFENSA:** Dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la carretera.

- **DERECHO DE VÍA:** Superficie de terreno cuyas dimensiones fije la Secretaría de Comunicaciones y transportes, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.
- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO:** Distancia de seguridad mínima necesaria para que en caminos de un solo carril, los conductores de dos vehículos, que circulan en sentido contrario, se puedan detener antes de encontrarse.
- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA:** Distancia de seguridad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de marcha sobre pavimento mojado, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.
- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE:** Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.
- **NORMAS PARA PROYECTO GEOMETRICO:** Disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que la Secretaría fija o dicta para la elaboración de sus proyectos geométricos.
- **FAJA SEPARADORA CENTRAL:** Es la zona que se dispone para precaver que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles del sentido contrario.
- **GRADO DE CURVATURA:** Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte (20) metros de longitud.
- **GRADO MAXIMO DE CURVATURA:** Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto.
- **GUARNICIONES:** Elementos parcialmente enterrados que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla de la calzada.
- **HOMBRO:** En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud de terraplén y la corona o por ésta y el talud interior de la cuneta.

- HORIZONTE DE PROYECTO: Año futuro que corresponde al final del periodo previsto en el proyecto de la carretera.
- LAVADERO: Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.
- LIBRADERO: Ancho adicional que se da a la corona de las carreteras de un solo carril, en una longitud limitada, para permitir el paso simultaneo de dos vehículos.
- LONGITUD CRÍTICA: Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.
- PENDIENTE: Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre (2) puntos.
- PENDIENTE GOBERNADORA: Es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales de una longitud indefinida.
- PENDIENTE MÁXIMA: Es la mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente.
- PENDIENTE MÍNIMA: Es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener en los tramos de corte para el buen funcionamiento del drenaje de la corona y las cunetas.
- RASANTE: Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
- SECCIÓN TRANSVERSAL: Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.
- SOBREELEVACIÓN: Pendiente transversal descendiente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, el efecto de la fuerza centrífuga.
- TALUD: Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
- TANGENTE HORIZONTAL: Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
- TANGENTE VERTICAL: Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.
- TRANCISIÓN MIXTA: Distancia que se utiliza para pasar de la sección en tangente a la sección en curva circular y viceversa.

- **TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA):** Número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un (1) año, dividido entre el número de días al año.
- **VELOCIDAD DE MARCHA:** Velocidad media de todos o de un grupo determinado de vehículos, obtenida dividiendo la suma de las distancias recorridas entre la suma de los tiempos de recorrido en que los vehículos estuvieron efectivamente en movimiento.
- **VELOCIDAD DE PROYECTO:** Velocidad máxima a la cual los vehículos puedan circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.

2.2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE CAMINO

La selección del tipo de camino no es un factor que pueda decidir el proyectista ya que el tipo de camino va íntimamente ligado a las condiciones topográficas del terreno, así como al Transito Diario Promedio Anual (TDPA).

2.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS SEGÚN EL TDPA

- Tipo “A”
 - Tipo “A2”, para un TDPA de 3,000 a 5,000 vehículos.
 - Tipo “A4”, para un TDPA de 5,000 a 20,000 vehículos.
- Tipo “B”, para un TDPA de 1,500 a 3,000 vehículos.
- Tipo “C”, para un TDPA de 500 a 1,500 vehículos.
- Tipo “D”, para un TDPA de 100 a 500 vehículos.
- Tipo “E”, para un TDPA de hasta 100 vehículos.

Las normas geométricas de las carreteras clasificadas anteriormente variaran según las características topográficas del terreno que atraviesan. Se consideran los siguientes tipos de terreno:

- Plano
- Lomerío
- Montañoso

t = Tiempo de reacción en segundos.

F = Coeficiente de fricción longitudinal.

En la tabla siguiente se indican los valores para proyecto de las distancias de visibilidad de parada que corresponden a velocidades de proyecto de treinta (30) km/h a ciento diez (110) km/h.

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	VELOCIDAD DE MARCHA km/h	REACCIÓN		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO m	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		TIEMPO	DISTANCIA			CALCULADA	PARA PROYECTO
		seg	m			m	m
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

TABLA 2-2 Distancia de visibilidad de parada

2.2.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE

*Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.*¹

La distancia de visibilidad de rebase, se determina con la expresión:

$$Dr = 4.5 V$$

En donde:

Dr = Distancia de visibilidad de rebase, en metros.

V = Velocidad de proyecto, en km/h.

Los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de rebase se indican en la siguiente tabla.

¹ Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico, 2001, México.

² Inciso D.1.6. De la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías* Camino E.C. (Zitácuaro – Cd. Altamirano) – Ocuaro del km 0+000 al km 3+000 UMSNH. Facultad de Ingeniería Civil. Eduardo Sebastián Rubio Torres.

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE m
30	135
40	180
50	225
60	270
70	315
80	360
90	405
100	450
110	495

TABLA 2-3 Distancia de visibilidad de rebase

2.2.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO

La distancia de visibilidad de encuentro se calcula con la expresión:

$$De = 2 Dp$$

En donde:

De = Distancia de visibilidad de encuentro, en metros.

Dp = Distancia de Visibilidad de parada, en metros.

2.2.6 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

2.2.6.1 DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

TANGENTES

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

- I. Longitud mínima:
 - a. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
 - b. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero (0).
 - c. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
 - d. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado

- II. Longitud máxima.- La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.
- III. Azimut.- el azimut definirá la dirección de las tangentes.

CURVAS CIRCULARES

Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que las caracterizan se muestran en la figura 2.2.

- I. Grado Máximo de Curvatura.- El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{m\acute{a}x} = 146000 \frac{(\mu + S_{m\acute{a}x})}{V^2}$$

En donde:

$G_{m\acute{a}x}$ = Grado máximo de curvatura.

μ = Coeficiente de fricción lateral.

$S_{m\acute{a}x}$ = Sobreelevación máxima de la curva, en m/m.

V = Velocidad de proyecto, en km/h.

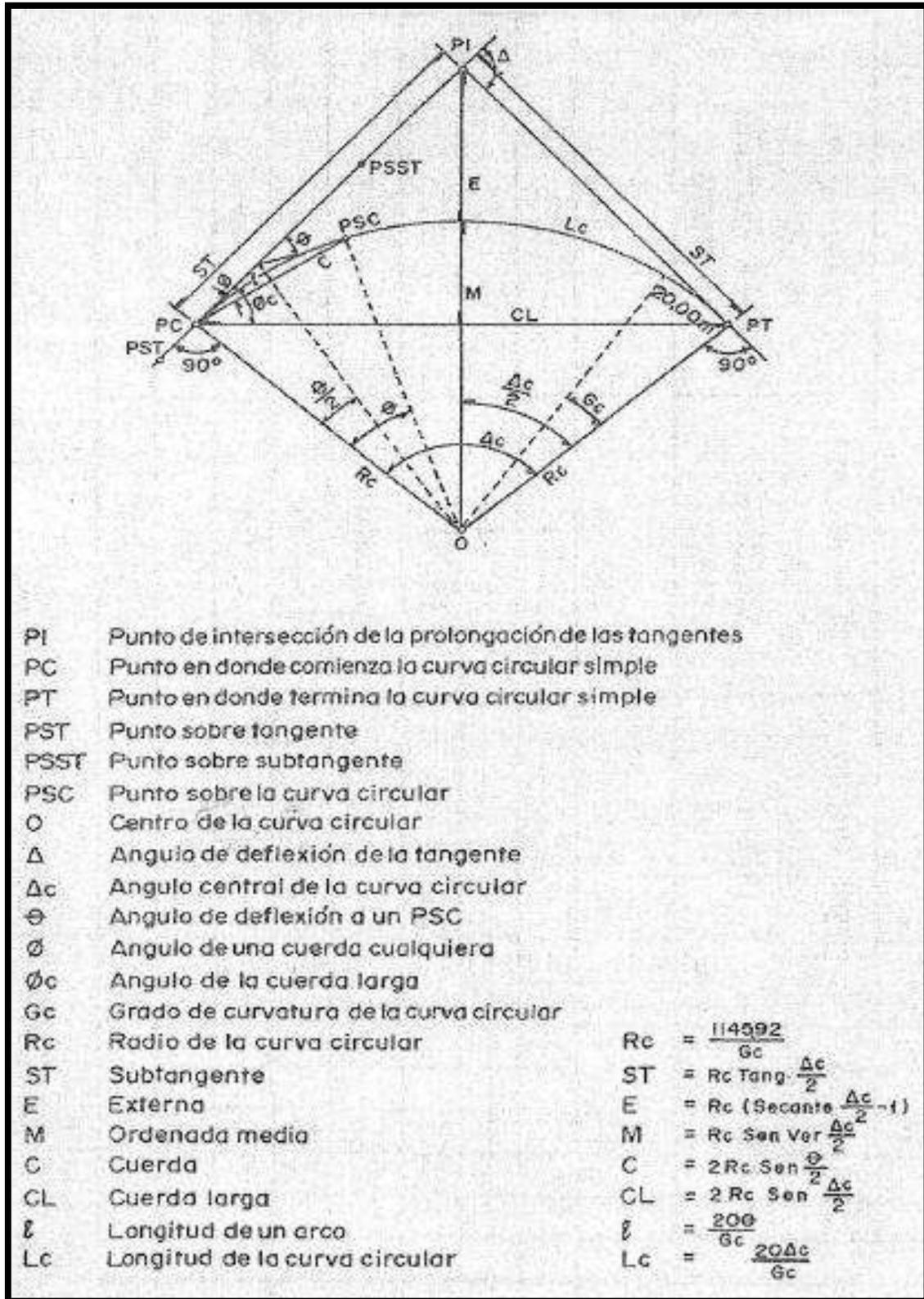


FIG. 2-2 Elementos de la curva circular.

En la tabla siguiente se indican los valores de los grados máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	SOBREELEVACIÓN MÁXIMA m/m	GRADO MAXIMO DE CURVATURA CALCULADO grados	GRADO MAXIMO DE CURVATURA PARA PROYECTO grados
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.290	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

TABLA 2-4 Grado máximo de curvatura

- II. Longitud mínima:
 - a. La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.
 - b. La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero (0).
- III. Longitud Máxima.- la longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

VISIBILIDAD

Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de visibilidad de parada a que se refiere al subtema 2.2.3, para una velocidad de proyecto y grado de curvatura dados. Para ello, cuando exista un obstáculo en el lado interior de la curva, la distancia “m” mínima que debe haber entre él y el eje del carril interior de la curva, estará dada por la expresión y grafica que aparecen en la figura mostrada a continuación.

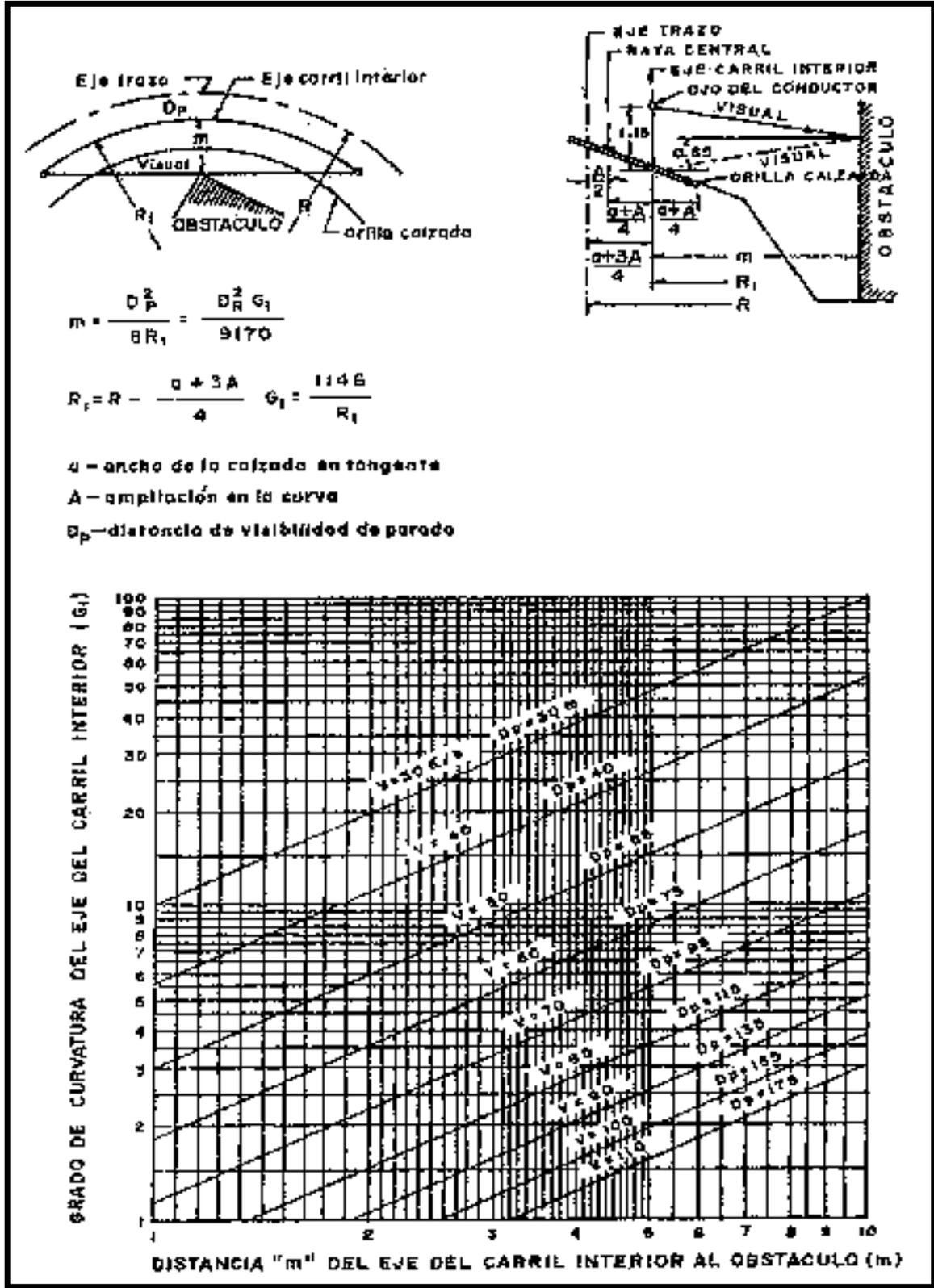


FIG. 2-3 Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.

2.2.6.2 DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

TANGENTES

Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

- I. Pendiente Gobernadora.- Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en la tabla 2.5 para los diferentes tipos de carretera y de terreno.
- II. Pendiente Máxima.- Los valores determinados para pendiente máxima se indican en la tabla 2.5 para los diferentes tipos de carretera y terreno.
- III. Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas con sección en corte y/o balcón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en las zonas con sección en terraplén la pendiente podrá ser nula.
- IV. Longitud crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores a la gobernadora, se obtendrán de la gráfica mostrada en la fig. 2.4.

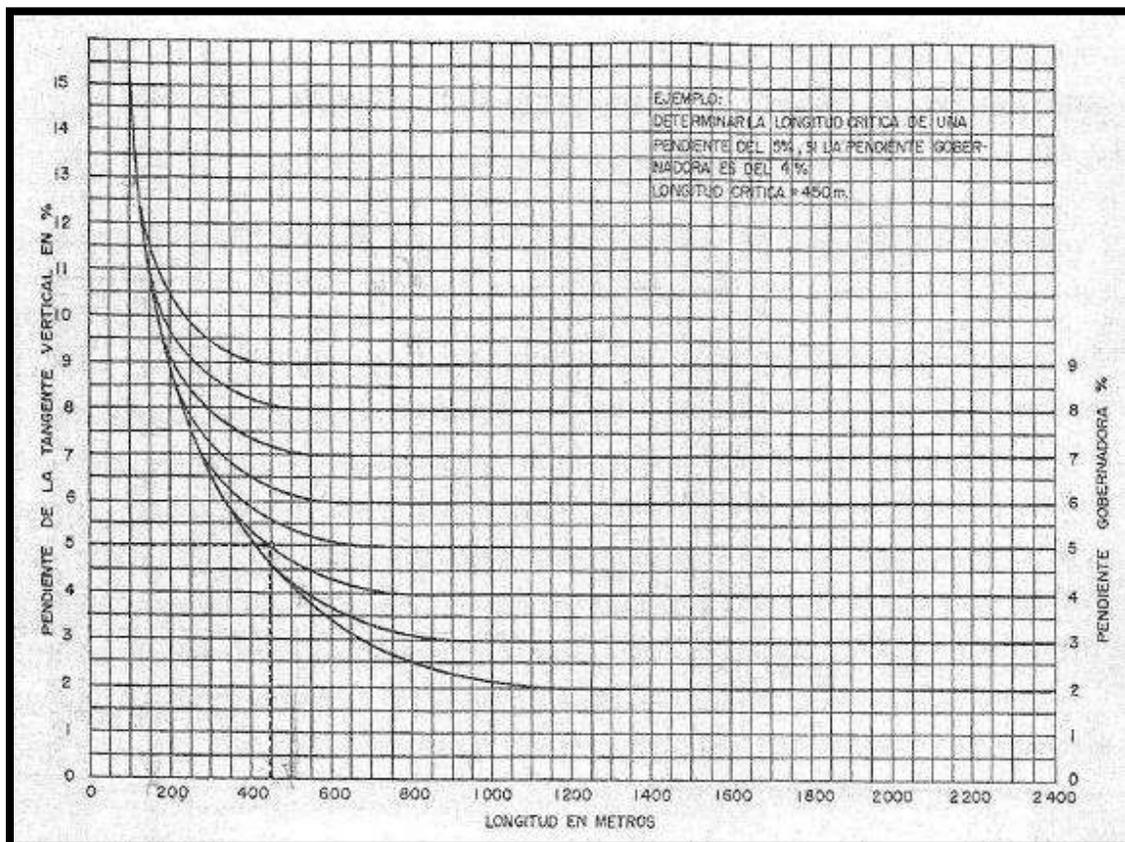


FIG. 2-4 Longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.

CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)			PENDIENTE MÁXIMA (%)		
	TIPO DE TERRENO			TIPO DE TERRENO		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
E	-	7	9	7	10	13
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	6

TABLA 2-5 Valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas.

VISIBILIDAD

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

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

En donde:

D = Distancia de visibilidad, en metros.

H = Altura del ojo del conductor (1.14 m).

h = Altura del objeto (0.15 m).

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

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

En donde:

D = Distancia de visibilidad, en metros.

T = Pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175).

H = Altura de los faros (0.61 m).

III. Requisitos de visibilidad:

- a. La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito está tomado en cuenta en el valor del parámetro K especificado en la tabla 2.6.
- b. La distancia de visibilidad de encuentro deberá proporcionarse en las curvas verticales en cresta de las carreteras tipo "E", tal como se especifica en la tabla 2.6.

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	VALORES DEL PARÁMETRO K (m/%)			LONGITUD ACEPTABLE	MÍNIMA (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	

TABLA 2-6 Valores mínimos del parámetro k y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

- c. La distancia de visibilidad de rebase solo se proporcionará cuando así lo indiquen las especificaciones de proyecto y/o lo ordene la Secretaria. Los valores del parámetro k para satisfacer este requisito son:

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

TABLA 2-7 Parámetro K para la distancia de visibilidad de rebase.

CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que unen. Los elementos que las caracterizan se muestran en la figura 2.5.

a) Longitud Mínima:

- a. La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$L = K A$$

En donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

K = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla 2.6.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en por ciento.

- b. La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla 2.6 y a la mostrada en las figuras 2.6 y 2.7.

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

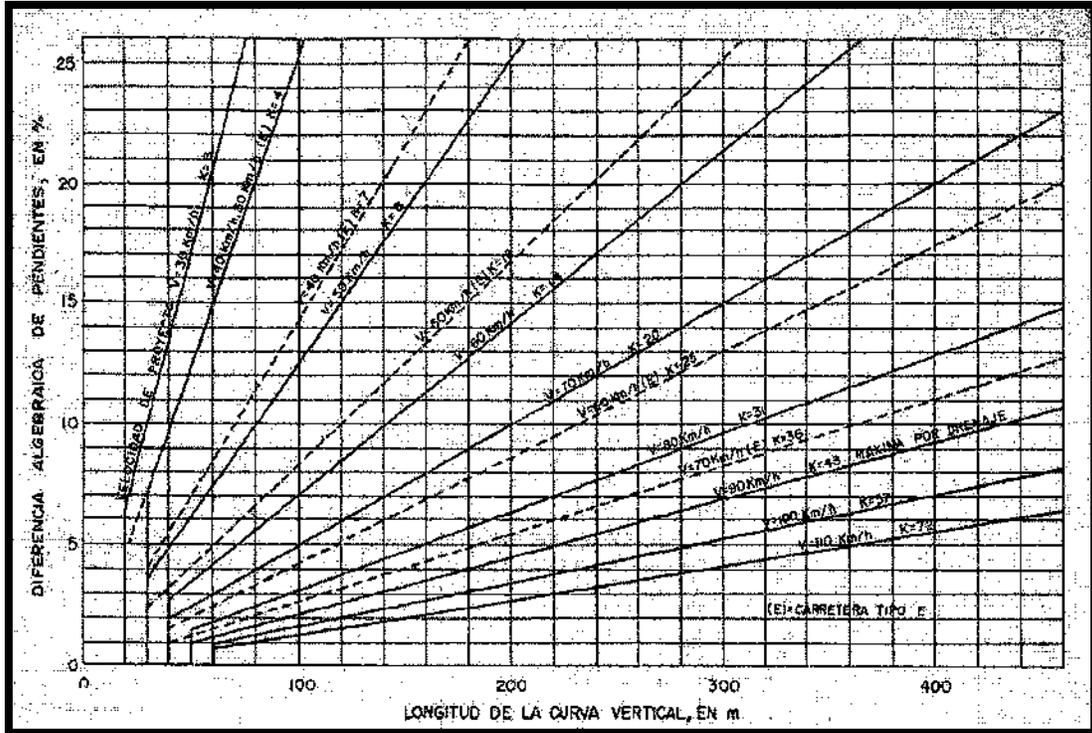


FIG. 2-6 Longitud mínima de las curvas verticales en cresta.

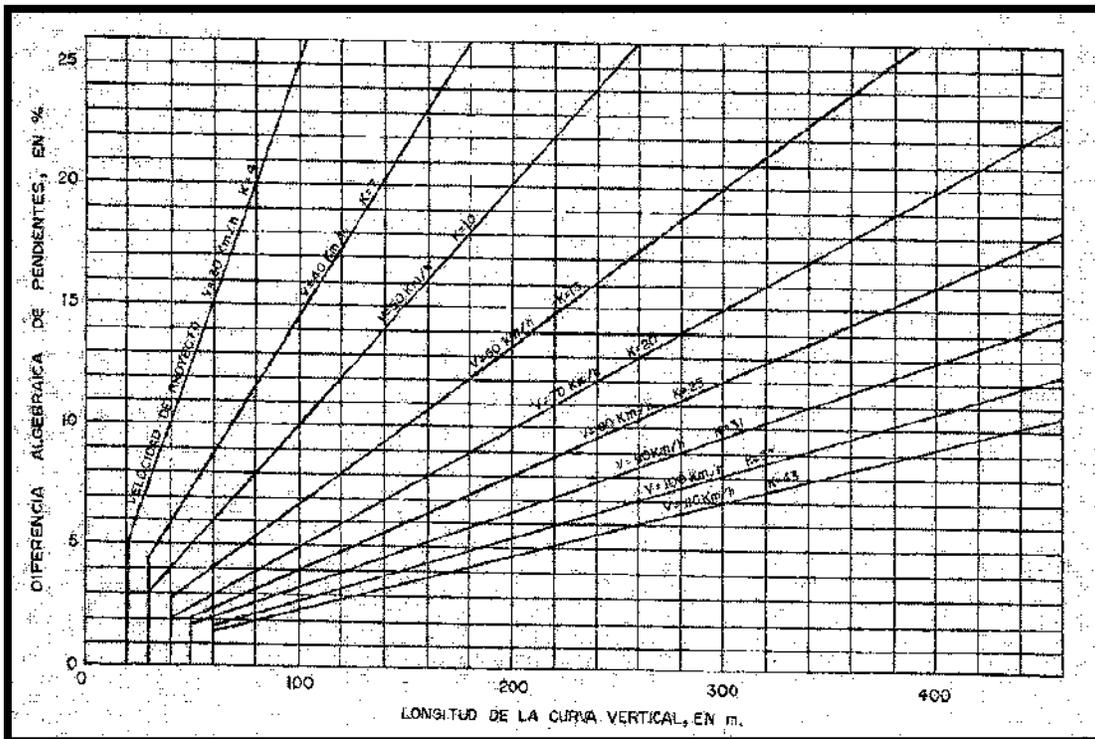


FIG. 2-7 Longitud mínima de las curvas verticales en columpio.

2.2.6.3 DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía, como se muestra en las figuras 2.8 y 2.9.

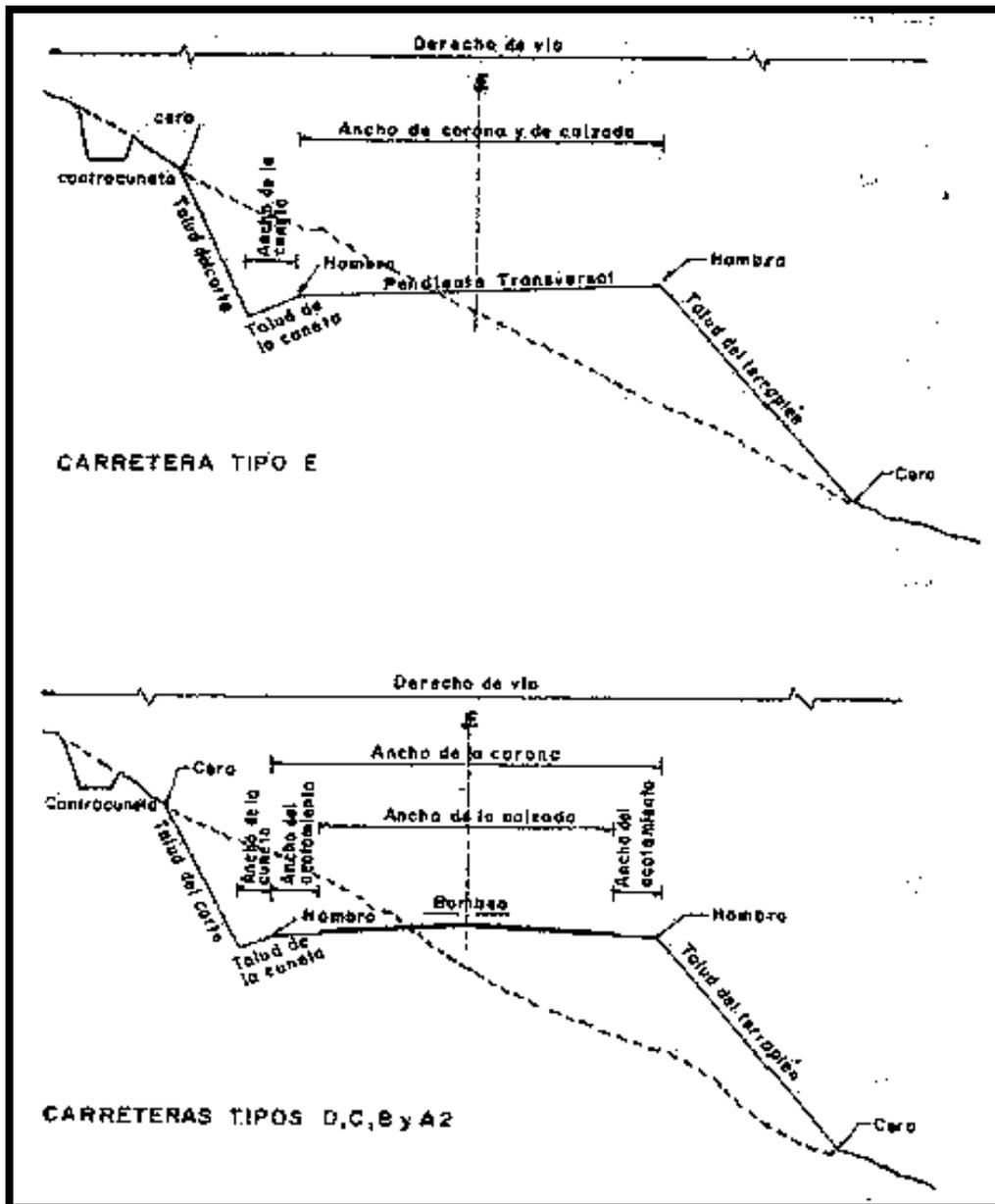


FIG. 2-8 Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos E, D, C, B Y A2.

- Corona.- la corona está definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal, y en su caso, la faja separadora central.

- En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de la corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el especificado en la tabla 2.12.
- En curvas y transiciones del alineamiento horizontal el ancho de la corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos y en su caso, de la faja separadora central.
- Calzada.- el ancho de la calzada deberá ser:
 - a. En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla 2.12.

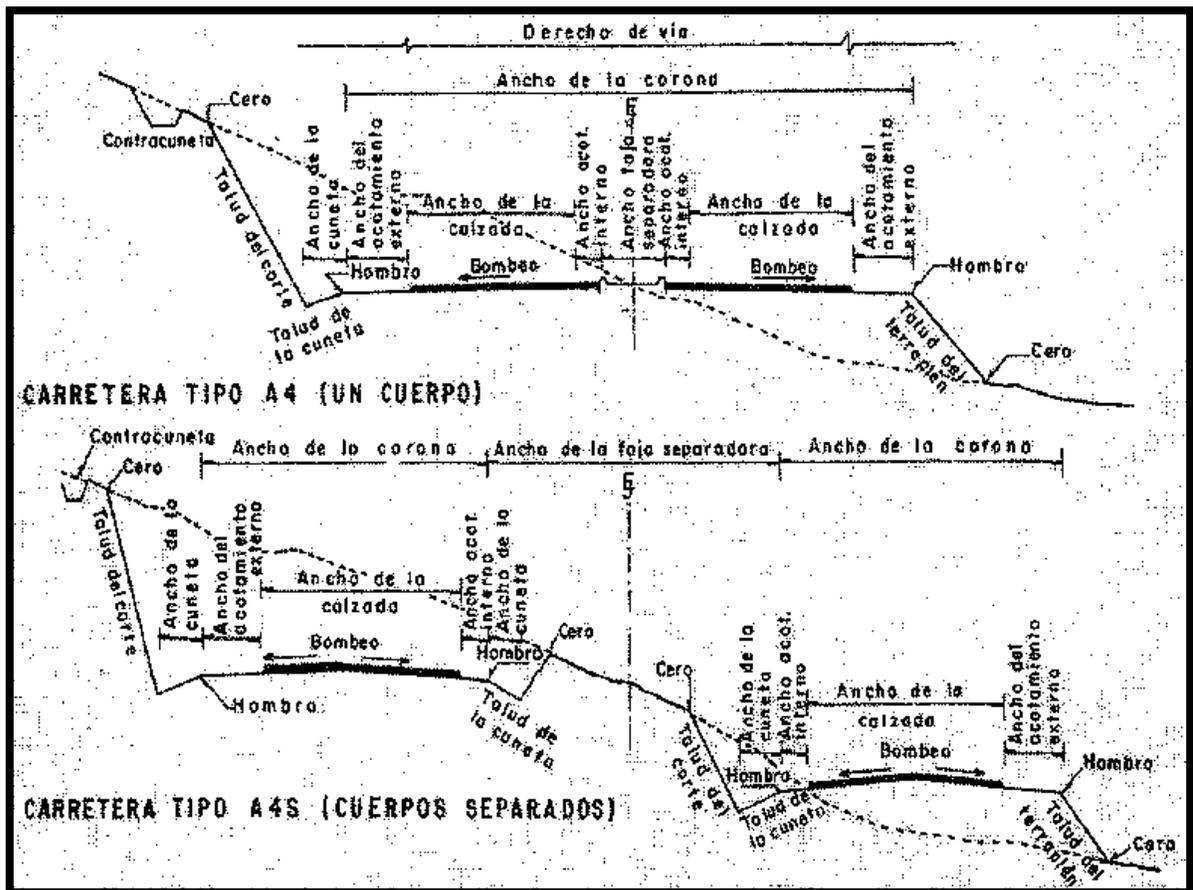


FIG. 2-9 Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos A4.

- b. En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente más una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en las tablas 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11.
- c. En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas.

El ancho en tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor está dado por la expresión:

$$A = \frac{L}{Le} Ac$$

En donde:

A = Ampliación del ancho de la calzada en un punto de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

Le = Longitud de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

Ac= Ampliación total del ancho de la calzada correspondiente a la curva circular, en metros.

- d. En tangentes y curvas horizontales para carreteras Tipo “E”.
- i. El ancho de calzada en carreteras Tipo “E”, no requerirá de ampliación por la curvatura horizontal.
 - ii. Por requisitos operacionales será necesario ampliar el ancho de la calzada, formando libraderos, para permitir el paso simultáneo a dos vehículos. El ancho de la calzada en la zona del libradero será el correspondiente al de la carretera Tipo “D”.
 - iii. La longitud de los libraderos será de veinte (20) metros más dos transiciones de cinco (5) metros cada una.
 - iv. Los libraderos se espaciaron a una distancia de doscientos cincuenta (250) metros, o menos, si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

VELOCIDAD	30			40			50			60			70				
	Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°30'	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22	
1°00'	1145.89	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22	
1°30'	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22	
2°00'	572.96	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22	
2°30'	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22	
3°00'	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22	
3°30'	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26	
4°00'	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30	
4°30'	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34	
5°00'	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37	
5°30'	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41	
6°00'	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45	
6°30'	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49	
7°00'	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52	
7°30'	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56	
8°00'	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35				
8°30'	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37				
9°00'	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39				
9°30'	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41				
10°00'	114.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44				
11°00'	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48				
12°00'	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28							
13°00'	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31							
14°00'	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33							
15°00'	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35							
16°00'	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38							
17°00'	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40							
18°00'	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19										
19°00'	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20										
20°00'	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21										
22°00'	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23										
24°00'	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26										
26°00'	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28										
28°00'	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30										
30°00'	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32										
32°00'	35.81	130	5.3	13													
34°00'	33.70	130	5.7	14													
36°00'	31.83	140	6.0	14													
38°00'	30.16	150	6.3	15													
40°00'	28.65	150	6.7	16													
42°00'	27.28	160	7.0	17													
44°00'	26.04	160	7.3	18													
46°00'	24.91	170	7.7	18													
48°00'	23.87	180	8.0	19													
50°00'	22.92	180	8.3	20													
52°00'	22.04	190	8.7	21													
54°00'	21.22	190	9.0	22													
56°00'	20.46	200	9.3	22													
58°00'	19.76	200	9.7	23													
60°00'	19.10	210	10.0	24													

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.
 En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten libraderos en curva horizontal

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

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

TABLA 2-8 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo E y D.

VELOCIDAD	40			50			60			70			80			90			100			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°15'	4563.68	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0°30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0°45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1°00'	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1°15'	916.74	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1°30'	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1°45'	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58
2°00'	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2°15'	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	53	60	8.7	70
2°30'	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2°45'	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3°00'	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3°15'	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3°30'	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3°45'	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4°00'	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4°15'	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4°30'	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4°45'	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5°00'	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5°30'	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
6°00'	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6°30'	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7°00'	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7°30'	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
8°00'	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8°30'	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9°00'	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9°30'	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10°00'	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11°00'	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12°00'	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13°00'	88.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14°00'	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15°00'	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16°00'	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17°00'	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18°00'	63.66	130	8.9	28																		
19°00'	60.31	130	9.1	29																		
20°00'	57.30	140	9.2	29																		
21°00'	54.57	140	9.4	30																		
22°00'	52.09	150	9.5	30																		
23°00'	49.82	150	9.6	31																		
24°00'	47.75	160	9.7	31																		
25°00'	45.84	160	9.8	31																		
26°00'	44.07	170	9.9	32																		
27°00'	42.44	170	9.9	32																		
28°00'	40.93	180	10.0	32																		
29°00'	39.51	190	10.0	32																		
30°00'	38.20	190	10.0	32																		

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

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

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

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

TABLA 2-9 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo C.

VELOCIDAD		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°15'	4563.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
0°30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
0°45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
1°00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.5	56	30	5.2	62
1°15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	56	40	6.3	62
1°30'	763.94	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
1°45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	58	50	8.1	71
2°00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	65	50	8.9	78
2°15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	50	50	8.7	70	60	9.4	83
2°30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	53	60	9.2	74	60	9.8	86
2°45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	57	60	9.6	77	60	10.0	88
3°00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	60	60	9.9	79			
3°15'	352.59	40	3.9	28	50	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	63	60	10.0	80			
3°30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	66						
3°45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	69						
4°00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
4°15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72						
4°30'	254.65	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
4°45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
5°00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	5	70	9.9	63									
5°15'	208.35	60	6.0	28	60	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64									
6°00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
6°30'	176.29	60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55												
7°00'	163.70	60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55												
7°30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10	56												
8°00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45															
8°30'	134.81	70	7.9	32	80	9.6	46															
9°00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47															
9°30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47															
10°00'	114.59	80	8.6	34	90	9.8	48															
10°30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48															
11°00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48															
11°30'	99.64	90	9.2	37																		
12°00'	95.49	100	9.3	37																		
12°30'	91.67	100	9.5	38																		
13°00'	88.15	100	9.6	38																		
13°30'	84.88	110	9.7	39																		
14°00'	81.85	110	9.8	39																		
14°30'	79.03	110	9.8	39																		
15°00'	76.39	110	9.9	40																		
15°30'	73.93	120	9.9	40																		
16°00'	71.62	120	10.0	40																		
16°30'	69.45	120	10.0	40																		
17°00'	67.41	130	10.0	40																		

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

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

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

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

TABLA 2-10 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo B Y A (A2).

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	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4					
0°15'	4563.68	0	20	2.0	39	39	0	20	2.0	45	76	0	30	2.0	50	86	0	30	2.0	56	95	0	30	2.0	62	105					
0°30'	2291.84	20	30	2.0	39	39	20	30	2.0	45	76	20	40	2.0	50	86	20	40	2.3	56	95	20	50	2.7	62	105					
0°45'	1527.89	20	40	2.0	39	39	20	40	2.3	45	76	30	50	2.8	50	86	30	60	3.4	56	95	30	60	4.0	62	105					
1°00'	1145.92	20	50	2.5	39	39	30	50	3.0	45	76	30	60	3.6	50	86	30	70	4.5	56	95	30	70	5.2	62	105					
1°15'	916.74	30	50	3.0	39	39	30	60	3.7	45	76	40	60	4.5	50	86	40	70	5.5	56	95	40	80	6.3	62	105					
1°30'	763.94	30	60	3.5	39	39	30	60	4.4	45	76	40	70	5.3	50	86	40	80	6.4	56	95	40	90	7.3	64	109					
1°45'	654.81	30	60	4.1	39	39	40	70	5.0	45	76	40	80	6.1	50	86	40	90	7.3	58	99	50	100	8.1	71	121					
2°00'	572.96	30	70	4.6	39	39	40	80	5.7	45	76	40	90	6.7	50	86	50	90	8.1	65	110	50	100	8.9	78	133					
2°15'	509.30	40	80	5.1	39	39	40	90	6.2	45	76	50	100	7.3	53	89	50	100	8.7	70	118	60	110	9.4	83	141					
2°30'	458.37	40	80	5.5	39	39	50	90	6.8	45	76	50	100	7.9	57	97	60	110	9.2	74	125	60	120	9.8	86	147					
2°45'	416.70	40	80	6.0	39	39	50	90	7.3	47	79	50	110	8.4	60	103	60	110	9.6	77	131	60	120	10.0	88	150					
3°00'	381.97	50	90	6.4	39	39	50	100	7.7	49	84	60	110	8.8	63	108	60	120	9.9	79	135										
3°15'	352.59	50	90	6.7	39	39	50	110	8.1	52	88	60	120	9.2	66	113	60	130	10.0	80	136										
3°30'	327.40	50	100	7.1	40	40	60	110	8.5	54	92	60	120	9.6	69	118															
3°45'	305.58	50	110	7.5	42	42	60	120	8.8	56	96	60	130	9.8	71	120															
4°00'	286.48	50	110	7.8	44	44	60	120	9.1	58	99	70	130	9.9	71	121															
4°15'	269.63	60	110	8.1	45	45	60	130	9.4	60	102	70	140	10.0	72	122															
4°30'	254.65	60	120	8.4	47	47	70	130	9.6	61	104																				
4°45'	241.25	60	120	8.7	49	49	70	140	9.7	62	106																				
5°00'	229.18	60	130	8.9	50	5	70	140	9.9	63	108																				
5°15'	218.27	60	130	9.1	51	52	80	140	10.0	63	108																				
5°30'	208.35	70	140	9.3	52	54	80	150	10.0	64	109																				
5°45'	199.29	70	140	9.5	53	55																									
6°00'	190.99	70	150	9.6	54	55																									
6°15'	183.35	70	150	9.7	54	55																									
6°30'	176.29	80	160	9.8	55	55																									
6°45'	169.77	80	160	9.9	55	55																									
7°00'	163.70	80	160	9.9	55	55																									
7°15'	158.06	80	160	10.0	56	55																									
7°30'	152.79	80	170	10.0	56	55																									

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

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

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

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

TABLA 2-11 Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo A (A4S Y A4).

- Acotamientos.- el ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en la tabla 2.12.

TIPO DE CARRETERA	ANCHOS DE					
	CORONA	CALZADA	ACOTAMIENTOS		FAJA SEPARADORA	
	(m)	(m)	(m)		(m)	
E	4.00	4.00	-		-	
D	6.00	6.00	-		-	
C	7.00	6.00	0.50		-	
B	9.00	7.00	1.00		-	
A	(A2)	12.00	7.00	2.50		-
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT	1.00 mínimo
				3.00	0.50 *	
(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo	

TABLA 2-12 Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central.

- Pendiente transversal.- En tangentes del alineamiento horizontal el bombeo de la corona deberá ser:
 - a. De menos dos por ciento (-2%) en carreteras Tipo “A”, “B”, “C” y “D” pavimentadas.
 - b. De menos tres por ciento (-3%) en carreteras Tipo “D” y “E”.
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, la sobreelevación de la corona deberá ser:
 - a. Del diez por ciento (10%) para el grado máximo de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto.
 - b. Igual a los valores indicados en las tablas 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11 para los grados de curvatura inferiores al grado máximo correspondiente a cada velocidad de proyecto.
- Faja separadora central.- la faja separadora central deberá proyectarse únicamente en carreteras Tipo “A” de cuatro carriles.
 - a. Cuando la sección transversal este formada por un solo cuerpo del ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de un (1.00) metro.

- b. Cuando la sección transversal este formada por dos cuerpos separados, el ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de ocho (8) metros.
- Taludes.- los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.
 - a. En Terraplén.- el talud de la sección transversal en terraplén deber ser de uno y medio a uno (1.5:1), pudiendo tener una inclinación diferente si así lo especifica la Secretaría.
 - b. En Corte.- El talud de la sección transversal en corte deberá ser el que especifique la Secretaría.
- Cunetas.- las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus taludes.
 - a. Ancho.- el ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta deberá ser de un (1.00) metro, pudiendo ser mayor si por capacidad hidráulica así se requiere.
 - b. Taludes.- el talud interno de la cuneta deberá ser de tres a uno (3:1). El talud externo de la cuneta será el correspondiente al corte.
- Contracunetas.- Las contracunetas serán, generalmente, de forma trapezoidal y están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos, o a lo que especifique la Secretaría.
- Obras complementarias.- las obras complementarias de la sección transversal, tales como guarniciones, bordillos, lavaderos, banquetas, defensas y dispositivos para el control del tránsito, deberán considerarse en el proyecto cuando así lo especifique la Secretaría.
- Derecho de Vía.- el derecho de vía está definido por su ancho y su longitud. El ancho del derecho de vía es variable.

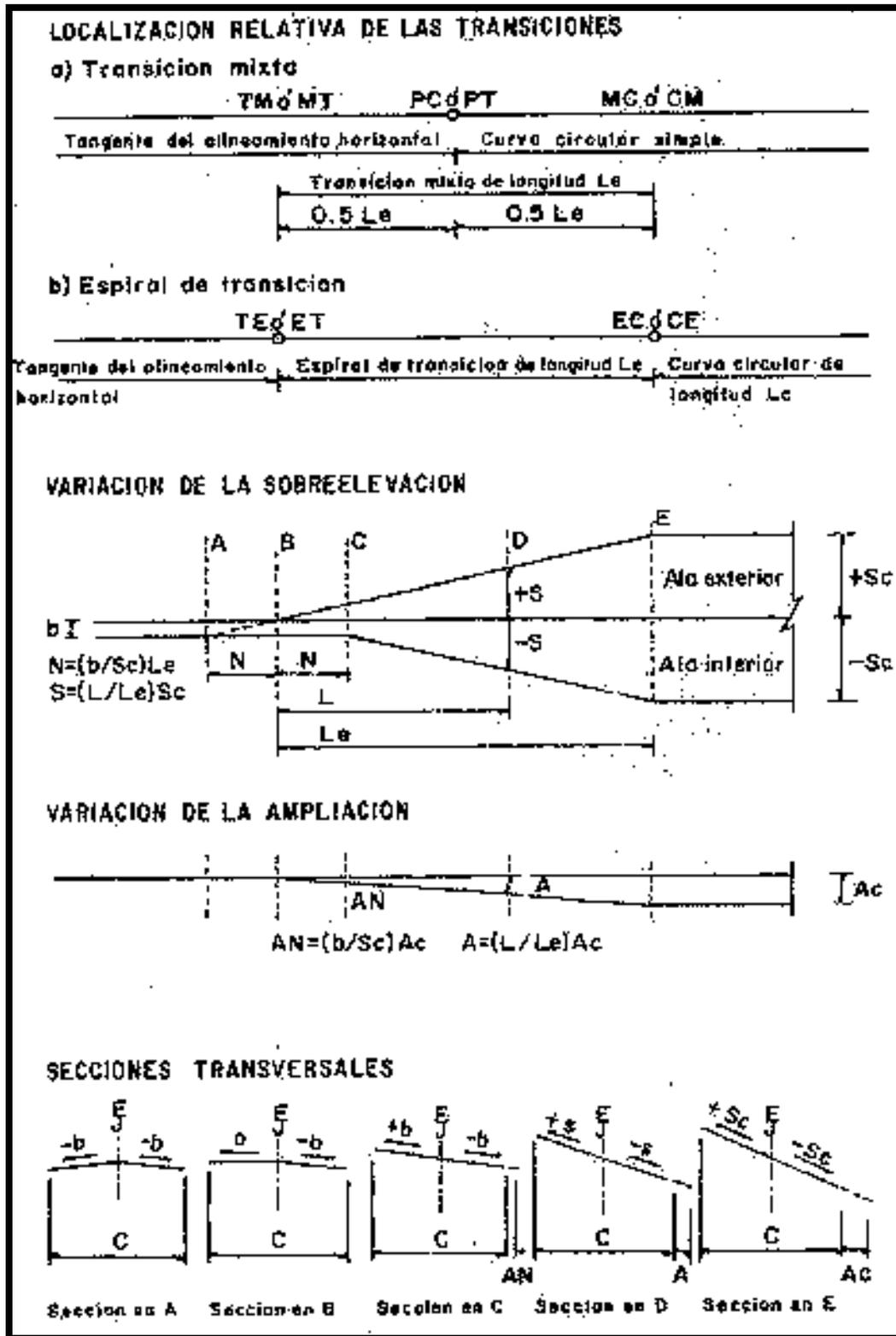


FIG. 2-10 Desarrollo de la sobreelevación y la ampliación.

2.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO GEOMÉTRICO

2.3.1 N-PRY-CAR-1-01-006/07 “PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS PARA CARRETERAS.”

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

“El Ingeniero o Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la realización del estudio, elaborará el informe técnico correspondiente, que contenga como mínimo los antecedentes, objetivos y alcances del estudio; los datos que se consideran para la ejecución de los trabajos, refiriendo las fuentes de su obtención; los resultados de los trabajos de campo, gabinete y en su caso, de laboratorio, con la descripción sucinta de los criterios, métodos y procedimientos elaborados; las conclusiones y recomendaciones; y como apéndices, los registros de campo y de laboratorio, las memorias de cálculo y un informe fotográfico que ilustre gráficamente los trabajos de campo realizados.”²

De acuerdo a lo anterior se atenderán los siguientes aspectos:

PLANOS

Para elaborar los planos que se indican en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, se atenderán las consideraciones que se señalan a continuación:

53

MATERIALES, EDICIÓN Y DIBUJO

- 1.- Si los términos de referencia que se indican en el capítulo 2.1.1, no señalan otra cosa, los planos definitivos, según su tipo, se dibujaran en el papel y con las dimensiones, escalas y, en su caso, con la separación entre curvas de nivel que se indican en la Tabla 2.13. En todos los casos, en una sola pieza y sin ningún tipo de empalme, salvo el que corresponda a los cuadros de identificación cuando se utilice papel milimétrico semitransparente
- 2.- Todos los planos de trabajo o que se sometan a revisión de la Secretaría durante la ejecución del estudio, se dibujaran sobre papel bond blanco o milimétrico, según el tipo de plano.
- 3.- Los planos de plantas topográficas y generales, los planos KM y, cuando así lo establezcan los Términos de Referencia que se indican en el capítulo 2.1.1, los planos de perfiles y de secciones transversales, se editaran mediante un programa

² Inciso D.1.6. De la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*. SCT.

de diseño asistido por computadora que permita su digitalización en archivos electrónicos con extensión *dwg* o alguna otra que sea compatible y que apruebe la Secretaría, con los formatos que se muestran en las Figuras 2.11 a 2.14 y la información que corresponda, como se señala en los siguientes Incisos correspondientes a cada tipo de plano, trazando toda la información topográfica y planimetría que se indica en las Tablas 2.14 a 2.16, con la simbología en ellas mostrada para tal propósito.

4.- Para la edición en computadora de los planos, se podrán utilizar los formatos contenidos en los siguientes archivos electrónicos que están disponibles en la página electrónica de esta Normativa, en las direcciones <http://www.imt.mx> y <http://normas.imt.mx>:

Archivo electrónico	Contenido
P-TOP-AER.dwg	Planta topográfica
P-PER-DEF.dwg	Plano de perfil
P-PG-PKM.dwg	Plano KM
P-PG-PKM.dwg	Planta general de obra especial
P-SEC.dwg	Plano de secciones transversales

5.- Todos los planos editados en computadora se dibujarán digitalmente mediante un graficador de inyección de tinta y los archivos electrónicos correspondientes, se grabarán en un medio electromagnético o digital, como un disco compacto (CD) o un disco versátil digital (DVD), debidamente identificado.

TIPO DE PLANO	TIPO DE PAPEL	DIMENSIONES cm		ESCALAS		SEPARACIÓN ENTRE CURVAS DE NIVEL m
		Alto	Ancho	Horizontal	Vertical	
Plantas topográficas	de las rutas	75	[2]	1:5 000	N.A.	5
	del estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera	61	[2]	1:2 000	N.A.	2
	del estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo de la carretera	91	[2]	1:2 000	N.A.	2
	preliminar de la obra especial	91	[2]	1:1 000	N.A.	1
de obras menores de drenaje	Bond	21 28	28 42	1:200 [6] 1:200 [6]	N.A.	1
	Milimétrico semitransparente o bond [4]	61	[2]	1:5 000	1:500	N.A.
Perfiles	de los ejes de las rutas	75	[2]	1:2 000	1:200	N.A.
	de los ejes preliminares de la obra especial	75	[2]	1:1 000	1:100	N.A.
	de los ejes definitivos de la carretera	75	295	1:2 000	1:200	N.A.
	de los ejes definitivos de la obra especial	75	[2]	1:1 000	1:100	N.A.
de los cauces	Milimétrico semitransparente o bond [4]	21 28	28 42	1:200 [6] 1:200 [6]	1:100 [6]	N.A.
	Milimétrico semitransparente o bond [4]	21 28	28 42	1:100 [6] 1:100 [6]	1:100 [6]	N.A.
Plano KM	Poliéster [1]	58	91	1:2 000 [6] 1:2 000 [6]	N.A. 1:200 [6]	2 [6] N.A.
	Poliéster [2]	91	[2]	1:1 000	1:100	N.A.
Secciones transversales	Milimétrico semitransparente o bond [4]	91	[2]	1:100	1:100	N.A.
	Milimétrico semitransparente o bond [4]	28	[2]	1:100	1:100	N.A.

[1] Papel poliéster (Hercotene o Mylar)
 [2] El ancho que sea necesario
 [3] Puede utilizarse una escala menor que permita dibujar el plano en la hoja correspondiente
 [4] Cuando su dibujo sea digital
 [5] Para la planta topográfica
 [6] Para el perfil del eje definitivo de la carretera
 N.A. No aplica.

TABLA 2-13 Dimensiones de los planos, escalas y separación entre curvas de nivel

Concepto [1]	Simbología	Color	Espesor de línea
Eje de trazo		Rojo	0,35
Obra de drenaje		Rojo	0,25
Puntos de control terrestre		Negro	0,25
Banco de nivel		Rojo	0,25
Límite del derecho de vía		Rojo	0,18
Curva de nivel maestra		Café	0,35
Curva de nivel		Sepia	0,18
Carretera pavimentada		Rojo	0,18
Camino de terracería, brecha		Rojo	0,18
Vía férrea		Rojo	0,18
Edificaciones		Rojo	0,18
Colindancias		Negro	0,18
Cercas		Rojo	0,18
Muro de piedra		Rojo	0,18
Torres de alta tensión, postes, cableados		Rojo	0,18
Ductos		Rojo	0,18
Área de vegetación		Verde	0,18
Cultivos		Verde	0,18
Huertos		Verde	0,18
Arroyo, escurrimiento superficial		Azul	0,25
Ríos, masa de agua		Azul	0,25
Canal		Azul	0,25
Puente		Rojo	0,18
Texto	Toponimia, destinos, etc.	Negro	0,25

[1] La simbología y características de conceptos no incluidos en esta Tabla, será acordada con la Secretaría

TABLA 2-14 Simbología para el trazado de información planimetría y altimétrica para las plantas topográficas.

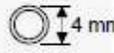
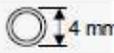
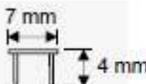
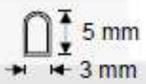
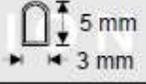
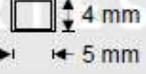
Concepto	Tipo	Denominación	Simbología	Color	Espesor de línea
Terreno natural	---	---		Negro	0,20
Alineamiento horizontal	---	---		Rojo	0,50
Banco de nivel	---	B.N.		Negro	0,25
Obras de drenaje	Tubo de concreto	TC		Negro	0,10
	Tubo de lámina	TL		Negro	0,10
	Losa	L		Negro	0,10
	Bóveda de mampostería	BM		Negro	0,10
	Bóveda de concreto	BC		Negro	0,10
	Bóveda de lámina	BL		Negro	0,10
	Cajón	C		Negro	0,10

TABLA 2-15 Simbología para perfiles.

Concepto	Simbología	Color	Espesor de línea
Terreno natural		Negro	0,25
Eje de trazo		Rojo	0,25

TABLA 2-16 Simbología para secciones transversales.

PLANTAS TOPOGRÁFICAS

Los planos de plantas topográficas que muestren el modelo tridimensional de la franja restituida en el estudio aerofotogramétrico o levantada en el estudio topográfico, tendrán el formato mostrado en la Figura 2.11 y en el archivo electrónico P-TOP-AER.dwg. El modelo se dibujará sobre un sistema cartesiano definido por las coordenadas de las poligonales de referencia, con la simbología mostrada en la Tabla 2.14 de esta Norma, considerando lo siguiente:

PLANTAS TOPOGRAFICAS DE LAS RUTAS

a).- Las plantas topográficas de las rutas de la carretera se dibujaran a escala uno a cinco mil y con curvas de nivel a cada cinco metros (1:5000/5), distinguiendo como curvas de nivel maestras aquellas cuya elevación sea múltiplo de veinticinco (25) metros. La cuadrícula del sistema cartesiano de referencia se indicara a cada quinientos (500) metros, rotulando las coordenadas correspondientes en sus extremos.

b).- Las plantas topográficas de las rutas de la carretera mostraran los ejes de las rutas, indicando las estaciones cerradas principales a cada cien (100) metros y marcando las secundarias a cada cincuenta (50); los puntos de inflexión (PI) y sus coordenadas; los grados de curvatura; la ubicación, designación y coordenadas de los puntos de control terrestre utilizados para la orientación de las fotografías aéreas durante la restitución; todas las obras aledañas y detalles planímetros que existan dentro de las franjas de las rutas; el norte astronómico con declinación magnética; la denominación del modelo estereoscópico restituido y sus ligas con los modelos adyacentes.

PLANTAS TOPOGRÁFICAS PRELIMINARES

a).- Las plantas topográficas preliminares de la carretera se dibujaran a escala uno a dos mil y con curvas de nivel a cada dos metros (1:2000/2), distinguiendo como curvas de nivel maestras aquellas cuya elevación sea múltiplo de diez (10) metros. La cuadrícula del sistema cartesiano de referencia se indicará a cada doscientos (200) metros, rotulando las coordenadas correspondientes en sus extremos.

b).- Las plantas topográficas preliminares de obras especiales se dibujarán a escala uno a mil y con curvas de nivel a cada metro (1:1000/1), salvo que la Secretaría indique otra cosa, distinguiendo como curvas de nivel maestras aquellas cuya elevación sea múltiplo de cinco (5) metros. La cuadrícula del sistema cartesiano de referencia se indicará a cada cien metros (100) metros o menos, rotulando las coordenadas correspondientes en sus extremos.

c).- Las plantas topográficas preliminares mostrarán los eje preliminares de la carretera o de los elementos de la obra especial, indicando las estaciones cerradas principales a cada cien (100) metros y marcando las secundarias a cada veinte (20); los puntos de inflexión (PI) y los puntos sobre tangente (PST), con sus respectivas coordenadas; los grados de curvatura; la ubicación, designación y coordenadas de los puntos de la poligonal de referencia; la ubicación y elevación de los bancos de nivel; la posición y tipo de las obras menores de drenaje que se

propongan; todas las obras aledañas y detalles planímetros que existan dentro del modelo tridimensional; el norte astronómico con declinación magnética; y cuando se trate de plantas elaboradas a partir de restitución aerofotogramétrica, la denominación del modelo estereoscópico restituido y sus ligas con los modelos adyacentes.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Los planos de las plantas topográficas contendrán la siguiente información complementaria:

a).- El cuadro de identificación del plano de planta topográfica, que indicará el nombre y el número del proyecto; lugar y fecha de elaboración y la escala gráfica de la planta; en su caso, el nombre del archivo electrónico que corresponda a la planta topográfica, y el cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización del estudio topográfico o aerofotogramétrico, en cuyo caso se indicarán también en el cuadro, la fecha de la toma y la escala de las fotografías aéreas, así como el tipo de equipo de restitución aerofotogramétrica utilizado.

b).- En las plantas topográficas de las rutas y preliminares, la designación y coordenadas de la poligonal de referencia y en su caso, de los bancos de nivel, así como un cuadro que contenga la simbología utilizada para la representación de la información topográfica y planimétrica plasmada en el plano, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 2.14.

PERFILES

Los perfiles que representen la configuración vertical del terreno en los ejes de las rutas o en los ejes preliminares o definitivos de la carretera, de los diferentes elementos de las obras especiales, de los cauces o de las obras menores de drenaje, se dibujarán sobre un sistema cartesiano definido por los cadenamientos de esos ejes en las abscisas y las elevaciones del terreno en las ordenadas con la simbología mostrada en la Tabla 2.15, considerando lo siguiente:

PERFILES DE LOS EJES DE LAS RUTAS

Los perfiles de los ejes de las rutas de la carretera se dibujarán a escala horizontal de uno a cinco mil (1:5000) y vertical de uno a quinientos (1:500) sobre fondo milimétrico. Se rotularán en sus bordes los cadenamientos y elevaciones correspondientes al sistema cartesiano de referencia.

PERFILES DE LOS EJES PRELIMINARES

Los perfiles de los ejes preliminares de la carretera o de las obras especiales se dibujarán a escala horizontal de uno a dos mil (1:2000) y vertical uno a doscientos (1:200) sobre fondo milimétrico. Se rotularán en sus bordes los cadenamientos y elevaciones correspondientes al sistema cartesiano de referencia y en la parte superior, la información del alineamiento horizontal, indicando en sus puntos característicos y los grados de las curvas horizontales.

PERFILES DE LOS EJES DEFINITIVOS

Los perfiles de los ejes definitivos de la carretera o de las obras especiales, que utilizara el proyectista para determinar las rasantes definitivas y expresar gráficamente los proyectos de terracerías, se dibujarán a escala horizontal de uno a dos mil (1:2000) y vertical de uno a doscientos (1:200) cuando se trate del perfil del eje definitivo de la carretera y a escala horizontal de uno a mil (1:1000) y vertical de uno a cien (1:100) cuando se trate de los perfiles de los ejes definitivos de la obra especial, salvo que la Secretaría indique otra cosa, en ambos casos sobre fondo milimétrico. Se rotularán en sus bordes los cadenamientos y elevaciones correspondientes al sistema cartesiano de referencia, 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, y en la parte superior se asentará la información del alineamiento horizontal, indicando sus puntos característicos; las longitudes y azimutes de las tangentes libres y los datos de las curvas horizontales considerando además lo siguiente:

a).- El perfil del eje definitivo de la carretera se dibujará en un plano para cada subtramos de cinco (5) kilómetros o fracción, con el formato mostrado en la figura 2.12 y en el archivo electrónico P-PER-DEF.dwg.

b).- Los perfiles de los ejes definitivos de la obra especial se dibujaran en un solo plano, en el formato que se muestra en la figura 2.12 y en el archivo electrónico P-PER-DEF.dwg.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Los planos de perfiles contendrán la siguiente información:

a).- El cuadro de identificación del plano de perfil, que indicará los nombres de la carretera y del tramo que se estudia o donde se ubique la obra especial, así como el origen de su cadenamiento; en su caso, el nombre de la obra especial, del cauce o de la obra menor de drenaje, según corresponda y el cadenamiento donde se ubique, o los cadenamientos extremos del perfil del eje de la carretera que contenga el plano; el cuadro de firmas de los responsables de la elaboración,

revisión y autorización del estudio topográfico o aerofotogramétrico, y el lugar y fecha de elaboración o aprobación del plano.

b).- En los planos de perfiles de los ejes definitivos se incluirán:

- El cuadro de especificaciones de proyecto, que indicará el tipo de carretera o de obra especial, todos los datos generales y número del proyecto, así como las escalas horizontal y vertical;
- La o las secciones tipo, que incluyan los anchos de corona, calzada, acotamientos y el derecho de vía en el subtramo de la carretera o en los elementos de la obra especial;
- 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 cadenamamientos donde se ubiquen, y
- Los demás cuadros que utilizará el proyectista para expresar los datos del proyecto de terracerías, según se muestra en la Figura 2.12 y en el archivo electrónico P-PER-DEF.dwg.

PLANOS KM

Los planos KM que utilizará el proyectista para expresar gráficamente los proyectos geométrico y de terracerías, se dibujaran para cada subtramo de un (1) kilómetro de la carretera, con el formato que se muestra en la Figura 2.13 y en el archivo electrónico P-PG-PKM.dwg, con la simbología mostrada en las Tablas 2.14 y 2.15, considerando lo siguiente:

61

PLANTA TOPOGRÁFICA EN EL PLANO KM

En la sección superior del plano KM, se asentará la planta topográfica del subtramo de un (1) kilometro correspondiente, que muestre el modelo tridimensional de la franja restituida en el estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo o levantada en el estudio topográfico para proyecto preliminar de la carretera.

a).- La planta topográfica en el plano KM, se dibujara sobre un sistema cartesiano definido por las coordenadas de las poligonales de referencia, a escala uno a dos mil y con curvas de nivel a cada dos metros (1:2000/2), distinguiendo como curvas de nivel maestras aquellas cuya elevación sea múltiplo de diez (10) metros, con todas las obras aledañas y detalles. La cuadrícula del sistema cartesiano de referencia se indicará a cada doscientos (200) metros, rotulando las coordenadas correspondientes en sus extremos.

b).- Para los casos señalados en el Inciso “e” de la página 18, correspondiente a la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y*

Aerofotogramétricos para Carreteras, en lugar de lo indicado en el Punto anterior, en el Plano KM se incluirá, como planta topográfica, una ampliación de la fotografía aérea que contenga el correspondiente subtramo de un (1) kilómetro, a escala aproximada uno a dos mil (1:2000).

c).- La plana topográfica en el plano KM, mostrará el eje definitivo de la carretera, indicando las estaciones cerradas principales a cada cien (100) metros y marcando las secundarias a cada veinte (20) metros; los puntos de inflexión (PI), de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE) 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) que identifiquen secciones especiales, según proceda, señalando sus cadenamientos: las longitudes y azimutes de las tangentes libres; 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.

PERFIL EN EL PLANO KM

En la sección inferior del plano KM, se asentará el perfil que represente la configuración vertical del terreno en el eje definitivo del camino, para el correspondiente subtramo de un (1) kilómetro, levantado en el estudio topográfico para proyecto definitivo de la carretera.

62

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 uno a dos mil (1:2000) y vertical de uno a doscientos (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.

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 de proyecto.
- c).- La sección tipo de la carretera propuesta para el subtramo de un (1) kilómetro, 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 un (1) kilómetro.
- e).- El cuadro de referencias de trazo que correspondan a los puntos característicos ubicados en el subtramo de un (1) kilómetro, que indicará los cadenamientos de esos puntos; los ángulos y distancias a las referencias, señalando sus tipos, y el croquis de localización,
- f).- El cuadro de la geometría del alineamiento horizontal que corresponda al subtramo de un (1) kilómetro, 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 un (1) kilómetro, señalando sus tipos, dimensiones generales y los cadenamientos donde se ubiquen.
- h).- Los demás cuadros que utilizará el proyectista para expresar los datos del proyecto geométrico y de terracerías según se muestra en la Figura 2.13 y en el archivo electrónico P-PG-PKM.dwg.
- i).- El cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización de los estudios topográficos y aerofotogramétricos para el proyecto.
- j).- El norte astronómico con declinación magnética.

SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales que representen la configuración vertical del terreno perpendicularmente a los ejes definitivos de los elementos de una obra especial o de las obras menores de drenaje, que utilizará el proyectista para diseñar las secciones transversales de construcción, determinar el derecho de vía definitivo y calcular, mediante el proceso electrónico, los volúmenes de los diferentes conceptos de las terracerías de la obra especial, o para ejecutar la ingeniería de detalle para elaborar los proyectos definitivos de las obras menores de drenaje y calcular sus volúmenes de excavación y relleno, se dibujarán sobre un sistema cartesiano definido por las elevaciones del terreno en las ordenadas, y en las abscisas, la distancia al eje definitivo de la obra especial o de la obra menor de

drenaje de cada uno de los puntos levantados como se indica en el capítulo 2.1.4 correspondiente a la norma N-PRY-CAR-1-01-003, con fondo milimétrico, a escalas horizontal y vertical uno a cien (1:100), aunque en caso de secciones muy amplias se pueden utilizar escalas menores, con la simbología mostrada en la Tabla 2.16, y considerando lo siguiente:

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Los planos de secciones transversales contendrán la siguiente información complementaria:

a).- El cuadro de identificación del plano de secciones transversales, que indicará los nombres de la carretera y del tramo de la misma que se estudia o donde se ubique la obra especial, así como el origen de su cadenamiento; el nombre de la obra especial o de la obra menor de drenaje y el cadenamiento donde se ubique; el cuadro de firmas de los responsables de la elaboración, revisión y autorización del estudio topográfico o aerofotogramétrico, y el lugar y fecha de elaboración o aprobación del plano.

b).- En el plano de secciones transversales de los elementos de la obra especial se incluirán:

- El cuadro de especificaciones de proyecto, que indicará el tipo de obra especial, todos los datos generales y número del proyecto, así como las escalas horizontal y vertical, y
- El cuadro de abreviaturas que utilizará el proyectista para expresar los datos del proyecto de terracerías, según se muestra en la Figura 2.14 y en el archivo electrónico P-SEC.dwg.

2.3.2. ENTREGA FISICA EN EL CAMPO

Una vez concluidos los trabajos de campo, mostrar y entregar físicamente en el campo, al personal que indique la Secretaría, los bancos de nivel, las referencias del trazo y las mojoneras correspondientes a los puntos característicos de los ejes trazados o los puntos de control terrestre, según se trate de un estudio topográfico o aerofotogramétrico.

Durante la entrega física en el campo, la Secretaría podrá solicitar al Contratista de Servicios responsable del estudio, realizar en ese momento una verificación de la nivelación entre bancos de nivel o entre puntos de control terrestre, para comprobar la veracidad de los trabajos de campo.

Esta entrega se hará constar mediante una minuta que será firmada por el representante del Contratista de Servicios y por el personal de la Secretaría.

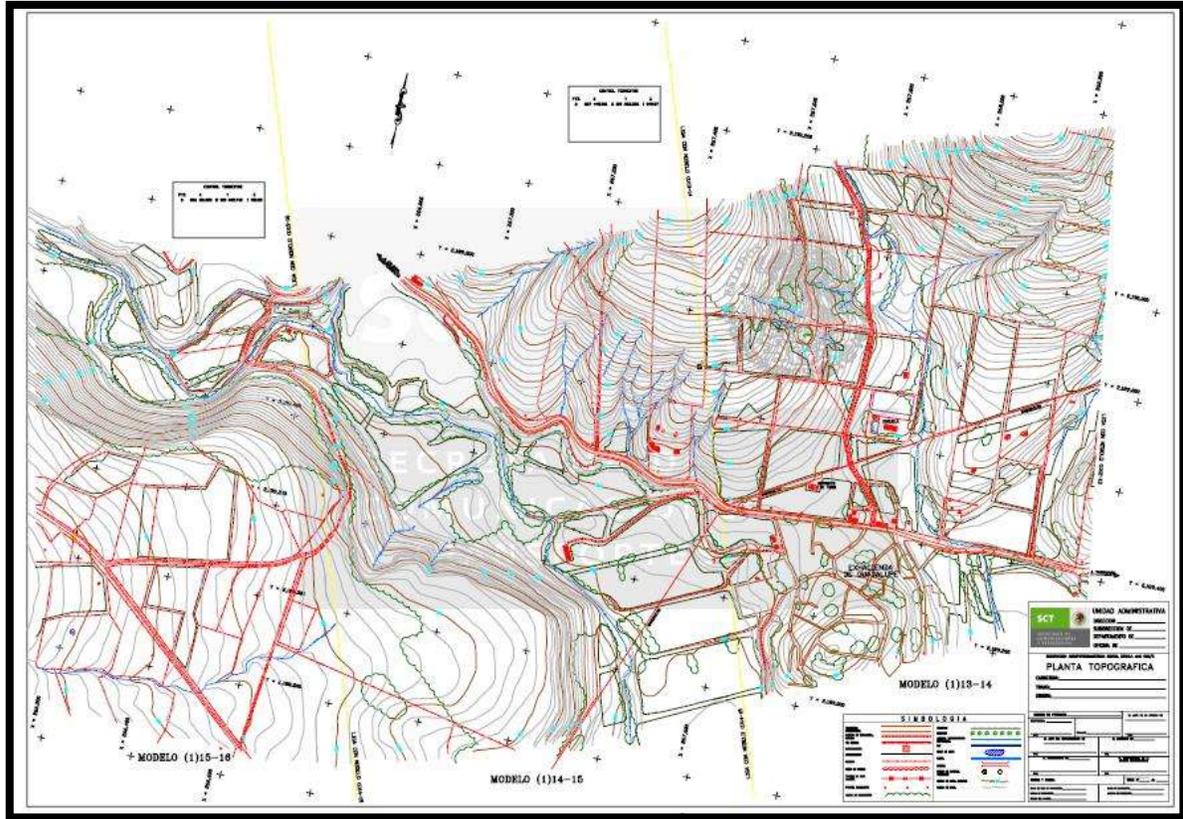


FIG. 2-11 Planta topográfica.

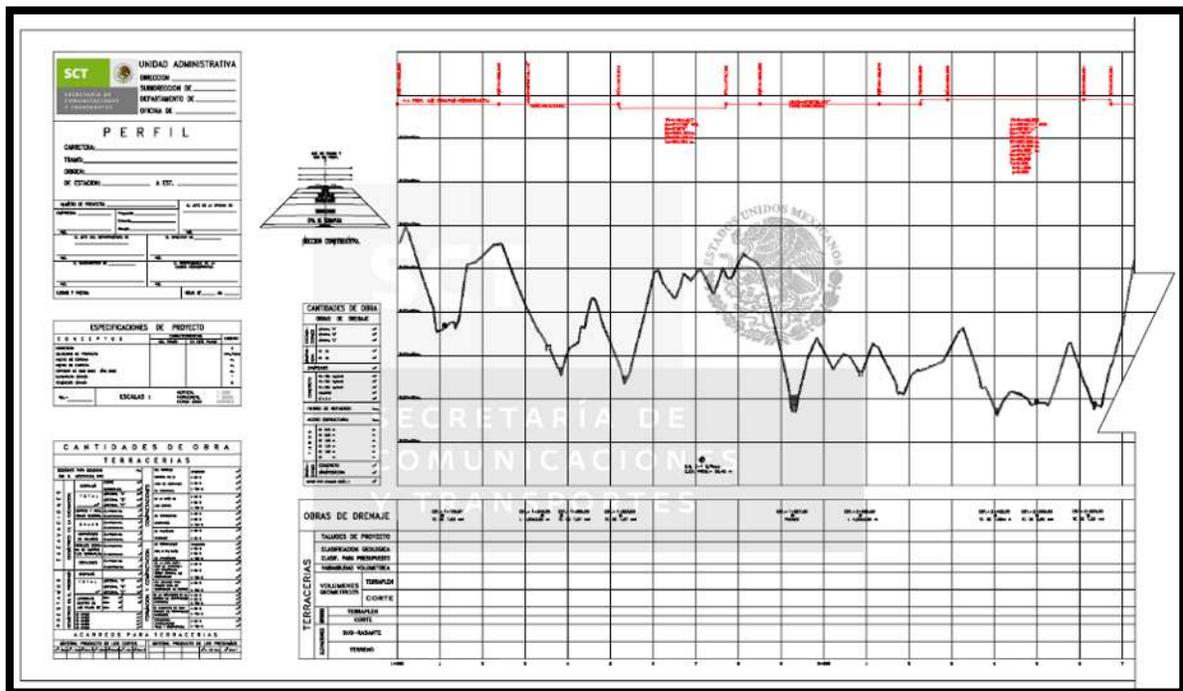


FIG. 2-12 Perfil de ejes definitivos del camino o de la obra especial.

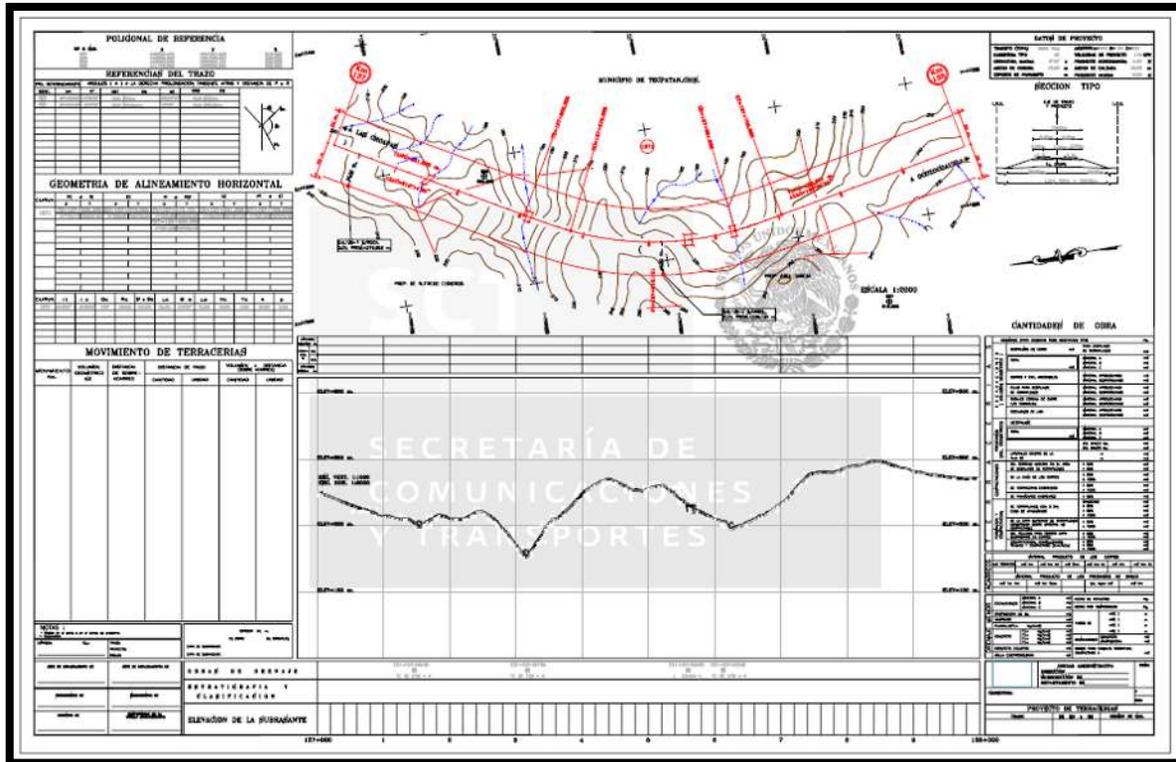


FIG. 2-13 Plano KM.

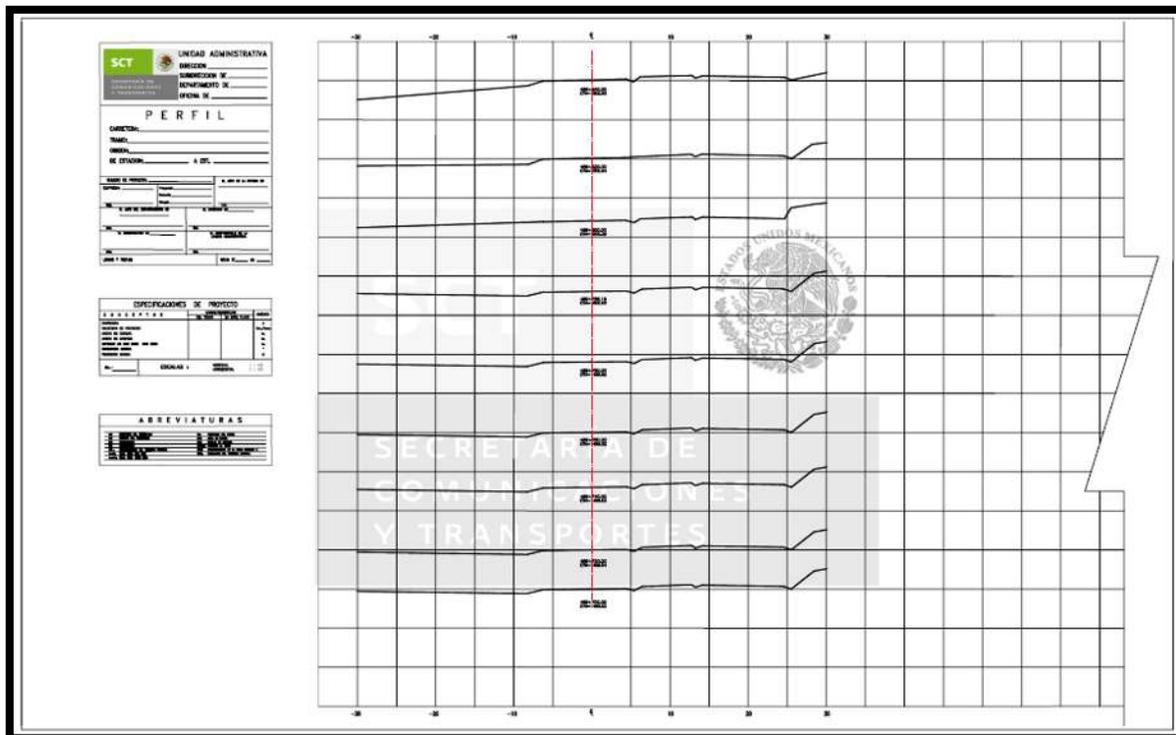


FIG. 2-14 Plano de secciones transversales.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3. ELABORACIÓN DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO

DEFINICIÓN DE TOPOGRAFÍA

“Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.”³

3.1 ANTECEDENTES DE LA TOPOGRAFIA

Se dice que los pioneros en la materia fueron los egipcios, a la cual se le atribuye el origen de la misma. Lecturas antiguas refieren a la aplicación de la topografía para la delimitación de linderos de lotes de propiedad que eran borrados con el paso de las inundaciones de cada año generadas por el Rio Nilo en aquel país. La distribución de los lotes únicamente tenía la función de brindar una relación con orden para el cobro de los impuestos.

Los trabajadores dedicados a la topografía eran conocidos como los estira cables.

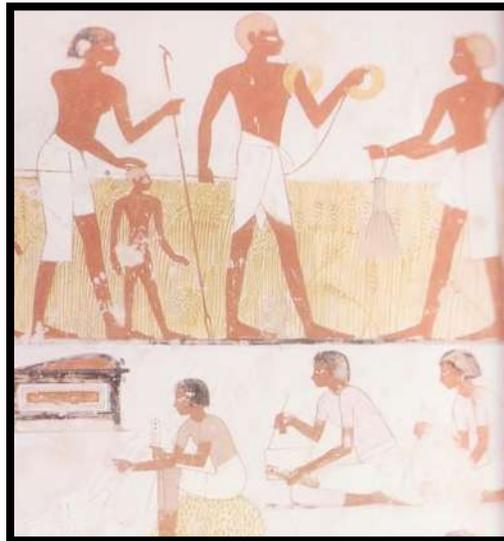


FIG. 3-1 Estira cables.

La relación entre las medidas y el quien las realiza hace referencia a registros muy antiguos en los que las primeras civilizaciones visualizaban a la tierra como una superficie plana hasta antes de comprobar que la superficie era curva mediante dos observaciones a detalle:

³ Montes de Oca, Miguel. Topografía (México, Ed. Alfaomega, 1989), Pág. 1.

- Comenzaron notando la sombra circular proyectada sobre la luna en los días de eclipse.
- Otro patrón de análisis fue el hecho al visualizar como los barcos se perdían de la vista al viajar por el horizonte.

Fue hasta los tiempos de los griegos cuando la idea de que la tierra era esférica se sostuvo con mayor firmeza por personajes como Platón, Arquímedes y Eratóstenes, quienes además dieron una medida aproximada de su circunferencia.

- Platón estimó una circunferencia de 40,000 millas.
- Arquímedes calculó 30,000 millas.
- Eratóstenes, quien residía en Egipto realizó medidas más precisas y obtuvo una circunferencia de 25,000 millas.

Actualmente se acepta la circunferencia terrestre es de 24,899 millas en el Ecuador.

Eratóstenes, realizó medidas a través de la distancia entre Alejandría y Siena que es de 500 millas, concluyó que las dos ciudades de Alejandría y Siena se localizaban aproximadamente en el mismo meridiano, porque en ese día la imagen del sol podía verse reflejada desde el fondo de un pozo vertical y profundo.

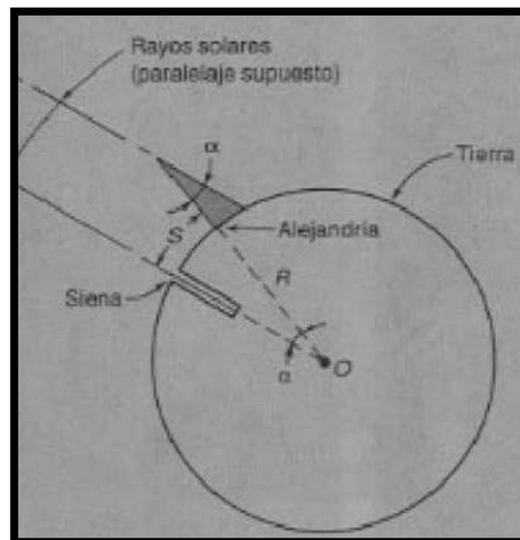


FIG. 3-2 Medida de la circunferencia de la Tierra por Eratóstenes.

A partir del siglo XIII con la aplicación de la brújula y los avances que sufrió la Astronomía se descubren nuevas aplicaciones a la Topografía Moderna. De esta manera es que a través del paso de los años la topografía se hizo cada vez más científica y especializada.

En el siglo XV, Gerard Mercator inicio el estudio de las dimensiones y proyecciones terrestres.

En el año 1610, con la invención del telescopio por parte del científico italiano Galileo Galilei, quien lo uso para mirar la luna, el planeta Júpiter y las estrellas, el ser humano pudo, por medio de un instrumento óptico ver objetos lejanos con mucho más detalle que a simple vista.

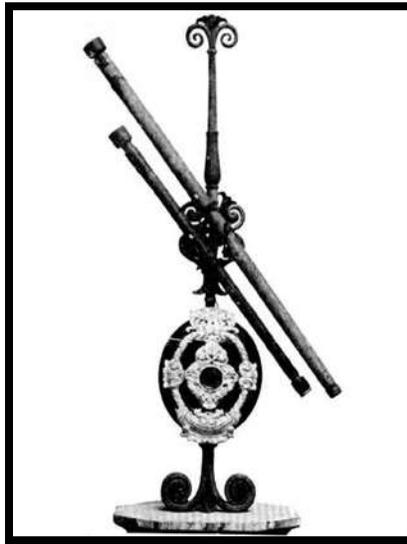


FIG. 3-3 Telescopio de Galileo Galilei.

Entre los siglos XVIII y XIX la topografía avanzo más rápidamente dada la necesidad de creación de mapas y del deslinde de fronteras entre países.

Además de enfrentar un sin número de necesidades civiles crecientes, la topografía siempre ha desempeñado un papel muy importante en la estrategia militar.

Las guerras mundiales, los conflictos de Corea y Vietnam y la Operación Tormenta del Desierto, crearon demandas asombrosas de mediciones y mapas precisos. Estas operaciones militares también fueron un estímulo para mejorar los instrumentos y los métodos para satisfacer estas necesidades.

3.2 EVOLUCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS

PRIMEROS INSTRUMENTOS

- CUERDA

Objeto delgado, muy alargado y flexible, hecho de hilos o fibras torcidas o entrelazadas, que se usa generalmente para atar o sujetar cosas. El uso aplicado a la topografía era dada su practicidad de manipulación y posterior medida.



FIG. 3-4 Cuerda.

- CADENA

Se trata de una sucesión de eslabones metálicos de medida uniforme, ensamblados hasta formar una cadena de determinada longitud. Normalmente tenía unas azas en sus extremos para facilitar sus usos. De igual manera se usaba para poder determinar longitudes y distancias.



FIG. 3-5 Cadena de eslabones con dimensión a cada 20 cm.

- CINTA METRICA

Una cinta métrica es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas.



FIG. 3-6 Cinta métrica de 30 metros.

- ODÓMETRO

Es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo (generalmente por un vehículo o rueda independiente) en la unidad de longitud en la cual ha sido configurado (metros, millas).



FIG. 3-7 Odómetro actual.

- ESCUADRA DE AGRIMENSOR

Se trata de un cilindro ranurado verticalmente de forma que las pínulas que forman las ranuras se sitúan de forma precisa en planos perpendiculares. Las alineaciones que a través de ellas se pueden establecer son normales entre sí o de 45 grados, según se dispongan. Se usaba para realizar alineaciones a grandes distancias.

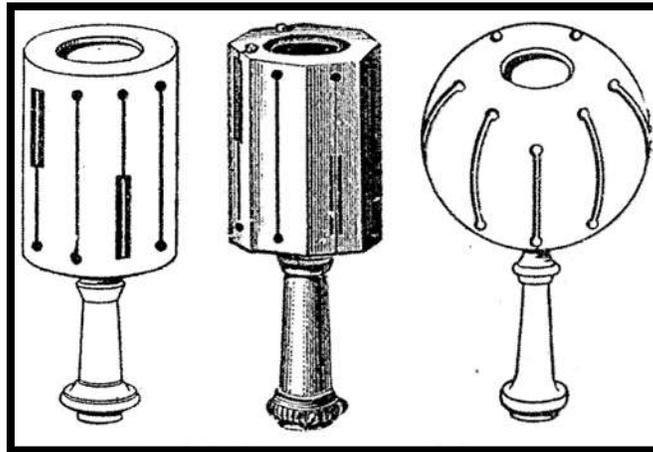


FIG. 3-8 Escuadras de agrimensor.

- LA GROMA

Se trata de un instrumento muy rudimentario para trazar alineaciones particulares entre sí. Está constituido por un sencillo conjunto formado por una cruz con los brazos en escuadra de cuyos extremos penden plomadas y un pie vertical que sujeta esta cruz en el plano horizontal.

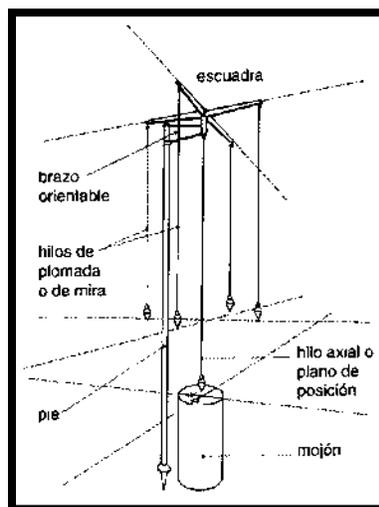


FIG. 3-9 Trazo haciendo uso de la Groma.

- EL GNOMON

Precesor de la brújula, servía para dar la mejor orientación posible a los trabajos topográficos del momento. Su funcionamiento se basaba en la sombra desplegada por el aparato.



FIG. 3-10 Gnomon.

- LA LIBRA AQUARIA

Por la propia etimología de la palabra nos inclinamos a pensar que se trata del clásico nivel de agua que utiliza el mecanismo de los vasos comunicantes para mantener el nivel constante en sus extremos, previo balanceo estabilizador o contrapeso del líquido.

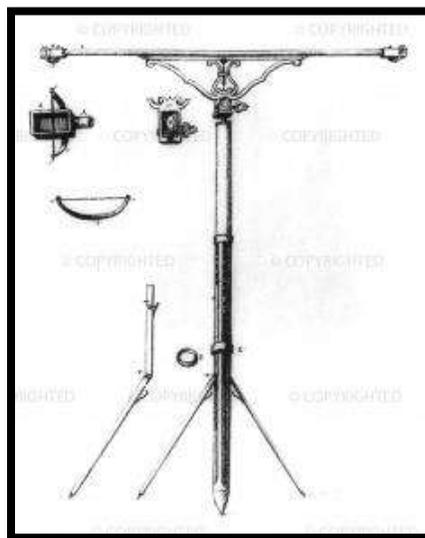


FIG. 3-11 Libra aquaria.

- EL COROBATE

El corobate o primer aproximación de un nivel, era una regla horizontal con patas en las cuatro esquinas, en la parte superior de la regla había un surco donde se vertía agua para usarla como nivel.

El modelo sobre un pie vertical, dotado en sus extremos de ménsulas, con o sin refuerzo en triángulo, como el de la edición de Martin y Goujon, Urrea y el de los Veintiún Libros, sirve, con ciertas limitaciones, para nivelar. Una importante limitación que se presenta en este modelo es que la visual no puede ser lanzada de forma limpia como consecuencia de la disposición de las ménsulas o de los triángulos de madera que se han dibujado coronando las ménsulas.

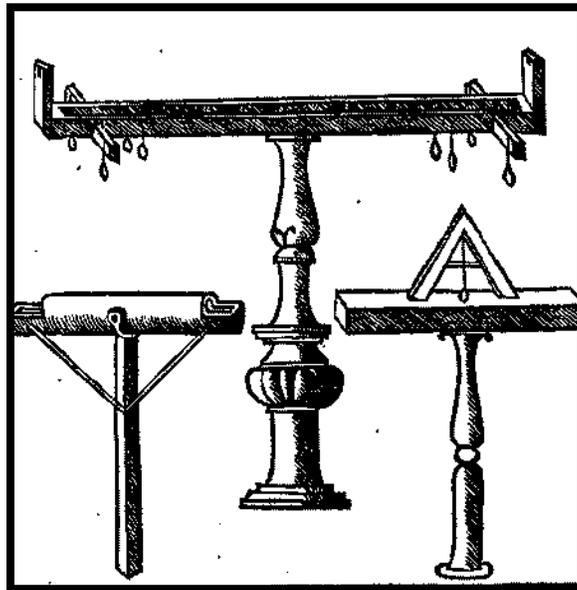


FIG. 3-12 Corobate.

- LA DIOPTRA

Este instrumento consistía fundamentalmente en una alidada de pínulas que podía desplazarse sobre un limbo graduado. Pero existieron algunas variantes a lo largo del tiempo. Probablemente este mecanismo le permitía el empleo de la técnica estadimétrica, consiguiendo así calcular distancias por métodos indirectos.



FIG. 3-13 Dioptra sobre tripie.

- LA BRÚJULA

Una Brújula Brunton, también conocida como Brújula de geólogo, o tránsito de bolsillo Brunton, es un tipo de brújula de precisión hecha originalmente por la compañía Brunton, Inc. De Riverton, Wyoming. Este instrumento posee una aguja imantada que se dispone en la dirección de las líneas de magnetismo natural de la Tierra. Se usa principalmente para medir orientaciones geográficas, triangular una ubicación, medir lineaciones estructurales, planos y lugares geométricos de estructuras geológicas.



FIG. 3-14 Brújula.

- LA PLANCHETA

Es un aparato muy efectivo para levantamientos topográficos que requieren configuración y detalles del terreno. Consiste en un trípode en el cual se monta un restirador de dibujo que puede ser nivelado y girado para orientarlo convenientemente. Sobre el restirador se fija el papel, el cual se dibuja el levantamiento directamente en el terreno. Las visuales se toman mediante la ALIDADA que se coloca sobre la mesa de dibujo.

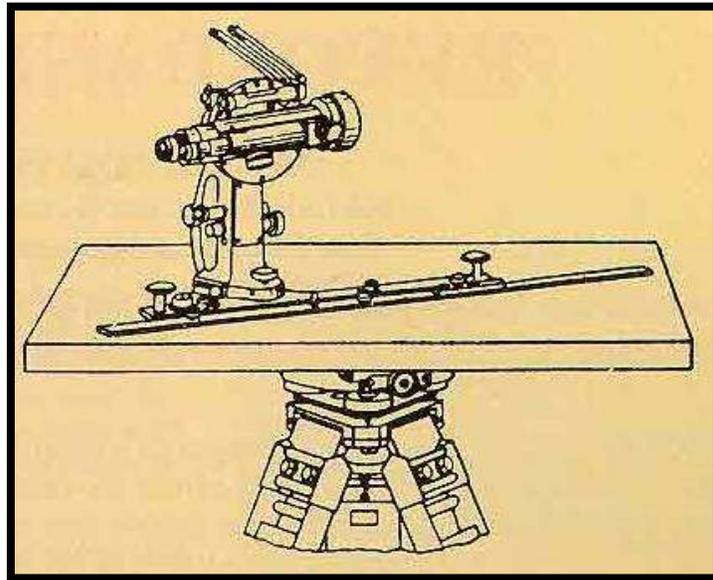


FIG. 3-15 Esquema de plancheta.

AVANCES TECNOLOGICOS

- GONIOMETRO

Palabra de origen griego que significa ángulo y medir. Es un aparato utilizado para medir ángulos formados por dos visuales. Si está en un plano vertical y el origen de graduación es la línea cenit-nadir se llama “ángulo cenital”, mientras que si el origen es la línea horizontal del plano vertical que pasa por el punto de vista o puntería “ángulo de altura” o altura de Horizonte.

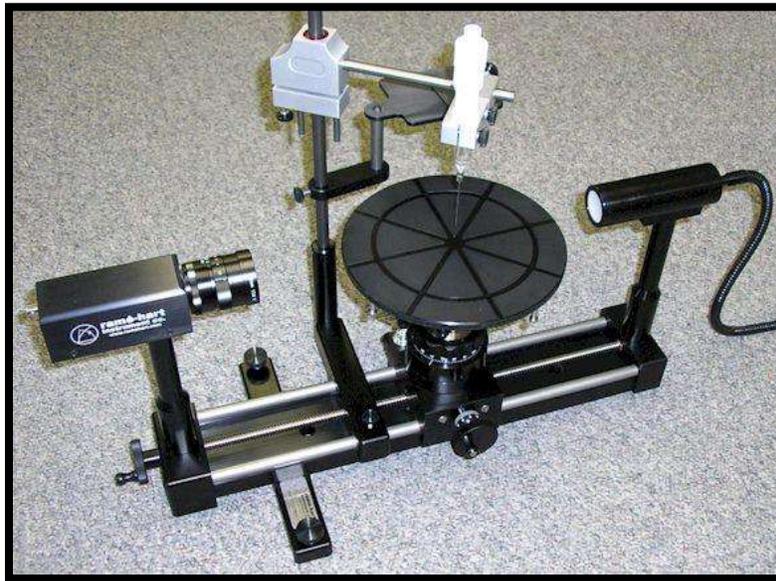


FIG. 3-16 Goniometro

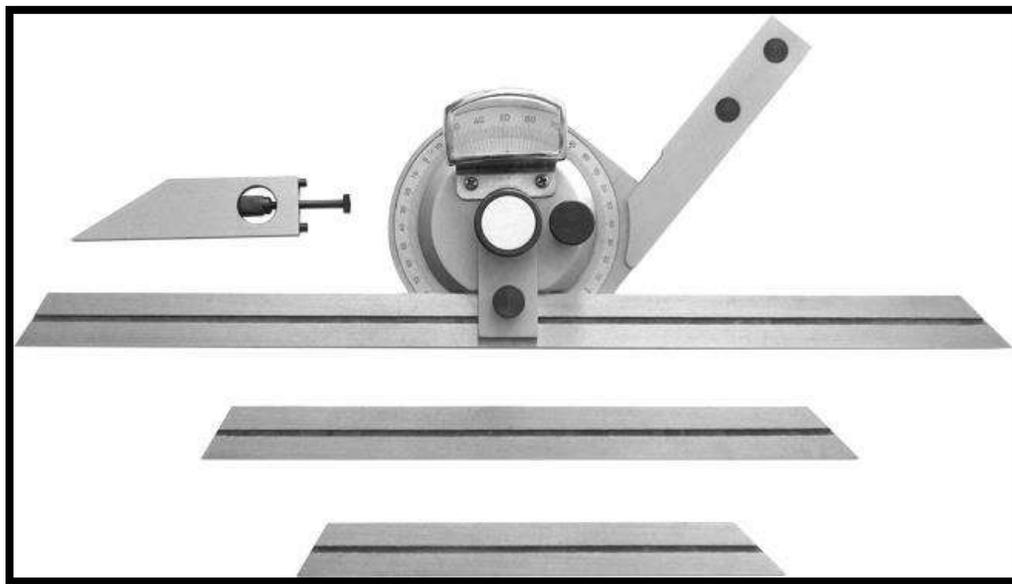


FIG. 3-17 Herramientas de un goniometro.

- TEODOLITO

El “tránsito” o teodolito como se le conoce comúnmente, es el aparato universal para la Topografía, debido a la gran variedad de usos que se le dan. Puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales y rumbos, ángulos verticales, y determinación de distancias. Aunque debido a la variedad de fabricantes de tránsitos éstos difieren algo en cuantos a sus detalles de construcción, en lo que respecta a sus características esenciales son sumamente parecidos.



FIG. 3-18 Teodolito mecánico

- TELÉMETRO

Es un dispositivo óptico con el cual podemos medir distancias de forma remota. Se basa en el método matemático de la triangulación. La distancia se calcula ajustando la visión de las dos imágenes que el visor nos da del objeto. Se observa el objeto, cuya distancia se va a medir, a través de dos visores y en el ocular se ven dos imágenes no coincidentes o sea desacopladas. Por medio del anillo de enfoque se logra que las imágenes se superpongan y al mismo tiempo, en una escala grabada sobre el anillo, se muestra la distancia que va de la máquina al objeto en el momento del enfoque correcto.



FIG. 3-19 Telémetro.

- CLISÍMETRO

Es un instrumento topográfico destinado a medir pendientes, ángulos verticales, horizontalizar la cinta, calcular alturas y lanzar visuales con una pendiente dada. Su diseño es una versión mejorada del nivel de mano, que incorpora un transportador metálico el cual permite hacer mediciones de inclinación y desniveles.



FIG. 3-20 Clisímetro

- TAQUIMETRO

Son instrumentos que nos permiten medir la dirección deseada en base a dos medidas angulares, una horizontal o azimut y otra vertical, también llamada cenital. Esta medición se realiza gracias a unos elementos llamados limbo vertical y horizontal (círculos graduados) que incorporan los taquímetros.



FIG. 3-21 Taquímetro.

El taquímetro además de los dos limbos consta de un anteojo que nos permite visualizar el punto a medir. La metodología de trabajo es muy simple:

1. Observaremos el punto deseado mediante el anteojo,
2. La dirección de la visual será la dirección del punto a medir, definida como hemos dicho, gracias a la lectura del ángulo horizontal (azimut) y del ángulo vertical.

- NIVEL MONTADO

El nivel topográfico, también llamado nivel óptico o equialtímetro es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.

El nivel óptico consta de un anteojo similar al del teodolito con una retícula estadimétrica, para apuntar y un nivel de burbuja muy sensible (o un compensador de gravedad o magnético en el caso de los niveles automáticos), que permita mantener la horizontalidad del eje óptico del anteojo, ambos están unidos solidariamente de manera que cuando el nivel está desnivelado, el eje del anteojo no mantiene una perfecta horizontalidad, pero al nivelar el nivel también se horizontaliza el eje óptico.



FIG. 3-22 Nivel montado.

AVANCES ELECTRONICOS

- TEODOLITOS ELECTRONICOS

Un teodolito electrónico digital automático lee los ángulos horizontales y verticales, eliminando la lectura manual de las escalas de los círculos graduados, y la posibilidad de los errores humanos. Este dispositivo tiene muchas ventajas, incluyendo la velocidad con que obtiene y procesa la información y se necesita un menor número de instrumentos para hacer las mismas lecturas.



FIG. 3-23 Teodolito Electrónico

- DISTANCIOMETROS ELECTRONICOS

El distanciómetro, también conocido como 'medidor láser' o por sus siglas en inglés EDM, es un instrumento electrónico de medición que calcula la distancia desde el dispositivo hasta el siguiente punto al que se apunte con el mismo. Existen 2 tipos de acuerdo a su método de medición: sónicos y por láser. Los primeros utilizan ultrasonido para calcular la distancia y los segundos un rayo láser visible.

El distanciómetro se creó para facilitar las mediciones cuando un flexómetro no podía llegar. Si la distancia era muy larga y no había soporte, este se doblaba o no era lo suficientemente largo.



FIG. 3-24 Distanciómetro montado sobre teodolito electrónico.

- NIVELES LASER

Se trata de un nivel montado avanzado, cuya facilidad en la toma de lecturas permite al operador avanzar más rápidamente en su trabajo. El nivel trabaja a partir de un láser.



FIG. 3-25 Nivel Laser.

Para su aplicación, el operador carga un bastón (estadal) que está equipado con un sensor movable que puede detectar el rayo láser y dar una señal (normalmente mediante un sonido, aunque también los hay con pantalla para generar una señal visual) cuando el sensor está en línea con el haz. La posición del sensor en el bastón graduado permite la comparación de elevaciones entre diferentes puntos del terreno.

- ESTACIÓN TOTAL

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.



FIG. 3-26 Estación total Sokkia Set 650x

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de azimutes y distancias.



FIG. 3-27 Estación total Trimble 5000 series.

- GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) es una red de satélites que orbitan la Tierra en puntos fijos por encima del planeta y transmiten señales a cualquier receptor GPS en la Tierra. Estas señales llevan un código de tiempo y un punto de datos geográficos que permite al usuario identificar su posición exacta, la velocidad y el tiempo en cualquier parte del planeta.

El sistema permite establecer una atmosfera de red sobre la cual trabajan todas las antenas receptoras adicionales al aparato maestro, las cuales permiten registrar las coordenadas de cada punto específico acompañadas de un código de identificación, con esto se simplifica el trabajo de una estación total ya que no es necesario que el cadenero se encuentre visible para el aparato.



FIG. 3-28 GPS Topográfico.

3.3 TIPOS DE LEVANTAMIENTOS

En cuanto a su extensión, los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos.

Levantamientos topográficos

Son los que se extienden sobre una porción relativamente pequeña de la superficie de la Tierra que, sin error apreciable, se considera como si fuera plana.

Las dimensiones máximas de las zonas representadas en los planos topográficos no superan en la práctica los 30 km de lado, correspondientes aproximadamente a un círculo de 30 km de diámetro, límites dentro de los cuales se puede hacer abstracción de la curvatura de la superficie terrestre.

Levantamientos geodésicos

Son aquellos que abarcan grandes tensiones y obligan a tomar en cuenta la forma de la Tierra, ya sea considerándola como una verdadera esfera, o más exactamente, como un esferoide de revolución. Estos levantamientos se salen de los límites de la topografía y entran en el dominio de la geodesia.

3.3.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Los levantamientos topográficos en cuanto a su calidad se dividen en lo que sigue:

PRECISOS, que se ejecutan por medio de triangulaciones o poligonales de precisión. Se emplean para fijar los límites entre naciones o estados, en el trazo de ciudades, etc.

REGULARES, los cuales se realizan por medio de poligonales levantadas con tránsito y cinta. Se usan para levantar linderos de propiedades, para el trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas y en obras de saneamiento en las ciudades.

TAQUIMÉTRICOS, en los cuales las distancias se miden por procedimientos indirectos. Generalmente se ejecutan con tránsito y estadía, y se emplean en trabajos previos al trazo de vías de comunicación, en trabajos de configuración y de relleno, y también para la formación de planos a pequeña escala.

EXPEDITIVOS, efectuados con aparatos portátiles, poco precisos, como: brújula, sextante, podómetro, telémetro, estadía de mano, etc. Y cuando no se dispone de aparatos se ejecutan a ojo o por informes proporcionados por los habitantes de la región. Estos levantamientos se emplean en reconocimientos del terreno o en las exploraciones militares.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA CAMINOS

El conocimiento de la superficie de la corteza terrestre sobre la que se va a colocar una carretera, se obtiene mediante la topografía. Gracias al conocimiento detallado de la misma se sabrá la magnitud de las excavaciones necesarias, la de los puentes y obras de drenaje; podrán medirse y cuantificarse los volúmenes de terreno o roca que se necesita excavar, transportar y compactar; y podrán diseñarse las estructuras necesarias como puentes, viaductos y túneles.

El estudio o levantamiento topográfico para los proyectos ejecutivos de caminos plantea dos tipos de posibilidades a evaluar.

- Si se trata de un proyecto el cual se trazará a lo largo de un camino existente, ya sea una carretera pavimentada o un camino sin pavimentar.
- Si consideramos que se trazará el proyecto por una zona totalmente virgen, la cual involucre la selección de la ruta más adecuada considerando los factores prioritarios.

Partiendo de lo anterior tenemos:

- Si se trata del mejoramiento de un camino sin pavimentar, el cual se encuentra dentro de un derecho de vía previamente acordado por parte de los pobladores aledaños y el gobierno municipal, ya se tiene un eje prioritario del camino, el cual nos da la pauta para determinar la franja de terreno necesario a levantar cumpliendo con la normativa mencionada en el capítulo 2.
- En el caso de la elaboración de un estudio topográfico para una carretera donde no se tenga un camino existente, será necesario evaluar al menos 3 rutas probables haciendo uso de las curvas de nivel presentes en las cartas topográficas del INEGI evaluando de manera técnica, económica, social y ambiental cada una de ellas. Posteriormente se llevará a cabo el proceso de Fotogrametría de las mismas, así como sus respectivos vuelos de ruta. Una vez concluido el proceso se deberá seleccionar la ruta que mejor integre la evaluación anteriormente descrita para poder llevar a cabo el levantamiento topográfico de la franja de terreno necesaria para nuestro proyecto.

3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA CAMINO E.C. (ZITÁCUARO – CD. ALTAMIRANO) – OCUARO DEL KM 0+000 AL KM 3+000

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El camino se localiza en el Municipio de Huetamo de Núñez, Michoacán.

La zona en estudio se encuentra dentro de la formación geológica del valle de Huetamo, por lo que se prevé la presencia de material inorgánico de alta plasticidad, sí como de suelos residuales.

Se localiza al sureste del estado, en las coordenadas 18°38' de latitud norte y 100°54' de longitud oeste, a una altura de 280 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Carácuaro y Tiquicheo, al este con san Lucas, al sur con el estado de Guerrero y al oeste con Churumuco y Turicato. Su distancia a la capital del estado es de 210 Km.

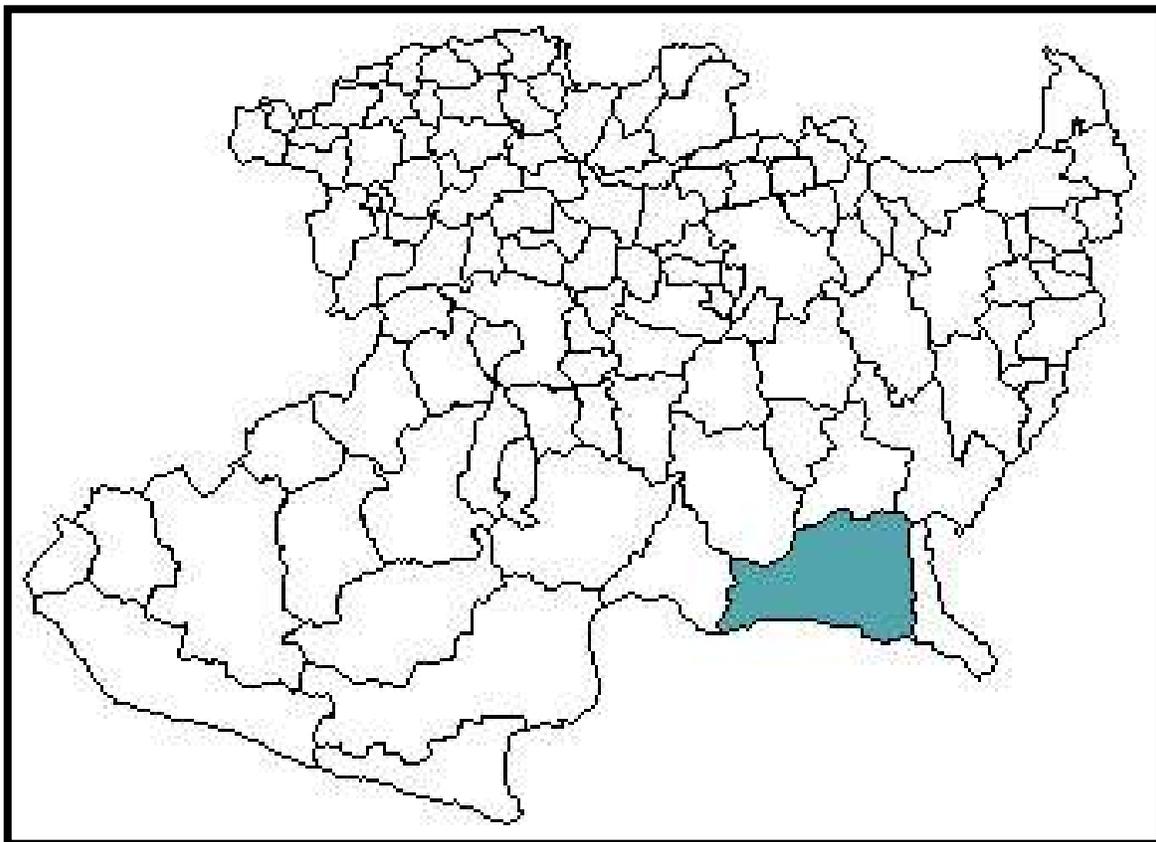


FIG. 3-29 Ubicación del Municipio Huetamo de Núñez en el Estado de Michoacán.

Su superficie es de 2,062.51 km² y representa un 3.50 por ciento de la superficie del estado.

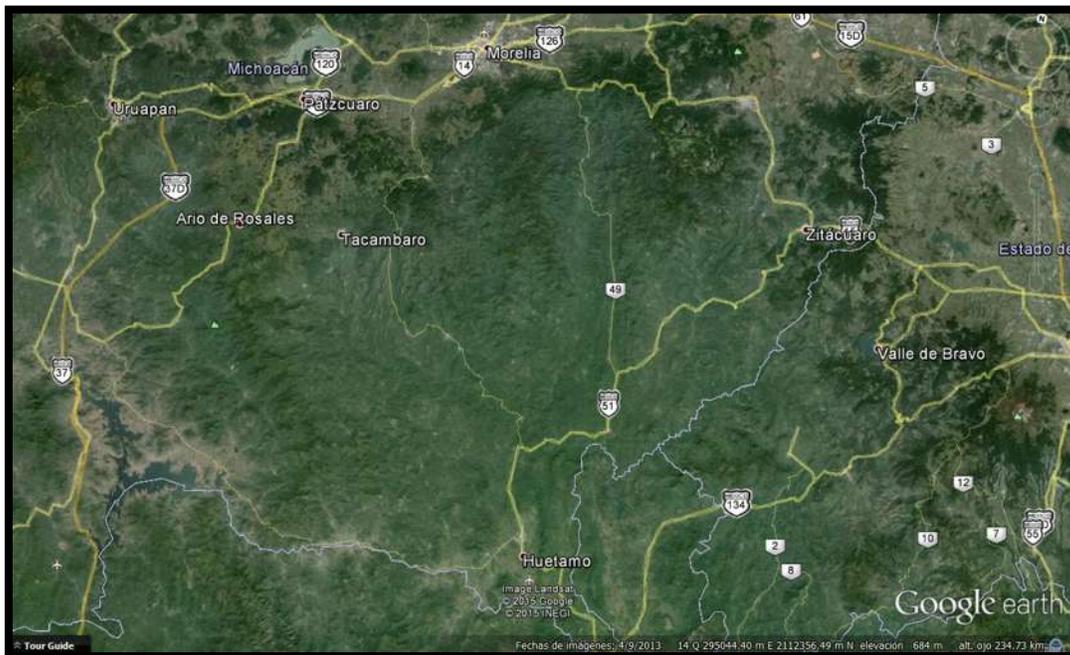
ENTORNO FÍSICO DEL MUNICIPIO

OROGRAFÍA

Su relieve lo constituyen estribaciones meridionales del sistema volcánico transversal y la depresión del balsas; cerros de Turitzio, mesa, laguna de dolores y Zacanguirete.

HIDROGRAFÍA

Su hidrografía se constituye por los ríos balsas y Carácuaro; arroyos de san Jerónimo, Quetzería, seco, Turitzio, Urapa, Cutzio y grande; presa el pejo; manantiales de aguas frías el Chihuejo, Cahuero y Zapote.



91

FIG. 3-30 Carretera Federal MEX-051.

El camino se encuentra en el km 153+080 de la Carretera Federal MEX-051 Zitácuaro – Cd. Altamirano a 20 kilómetros de la cabecera municipal.

El camino E.C.F. (ZITACUARO – CD. ALTAMIRANO) - OCUARO, tiene una longitud de 3.0 km, los cuales cuentan con un camino a nivel de terracería sin revestimiento con un ancho promedio de 5.0 m.

El camino se pretende construir con un ancho de corona de 7.0 m, sin afectar los predios aledaños al camino apegándose en su eje de trazo y al derecho de vía existente.

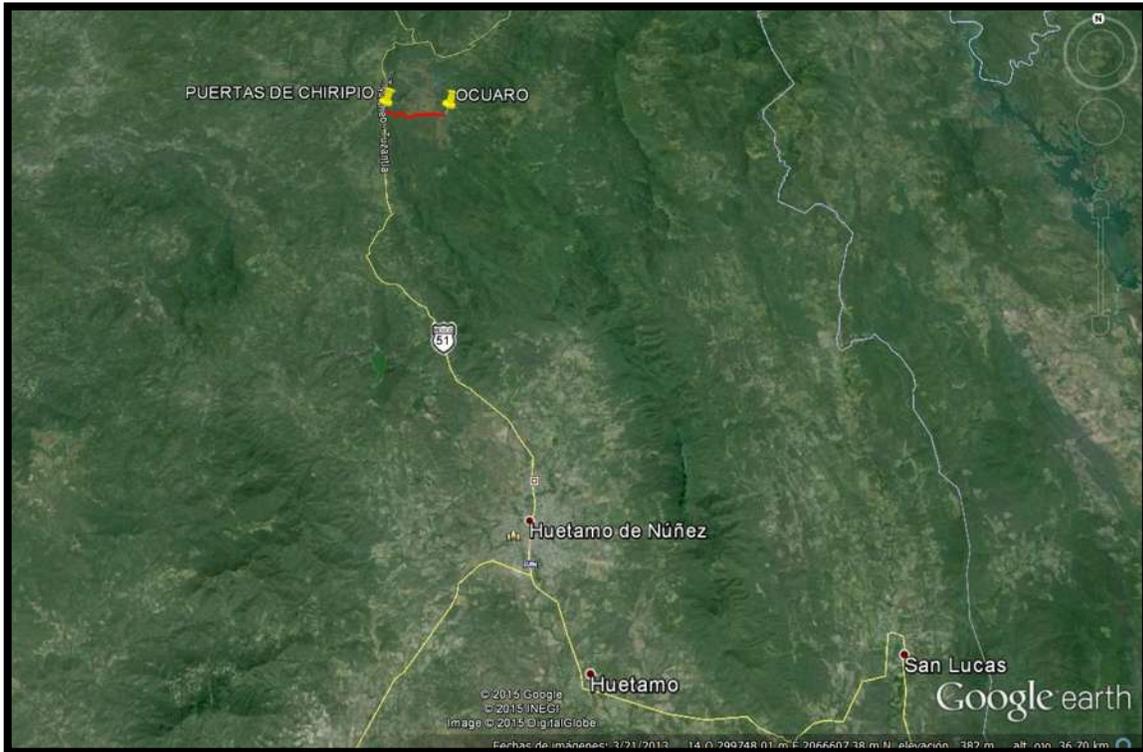


FIG. 3-31 Ubicación del proyecto y la Cabecera Municipal.



FIG. 3-32 Localización de comunidades aledañas al proyecto.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Con el proyecto del camino se busca satisfacer la necesidad de comunicación que existe entre la comunidad y su cabecera municipal, promoviendo el desarrollo social y económico.

Nuestro caso ejemplo se refiere a camino secundario existente a nivel de terracerías, el cual tiene un ancho promedio de calzada de 5.0 m, en su mayoría delimitado por la infraestructura y el derecho de vía de la zona. El eje preliminar está delimitado por la brecha existente, con la finalidad de respetar los derechos de vía actuales y así evitar problemas sociales a futuro.

Es por eso que no es necesario realizar un estudio fotogramétrico y solo se requiere efectuar el levantamiento topográfico de la franja considerada en la normativa del capítulo 2 para el seccionamiento transversal.

El estudio topográfico comienza con la visita a la zona de trabajo, la cual nos permite definir la metodología para efectuar el levantamiento topográfico y podremos estimar el tiempo necesario para la ejecución del trabajo.

Una vez efectuada la visita del tramo en estudio, el siguiente paso es la elaboración del levantamiento topográfico como tal, para el cual se requiere al menos de una brigada de topografía que se encargue de la toma de radiaciones que correspondan a la infraestructura existente y a la configuración del terreno natural a lo largo de un eje de trazo además de todos los lineamientos que considera la norma *Trazo y Nivelación de Ejes para el Estudio Topográfico* (N-PRY-CAR-1-01-002).

- Definir de manera exacta el eje de trazo o poligonal a lo largo del camino.
- Realizar el seccionamiento del terreno a cada 20 metros en el sentido del cadenamamiento.
- Se debe considerar el seccionamiento a una distancia mínima de 30 metros a cada costado del eje.
- Configurar la infraestructura existente, accesos, calles o entronques con el camino.
- Ubicar obras de drenaje existentes, así como un seccionamiento perpendicular al eje de la obra.
- Es obligatorio marcar en lugar fijos e inamovibles al menos 2 bancos de nivel a cada kilómetro (además de al inicio y al final del camino) y referencias de trazo para poder revivir el eje del camino cuando sea necesario

Actualmente, para la toma de datos se emplea una estación total, ya que al combinar el trabajo que se realiza con un tránsito y un nivel montado, se simplifica el trabajo, tanto en el levantamiento topográfico, como en el trabajo de gabinete.

Para nuestro proyecto hicimos uso de Estación Total Sokkia 650x.

USO DE LA ESTACIÓN TOTAL

El proceso consiste en obtener una poligonal de apoyo a base de cada punto donde se haga estación con el equipo. Una vez montado el equipo en cada estación, se procede a obtener las radiaciones de los puntos correspondientes a la infraestructura existente y la configuración del terreno natural mediante las secciones transversales a cada 20 metros como se menciona en el capítulo 2.

El objetivo del trabajo es obtener las coordenadas X-Y-Z de los puntos visados con la estación total. El sistema de coordenadas se puede manejar en dos opciones; a base de coordenadas arbitrarias asignadas por el aparatero (procurando no obtener coordenadas negativas) o a base de coordenadas UTM. Se elige el sistema de acuerdo a las condiciones del proyecto y al equipo con el que se cuente, ya que las coordenadas UTM se obtienen mediante un Aparato GPS. En nuestro caso, utilizamos el sistema de coordenadas arbitrarias utilizando como punto de partida $X= 4000$, $Y= 4000$ y $Z=400$.

La estación inicial puede referenciarse al norte magnético o mediante dos puntos fijos de coordenadas conocidas, en el primer caso hacemos uso de una brújula que se coloca en la parte superior del aparato y nos permite asignar un azimut de 0° mismo que es el punto de partida de nuestro trabajo, mientras que en el segundo caso, se hace estación en uno de los dos puntos conocidos, posteriormente se anotan en la estación total las coordenadas de los puntos conocidos y se referencia visando el otro de los puntos conocidos. En nuestro caso, utilizamos el norte magnético para referenciar la primera estación.

La estación total trabaja a base de un láser que se dispara hacia el lente de un prisma que se coloca sobre un bastón metálico. La información recogida por el láser es la distancia total hasta el prisma, el ángulo vertical y el ángulo horizontal a partir de nuestra referencia. Con esta información la estación total realiza el cálculo necesario para proporcionarnos las coordenadas X, Y y Z del punto visado. Una vez obtenidas las coordenadas solamente es necesario guardar la información de dicho punto (radiación).

Se repite el procedimiento de visado de puntos cuantas veces sea necesario para obtener todas las radiaciones necesarias visibles desde esa estación. Cuando por la geometría del camino o las condiciones del terreno ya no tengamos la visibilidad

suficiente para seguir tomando radiaciones será necesario realizar un cambio de estación.

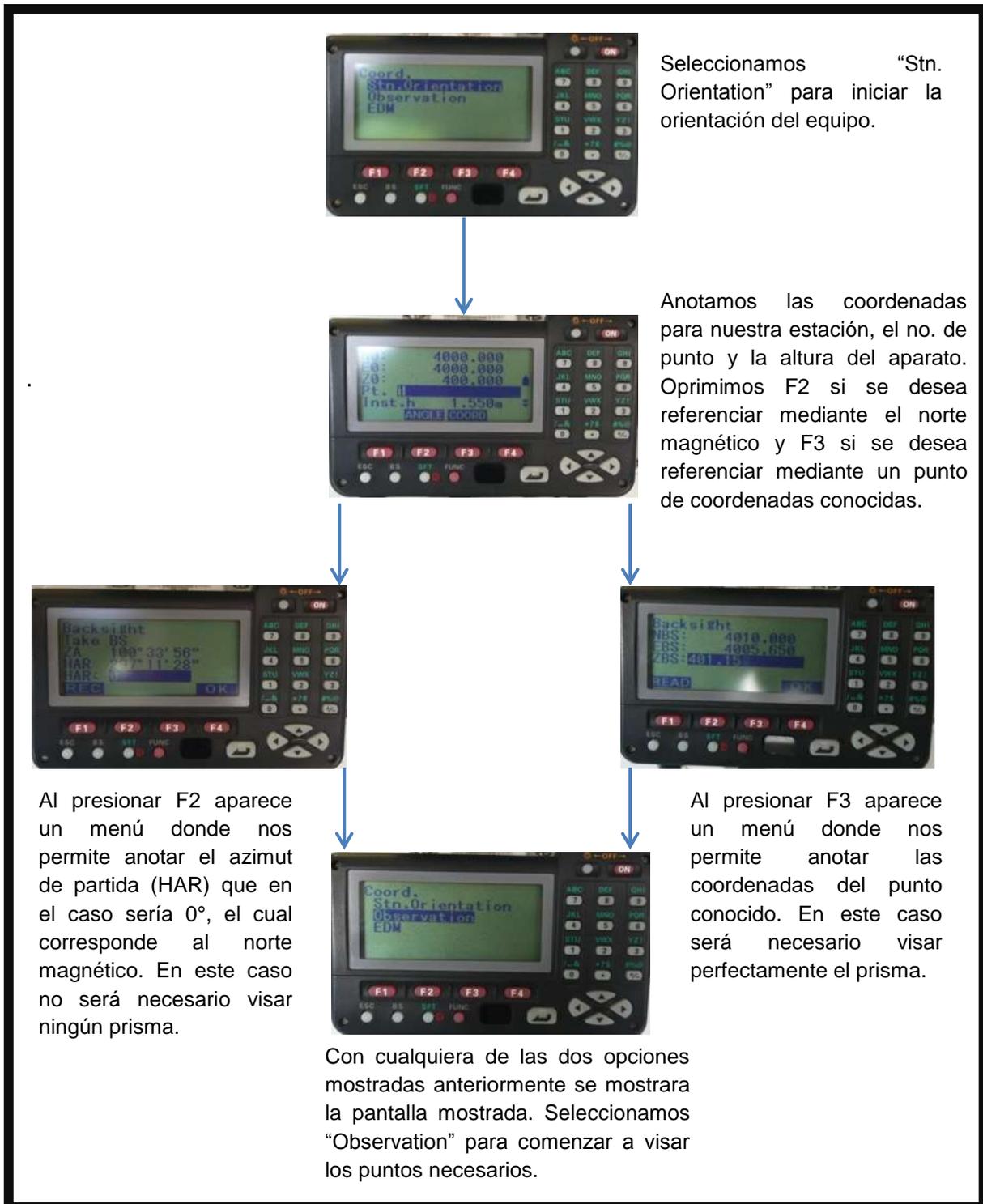


FIG. 3-33 Diagrama de proceso a seguir para orientar la estación total.



Recordemos que así se encuentra nuestra pantalla después de orientar el equipo. Seleccionamos "Observation" para comenzar a radiar puntos.

El siguiente paso es enfocar el prisma y disparar el láser si oprimimos F2 (OBS).

Cuando se dispara el láser correctamente, en automático aparecen las coordenadas del punto visado en la pantalla. Para guardar las coordenadas es necesario presionar F4 (REC).

En la Pantalla se muestra la opción para anotar el código correspondiente a dicho punto, la altura a la que se encontraba el prisma y el número de punto registrado. Presionamos F1 (OK). Y con ese procedimiento el punto quedo guardado de manera correcta y podemos seguir trabajando con más radiaciones.

FIG. 3-34 Procedimiento de la estación para radiar y guardar un punto.

Para realizar el cambio de estación, es necesario marcar un punto que pueda ser ubicado desde la estación en la que estamos, que tenga la visibilidad suficiente que nos permita seguir avanzando sobre el camino y que sea propicio para colocar el tripie. Una vez marcado sobre el terreno, se procede a radiar dicho punto obteniendo sus coordenadas, mismas que se deben guardar y registrar en la libreta de tránsito.

El siguiente paso es hacer estación en el punto marcado. Para esto se debe montar y centrar el aparato, se nivela para referenciar la estación mediante coordenadas conocidas. En este caso el punto con coordenadas conocidas es el de la estación anterior o alguna referencia marcada.

La estación de ahora en adelante se recomienda que se oriente con puntos ya conocidos ya que la orientación mediante el norte magnético puede variar un poco en cada zona si se encuentra o no cerca de alguna torre de control o similar. Al momento de realizar la orientación de la estación, se recomienda medir nuevamente el punto de la estación y comparar las coordenadas obtenidas con las anotadas en la libreta de tránsito.

Se repite el proceso de radiar todos los puntos necesarios para la configuración de la planta topográfica y las secciones transversales, una vez que ya no se tiene visibilidad suficiente es necesario llevar a cabo otro cambio de estación. Y así, el proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que se llegue a la culminación del levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico es una de las partes más importantes para la elaboración de proyectos de calidad, por lo cual se recomienda siempre que el operador y los cadeneros sean personas altamente capacitadas.

3.6 PROCESAMIENTO ELECTRONICO

Se conoce como procesamiento electrónico al manejo de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico. El levantamiento topográfico del camino E.C. (Zitácuaro – Cd. Altamirano) – Ocuaro consta de un total de 1437 puntos, los cuales serán la base para la elaboración del proyecto geométrico. Dichos puntos comprenden infraestructura existente, bancos de nivel y seccionamiento transversal, tal como se muestra en la siguiente tabla.

DESCRIPCIÓN	TOTAL DE PUNTOS	PORCENTAJE
Estación	19	1.32%
Referencia	16	1.11%
Banco de Nivel	11	0.77%
Cerca	230	16.01%
Terreno Natural	648	45.09%
Brecha	344	23.94%
Infraestructura	53	3.69%
Entronque	72	5.01%
Obras de drenaje	44	3.06%
TOTAL	1437	100.00%

TABLA 3-1 Resumen de los puntos de levantamiento topográfico.

Todas las estaciones totales cuentan con un software exclusivo para la descarga de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico. En el caso de la estación total SOKKIA 650x el programa se llama “Sokkia IO Utility”.

Al momento de realizar la descarga de los datos el programa nos permite guardar la información en un block de notas, el cual contiene el número de punto, coordenada norte, coordenada este, elevación y descripción de cada radiación, como se muestra en la figura siguiente.

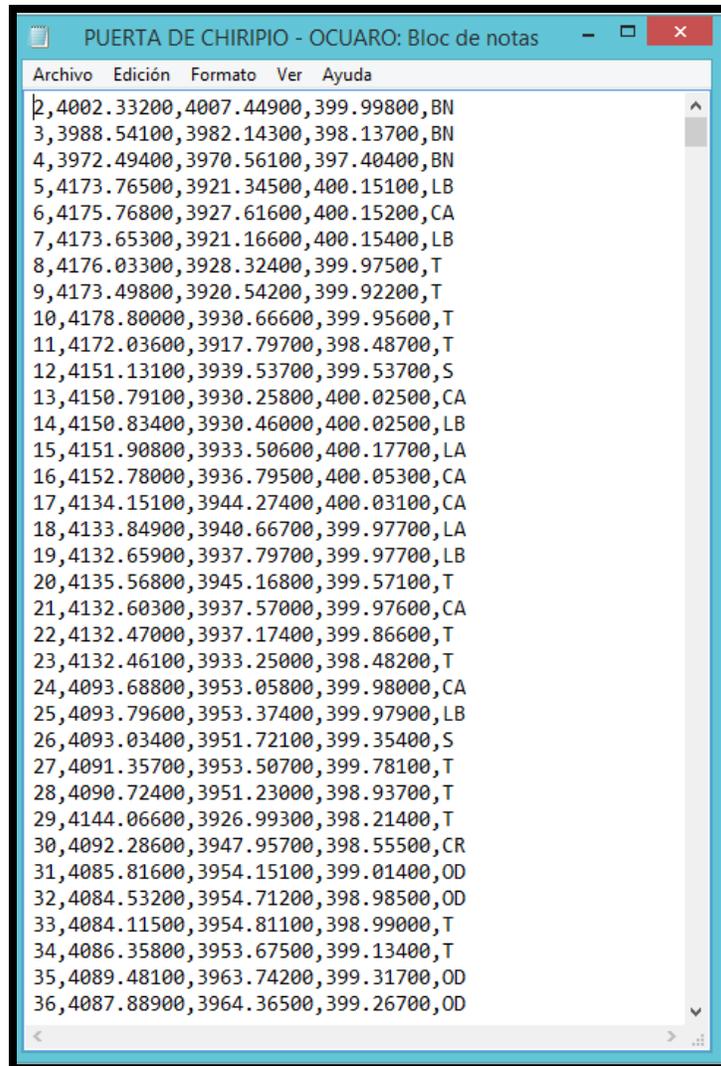


FIG. 3-35 Block de notas de coordenadas de las radiaciones de levantamiento topográfico.

Para la elaboración de estudios topográficos y proyectos en la rama de las vías terrestres los programas más usados son; CivilCAD que es una extensión de AutoCAD y de Civil3D.

En este proyecto haremos uso del Software CivilCAD por tratarse de un programa que basa sus parámetros y condiciones de acuerdo a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para hacer uso de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico utilizaremos una función de CivilCAD que nos permite importar puntos en un círculo de coordenadas X-Y-Z de cada punto del levantamiento, el cual se etiqueta con su número de punto y código.

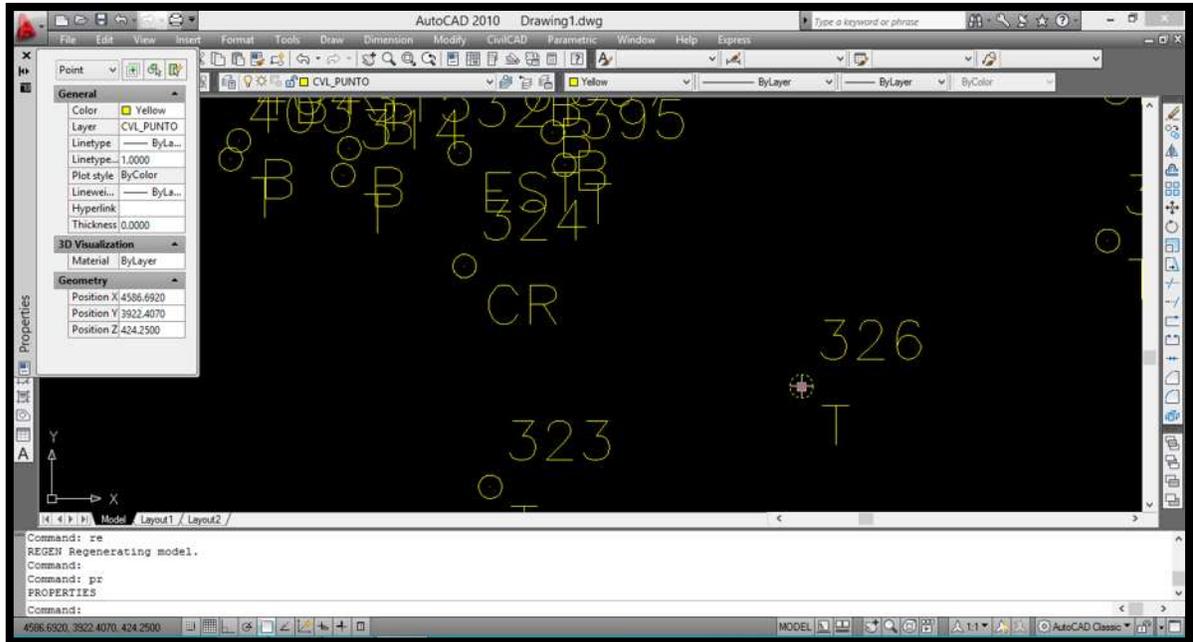


FIG. 3-36 Punto de Terreno natural con su respectivo código y número de punto.

Se pueden observar las coordenadas correspondientes a cada punto en la esquina inferior izquierda (X-Y-Z) si situamos el cursor encima del centro del círculo que lo contiene o seleccionando el comando de propiedades y seleccionando el círculo de cualquier punto.

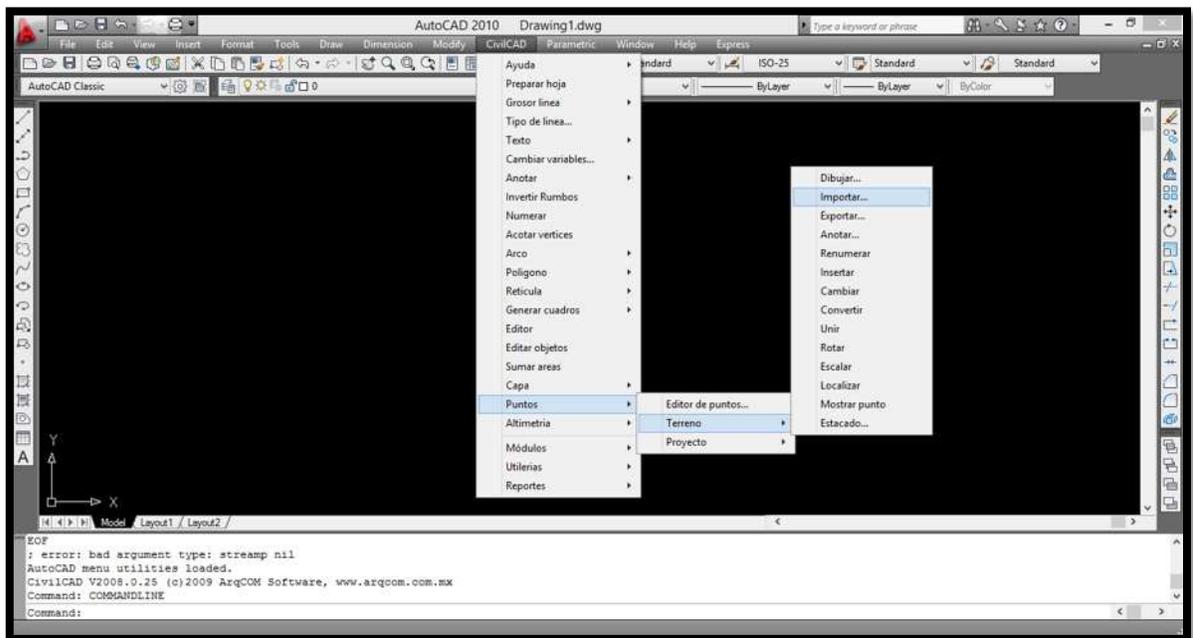


FIG. 3-37 Se muestra procedimiento para importar puntos de levantamiento al programa.

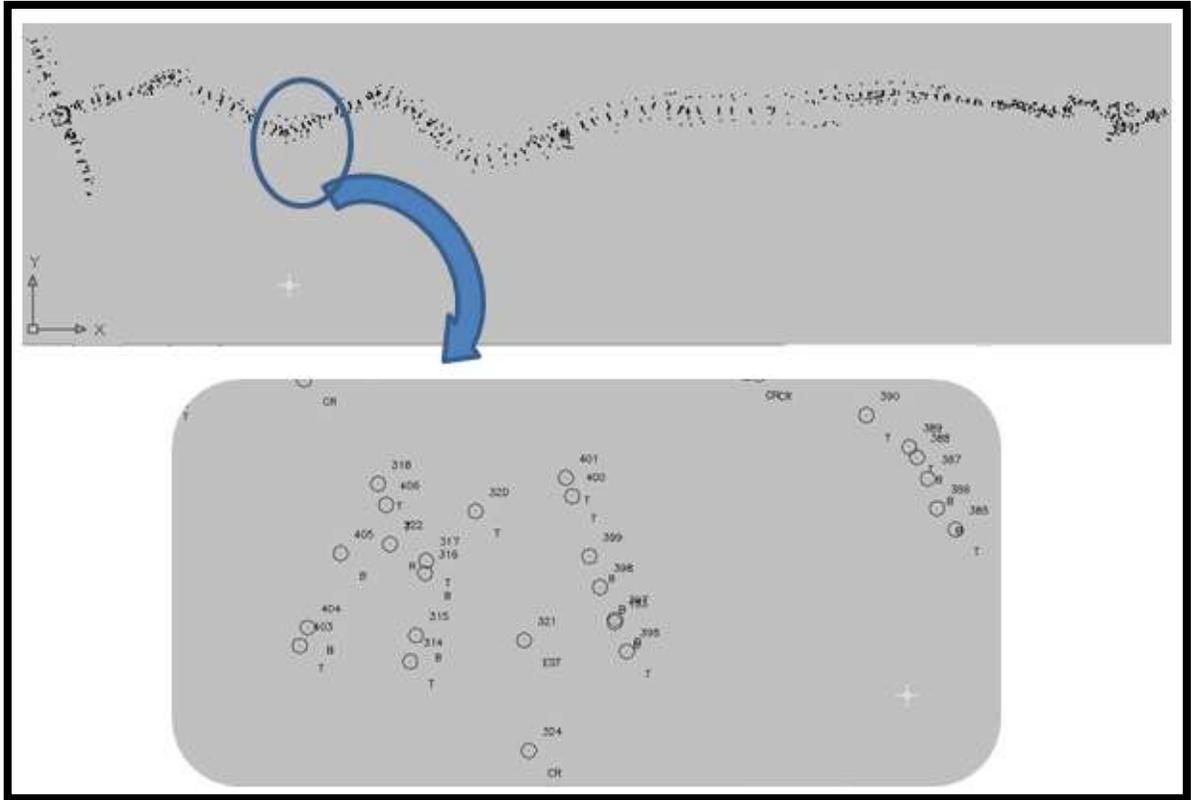


FIG. 3-38 Puntos de levantamiento en AutoCAD.

El siguiente paso es llevar a cabo la configuración de los puntos ya en la plataforma de trabajo.

La configuración es un proceso que consiste en representar en dibujo los detalles levantados en campo de manera que le demos la secuencia correcta que represente de mejor manera el terreno y la infraestructura existente.

Para dicha operación es necesario definir una simbología clara que permita interpretar el plano. En la configuración debemos cuidar la representación de todos los detalles que se levantaron en campo incluyendo brechas o caminos existentes, cercas, construcciones, postes de luz y teléfono, así como bancos de nivel y referencias fijas, etc.

La simbología oficial de la SCT se muestra en el capítulo 2.3, sin embargo, para que se logre una mejor identificación de los detalles del plano topográfico modificamos algunos de los tipos de línea y colores presentados en la imagen 2.14, quedando como se muestra en la siguiente imagen.

EJE DE TRAZO	
OBRA DE DRENAJE	
BANCO DE NIVEL	
LIMITE DEL DERECHO DE VÍA	
CURVA DE NIVEL MAESTRA	
CURVA DE NIVEL	
CARRETERA PAVMENTADA	
CAMINO DE TERRACERIA	
EDIFICACIONES	
CERCAS	

FIG. 3-39 Simbología utilizada para plano topográfico.

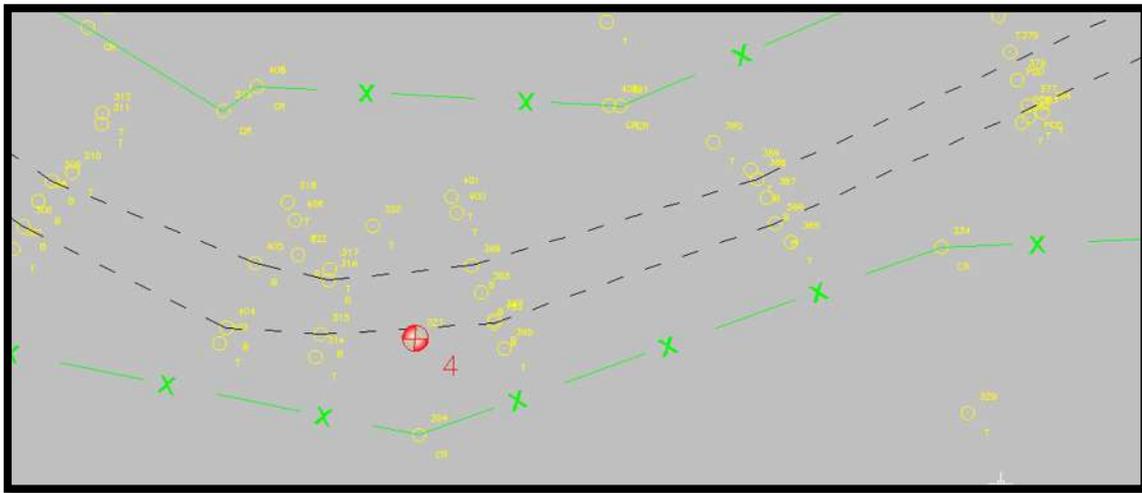


FIG. 3-40 Configuración del terreno.

Uno de los elementos más importantes en todo plano topográfico es la representación de los desniveles del terreno, mismos que son representados por líneas continuas llamadas curvas de nivel.

Para obtener las curvas de nivel es necesario efectuar la triangulación de puntos, que consiste en la interpolación lineal de alturas entre dos puntos conocidos, a partir de la distancia y el desnivel entre ellos. La triangulación es un paso en el cual hacemos uso del programa CivilCAD ya que nos permite establecer una malla de alturas en base a la coordenada Z de los puntos de levantamiento que posteriormente nos permiten dibujar las curvas de nivel.

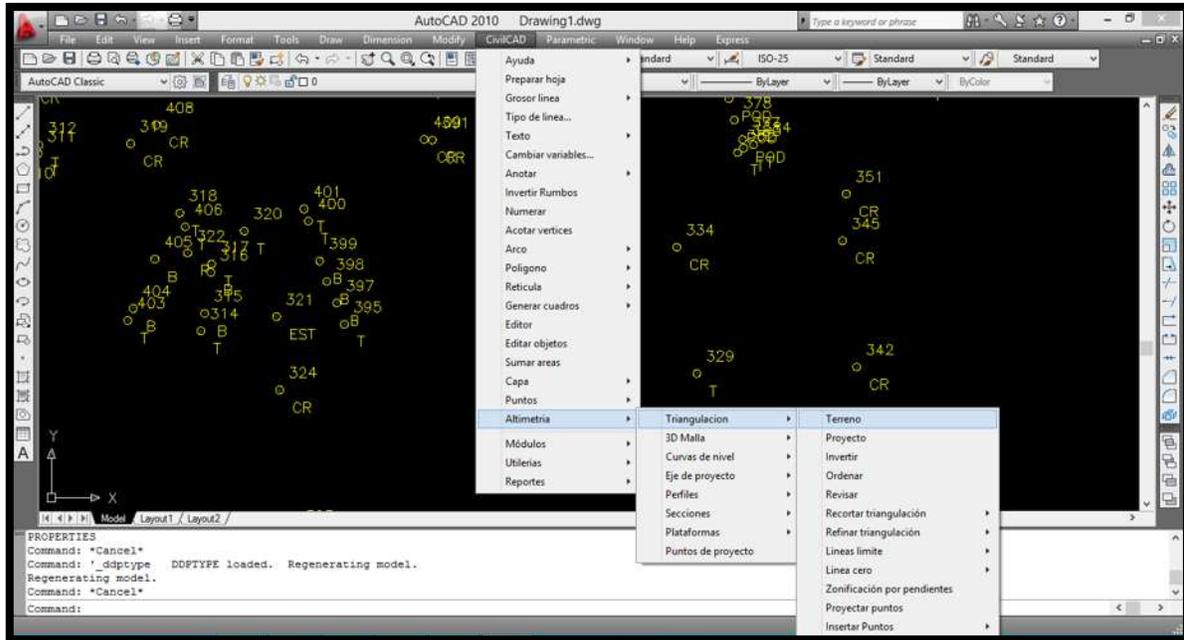


FIG. 3-41 Procedimiento en el programa para realizar la triangulación de puntos.

Es necesario tener cuidado con la triangulación de los puntos para que realmente puedan mostrarnos la configuración del terreno de manera exacta. A este paso le llamaremos “afinar triangulaciones” que consiste básicamente en efectuar primero la triangulación de los puntos correspondientes a la brecha existente y posterior a eso ahora si efectuar la triangulación de los puntos externos a la brecha con la finalidad de evitar que se crucen las triangulaciones con los extremos opuestos entre secciones y así lograr la mejor configuración del terreno existente.

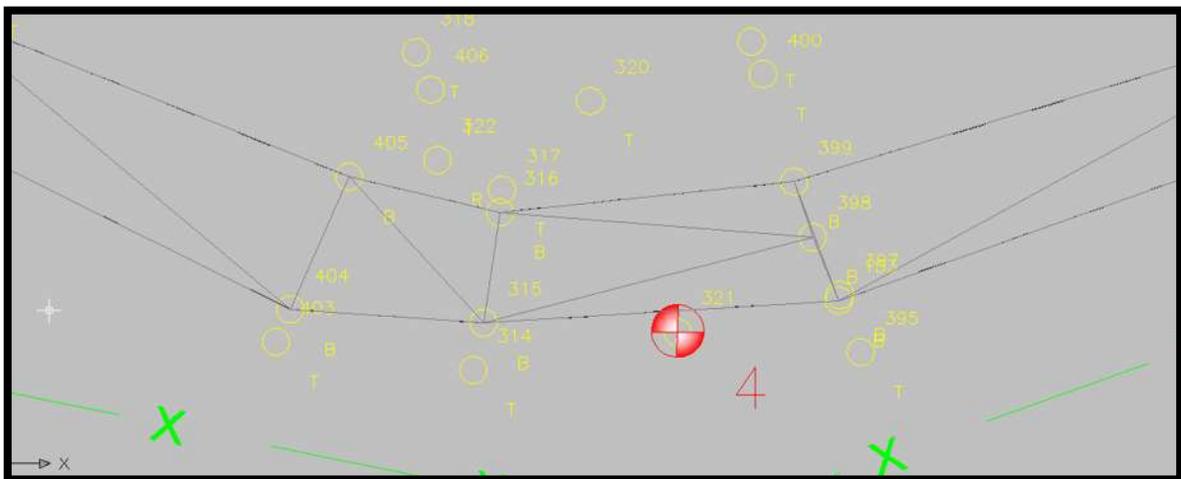


FIG. 3-42 Se muestra la triangulación de los puntos por dentro de la brecha.

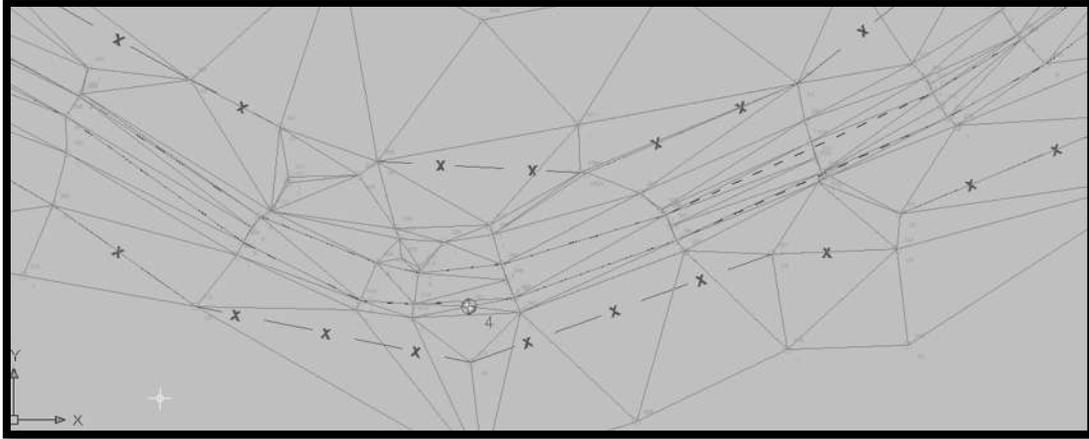


FIG. 3-43 Se muestra la triangulación completa de los puntos del levantamiento.

El siguiente paso para nuestro plano topográfico es la representación de las curvas de nivel basadas en las triangulaciones existentes. Para esto también haremos uso del programa CivilCAD que nos permite realizar este procedimiento.

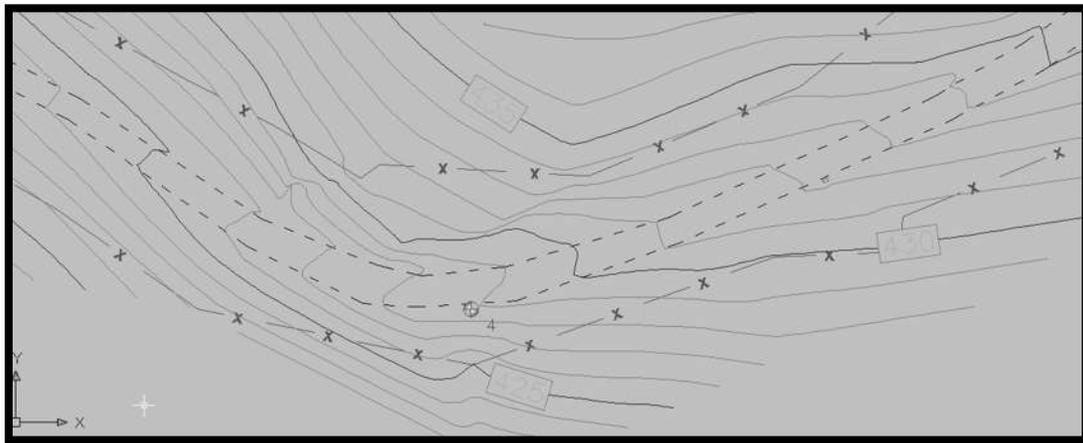


FIG. 3-44 Se visualizan las curvas de nivel delgadas y gruesas marcadas a cada 1 y 5 metros respectivamente.

De esta manera ya tenemos conocimiento de las características del terreno para comenzar con nuestro proyecto geométrico.

Con los elementos obtenidos anteriormente podemos elaborar el plano topográfico, el cual debe contener la siguiente información:

1. Características del terreno en general e infraestructura existente.
2. Cuadro de datos del proyecto, el cual debe contener el nombre oficial del proyecto, tipo de plano que se presenta, Institución gubernamental a quien va dirigida, escala, fecha, numero de plano, datos de jerarquías de la dependencia, membretado de autor, etc.

3. Cuadro de simbología.
4. Croquis de localización del camino.
5. referencias o bancos de nivel.
6. Norte Astronómico.
7. En caso de ser un camino pavimentado existente se deberá marcar el cadenamiento aproximado (no aplica para nuestro ejemplo).
8. Destinos
9. Retícula de coordenadas.
10. Poligonal de apoyo.

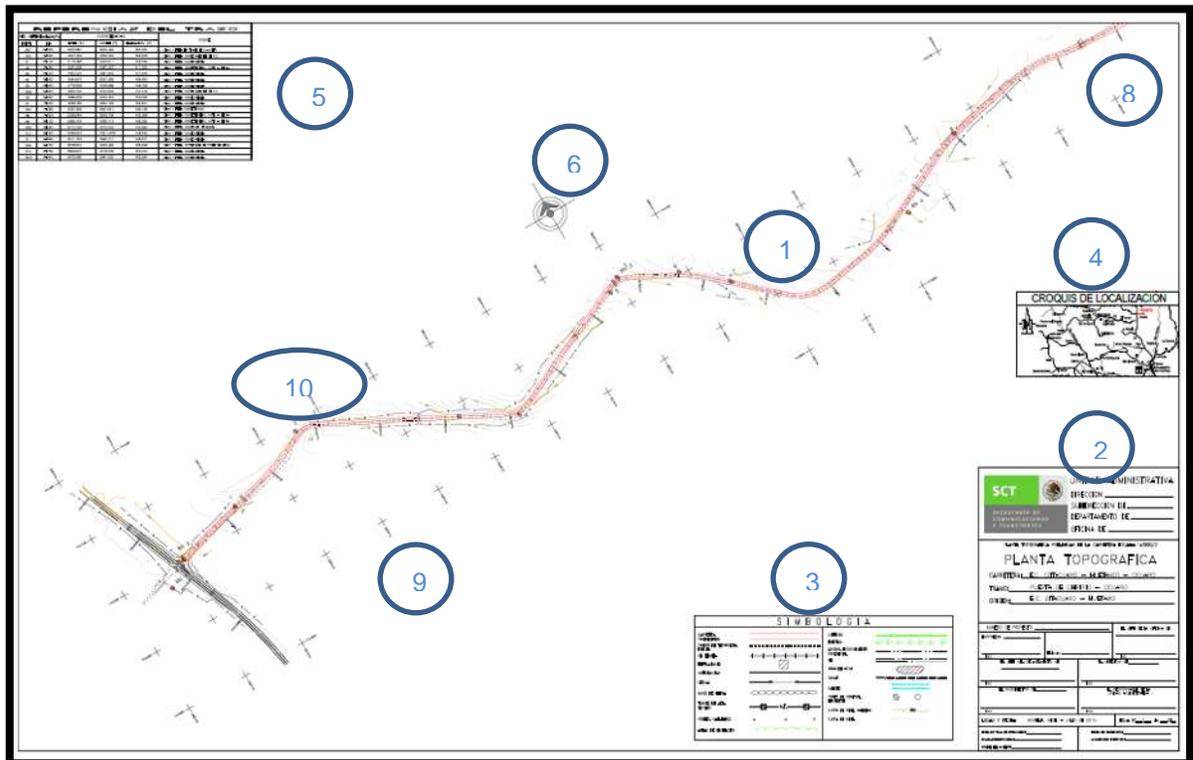


FIG. 3-45 Esquema de ejemplo de plano topográfico.

El plano topográfico se ejemplifica en el anexo “PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO GEOMÉTRICO”.

ELABORACIÓN DE PROYECTO GEOMÉTRICO

4. ELABORACIÓN DE PROYECTO GEOMETRICO

Debe tenerse en cuenta que el diseño geométrico es la concepción idealizada de la carretera. Para que se pueda construir, será necesario el proyecto ejecutivo el cual consta de:

- Estudio Topográfico
- Estudio Geotécnico
- Estudio Hidrológico
- Proyecto Geométrico
- Presupuesto de Obra
- Especificaciones Técnicas Particulares y Trabajos por Ejecutar

El proyecto geométrico se compone de:

- ALINEAMIENTO HORIZONTAL
- ALINEAMIENTO VERTICAL
- SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

4.1 SELECCIÓN DE RUTA PRELIMINAR

El estudio de selección de ruta preliminar se realiza en gabinete, es decir, no requiere que el proyectista se traslade a ninguna visita de campo.

Existen dos posibilidades de caminos para los cuales se realizan los estudios tanto topográficos como geométricos. Recordemos que en el primer caso, se debe trazar un camino completamente nuevo, mientras que en el segundo caso, se hará el trazo del camino basados en un camino de terracerías existente.

- En el primer caso, basados en estudios aerofotogramétricos o cartas topográficas del INEGI, se deben seleccionar cuando menos tres rutas posibles para el camino, es necesario que el proyectista tome en cuenta la topografía de cada ruta, ya que el objetivo de esta etapa es identificar zonas por las cuales se pueda alojar una carretera cumpliendo los estándares de seguridad, confort y economía. Al estudiar las posibles rutas en los planos topográficos del INEGI, se consideran las dificultades que pudieran enfrentarse para drenar agua de lluvia o de corrientes de ríos permanentes o arroyos que con cierta periodicidad produzcan avenidas importantes y que requieran puentes u obras de encauzamiento o de protección para la carretera.
- En el segundo caso, cuando se trata del mejoramiento de un camino no se plantean tres rutas preliminares ya que se tiene un derecho de vía definido

sobre el cual se deberá ajustar el trazo definitivo del camino. En este caso, el proyectista deberá trabajar con un sinnúmero de propuestas de trazos buscando la alternativa que se ajuste de mejor manera al trazo existente, no es posible hablar de un número determinado de intentos, ya que trazar un eje para este tipo de caminos puede resultar demasiado complicado, sobretodo tomando en cuenta los factores sociales.

Un factor muy importante por el cual, la Secretaria de Comunicaciones y Transportes en ocasiones solicita el estudio de las rutas preliminares, es debido a la proximidad que pueden tener Áreas Naturales Protegidas, mismas que imposibilitan la construcción de cualquier obra de infraestructura.

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

En nuestro caso ejemplo no se elaboró el estudio de las rutas preliminares ya que se trata del mejoramiento de un camino existente.

4.2 SELECCIÓN DE RUTA DEFINITIVA

108

El estudio consiste en el análisis de las rutas preliminares y en la determinación de la ruta definitiva para el estudio y elaboración del proyecto geométrico. La ruta seleccionada será aquella que ofrezca el mejor servicio al menor costo.

Es muy importante en esta etapa la toma de fotografías aéreas para la obtención del levantamiento fotogramétrico, que puede definirse como la obtención indirecta de la topografía de la zona mediante fotografías aéreas. Así que, tan pronto se tengan las rutas preliminares, deben planearse y ejecutarse los vuelos necesarios para la obtención de las fotos aéreas que son la base del estudio de la selección de la ruta definitiva.

Una vez que se cuenta con la información más detallada, se procede a elaborar nuevamente el trazo que ya se tenía como anteproyecto en el estudio de las rutas preliminares. El siguiente paso será encargar a una brigada de topografía que lleve a cabo el levantamiento topográfico detallado de la ruta, en el ancho necesario con la finalidad de tener de manera más precisa los datos del terreno sobre el cual se desplantará la carretera.

En nuestro caso ejemplo no fue necesario realizar el estudio de ruta preliminar y ruta definitiva ya que se trata de una vía secundaria

4.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE CAMINO

Para la elaboración del proyecto geométrico de un camino se tienen 2 parámetros que determinan las demás condiciones geométricas del camino; el tipo de camino y la velocidad de proyecto.

4.3.1 TIPO DE CAMINO

La selección del tipo de camino la haremos basados en la clasificación mencionada en el capítulo 2.2.2 considerando un TDPA inducido de 500 vehículos, correspondiendo a un camino Tipo “C”. (Tipo “C”, para un TDPA de 500 a 1,5000 vehículos).

4.3.2 VELOCIDAD DE PROYECTO

La velocidad que desarrolla un vehículo se ve afectada por las características del propio vehículo, del conductor y fundamentalmente, del camino. Por lo tanto, dado que estamos trabajando sobre un derecho de vía existente, que a pesar de estar en un terreno tipo lomerío, los grados de curvatura que se manejan son elevados, se propone trabajar con una velocidad de proyecto de 40 km/hr.

4.4 PROYECTO GEOMÉTRICO PARA CAMINO E.C. (ZITÁCUARO – CD. ALTAMIRANO) – OCUARO DEL KM 0+000 AL KM 3+000

De acuerdo con la información mencionada anteriormente, el camino E. C. (Zitácuaro – Cd. Altamirano) – Ocuaro se proyectará cumpliendo con las características geométricas que corresponden a un camino Tipo “C”, en un terreno de tipo lomerío con una velocidad de proyecto de 40 km/hr

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo 2 los trabajos a realizar en el proyecto geométrico son los siguientes:

- Trazo de eje definitivo del camino, el cual está limitado por el derecho de vía existente.
- Trazo de curvas horizontales del camino. Se realizará el cálculo de las curvas horizontales, tomando en cuenta las características de la tabla 2.1.
- Trazo de la rasante del camino basado en el perfil de terreno existente considerando las características correspondientes al tipo de camino y la velocidad de proyecto mostradas en la tabla 2.1 para el cálculo de pendientes.

- Trazo de curvas verticales del camino. Basados en la rasante del proyecto del camino realizaremos el cálculo de las curvas verticales tomando en cuenta las características de la tabla 2.1.
- Secciones de construcción. Se realiza el dibujo de las secciones de construcción, plasmando la rasante de proyecto, así como su pavimento y cálculo de áreas.

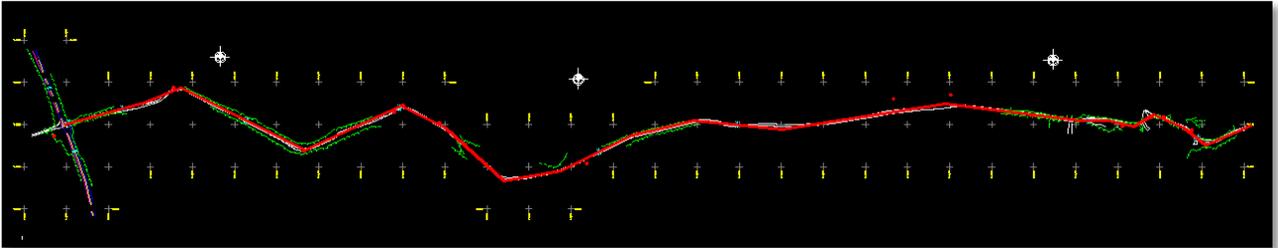


FIG. 4-1 Eje del camino en color rojo.

4.4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino. Está integrado por tangentes y curvas horizontales.

A continuación realizaremos el cálculo manual de una curva horizontal simple para obtener los cadenamientos correspondientes al Principio de Curva (PC), el Principio de Tangente (PT) y la Longitud de la Curva (Lc), para lo cual requerimos tener un eje propuesto a base de una poligonal abierta.

1.- Sobre dicho eje deberán estar plasmados los cadenamientos ya que para el cálculo es necesario contar con el cadenamiento del Punto de Inflexión (PI) y la deflexión en el eje (Δd).

$$PI = 0+288.88$$

$$\Delta d = 49^\circ 23' 17.53''$$

2.- Sabiendo que se trata de un Camino Tipo "C" con una velocidad de proyecto de 40 km/hr. Entramos en la tabla 2.9 para seleccionar un Grado de Curvatura (G_c) y un Radio de la Curva (R_c) que supongamos se ajustara mejor al derecho de vía existente, (recordemos que el trazo de curvas requiere de varios intentos para poder llegar al G_c más adecuado).

Seleccionamos:

$$G_c = 25^\circ 00' 00''$$

$$R_c = 45.84 \text{ m.}$$

Aplicando las formulas correspondientes:

$$PC = PI - ST$$

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

Donde: ST = Subtangente

Sustituyendo valores:

$$ST = 45.84 \times \tan \left(\frac{49^\circ 23' 17.53''}{2} \right)$$

$$ST = 21.08 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$PC = 288.88 - 21.08$$

$$PC = (0+267.80)$$

Una vez conocido el PC, podemos encontrar el cadenamiento del PT con la siguiente formula:

$$PT = PC + L_c$$

111

Si:

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \times \frac{49^\circ 23' 00''}{25^\circ 00' 00''}$$

$$L_c = 39.511 \text{ m.}$$

Por lo tanto

$$PT = 267.80 + 39.51$$

$$PT = (0+307.31)$$

A continuación realizaremos el análisis de la misma curva para determinar los mismos elementos con el programa CivilCAD.

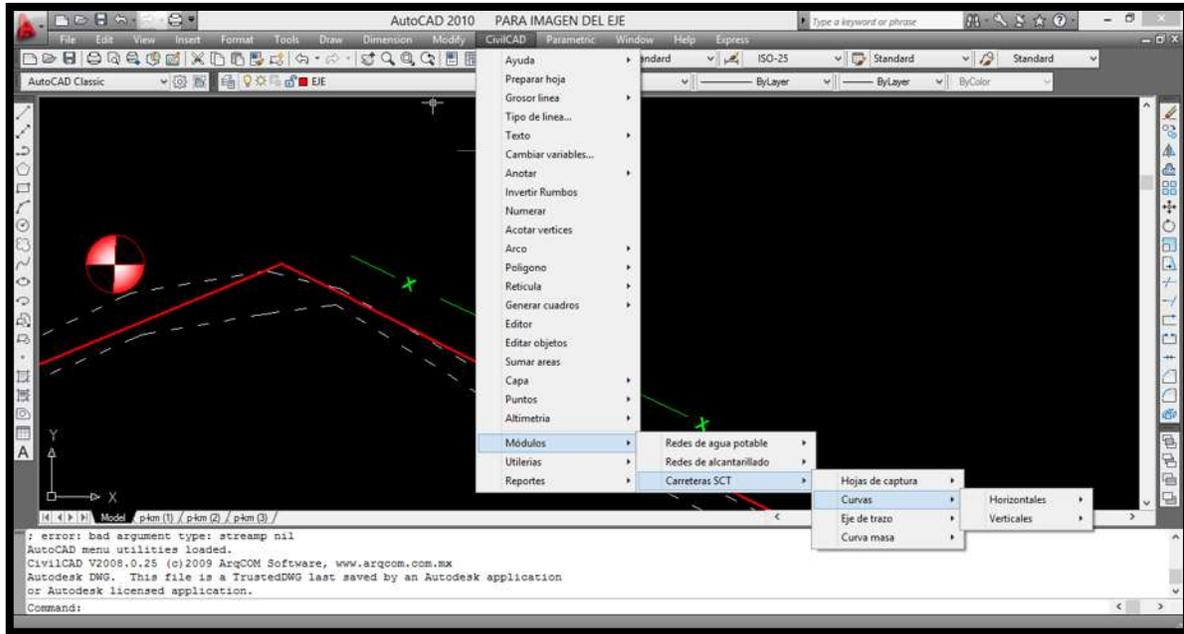


FIG. 4-2 Procedimiento del programa para trazo de curvas horizontales.

Para realizar el cálculo, el programa solicita los siguientes datos; tipo de camino, velocidad de proyecto, grado de curvatura, sobreelevación máxima, ampliación en curva y longitud de transición.

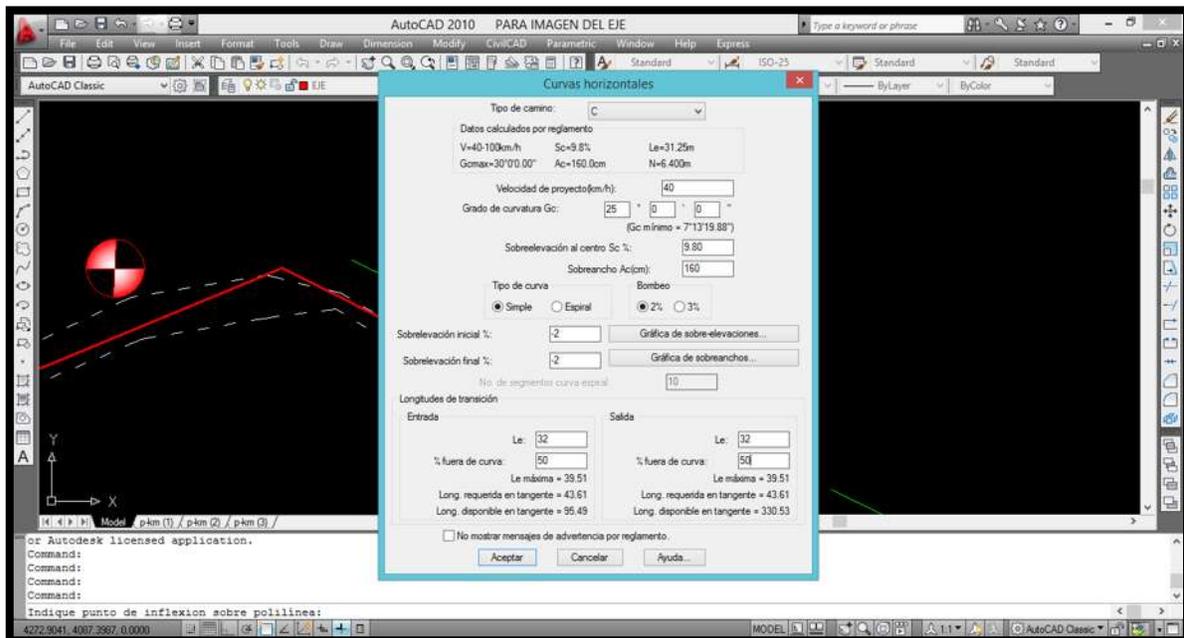


FIG. 4-3 Pantalla de Captura de datos para el cálculo de la curva horizontal.

Para obtener los datos de la curva, se sigue en siguiente procedimiento:

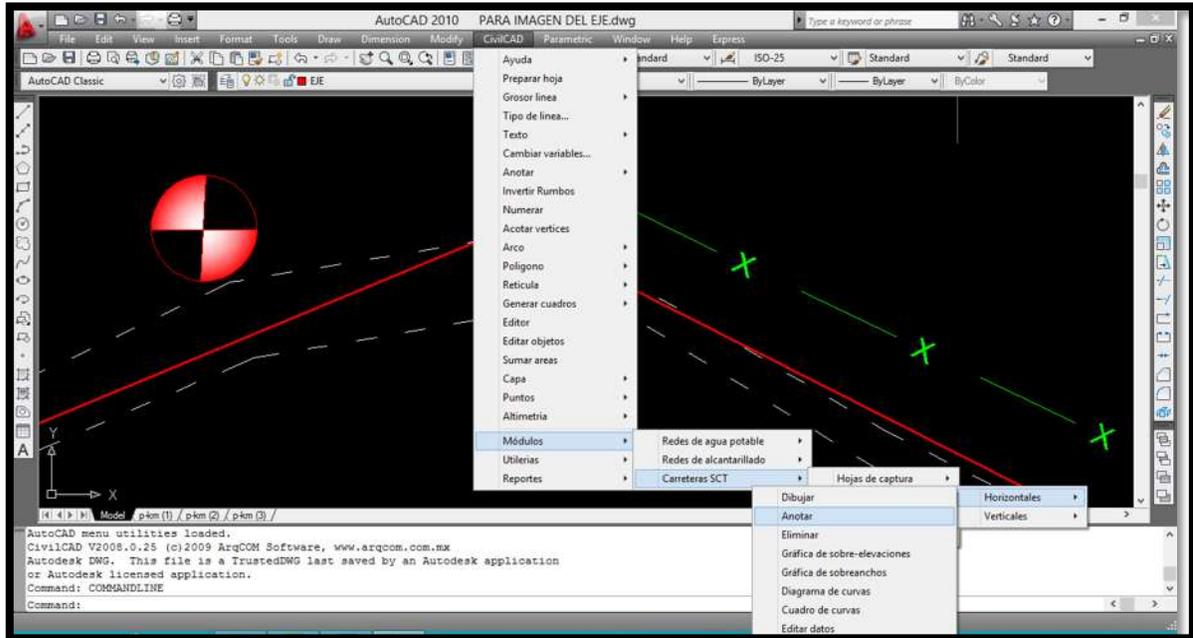


FIG. 4-4 Procedimiento para anotar los datos de una curva horizontal.

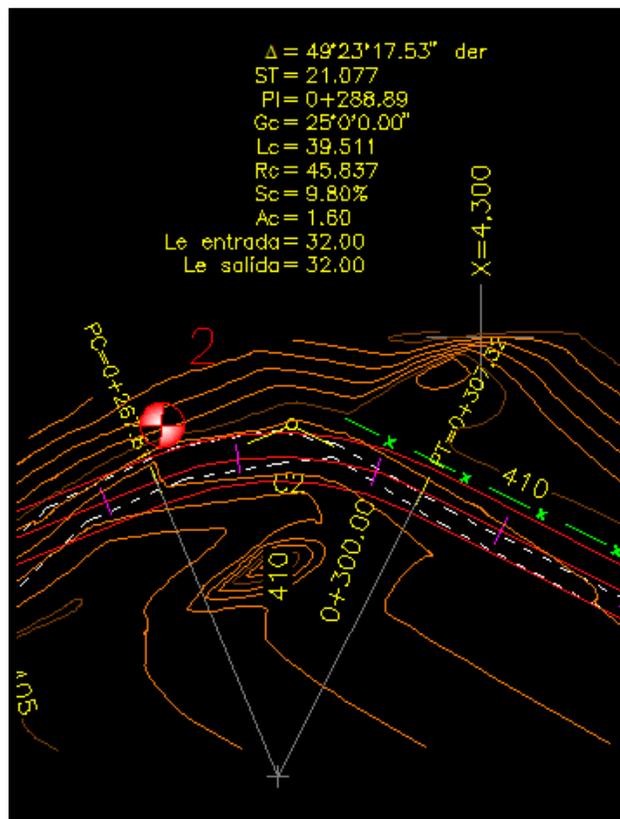


FIG. 4-5 Datos de curva haciendo uso del programa.

Realizamos la comparativa de los resultados obtenidos en el cálculo manual y en el cálculo haciendo uso de CivilCAD como se muestra en la siguiente tabla.

INCOGNITA	RESULTADO MANUAL	RESULTADO CIVILCAD
PC	0+267.80	0+267.81
Lc	39.511 m	39.511 m
PT	0+307.31	0+307.32
ST	21.08 m	21.077 m

TABLA 4-1 Comparativa de resultados en el cálculo de curva horizontal.

Observando los resultados podemos concluir que el programa arroja resultados correctos y, por lo tanto, lo usaremos para el trazo curvas horizontales restantes del camino.

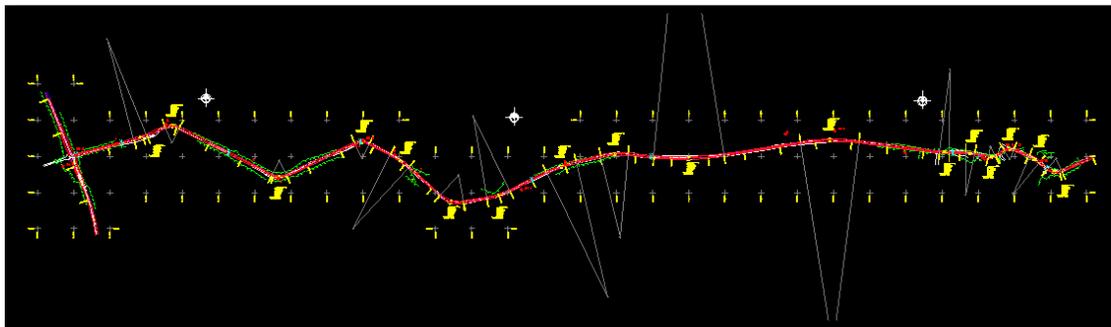


FIG. 4-6 Trazo de curvas horizontales.

4.4.2 ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la corona. Al eje de la corona en alineamiento vertical se le llama línea rasante y se integra por tangentes y curvas.

Una vez trazado el eje del camino junto con sus curvas horizontales es posible obtener el perfil del terreno. El perfil del terreno se obtiene a partir de la triangulación del terreno realizada en el estudio topográfico y se traza con las elevaciones del eje a cada 20 metros lo que genera la proyección del trazo en el eje de las elevaciones (eje Z).

Para obtener el perfil del terreno también haremos uso del programa CivilCAD y se proyectara en una escala horizontal de 1:1000 y vertical de 1:100.

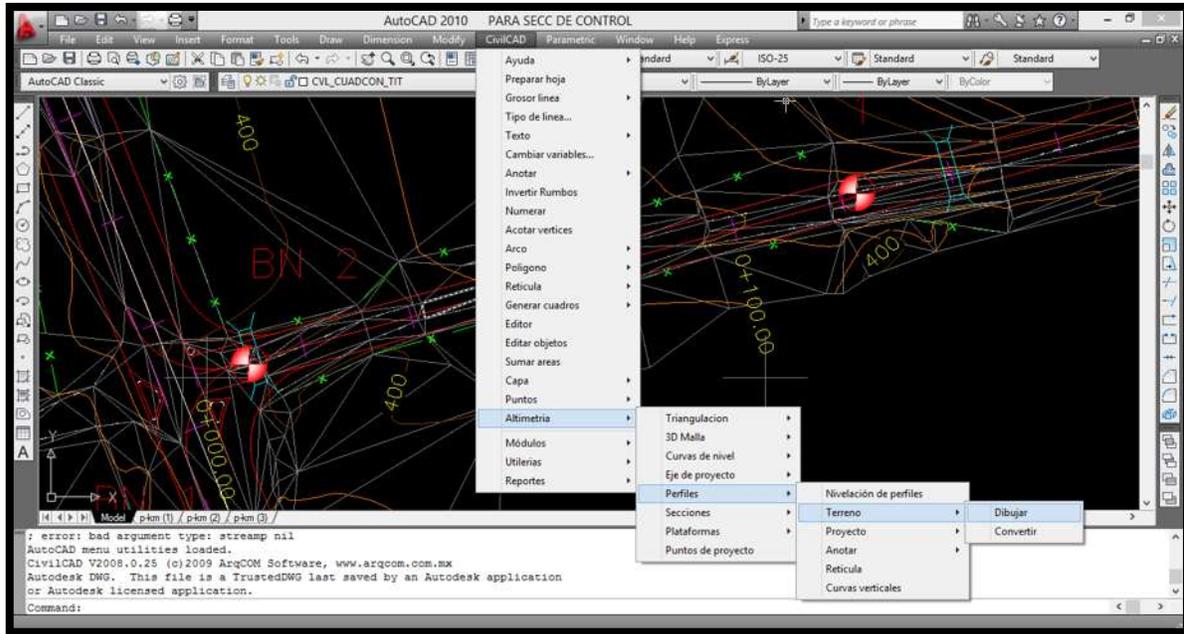


FIG. 4-7 Procedimiento para obtener el perfil de terreno.

Para que se dibuje el perfil solo debemos seleccionar el eje del camino y anotar la escala horizontal y vertical que deseamos.

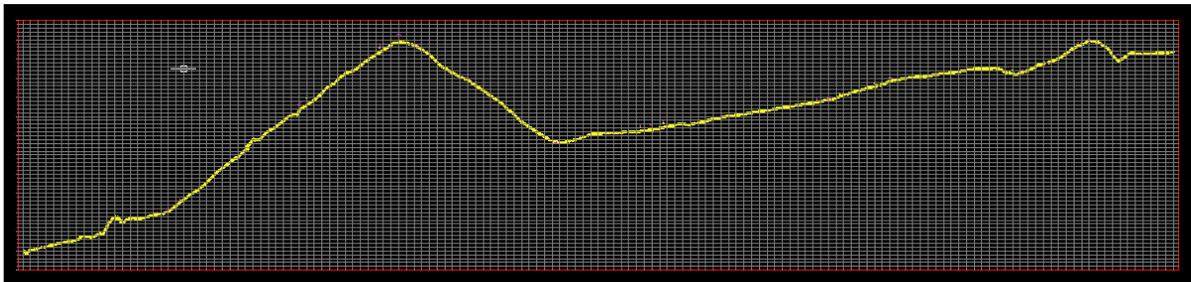


FIG. 4-8 Perfil del terreno

Para continuar con el proyecto geométrico debemos realizar el trazo de la rasante del camino. Recordando que se trata de un proyecto de modernización con derecho de vía existente y limitado, y que no podemos tener cortes y terraplenes grandes que nos ocasionen que los taludes queden fuera del derecho de vía, se recomienda ajustar el trazo de la rasante a la topografía existente del terreno mientras sea posible basado en las normas estipuladas en el capítulo 2.

Se debe cuidar que las pendientes de proyecto no sobrepasen a la pendiente gobernadora y cuando lo hagan, que no sean mayores que la pendiente máxima marcadas en la tabla 2.1 de acuerdo a cada tipo de camino, además de que las longitudes críticas en el caso de que se sobrepase la pendiente gobernadora, no sean mayores que las marcadas en la figura 2.4.

En el caso de nuestro camino Tipo “C” de 40 km/hr la pendiente gobernadora es del 6% y la máxima del 8%. Aspectos que sin duda determinan el trazo de la rasante en zonas críticas.

Para un trazo óptimo de la rasante es necesario cuidar los puntos obligados en elevación tales como pasos por poblaciones, puentes u obras de drenaje existente, además de entronques o intersecciones que se puedan presentar.

En el trazo de la rasante es recomendable que los puntos de inflexión vertical se coloquen en estaciones cerradas (a cada 20 metros) y como se menciona en la tabla 2.6 que la longitud de curva mínima aceptable es de 30 metros, los inicios de curva y de tangente vertical no corresponderían a estaciones cerradas, por lo tanto, debemos considerar que la longitud de curva vertical mínima sea de 40 metros.

De acuerdo a lo anterior, se recomienda que existan tangentes entre curvas de mínimo 40 metros, lo que genera que exista al menos una longitud de 80 metros entre puntos de inflexión vertical.

El trazo de la rasante se realizó haciendo uso del programa CivilCAD, el cual permite realizar el trazo plasmando puntos de inflexión donde se requiera o también permite realizarlo a base de pendiente y distancias.

En nuestro caso, se realizó el trazo de la rasante en dos etapas fundamentales, la primera fue colocando puntos de inflexión donde por proyecto se requería pero procurando que siempre estuvieran en estaciones cerradas. Después del primer intento, el programa nos permite anotar sobre la rasante, la pendiente y la longitud de entre cada Punto de Inflexión Vertical (PIV). De esta manera es más sencillo ajustar las tangentes para asegurar que se cumplan los requerimientos del capítulo 2. Dado que se trata de un proceso de detalle, se debe ajustar la rasante cuantas veces sea necesario procurando que satisfaga las condiciones del derecho de vía y los puntos obligados del camino. Cuando el trazo de la rasante se considera adecuado, se procede a marcar las pendientes y longitudes nuevamente para poder realizar el último ajuste trazando la rasante con el sistema de pendiente y distancia aproximando las pendientes al centésimo como se marca en la Normativa SCT.

A continuación se esquematiza el procedimiento a seguir en el programa CivilCAD para el trazo de la rasante.

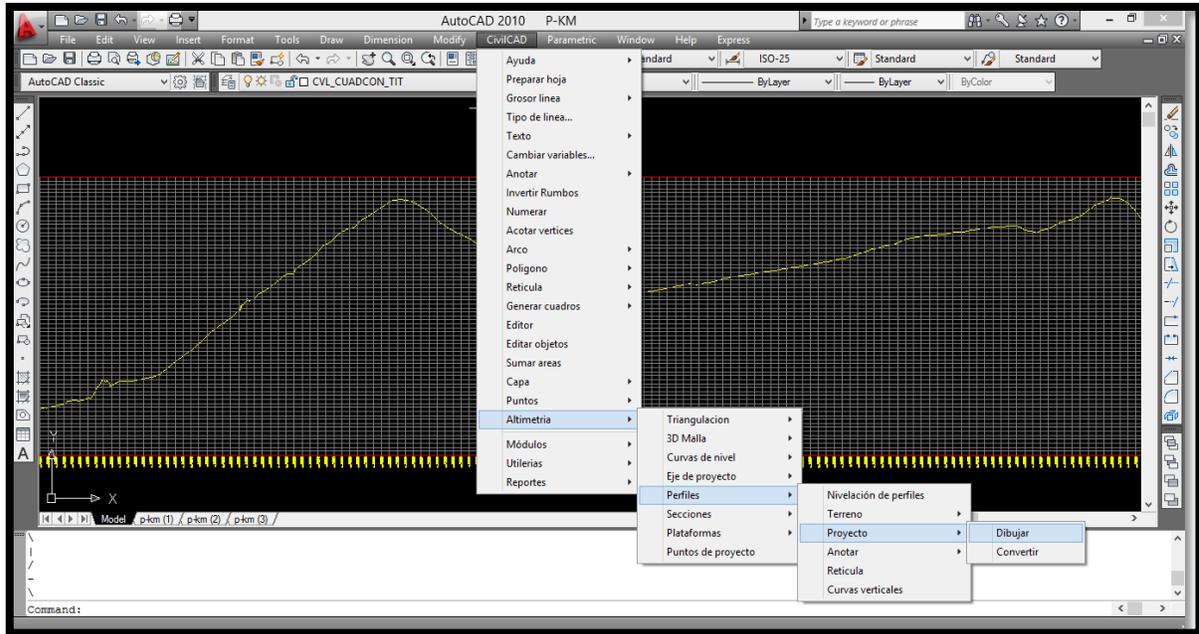


FIG. 4-9 Procedimiento para el trazo de perfil de proyecto (rasante).

Una vez seleccionado el comando, el programa solicita seleccionar el perfil de terreno y anotar la elevación inicial de la rasante. Posteriormente, se presentan las dos opciones de trazo que mencionamos anteriormente, a base de seleccionar puntos o a base de pendiente y distancia.

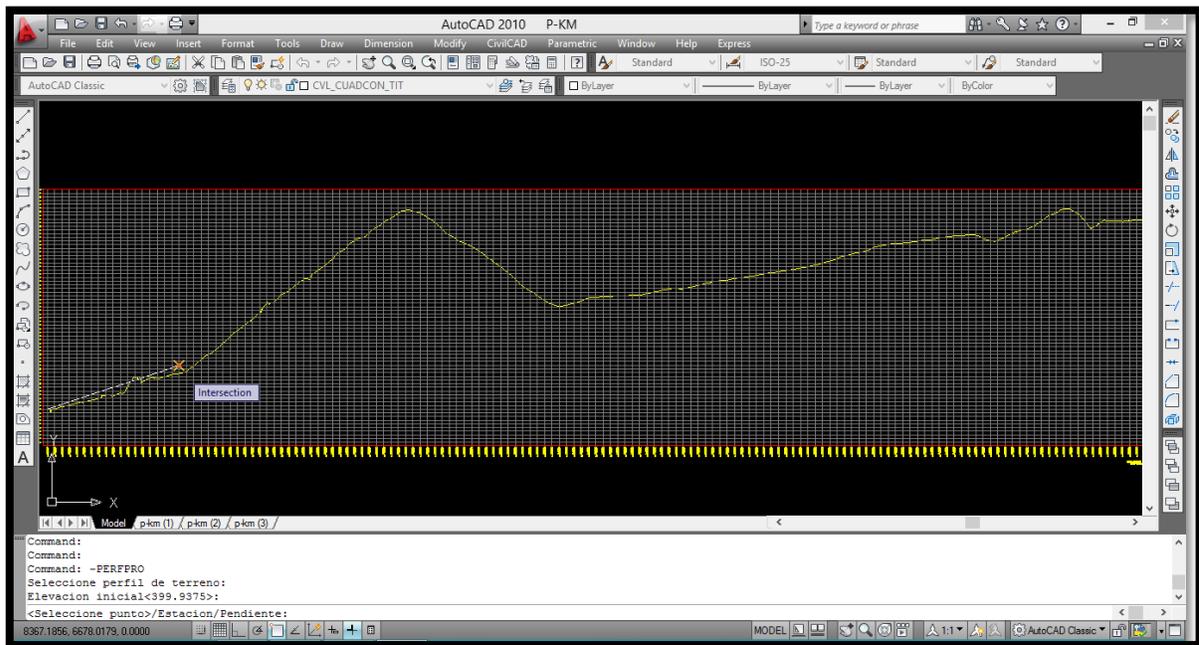


FIG. 4-10 Se observan las opciones de dibujo en la barra de comandos.

Cuando la rasante está definida y ya con sus pendientes ajustadas al centésimo es momento de realizar el trazo de las curvas verticales.

El siguiente paso sería el cálculo de las curvas verticales en cada PIV. Recordemos que un factor determinante de acuerdo a las Normas es el valor del parámetro K.

Existen dos tipos de curvas verticales, las curvas en cresta y las curvas en columpio.

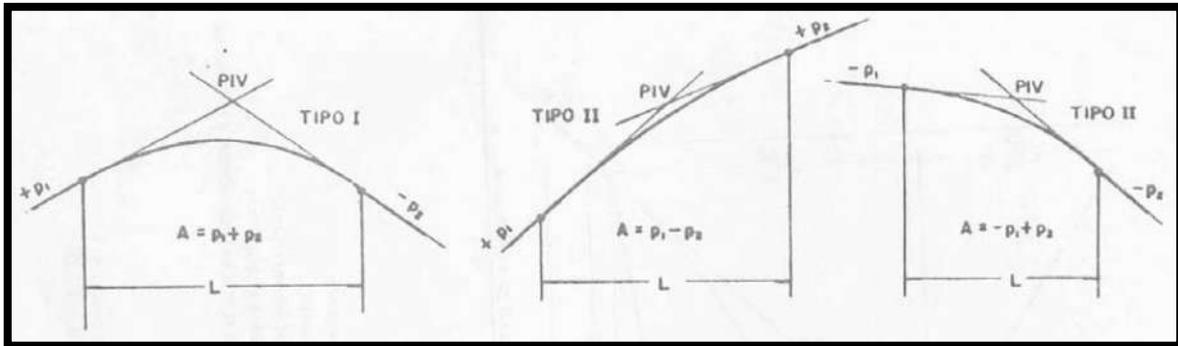


FIG. 4-11 Curva en cresta.

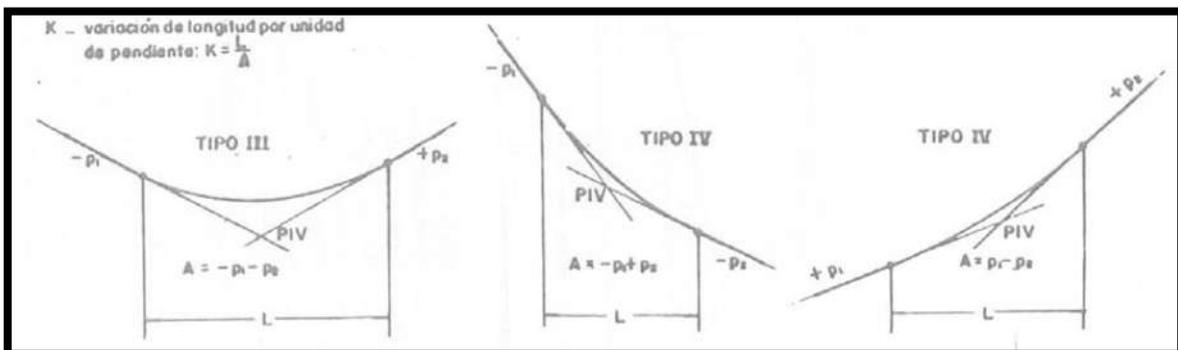


FIG. 4-12 Curva en columpio.

PROCEDIMIENTO PARA CALCULO MANUAL DE CURVA VERTICAL

Para realizar el cálculo de las curvas verticales se requiere conocer como datos las pendientes de la rasante, la de entrada y la de salida, el tipo de camino, la velocidad de proyecto y el cadenamiento y la elevación del punto de inflexión vertical.

A continuación se muestra el cálculo para una curva vertical.

DATOS:

Vel. De Proyecto.- 40 km/hr

Camino Tipo "C"

Pendiente de entrada (P1) = +7%

Pendiente de Salida (P2) = -6.4%

PIV.- 0+980

La fórmula para encontrar la longitud mínima de la curva es la siguiente:

$$L = K A$$

Dónde:

L = Longitud de la Curva

K = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla 2.6.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en por ciento.

Por lo tanto:

$$A = P1 - (-P2)$$

$$A = +7 - (-6.4)$$

$$A = 13.4$$

El parámetro K de la tabla 2.6 de acuerdo a una curva en cresta para un camino tipo "C" de 40 km/hr es de 4.

Por lo tanto:

$$L = (4) \times (13.4)$$

$$L = 53.6 \text{ m.}$$

De acuerdo a las recomendaciones para proyecto geométrico sabemos que no existe longitud máxima para una curva vertical, por lo tanto, es criterio del proyectista determinar la longitud de la curva (que sea preferentemente en múltiplos de 20 metros) que más se ajuste a las condiciones del terreno o a las condiciones deseadas por él mismo sin que sea menor a la calculada.

En el caso de esta curva utilizaremos una longitud de 100 metros, ya que se trata de una curva más suave mejorando la transición de una pendiente a otra y

permitiendo que la rasante se ajuste más al terreno natural existiendo favoreciendo así a la economía del camino.

Como la longitud de la curva es de 100 metros tenemos lo siguiente:

PIV.- 0+980

L = 100 m.

Para obtener el Principio de Curva Vertical (PCV) utilizamos la siguiente formula:

$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

$$PCV = (0 + 980) - \frac{100}{2}$$

$$PCV = (0+930)$$

Y para obtener el Principio de Tangente Vertical (PTV) utilizamos la siguiente formula:

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$

$$PTV = (0 + 980) + \frac{100}{2}$$

$$PTV = (1+030)$$

Para calcular las elevaciones parciales para el trazo de la curva realizamos lo siguiente:

Conocemos la elevación del PIV, primero debemos calcular las elevaciones del PCV y PTV.



FIG. 4-13 Interpolación usando triángulos semejantes.

Haciendo uso de los triángulos semejantes calculamos que si en 100 metros la rasante sube 7 metros (debido a su pendiente de entrada) entonces en 50 metros sube:

$$ELEVACIÓN PCV = (ELE. Punto Sobre Tangente Vertical) + \frac{50 \times 7}{100}$$

$$ELEVACIÓN PCV = 449.49 + 3.5$$

$$ELEVACIÓN PCV = 452.99 \text{ m}$$

De igual manera para el PTV sabemos que por triángulos semejantes, si en 100 metros la rasante baje 6.4 m (debido a su pendiente de salida) entonces en 50 m baja:

$$ELEVACIÓN PTV = ELE. PIV - \left(\frac{50 \times 6.4}{100}\right)$$

$$ELEVACIÓN PTV = 456.49 - 3.2$$

$$ELEVACIÓN PTV = 453.29 \text{ m}$$

Para concluir el cálculo de la curva debemos obtener las elevaciones correspondientes a los cadenamientos cerrados a cada 20 metros que se encuentran entre el PCV y el PTV.

121

Para obtener dichas elevaciones se utiliza la siguiente formula:

$$Z_x = Z_0 + \left(P_1 - \frac{AX}{2L}\right)X$$

Donde:

Z_x = Elevación de la estación buscada, en metros.

Z_0 = Elevación del PCV, en metros.

P_1 = Pendiente de entrada con su signo correspondiente, en decimales.

L = Longitud de la curva, en metros.

X = Distancia en metros entre kilometrajes o estaciones, en metros.

A = Diferencia algebraica de pendientes con su signo correspondiente, en decimales.

Conocemos todas las variables de la ecuación por lo tanto sustituimos en la fórmula:

$$Z_{0+940} = 452.99 + \left(+0.07 - \frac{.134 \times 10}{2 \times 100} \right) 10$$

$$Z_{0+940} = 453.623 \text{ m.}$$

$$Z_{0+960} = 454.487 \text{ m.}$$

$$Z_{0+980} = 454.815 \text{ m.}$$

$$Z_{1+000} = 454.607 \text{ m.}$$

$$Z_{1+020} = 453.863 \text{ m.}$$

$$Z_{1+030} = 453.29 \text{ m.}$$

Afirmamos que los cálculos son correctos ya que al llegar al cálculo de la estación del PTV la elevación resulto igual a la calculada anteriormente. Y se da por concluido el cálculo manual de la curva.

A continuación se presenta el procedimiento para el cálculo de una curva vertical haciendo uso del programa CivilCAD.

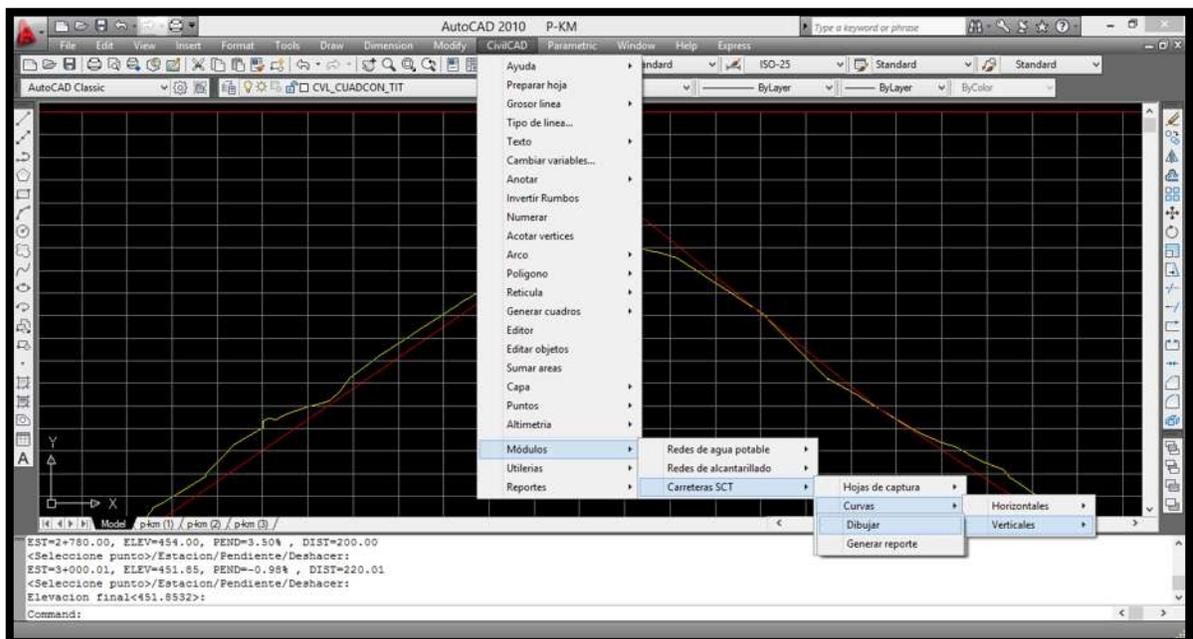


FIG. 4-14 Comando para realizar el dibujo de una curva vertical.

El programa muestra el siguiente menú donde solamente debemos anotar la velocidad de proyecto, el parámetro K y la longitud de curva deseada.

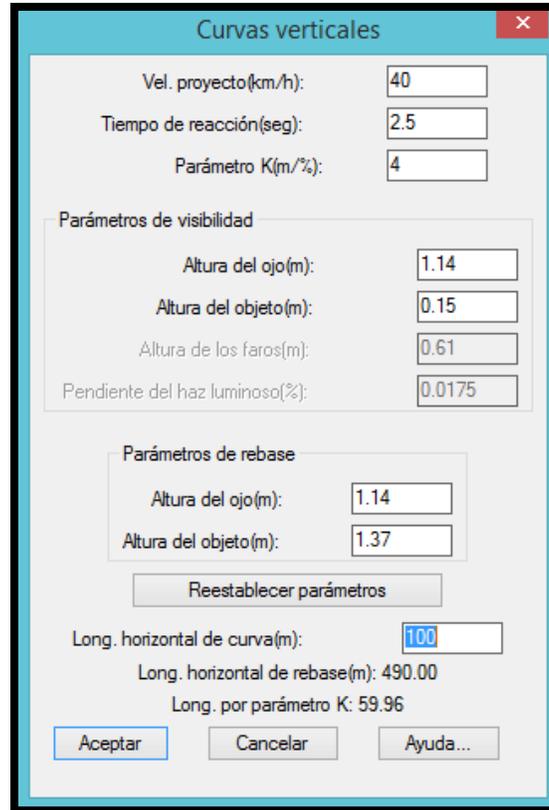


FIG. 4-15 Parámetros para el cálculo de la curva vertical.

A continuación se presenta el resultado del cálculo de la curva que realiza el programa.

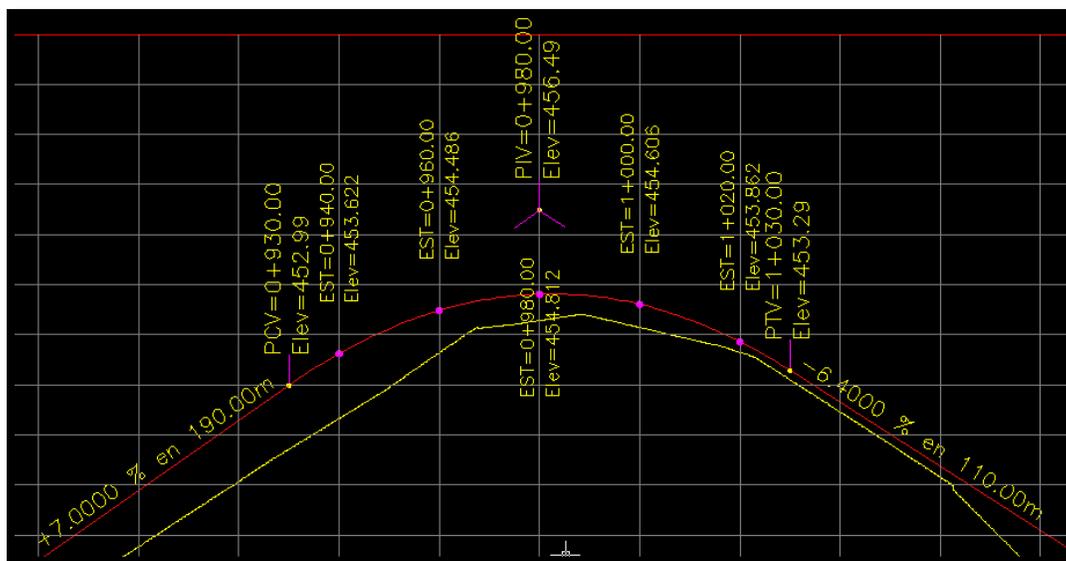


FIG. 4-16 Resultados de la curva vertical con el programa CivilCAD.

PUNTO DE CONTROL	CALCULO MANUAL	CALCULO CIVILCAD
PCV	0+930	0+930
PTV	1+030	1+030
Ele. 0+930	452.99 m	452.99 m
Ele. 0+940	453.623 m	453.622 m
Ele. 0+960	454.487 m	454.486 m
Ele. 0+980	454.815 m	454.812 m
Ele. 1+000	454.607 m	454.606 m
Ele. 1+020	453.863 m	453.862 m
Ele. 1+030	453.29 m	453.29 m

TABLA 4-2 Comparativa de resultados de la curva vertical mediante el cálculo manual y cálculo del programa.

Como se observa en la tabla anterior, no existe diferencia significativa en los resultados al realizar el cálculo manual o haciendo uso del programa, por lo cual podemos seguir con el trazo de las curvas verticales con ayuda de CivilCAD y así poder simplificar el trabajo.

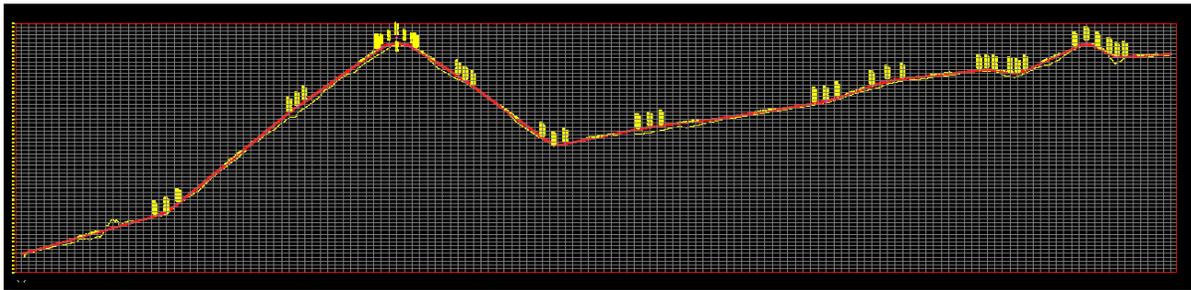


FIG. 4-17 Trazo de curvas verticales.

Actualmente la SCT permite que los proyectos geométricos se presenten en forma de Plano KM mientras se cumpla con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-1-01-006/07 "PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAMÉTRICOS PARA CARRETERAS".

A continuación se enlistan las partes fundamentales que deben incluirse en un Plano KM, tanto de formato como de información técnica. Se anexa esquema de presentación de Plano KM.

1. Se asentará la planta topográfica del subtramo de un (1) kilometro en escala 1:2000.
2. La planta topográfica se presenta sobre un sistema cartesiano (retícula de coordenadas).

3. Eje definitivo de la carretera, indicando las estaciones cerradas principales a cada cien (100) metros y marcando las secundarias a cada (20) metros, los PI, PC, PT, etc.
4. Perfil de terreno y rasante de proyecto para el correspondiente subtramo de un (1) kilometro en escala 1:2000 y 1:200 horizontal y vertical correspondiente.
5. Ubicación, identificación y elevación de los bancos de nivel, así como la ubicación y el tipo de las obras menores y mayores de drenaje.
6. Cuadro de identificación del plano KM.
7. Cuadro de datos generales del proyecto.
8. Sección tipo de la carretera propuesta.
9. Cuadro de referencias de trazo.
10. Cuadro de la geometría del alineamiento horizontal.
11. Cuadro de obras de drenaje.
12. Cuadro de firmas de los responsables
13. Norte astronómico.
14. Croquis de localización del proyecto.

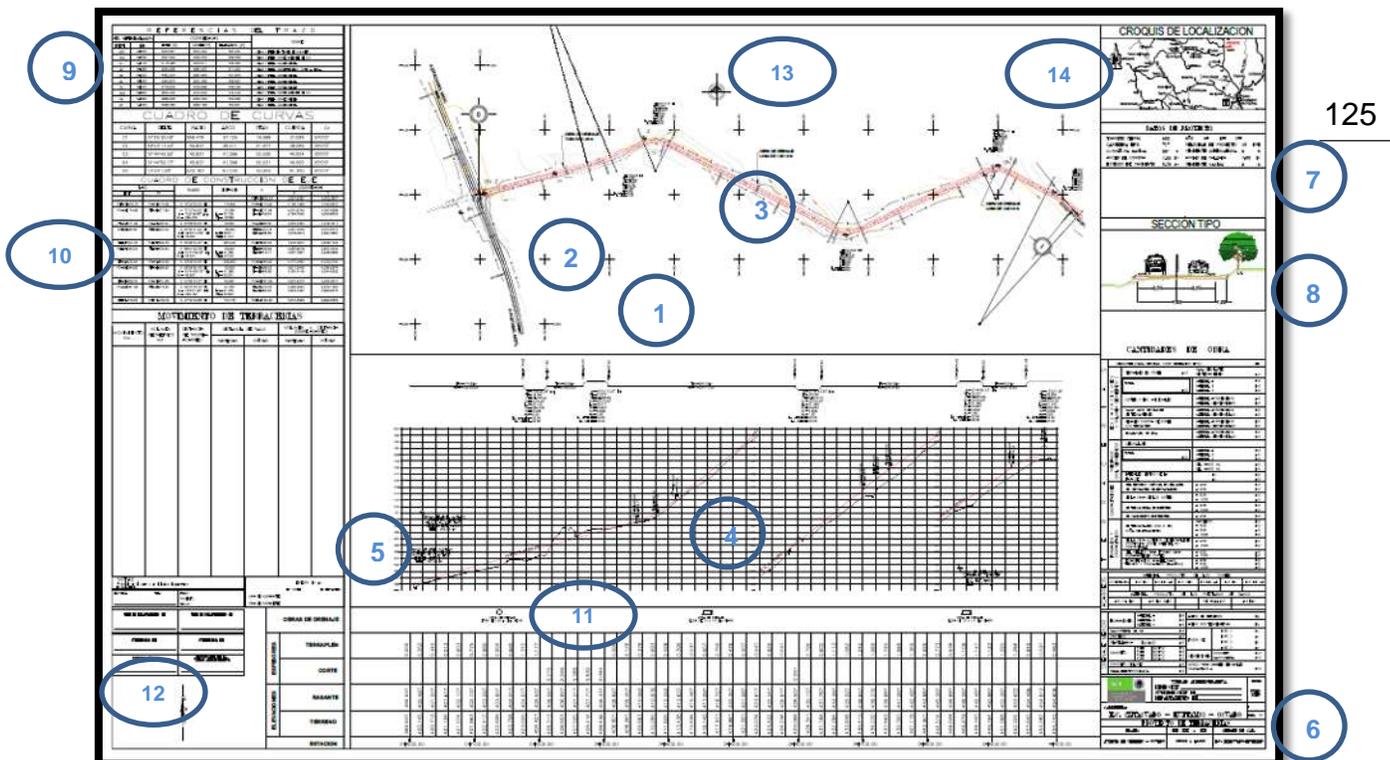


FIG. 4-18 Esquema de ejemplo de plano KM.

4.4.3 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

La sección transversal de un camino, en un punto cualquiera de este, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

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

Para poder realizar el dibujo de las secciones de construcción es necesario contar con datos proporcionados por el estudio geotécnico, ya que de él nace el Diseño de Pavimento que nos permite conocer los espesores requeridos de las capas que conforman el pavimento.

Para fines prácticos y dado que es una carretera alimentadora con una baja demanda de tránsito utilizamos como espesores los mínimos constructivos señalados en la Normativa SCT, los cuales corresponden a una carpeta asfáltica de 5 cm que se construirá sobre una base hidráulica con material de banco de 20 cm de espesor, que a su vez será construida sobre la capa subrasante que tendrá un espesor de 20 cm. Los espesores mencionados se consideran solo para ejemplificar el proceso ya que para poder definirlos es necesario elaborar un diseño de pavimento definitivo.

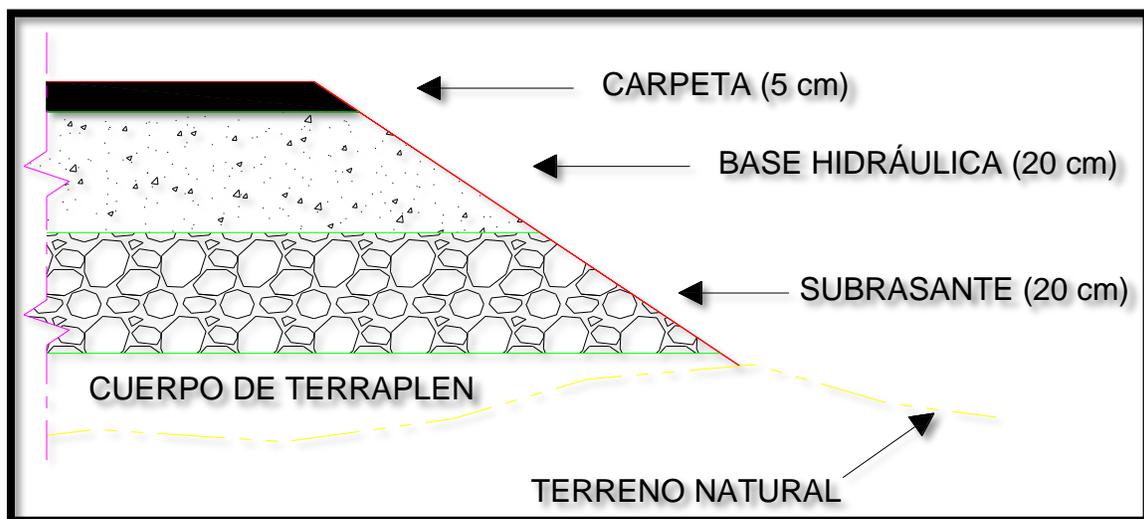


FIG. 4-19 Estructura de pavimento propuesta.

Esta capa de pavimento será construida tomando como referencia la línea de rasante proyectada en el alineamiento vertical. Es decir, las capas se construyen hacia abajo del nivel de rasante.

Recordemos que las secciones de construcción de acuerdo al capítulo 2 se deben construir a partir del eje de trazo 3.50 metros a cada lado del mismo con un bombeo de -2% que permita el desalojo de las aguas de lluvia y permita que sean conducidas hasta las obras de drenaje consideradas. Después del ancho de carril de 3.50 metros se debe construir una cuneta en el caso de las secciones en las que el terreno natural sobresalga del nivel de la sección de construcción como se muestra en la figura 2.8 y en el caso de que la sección de construcción quede por encima del terreno natural y que las aguas superficiales puedan ser desalojadas por gravedad sin causar daño al camino.

El dibujo de las secciones se debe realizar en una cuadrícula o papel milimétrico en escala 1:100 tomando como referencia los niveles de rasante del perfil de construcción y los niveles de terreno natural.

Cada curva del alineamiento horizontal requiere del cálculo de secciones de control, estas se utilizan para determinar las ampliaciones y las sobreelevaciones parciales de la curva y con ello facilitar el trazo de las mismas en campo. En dichas secciones se pueden apreciar las características geométricas de las mismas, de acuerdo al tipo de camino y al grado de curvatura, tales como el inicio de la transición con las sobreelevaciones, la sección donde se alcanza la sobreelevación y ampliación máxima, así como la sección donde se restablece el bombeo del camino y sus anchos de carril de proyecto.

Para determinar las ampliaciones y sobreelevaciones que corresponden a cada sección de la curva es necesario recordar que los valores máximos para cada grado de curvatura son los establecidos en la tabla 2.9.

Retomando los datos utilizados para el cálculo de la curva horizontal para un $G_c = 25^{\circ}00'$, corresponden los valores de Ampliación en curva (A_c) y de Sobreelevación máxima (S_c) que se muestran a continuación:

$$A_c = 160 \text{ cm.}$$

$$S_c = 9.8 \%$$

Además es necesario para el cálculo de las secciones de control el valor de la Longitud de Transición (L_e) que requieren las curvas.

$$L_e = 31 \text{ m.}$$

Las secciones de control en las curvas nos sirven para apreciar los cadenamientos exactos en los que son alcanzadas las sobreelevaciones y ampliaciones máximas y estos se calculan en base a los PC y PT.

Tanto en el Manual de Proyecto Geométrico, como en el programa CivilCAD se nombra a las secciones de control como; A, B, C, D, E. Bajo esta nomenclatura, la Sección Transversal “D” corresponde al Principio de Curva y la “B” al inicio de la transición.

Dichas secciones se encuentran ordenadas en el sentido del cadenamamiento del camino, así como la variación de la sobreelevación y la ampliación correspondiente como se muestra en la imagen 4.19.

Pasando de la sección “E”, el orden de las secciones es a la inversa, esto ya que se tiene que regresar a los valores de bombeo del camino cuando termina la curva horizontal, de esta manera la nomenclatura para las secciones sería; E2, D2, C2, B2, A2, correspondiendo el Principio de Tangente a la Sección “D” y la “B” al fin de la transición.

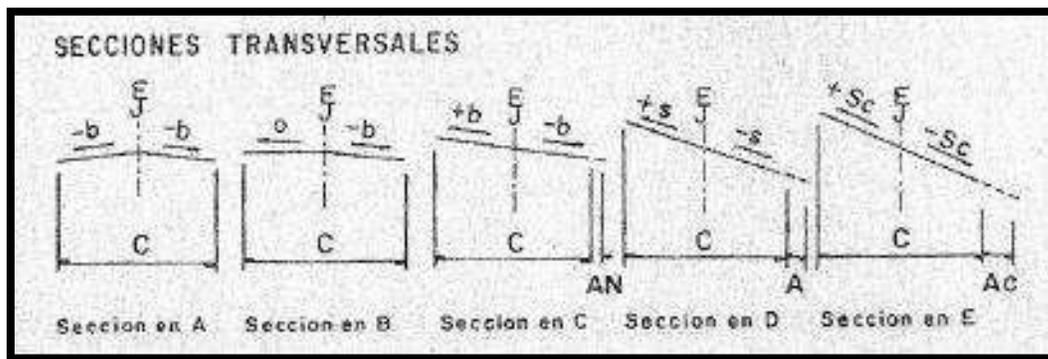


FIG. 4-20 Variación de la sobreelevación y la ampliación en las secciones de control.

Ahora para elaborar el cálculo y encontrar el cadenamamiento de cada una de las secciones mencionadas, es necesario realizar el cálculo del factor N.

$$N = \left(\frac{b}{Sc}\right) Le$$

$$N = \left(\frac{2}{9.8}\right) x 31$$

$$N = 6.33 m.$$

Las fórmulas para obtener cada sección de control son las siguientes:

$$A = B - N$$

$$B = PC - (0.5Le)$$

$$C = B + N$$

$$E = PC + (0.5Le)$$

$$E2 = PT - (0.5Le)$$

$$C2 = B2 - N$$

$$B2 = PT + (0.5Le)$$

$$A2 = B2 + N$$

Ahora sustituyendo primeramente en la ecuación de B.

$$B = (0 + 267.80) - (0.5 \times 31) = (0 + 252.30)$$

Ahora sustituimos en la ecuación de A y C.

$$A = (0 + 252.30) - 6.33 = (0 + 245.97)$$

$$C = (0 + 252.30) + 6.33 = 0 + 258.63$$

Los siguientes puntos a encontrar son E y E2.

$$E = (0 + 267.80) + (0.5 \times 31) = (0 + 283.30)$$

$$E2 = (0 + 307.31) - (0.5 \times 31) = (0 + 291.81)$$

Casi para terminar requerimos del valor de B2.

$$B2 = (0 + 307.31) + (0.5 \times 31) = (0 + 322.81)$$

Y por último los valores de C2 y A2.

$$C2 = (0 + 322.81) - 6.33 = (0 + 316.48)$$

$$A2 = (0 + 322.81) + 6.33 = (0 + 329.14)$$

A continuación se muestra la tabla donde se plasman las sobreelevaciones y ampliaciones correspondientes a cada sección de control.

PUNTO DE CONTROL	KILOMETRAJE	SOBREELEVACIÓN		AMPLIACIÓN		ANCHO DE CARRIL	
		IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA
	0+240.00	-2.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50
A	0+245.97	-2.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50
B	0+252.30	0.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50
C	0+258.63	2.00%	-2.00%	0.00	0.32	3.50	3.82
	0+260.00	2.43%	-2.43%	0.00	0.40	3.50	3.90
D = PC	0+267.80	4.90%	-4.90%	0.00	0.80	3.50	4.30
	0+280.00	8.76%	-8.76%	0.00	1.43	3.50	4.93
E	0+283.30	9.80%	-9.80%	0.00	1.60	3.50	5.10
E2	0+291.81	9.80%	-9.80%	0.00	1.60	3.50	5.10
	0+300.00	7.21%	-7.21%	0.00	1.18	3.50	4.68
D2 = PT	0+307.31	4.90%	-4.90%	0.00	0.80	3.50	4.30
C2	0+316.48	2.00%	-2.00%	0.00	0.33	3.50	3.83
	0+320.00	0.89%	-2.00%	0.00	0.14	3.50	3.64
B2	0+322.81	0.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50
A1	0+329.14	-2.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50
	0+340.00	-2.00%	-2.00%	0.00	0.00	3.50	3.50

TABLA 4-3 Ampliaciones y sobreelevaciones de las secciones de control.

En la actualidad el dibujo de las secciones de construcción es asistido por el programa CivilCAD que sintetiza el trabajo a solamente ordenar las condiciones que deberán tener nuestras secciones, por ejemplo, los espesores de las capas, el ancho de la sección, los taludes de corte y terraplén, además de los correspondientes a las cunetas en corte y si es necesario colocar una capa de despalme de terreno.

Las secciones de control se obtienen de manera automática con el programa al generar las secciones de proyecto después de haber realizado el cálculo de la rasante y las curvas verticales.

A continuación ilustramos el procedimiento para obtener las secciones de construcción del camino haciendo uso del programa. Para esto se requiere tener proyectada la rasante con sus curvas verticales correspondientes.

Para seleccionar el comando es necesario ir a la ventana de CivilCAD, seleccionar Altimetría, posteriormente “Secciones” y por último “Procesar Eje”.

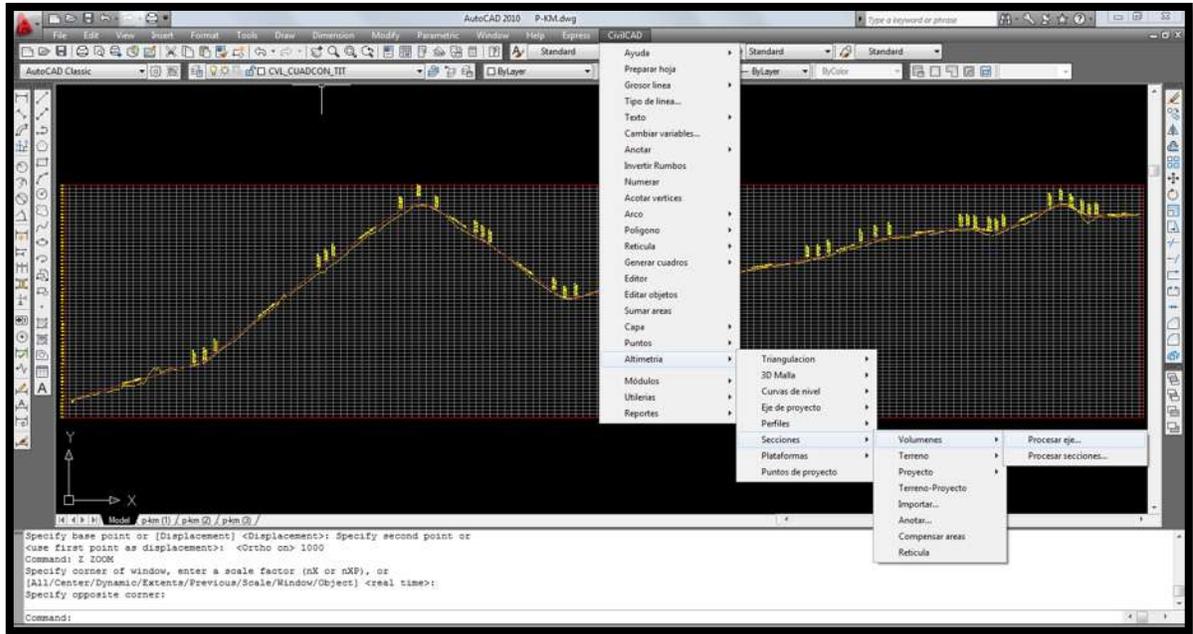


FIG. 4-21 Seleccionamos “Procesar Eje”.

Al seleccionar “Procesar Eje” se presenta la siguiente pantalla:

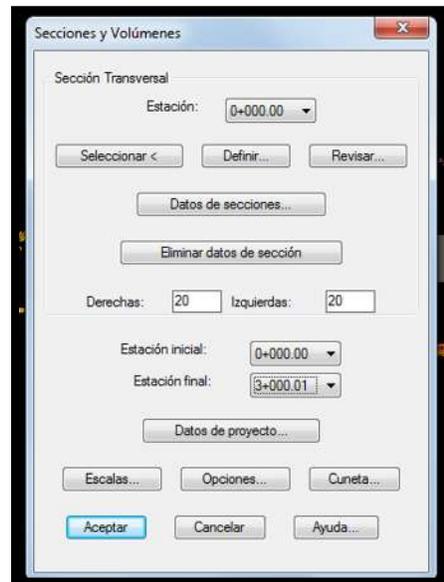


FIG. 4-22 Menú que aparece al seleccionar “Procesar Eje”.

En el menú Secciones y Volúmenes el programa nos permite seleccionar los parámetros para el dibujo de las secciones transversales, tales como el ancho de calzada, el bombeo, los taludes de corte y terraplén, el talud de cunetas y los espesores de las capas del pavimento haciendo uso de las opciones que se presentan en cada menú como se muestra en las siguientes figuras.

Primero damos clic en el botón de Definir, presentándose la siguiente pantalla que nos permite editar el dibujo de la sección tipo.

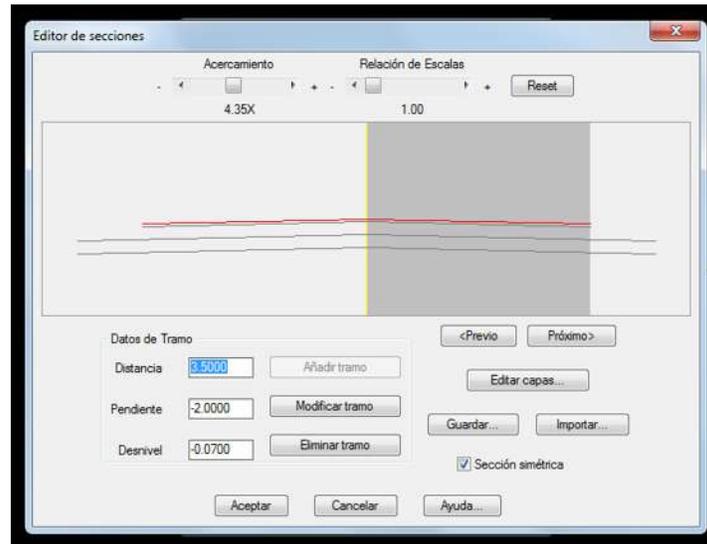


FIG. 4-23 Menú “Editor de secciones”.

En la pantalla de “Editor de secciones” se plasman los valores correspondientes a los anchos de carril y la pendiente que lleva la sección por bombeo.

Una vez definida la sección transversal, procedemos a seleccionar el botón “Datos de sección”, y se despliega la siguiente pantalla, la cual permite anotar los espesores de la capa de despalme en corte y terraplén, así como el factor de abundamiento del terreno natural.



FIG. 4-24 Menú "Datos de Sección".

Dentro de la pantalla de datos de sección, seleccionamos el botón "Indicar relación H:V" el cual nos permite establecer los valores de los taludes en corte y terraplén para las secciones los cuales son resultado de un análisis de estabilidad de taludes. En este caso, solo para ejemplificar el proceso, usaremos el talud en corte de 0.5 a 1 y en terraplén de 1.5 a 1.



FIG. 4-25 Menú de Talud que aparece al seleccionar el botón "Indicar relación H:V".

Volviendo a la pantalla principal, seleccionamos el botón de “Opciones”. Se despliega la pantalla siguiente, donde se permite seleccionar los parámetros que deseamos obtener.

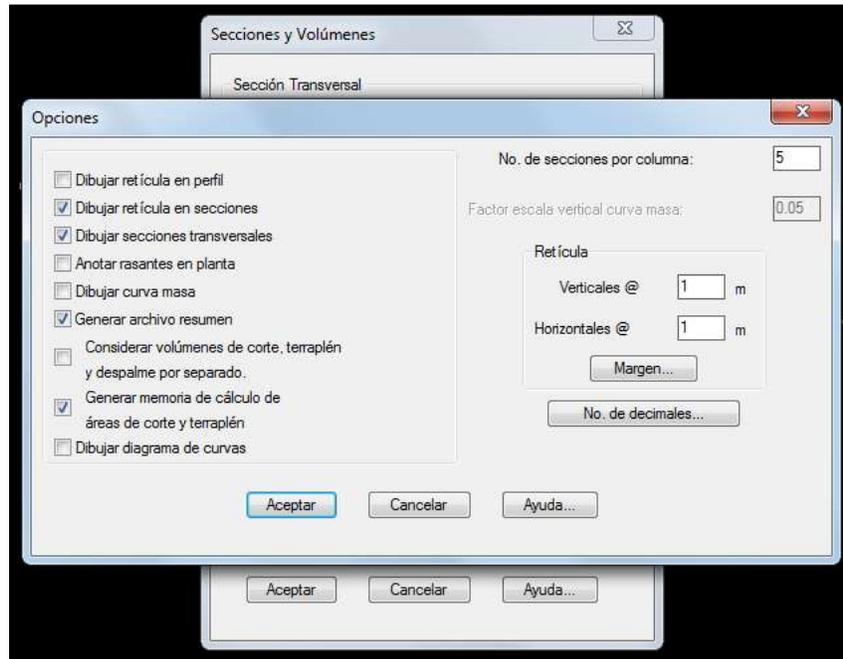


FIG. 4-26 Menú “Opciones”.

Por último, seleccionamos el botón “Cuneta” para definir los parámetros de las cunetas en las secciones que se presentan en corte de terreno. Se presentan en la imagen los valores necesarios para el correcto dibujo de la cuneta en las secciones.

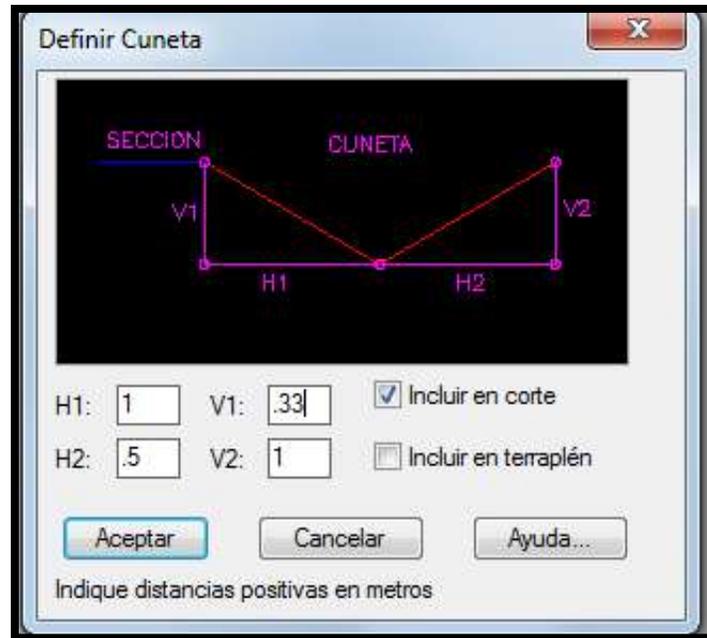


FIG. 4-27 Menú que permite definir los valores necesarios para la colocación de cunetas en corte.

Se presenta a continuación la comparativa de las secciones de control que arroja el programa contra las calculadas de manera manual. Cabe mencionar, que las secciones transversales correspondientes al PC y PT no las genera el programa en automático, únicamente marca el cadenamiento asignado en el eje de trazo.

SECCIÓN DE CONTROL	CALCULO MANUAL	CALCULO CIVILCAD
A	0+245.97	0+245.98
B	0+252.30	0+252.32
C	0+258.63	0+258.64
D	0+267.80	0+267.81
E	0+283.30	0+283.31
E2	0+291.81	0+291.82
D2	0+307.31	0+307.32
C2	0+316.48	0+316.49
B2	0+322.81	0+322.82
A2	0+329.14	0+329.15

TABLA 4-4 Comparativa de resultados de las secciones de control mediante el cálculo manual y cálculo del programa.

Si se requiere obtener una sección transversal que no se presente en la tira que de secciones que dibuja el programa automáticamente, que son las de estaciones cerradas a cada 20 metros, por la razón que se requiera, se puede generar la

sección de terreno natural haciendo uso del programa CivilCAD, pero el dibujo de las capas y el cálculo de áreas deberá realizarlo el proyectista.

A continuación mostraremos el procedimiento para marcar una estación sobre el eje y que se dibuje automáticamente con el resto de las secciones.

Suponemos que por necesidad del proyectista es necesario obtener la sección en el cadenamiento 0+267.81, sección correspondiente al PC.

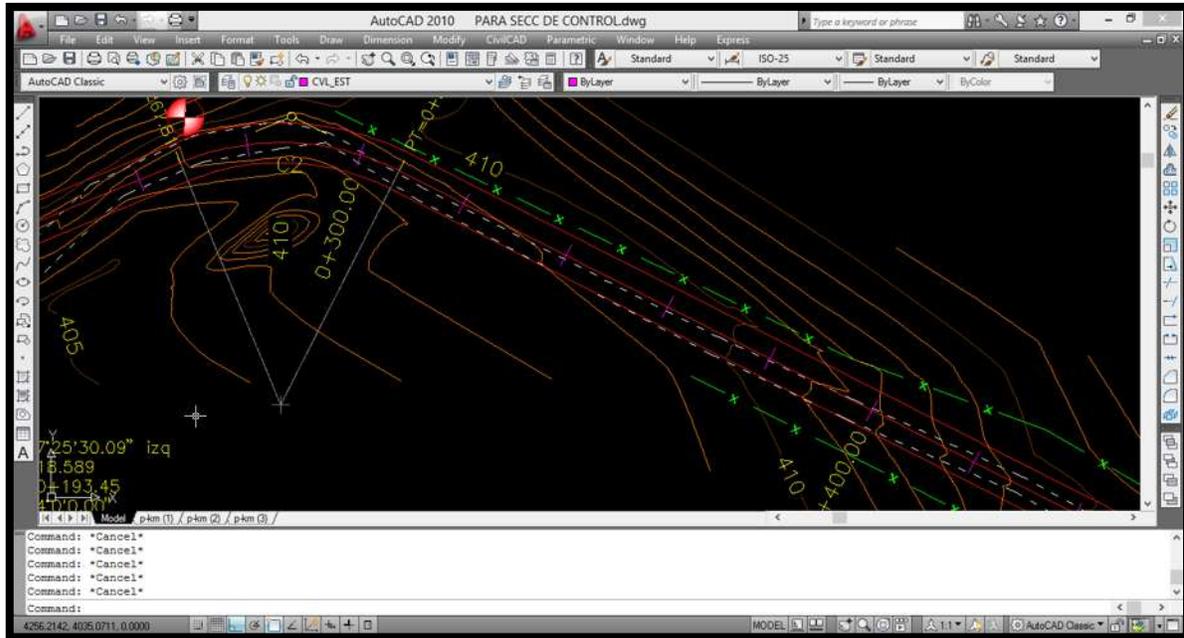


FIG. 4-28 Eje del camino.

Primero debemos marcar la estación que necesitamos en el eje de proyecto, para que al generar las demás secciones, también se genere sección que requerimos. El procedimiento en el programa es el siguiente.

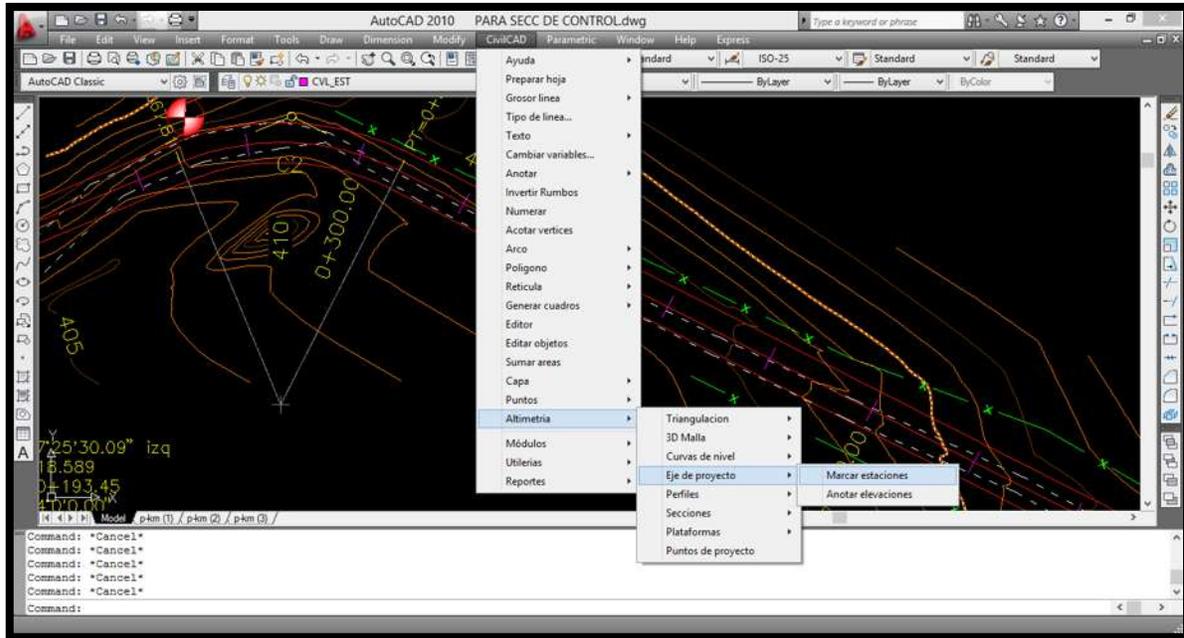


FIG. 4-29 Seleccionamos "Marcar estaciones".

Al seleccionar "Marcar estaciones", el programa nos solicita dar clic en el eje del proyecto, al momento aparecen en la barra de comandos las opciones que nos da el programa.

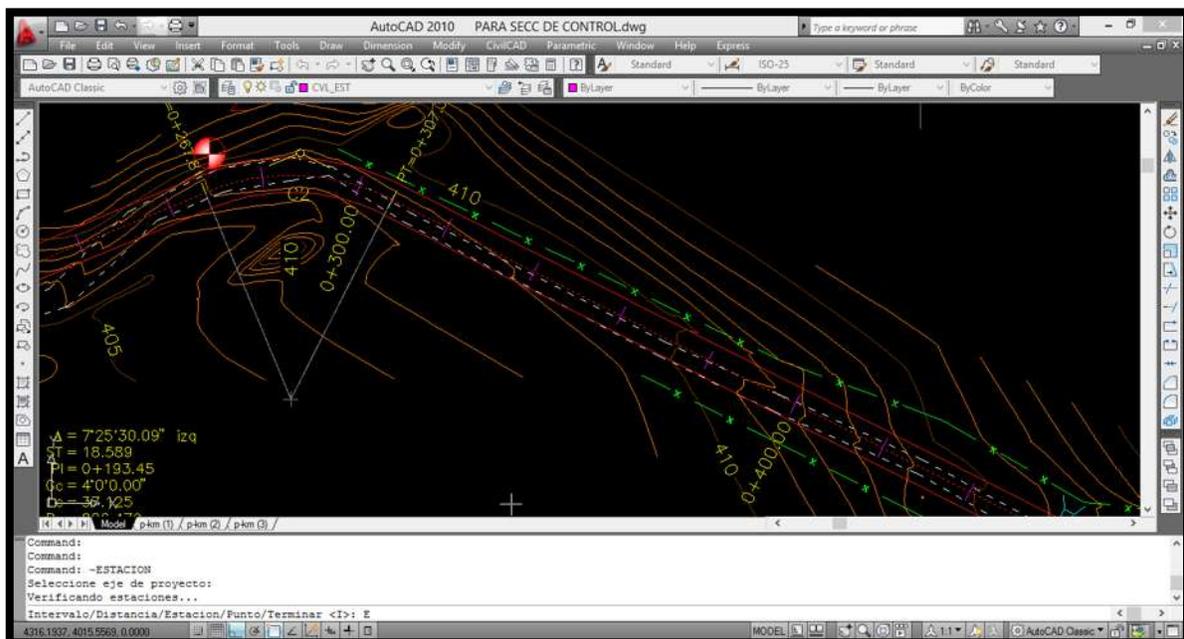


FIG. 4-30 Se observa en la barra de comandos la opción "Estación".

Teclamos la letra “E” y damos enter. En ese momento en la barra de comandos se nos solicita anotar la estación que deseamos marcar. Anotamos 0+267.81 y damos enter.

Al momento de apretar Enter, el programa marca la estación 0+267.81 en el eje.

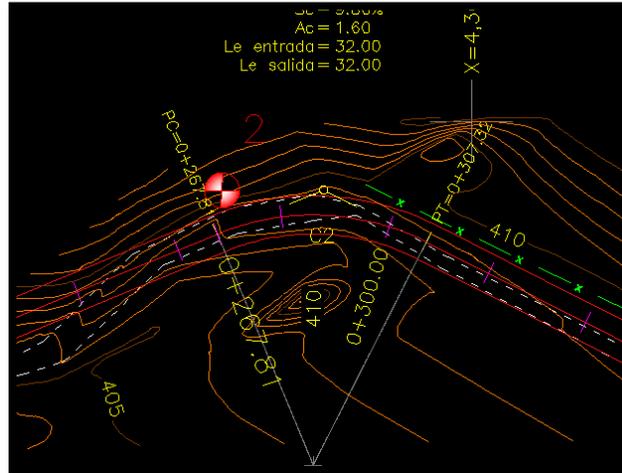


FIG. 4-31 Se muestra marcada la estación 0+267.81 con un tamaño de texto mayor.

El siguiente paso es generar, como se explicó anteriormente, las secciones transversales de acuerdo a las características del proyecto. De esta manera nos damos cuenta que el programa nos permite trabajar sobre las necesidades que se presenten en cuanto a las secciones transversales del camino.

A continuación se muestra como se presenta el dibujo de una sección transversal con apoyo del programa CivilCAD, donde en cada sección se ubica el Centro de Línea (CL), las áreas correspondientes a cada concepto de obra, el terreno natural y la rasante de proyecto, así como sus respectivos offset y elevaciones.



FIG. 4-32 Sección transversal generada por el programa CivilCAD.

El programa realiza el cálculo de las áreas en la sección transversal, tanto de los cortes o terraplenes, como de las capas del pavimento para poder obtener un volumen de obra y con esto se pueda generar un presupuesto.

Existe una capa superior sobre el terreno natural a la cual se le llama “despalme” y corresponde a la capa vegetal del terreno (generalmente de 20 cm de espesor), misma que se supone que existe únicamente en las zonas donde no se presente ningún tratamiento anterior, ya sea por un revestimiento del camino o por el paso de los vehículos. Se considera que la capa vegetal ocasionara problemas a la estructura del pavimento debido a su comportamiento natural.

Al tratarse de la modernización de un camino, dicho concepto únicamente debe considerarse en las zonas donde se presente el terreno natural intacto, es decir, sin el paso de los vehículos, por lo tanto, en el dibujo de las secciones transversales, se debe considerar la modificación de las áreas, tanto de despalme, como de corte y terraplén para considerarlo en los volúmenes finales de la obra.

A continuación presentamos como ejemplo una sección de construcción generada en automático por el programa, considerando la capa de despalme en todo el ancho de la sección de proyecto, con todas sus áreas correspondientes.

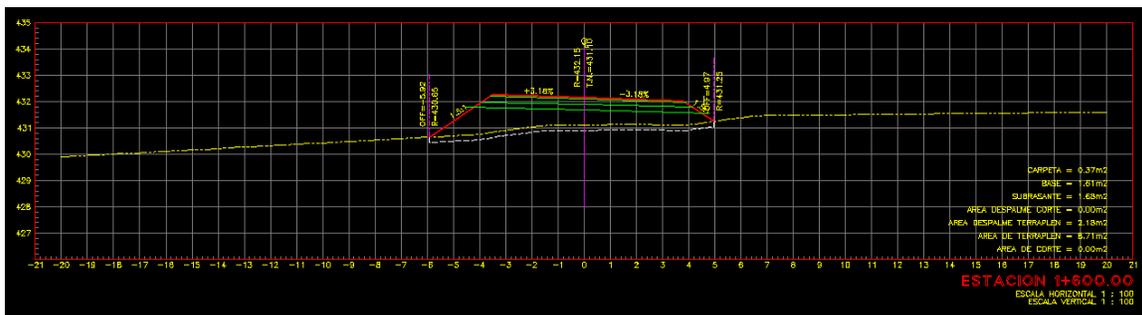


FIG. 4-33 Sección transversal con capa de despalme en todo el ancho de sección.

Partiendo del concepto explicado anteriormente, se debe retirar del dibujo de la sección la capa de despalme en donde se sabe, existe el paso constante de los vehículos (brecha). Al modificar el dibujo de la sección, se alteran las áreas que se habían generado automáticamente, siendo tarea del proyectista corregirlas haciendo uso de los comandos presentes en AutoCAD.

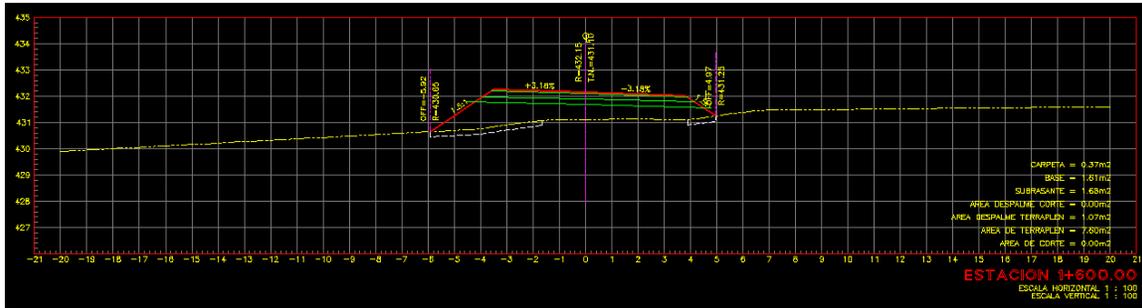


FIG. 4-34 Corrección de capa de despalme.

Una vez corregidas todas las áreas en dibujo correspondientes al despalme, corte y terraplén del camino, debemos modificarlas también en el archivo de volúmenes de obra que genera el programa, en el cual vienen anotadas las áreas de las capas que presentan las secciones en automático. Los volúmenes obtenidos serán la base para la elaboración del presupuesto final de la obra.

El siguiente paso será la elaboración de los planos, asistidos por la plataforma de AutoCAD, para cumplir los requisitos que marca la Normativa en cuanto a la presentación de resultados para el Estudio Topográfico y el Proyecto Geométrico.

En nuestro caso, se presenta el Proyecto Geométrico a través de Planos KM, cumpliendo las características solicitadas en la Normativa SCT. Los planos definitivos se presentan en el anexo **“PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO GEOMÉTRICO”**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

141

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) es la encargada de regular y coordinar la elaboración de proyectos ejecutivos de caminos, implementando las Normas necesarias que garanticen que dichos proyectos sean presentados de manera correcta tanto en el aspecto administrativo, como en las condiciones técnicas correspondientes a las características geométricas de los caminos.

Respecto a la Normativa analizada en el presente trabajo, pudimos observar que no se trata de una norma limitativa, al contrario, se menciona que para la elaboración de los estudios mencionados, la mayoría de las ocasiones será necesario acatar, además de la Normativa SCT, lo convenido en los términos de referencia relativos al trabajo solicitado.

Como parte del avance social tenemos a la tecnología presente en cada etapa del desarrollo profesional, en nuestro caso, encontramos el uso de la Estación Total y el GPS Topográfico como herramientas que simplifican el trabajo de un estudio topográfico, tanto en campo, como en gabinete. Además sabemos que se trata de aparatos cuyo uso es sencillo si se tienen los conocimientos básicos de la topografía perfectamente claros.

En cuanto a la elaboración del proyecto geométrico, se utilizó como herramienta tecnológica el programa CivilCAD, el cual está programado usando los lineamientos publicados en las Normas de Servicios Técnicos de la SCT, situación que nos permitió trabajar de manera más eficiente y eficaz. En el presente trabajo se comprobó la veracidad de resultados arrojados por el programa para el cálculo de los aspectos más importantes del proyecto geométrico comparándolo con los resultados del cálculo manual, ya que siempre que nos apoyemos de algún software para cualquier estudio debemos comprobar que los resultados que arroja sean totalmente confiables.

Actualmente se cuenta con mucha tecnología al alcance de todo mundo, sin embargo, debemos tener en cuenta que todos los programas y aparatos trabajan a partir de los datos que nosotros ingresamos para realizar el trabajo deseado, y es obligación de nosotros como proyectistas, a partir de nuestro conocimiento, cerciorarnos de que el aparato o programa funciona correctamente.

Debemos tener en cuenta que el uso de las normas nos garantizará seguridad, calidad y confort en las obras y proyectos que realicemos, utilizando los valores presentados en la Norma, sin embargo, es posible modificar dichos valores, a criterio del proyectista, siempre y cuando sea para aumentar los estándares mencionados anteriormente.

La modernización de los caminos permite el desarrollo social inmediato a las poblaciones que carecen de servicios de comunicación y transporte ya que les otorga la posibilidad de tener acceso de manera más rápida y segura a centros urbanos o cabeceras municipales, donde se pueden encontrar mejores servicios tanto de salud como de educación, además de una mejor comercialización de sus productos y/o materia prima.

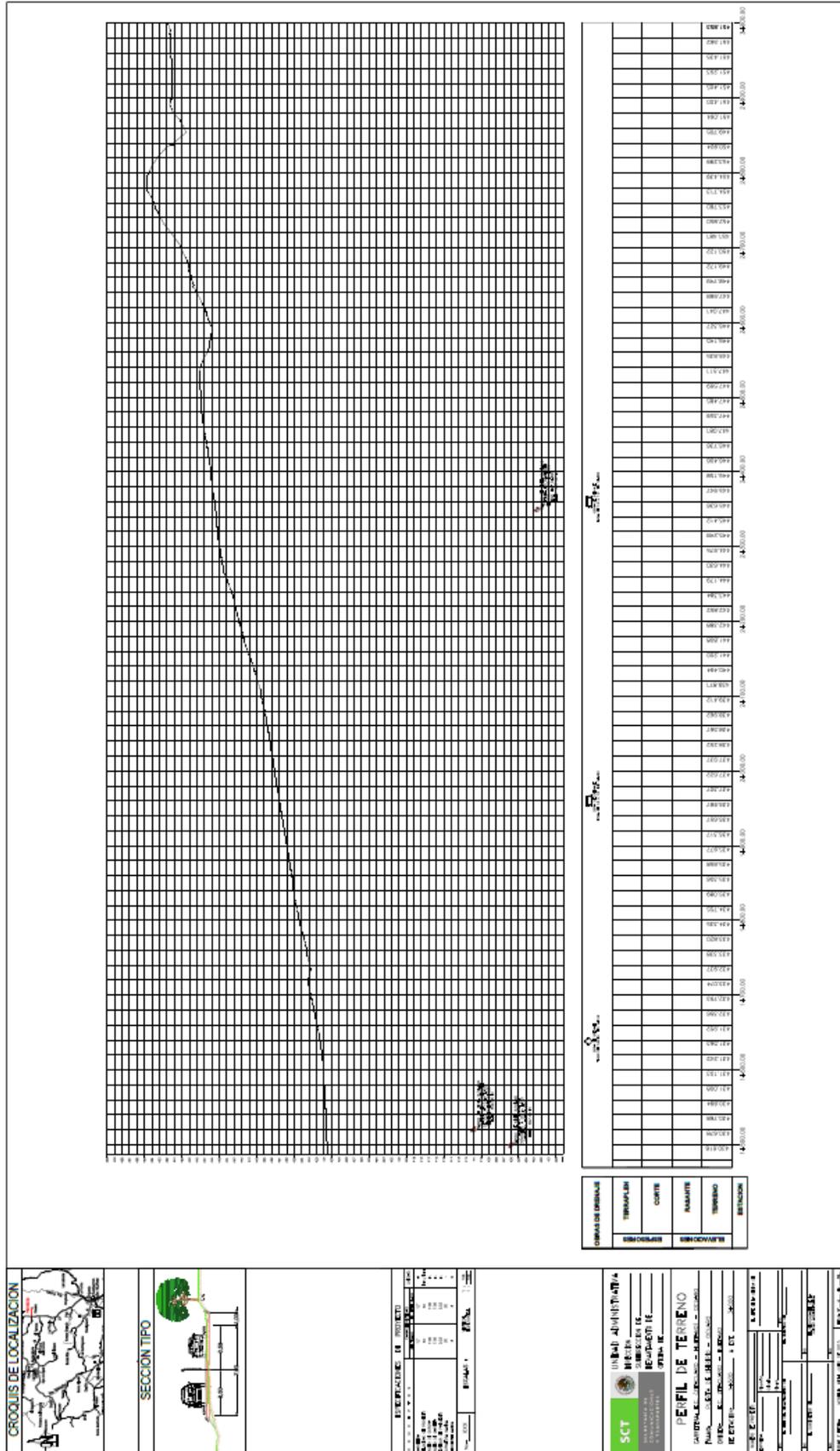
BIBLIOGRAFIA

144

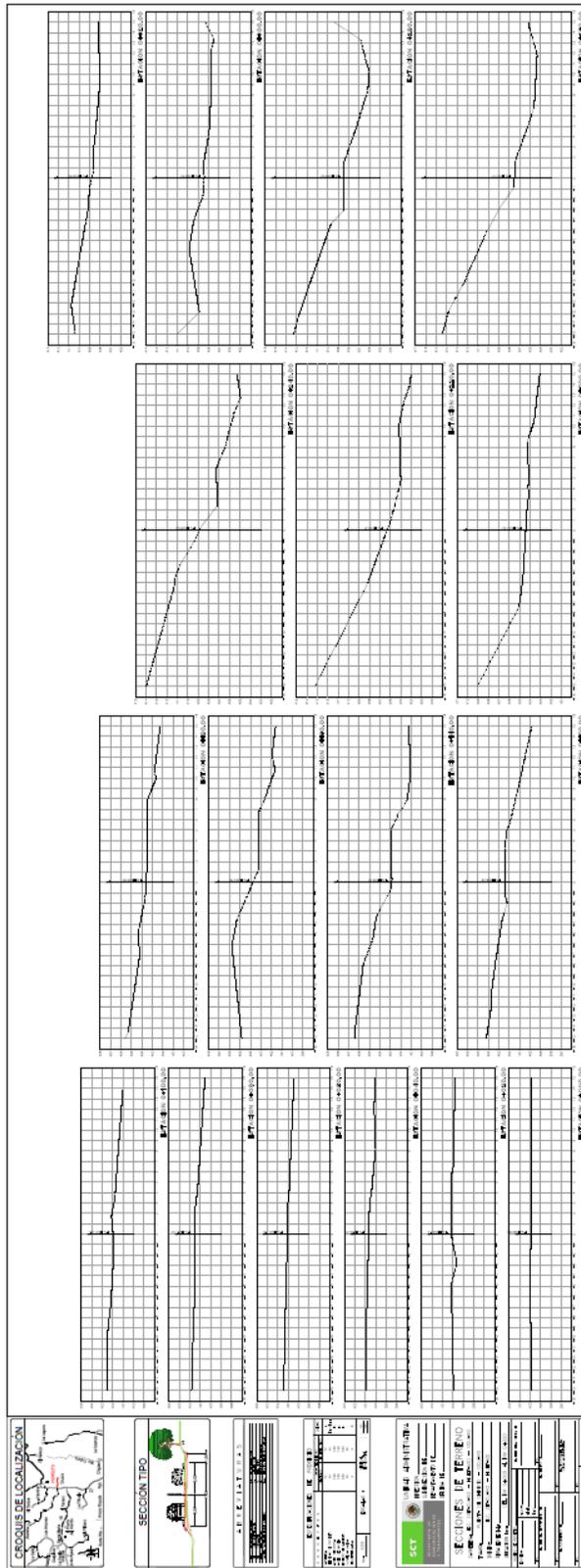
6. BIBLIOGRAFIA

- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México, 1991.
- Normas de Servicios Técnicos, Proyectos Geométricos, Carreteras, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México, 1984.
- Normativa vigente para la Infraestructura del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- Montes de Oca, Miguel. Topografía (México, Ed. Alfaomega, 1989).
- García Márquez, Fernando, Curso Básico de Topografía (México, Ed. Pax México, 2003).
- Manual de Operación de Estación Total Sokkia SET650x.
- Pérez Alcalá, Luis Manuel, “Proyecto Geométrico para la Modernización de la Carretera Zamora – Briseñas, Tramo Zamora – T. Rinconada del km 5+200 al km 6+200”, Morelia, Mich, 2007.
- Martínez García, Christian Carlos, “Proyecto Geométrico de la carretera Zacatecas – Aguascalientes por el método electrónico de la SCT km 604+600 al 611+000, Origen Zacatecas, Zac.”, México, D.F., 2006.
- Navarro Hudiel, Sergio, “Manual de Topografía – Planimetría”, 2008, Disponible en: sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf
- Sitio de Internet del Instituto Mexicano del Transporte (www.imt.mx)
- Sitio de Internet de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (www.sct.gob.mx)
- Sitio de Internet Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/)

**ANEXOS: “PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE
ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y PROYECTO
GEOMÉTRICO”**



PLANO DE SECCIONES DE TERRENO NATURAL



PLANO DE SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

