



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

TRAZO DE UN SISTEMA CARRETERO TIPO “D” Y “E”
(TERRACERÍAS).

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ

Asesor: OMAR ULISES MORALES DÁVILA

Fecha: JUNIO DE 2015

Santa Cruz Acatlán, Estado de México



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Ha llegado un momento que parecía muy lejano, lleno de mucho esfuerzo, no solo mío sino de las personas que siempre han estado a mi lado y que sin cada uno de ellos este gran logro no habría sido posible. Es por ello que quiero hacerles saber a cada una de esas personas cuan agradecido estoy y que este gran logro no es personal sino pertenece a cada uno de ellos.

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A ti abuelita Yolanda (Q.E.P.D), te agradezco por todo ese cariño que me diste a lo largo de mi vida, gracias por tantas y tantas oraciones que hiciste por mí y aunque hoy en día ya no te encuentres con nosotros en cuerpo sé que en donde quiera que estés nos cuidas y continuas llenándonos de tus bendiciones, mil gracias abuelita.

A mis padres Pedro Laurel y Rosalba Vélez, que han dado hasta lo imposible para que yo tenga lo mejor, gracias por todo este gran legado, por todos sus consejos, regaños pero sobre todo por todo ese amor que han tenido hacia mí, tratare de seguir su ejemplo de ser un hombre de bien y toda mi vida estaré eternamente agradecido por todo lo que han y seguirán haciendo por mí.

A mis hermanos Geovani Laurel e Irving Laurel por todo su cariño, apoyo, consejos y por el simple hecho de compartir su vida a mi lado, gracias por crecer junto a mí y compartir conmigo todas esas experiencias que nos han hecho crecer, gracias por esos consejos que solo un hermano sabe dar.

A mis familiares, gracias por que muchos de ustedes han sido un pilar en mi vida, porque cuando los necesito siempre están presentes y sé que siempre contare con cada uno de ustedes, gracias por toda su ayuda y apoyo.

A mis profesores por compartir todo su conocimiento y transmitírmelo de forma clara, sencilla y práctica, por compartir sus experiencias tanto de la vida como de su carrera profesional y por ser grandes profesionistas.

A mis amigos, gracias por brindarme su amistad incondicional y comprensión en los momentos difíciles, gracias por formar parte de mi vida y aparecer en el momento y lugar preciso para tener el honor de haberlos conocido, les agradezco a cada uno de ustedes por esa amistad que prosperara cada vez más.

A mis Síndos por tomarse el tiempo de evaluar mi trabajo y formar parte de mi carrera profesional.

Dr. Raúl Pineda Olmedo

Ing. Rafael Santin Morales

Arq. Oscar Octavio Ávila Vázquez

Mtro. Pablo Iván Angeles Guzmán

De manera muy especial a mi director de este trabajo.

Ing. Omar Ulises Morales Dávila

Pero no puedo dejar pasar a quien hoy me dio todo sin recibir nada a cambio a mi segunda casa.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Porque siempre en donde me encuentre seré orgullosamente UNAM, gracias por ser una parte de mí.

Siempre llevare tu lema cumpliéndolo con honor.

“Por mi raza hablará el espíritu”

GRACIAS



Índice

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	4

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO.

Objetivo: Clasificar los distintos tipos de carreteras, así como también hacer los estudios de planeación necesarios para definir el tipo de carretera.

Temas:

Antecedentes históricos.....	6
Conceptos.....	6
Clasificación de las carreteras.....	13
Por su transitabilidad.....	13
Clasificación administrativa.....	13
Clasificación oficial de la Secretaria de Caminos y Transportes (SCT).....	13
Planeación.....	15
Criterios de evaluación de proyectos.....	15
Estudios de volúmenes de transito.....	16
Efectos del tránsito en carreteras.....	16
Clasificación de vehículos.....	17
Vehículo de proyecto.....	20
Proyección del tránsito a futuro.....	21

Unidad 2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE CAMPO (Método Tradicional).

Objetivo: Elegir los procedimientos topográficos adecuados para la selección de la ruta de una carretera, además desarrollar cada uno de los trabajos de campo, cálculo y dibujo que se requieren para obtener el plano topográfico que servirá de apoyo en el proyecto del eje definitivo.

Temas:

Selección de rutas.....	24
-------------------------	----

Recopilación de datos.....	24
Reconocimiento en gabinete.....	25
Brigada de localización.....	26

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO.

Objetivo: Proyectar y calcular los elementos necesarios para una carretera.

Temas:

Elementos que lo integran.....	28
Línea a pelo de tierra.....	29
Proyecto de tangentes horizontales.....	30
Curvas circulares simples.....	33
Cálculo de elementos geométricos.....	33
Proyecto horizontal.....	PLANO 001

Unidad 4. PROYECTO DE SUBRASANTE.

Objetivo: Proyectar y calcular el alineamiento vertical de una carretera hasta la altura de la subrasante.

Temas:

Elementos que lo integran.....	45
Longitud crítica de tangentes verticales.....	49
Longitud de curva vertical.....	49
Cálculo de curvas verticales.....	50
Proyecto vertical.....	PLANO 002

Unidad 5. PROYECTO TRANSVERSAL.

Objetivo: Realizar un proyecto de la sección transversal que tendrá una carretera.

Temas:

Elementos que lo integran.....	52
--------------------------------	----

Áreas que integran las secciones en corte y terraplén.....	53
Determinación de áreas por coordenadas cartesianas.....	54
Secciones en curva.....	54
Proyecto de secciones.....	PLANO 003 - PLANO 012
Detalles de bombeo y ampliación en curvas.....	PLANO 013

Unidad 6. MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.

Objetivo: Obtener las coordenadas de la curva masa para calcular los volúmenes de tierra.

Temas:

Curva masa.....	57
Registro y cálculo de las coordenadas de la curva masa.....	58
Cálculo de curva masa.....	PLANO 014 – PLANO 015

Conclusiones.....	59
--------------------------	-----------

Fuentes de información.....	60
------------------------------------	-----------

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño del trazo geométrico de una carretera es vital para el buen funcionamiento de la misma, se deben de tomar en cuenta todos los aspectos y analizarlos minuciosamente para así lograr un sistema carretero eficiente, para determinar la ruta optima en cuanto al costo de la obra, el tiempo de recorrido, el aprovechamiento de todos los recursos y comunicar a la mayor cantidad de poblaciones posibles. En el cual la planeación debe ser un proceso arduo y se deben considerar todos los elementos necesarios para una adecuada planeación. Se debe respetar la normativa correspondiente para así poder asegurar el buen funcionamiento de la carretera. Se lleva a cabo el diseño del trazo geométrico de una carretera tipo “D” (terracería) sobre un terreno montañoso, para así poder facilitar futuros proyectos con fines similares.

OBJETIVO GENERAL

Planear y diseñar la metodología, a través de un ejemplo, para el trazo de un sistema carretero Tipo “D” y “E” (Terracerías) sobre un terreno montañoso.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo pretende por medio de un proyecto facilitar el diseño del trazo geométrico de un sistema carretero conforme a las normas vigentes de Secretaria de Caminos y Transportes, considerando algunos criterios de utilidad, el presente trabajo se justifica por lo siguiente:

Conveniencia: Se pretende que los resultados obtenidos en el proyecto ofrezcan orientación para el diseño de sistemas carreteros en México.

Relevancia Social: El proyecto en sí está enfocado hacia la sociedad ya que se pretende con el fin de incorporar a todos aquellos grupos de población que viven marginados por medio de una carretera y/o comunicación entre zonas con una riqueza potencial, zonas aptas para la agricultura, yacimientos mineros, zonas ganaderas, literales con riqueza pesquera, etcétera.

Implicaciones prácticas: Se pretende aportar recomendaciones para la mejora de los sistemas carreteros por medio de un buen diseño del trazo geométrico de una carretera.

Utilidad metodológica: En el proyecto se define de manera sencilla y clara cada paso de como planear y diseñar el trazo geométrico de un sistema carretero con lo cual se pretende facilitar proyectos de este tipo.

Viabilidad: Con esto se pretende reducir las afectaciones que se puedan presentar por un diseño inadecuado y así evitar los gastos producidos por estas afectaciones. Como lo es un bombeo o pendientes inadecuadas, tangentes de longitud inadecuada conforme a las normas, así como una determinación errónea del Transito Promedio Diario Anual (TPDA), etcétera.

UNIDAD 1 “ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRÁNSITO”.

OBJETIVO

Clasificar los distintos tipos de carreteras, así como también hacer los estudios de planeación necesarios para definir el tipo de carretera.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Por necesidad los primeros caminos fueron simples veredas formadas por el pie del hombre en su diario recorrido al río a al manantial; después cuando el hombre aprendió a emplear a los animales para transportar mercancías, nacieron las rutas de las caravanas y los caminos para el comercio; mas adelante con el uso de las carreteras hubo necesidad de mejorar esos caminos para adoptarlos a los vehículos de ruedas y tracción animal y cuando aparece el ligero vehículo de pasajeros tirado por numerosos caballos sufren nuevas modificaciones, acercándose así al camino actual.

CONCEPTOS

Camino

Tierra compactada y preparada de cierto modo por donde se transita para ir de un sitio a otro es la adaptación o formación de una franja sobre la superficie terrestre que lleve las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente que permitan el rodamiento adecuado de los vehículos que deberán transitar por ella.

Para coincidir con el acondicionamiento de dicha franja y todas las irregularidades que presente la capa terrestre es necesario modificar la topografía en la superficie de dicha franja por medio de excavaciones y rellenos principalmente.

Carretera

Consta de una franja central llamada calzada, la cual se destina al tránsito de vehículos y de dos fajas laterales más estrechas denominadas acotamientos destinadas al tránsito de peatones y bestias de carga y que a su vez se utilizan para depositar los materiales de conservación; el conjunto de estas fajas recibe el nombre de corona.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

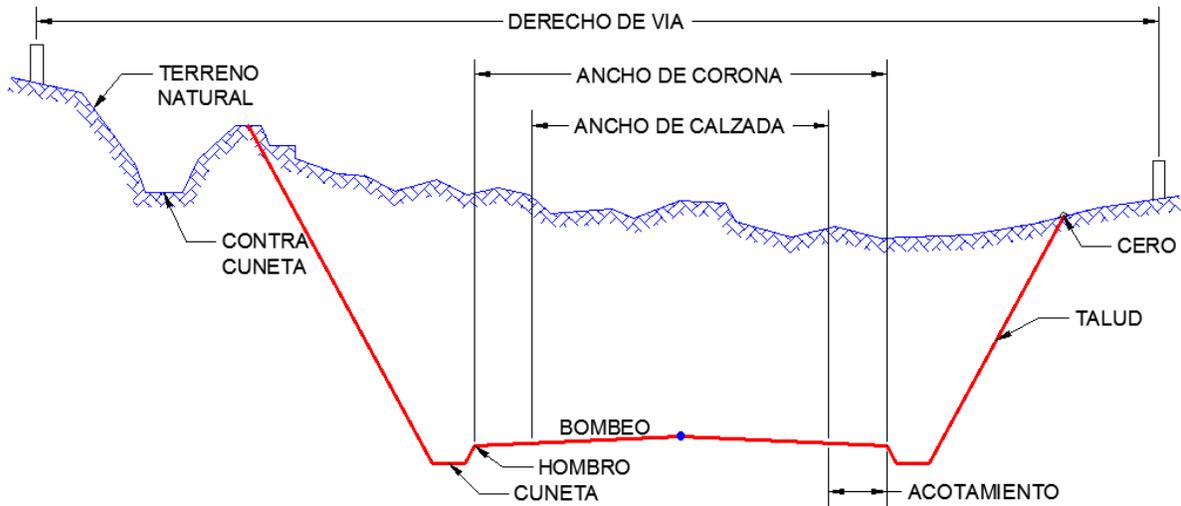


FIGURA 1

Acotamiento

Franja 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 la faja separadora.



FIGURA 2

Alineamiento horizontal

Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.

Alineamiento vertical

Proyección del desarrollo del eje de la carretera sobre un plano vertical.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Ampliación en curva

Incremento al ancho de corona y de calzada en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.

Sobre elevación

Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar paralelamente el efecto de la fuerza centrífuga.

Banqueta

Franja destinada a la circulación de peatones.

Bombeo

Pendiente trasversal descendiente de la corona a partir de su eje y hacia ambos lados en tangente horizontal.

Bordillo

Elemento que se construye sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.



FIGURA 3

Calzada

Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

Carril

Es la franja de ancho suficiente utilizada para la circulación de una hilera de vehículos.



FIGURA 4

Cero

En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o de corte o de terreno natural.

Contracuneta

Canal que se ubica en la parte superior de la línea de cero de los cortes para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y evitar que el agua fluya a los taludes.

Corona

Superficie terminada de una carretera comprendida entre sus hombros.

Cuneta

Canal que se ubica en los cortes en uno o ambos lados de la corona contigua a la línea de hombros y sirve para drenar el agua que escurre por la corona o el talud.

Curva circular horizontal

Arco de circunferencia de alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas.

Curva espiral de transición

Curva de alineamiento horizontal que liga una tangente con una curva circular, cuyo radio varía en forma continúa desde el infinito para la tangente hasta el de la curva circular.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Curva vertical

Arco de parábola del eje vertical que une dos tangentes de alineamiento vertical.

Curva vertical en columpio

Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.

Curva vertical en cresta

Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.

Derecho de vía

Superficie del terreno cuyas dimensiones fija la secretaria y que se requieren para la construcción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación.

Distancia de visibilidad de encuentro

Distancia de seguridad mínima necesaria para en carreteras de un solo carril los conductores de vehículos que circulan en sentido contrario se puedan detener antes de encontrarse.

Distancia de visibilidad de parada

Distancia de seguridad mínima para que un conductor que transita a la velocidad de marcha sobre un 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 pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y que se haga visible al iniciarse la maniobra.

Normas para proyecto geométrico

Disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que la secretaria fija o dicta para la elaboración de los proyectos geométricos.

Franja separadora central

Es la zona que se dispone para que los vehículos que circulan en un sentido no invadan los carriles en sentido contrario.

Grado de curvatura

Angulo subtendido por un arco de circunferencia de 20m de longitud.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Grado máximo de curvatura

Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobre elevación 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.

Hombros

En sección transversal punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por esta 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. Normalmente son 20 años.

Lavadero

Obra complementaria de drenaje que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.

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 existe entre dos puntos a tratar.

$$Pendiente = \frac{Desnivel}{Distancia}$$

Pendiente gobernadora

Es la pendiente que técnicamente puede darse a las tangentes verticales en 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.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Pendiente mínima

Es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener en los tramos en corte para el buen funcionamiento del drenaje de la corona y las cunetas.

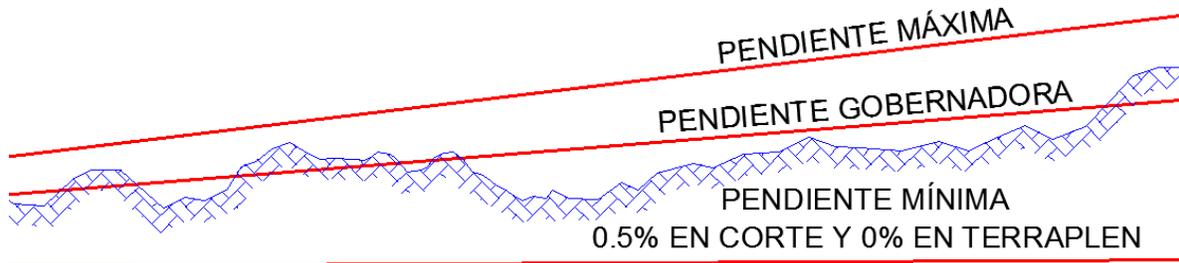


FIGURA 5

Rasante

Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

Subrasante

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

Sección transversal

Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.

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.

Transito promedio diario anual (TPDA)

Número de vehículos que pasan por un lugar durante un año dividido entre el número de días del año.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

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 pueden circular con seguridad sobre un tramo de carreteras y el cual se utiliza para su diseño geométrico.

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

POR SU TRANSITABILIDAD

Corresponde a las etapas de construcción de la carretera y se dividen en;

- a) Terracerías. Cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante, transitable en tiempo de secas.
- b) Revestidas. Cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- c) Pavimentado. Cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

CLASIFICACIÓN ADMINISTRATIVA

- a) Federales. Cuando son costeadas por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
- b) Estatales. Cuando son construidas por el sistema de cooperación a razón del 50% aportado por el estado donde se construyen y el 50% restante por la federación.
- c) Vecinales o Rurales. Cuando son construidos con la colaboración de los vecinos beneficiados pagando estos una tercera parte de su valor, una tercera parte lo aporta la federación y el tercio restante el estado.
- d) De cuota. Los cuales quedan a cargo de caminos o puentes federales; siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

CLASIFICACIÓN OFICIAL DE LA SECRETARIA DE CAMINOS Y TRANSPORTES (SCT).

Tipo de Carretera	Transito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)
A	> 3000
B	1500 – 3000
C	500 – 1500
D	100 – 500
E	Hasta 100

TABLA 1

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Carretera Tipo “D” T.P.D.A. 100 - 500

Concepto	Tipo de Terreno		
	Plano	Lomerío	Montañoso
Velocidad de proyecto (km/h)	50 – 70	40 – 60	30 – 40
Grado máximo de curvatura (°)	7.5 – 17	11 – 30	30 – 60
Pendiente gobernadora (%)	-	6	8
Pendiente máxima (%)	6	9	12
Ancho de calzada (m)	6	6	6
Ancho de corona (m)	6	6	6
Ancho de acotamiento (m)	-	-	-
Bombeo (%)	3	3	3
Sobreelevación máxima (%)	10	10	10

TABLA 2

Carretera Tipo “E” T.P.D.A. hasta 100

Concepto	Tipo de Terreno		
	Plano	Lomerío	Montañoso
Velocidad de proyecto (km/h)	50 – 70	40 – 60	30 – 40
Grado máximo de curvatura (°)	7.5 – 17	11 – 30	30 – 60
Pendiente gobernadora (%)	-	7	9
Pendiente máxima (%)	7	10	12
Ancho de calzada (m)	4	4	4
Ancho de corona (m)	4	4	4
Ancho de acotamiento (m)	-	-	-
Bombeo (%)	3	3	3
Sobreelevación máxima (%)	10	10	10

TABLA 3

PLANEACIÓN

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

a) Carreteras de función social

Se construyen con el fin de incorporar a todos aquellos grupos de población que viven marginados.

$$\text{Índice de servicio} = \frac{\text{Costo total de la obra}}{\text{Número de personas beneficiadas}}$$

b) Carreteras de penetración económica

Carreteras que se construyen para abrir una comunicación entre zonas con una riqueza potencial, zonas aptas para la agricultura, yacimientos mineros, zonas ganaderas, literales con riqueza pesquera, etcétera.

$$\text{Índice de productividad}^1 = \frac{\text{Valor de la producción de un año}}{\text{Costo de construcción de la obra vial}} = \sum_{i=1}^n X_i^a P_i / C$$

Dónde:

X_i^a = Volumen de la producción del bien i, en el año a, en la zona servida por la obra vial.

P_i = Precio del bien i.

C = Costo de construcción de la obra vial.

c) Carreteras en zonas de pleno desarrollo

Carreteras que se construyen con el fin de propiciar el desarrollo de zonas que por su ubicación y condiciones particulares son susceptibles para la creación de grandes centros industriales. En estos casos siempre se cuenta ya con vías de comunicación existentes por lo tanto se tienen datos de viabilidad de los mismos.

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\Sigma \text{ de beneficios actualizados}}{\Sigma \text{ de costos actualizados}}$$

$$\text{Índice de rentabilidad}^2 = \frac{B_0 + B_1 \frac{1}{1+a} + B_2 \frac{1}{1+a} 2 + \dots + B_n \frac{1}{1+a} n}{C_0 + C_1 \frac{1}{1+a} + C_2 \frac{1}{1+a} 2 + \dots + C_n \frac{1}{1+a} n}$$

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 5, México 1991.

² Pág. 6 de la obra citada.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Dónde:

B_i = Beneficio total en el año i.

C_i = Costo causado por la obra en el año i.

n = Tasa de actualización, considerada constante en el periodo estudiado.

Es un estudio metódico y exhaustivo de las condiciones físicas, geográficas, sociales, políticas y económicas de una determinada región con el fin de lograr un aprovechamiento óptimo de sus recursos. Los estudios generales de planeación permiten definir las características más sobresalientes de los proyectos y con base en la evaluación económica se determinan los índices de productividad y rentabilidad de las obras, así como el orden de preferencia para su cumplimiento por eso antes de cualquier otro estudio debe hacerse las consideraciones necesarias para determinar si conviene o no construir la carretera; en ello consiste la planeación en la que deberían efectuar numerosos reconocimientos para la selección de rutas o alternativas conforme a propuestas derivadas de evaluaciones preliminares para determinar el costo de las obras.

Se deberán definir las características de la circulación mediante estudios sistemáticos de origen y destino, aforos de tránsito, estudios de velocidad y tiempos de recorrido lo cual nos permitirá definir la capacidad que para soportar la corriente de vehículos deben de tener los distintos tramos, pronosticar la época de congestionamiento y en su caso proponer que se amplíen o modernicen algunas carreteras o bien que se construyan vías alternas; esta tarea nos debe conducir también a estimar los volúmenes de tránsito que en el futuro se presentaran.

Al proyectar una carretera la selección del tipo de esta, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente de la demanda, es decir del volumen del tránsito que circulara en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición. Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, con volúmenes de transito muy inferiores a aquellos que se proyectan o que se presenten problemas de congestionamiento.

ESTUDIOS DE VOLÚMENES DE TRANSITO

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de la carretera se utilizan como fuentes los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, los aforos con muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

EFFECTOS DEL TRÁNSITO EN CARRETERAS

Estudios de origen y destino

Su objetivo primordial es conocer el movimiento del tránsito en cuanto a los puntos de partida y viajes, posteriormente se obtienen datos del comportamiento del tránsito tanto de magnitud y composición como los diferentes tipos de productos que se transportan. El método más apropiado para estudios en carreteras es el de las entrevistas directas ya que se obtienen en forma rápida y

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

eficiente el origen, el destino y puntos intermedios del viaje de cada conductor entrevistado; la de cada uno de estos estudios es variable dependiendo del grado de confianza requerida.

Muestreo de transito

El crecimiento de los volúmenes de tránsito en la red de carreteras así como de la variación de las composiciones del tránsito a conducido a que se fijen estaciones de aforo en toda la red, procurando que estas capten el transito representativo de cada tramo sin influencia apreciable de viajes suburbanos o de itinerarios muy cortos y a su vez registren un tránsito promedio diario, con base al periodo de una semana el cual correlacionado con estaciones maestras dará como resultado un muestreo razonablemente cercano al tránsito promedio diario anual (T.P.D.A.).

El conteo de los vehículos se realiza por medio de estaciones manuales o electrónicas registrándolos estos volúmenes cada hora y clasificándolos entre:

- Ligeros (A)
- Autobuses (B)
- Vehículos Pesados (C)

Estaciones maestras

Con el objeto de complementar tanto los muestreos de transito como el estudio de origen y destino se han instalado en diversos tramos de la red estaciones permanentes provistas de contadores automáticos cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento del tránsito durante todo el año.

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

De acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte (IMT), los vehículos se clasifican atendiendo a su clase, nomenclatura, número de ejes y llantas.

Atendiendo a su clase

CLASE	NOMENCLATURA
AUTOBUS	B
CAMION UNITARIO	C
CAMION REMOLQUE	C – R
TRACTOCAMION ARTICULADO	T – S
TRACTOCAMION DOBLEMENTE ARTICULADO	T – S – R y T – S – S

TABLA 4

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Atendiendo a su nomenclatura, numero de ejes y numero de llantas.

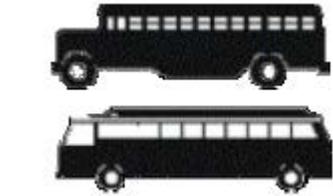
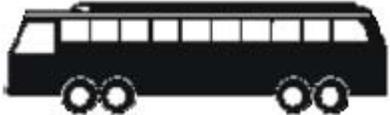
AUTOBUS (B)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 o 10	
B4	4	10	

TABLA 5

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8 o 10	
CAMIÓN REMOLQUE (C - R)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2 – R2	4	14	
C3 – R2	5	18	
C2 – R3	5	18	
C3 – R3	6	22	

TABLA 6

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

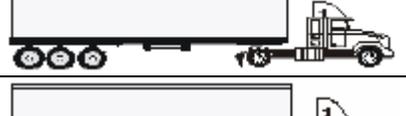
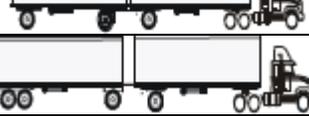
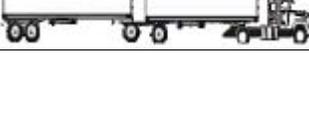
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO (T - S)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2 – S1	3	10	
T2 – S2	4	14	
T2 – S3	5	18	
T3 – S1	4	14	
T3 – S2	5	18	
T3 – S3	6	22	

TABLA 7

TRACTOCAMIÓN SEMIREMOLQUE - REMOLQUE (T – S – R)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2 – S1 – R2	5	18	
T2 – S2 – R2	6	22	
T2 – S1 – R3	6	22	
T3 – S1 – R2	6	22	
T3 – S1 – R3	7	26	
T3 – S2 – R2	7	26	
T3 – S2 – R3	8	30	
T3 – S2 – R4	9	34	
T2 – S2 – S2	6	22	

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

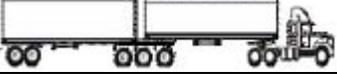
T3 – S2 – S2	7	26	
T3 – S3 – S2	8	30	

TABLA 8

VEHÍCULO DE PROYECTO

El vehículo de proyecto es un automotor seleccionado con las dimensiones y características operacionales usadas para determinar ciertas características del proyecto, tales como ancho de la vía sobre tangentes y curvas, radios de curvatura horizontal y alineamiento vertical.

El método usado para describir el flujo del tránsito en México es de acuerdo a los 9 tipos de vehículos definidos por la SCT.

Basado en el porcentaje de proyecto para ser usados en proyectos de carreteras los cuales son:

DE – 335 → Ap y Ac

DE – 450 → C2

DE – 610 → B, C3

DE – 1220 → T2 – S1, T2 – S2

DE – 1525 → T3 – S2, otros

Donde; DE = Distancia entre ejes

Los automóviles como se representan por DE – 335 casi nunca regulan el proyecto así que la selección del vehículo de proyecto es casi siempre entre el DE – 610, DE – 1220 y el DE – 1525.

En calles locales de áreas puramente residenciales más del 99% del tránsito será automóviles. El vehículo recomendado para proyecto es el DE – 610.

En vías regionales y subregionales el 99% del tránsito puede ser de una clase de proyecto menor que T2 – S1 – R2. Así el vehículo de proyecto apropiado para estas vías es el DE – 1525.

Las vías primarias por definición sirven principalmente al tránsito de paso por lo que se recomienda un vehículo de proyecto igual al DE – 1220.

El uso de vías secundarias varía dependiendo del grado de continuidad ofrecida y su relación con el sistema de vías primarias. Por lo que se recomienda un vehículo de proyecto DE – 610 o De – 1220.

Los vehículos de proyecto especificados en la tabla deben interpretarse como sugerencias, son posibles las variaciones pero deben ser justificadas cuidadosamente basadas en datos sólidos de las características de la flota vehicular que se usa y se espera utilice la vía en cuestión.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

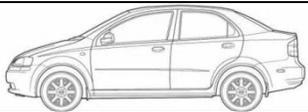
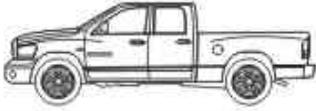
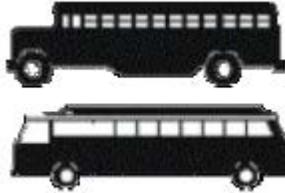
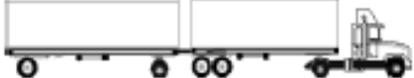
VEHÍCULOS TÍPICOS SEGÚN LA SCT				
TIPOS	NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
AUTOMOVIL	Ap	2	4	
CAMIONETA	Ac	2	4	
AUTOBÚS	B	2	6	
CAMIÓN UNITARIO	C2	2	6	
	C3	3	8 o 10	
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO	T2 – S1	3	10	
	T2 – S2	4	14	
	T3 – S2	5	18	
TRACTOCAMIÓN SEMIREMOLQUE - REMOLQUE	T2 – S2 – R2	6	22	

TABLA 9

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO A FUTURO

Si se trata del mejoramiento de una carretera, sobre ella se podrá realizar el estudio del volumen de transito correspondiente a fin de obtener el transito promedio diario anual (TPDA), proyectarlo a futuro y así obtener el tránsito de diseño. Pero cuando se trata de una carretera nueva tenemos que proceder de una manera diferente:

- a) Por comparación o una carretera en operación en una zona topográfica y económicamente semejante cuyo transito promedio diario anual (TPDA) sea conocido.

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

- b) Método racional que consiste en valorar en forma aproximada la productividad de la región por la que se supone pasara la carretera en estudio y traducir ese valor a un cierto número de vehículos necesarios para mover esa producción.

Es decir en un mapa se marcaran las zonas dedicadas a una actividad determinada (agrícola, ganadera, industrial, etcétera), calculando su área en hectáreas, en seguida se puede consultar una tabla en la que aparezca el rendimiento promedio en tonelada/hectárea/año.

Formulas

$$\begin{aligned}TF &= TA + IT \\TA &= TE + T \text{ inducido} \\IT &= CNT + TD \\CNT &= TE(1 + i)^{n-1}\end{aligned}$$

Dónde:

TF = Tránsito futuro o de proyecto.

TA = Tránsito actual.

IT = Incremento del tránsito.

TE = Tránsito existente.

T inducido = Tránsito inducido (%) entre (5% - 27%)

CNT = Crecimiento normal del tránsito.

TD = Tránsito desarrollado (%).

i = Tasa de crecimiento (%).

n = Horizonte de proyecto.

Ejemplo. Calcular el transito futuro o de proyecto para 30 años.

Datos

Automóviles (Ap) = 120

Camionetas (Ac) = 30

Autobús (B) = 15

Camión Unitario (C3) = 40

Transito existente (TE) = 205 vehículos

Transito desarrollado (TD) = 20%

Transito inducido (T inducido) = 15%

Tasa de crecimiento (i) = 5%

Horizonte de proyecto (n) = 30 años

Unidad 1. ESTUDIOS DE PLANEACIÓN E INGENIERÍA DE TRANSITO

Solución

$$TD = (205) (20\%) = 41 \text{ vehículos}$$

$$CNT = 205 (1 + 5\%)^{30-1} = 844 \text{ vehículos}$$

$$IT = 41 + 844 = 885 \text{ vehículos}$$

$$TA = 205 + 15\%(205) = 236 \text{ vehículos}$$

$$TF = 885 + 236 = 1,121 \text{ vehículos}$$

Conclusión

$$TPDA = 1,121 \text{ vehículos}$$

Carretera tipo "C"

DE – 1225

Reconocimiento

Es el estudio minucioso de una zona que siguiendo la dirección que en general va a tener la carretera uno los puntos obligados obteniéndose consecuentemente una o varias alternativas para el paso de la vía en estudio.

UNIDAD 2 “ESTUDIOS PRELIMINARES DE CAMPO (MÉTODO TRADICIONAL)”

OBJETIVO

Elegir los procedimientos topográficos adecuados para la selección de la ruta de una carretera, además desarrollar cada uno de los trabajos de campo, cálculo y dibujo que se requieren para obtener el plano topográfico que servirá de apoyo en el proyecto del eje definitivo.

SELECCIÓN DE RUTAS

RECOPIACIÓN DE DATOS

Reconocimiento en gabinete.

Se hará una recopilación de mapas, cartas topográficas, etcétera, de la zona en que se piensa quedara la carretera.

En estas cartas se marcaran los puntos principales como por ejemplo:

- 1) Obligados por razones topográficas:
 - a. Los puertos topográficos, los estrechamientos en los cauces de los ríos o en las barrancas.
- 2) Obligados por razones económicas:
 - a. Centros agrícolas, ganaderos, mineros, industriales, turísticos, etcétera.
- 3) Obligados por razones políticas:
 - a. Poblaciones de importancia, cabeceras de distrito o municipales, etcétera.

Reconocimiento en campo.

De acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos podrá hacerse en forma terrestre, aérea o combinada.

En todo caso el control terrestre será realizado por una brigada de reconocimiento que conformada por:

- Un jefe de brigada
- Un ingeniero geólogo
- Un ingeniero en mecánica de suelos
- Un ingeniero hidráulico

Unidad 2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE CAMPO (Método Tradicional)

Tendrán como objetivo determinar:

- 1) Los puntos obligados
- 2) La altura sobre el nivel medio del mar de todos los puntos obligados.
- 3) Las distancias aproximadas entre todos esos puntos obligados.
- 4) Pendientes aproximadas entre ellos.
- 5) Datos geológicos de la zona (determinación de la existencia de fallas).
- 6) Datos de mecánica de suelos como son; constitución y origen de los suelos por los que cruzara la carretera, capacidad de carga, ubicación y capacidad de los bancos de préstamo, etcétera.
- 7) Datos de hidrología como son: Precipitación pluvial de la zona, ocupación actual del suelo, área de las cuencas por drenar, pendientes a partir de dos parteaguas, ubicación de las diferentes obras hidráulicas, etcétera.

RECONOCIMIENTO EN GABINETE.

Con los datos obtenidos en el paso anterior para todas y cada una de las alternativas.

- 1) Se precisan los volúmenes de terracerías y su costo de construcción.
- 2) En función de los ascensos, descensos y curvaturas se valoraran los costos de operación.
- 3) Teniendo una idea de los costos de construcción y operación se calculara el costo total de la obra, sin pasar por alto la consideración de los costos de mantenimiento.
- 4) Se elegirá la mejor alternativa ósea la de menor costo total.

Para llevar a cabo esta tercera etapa conviene recordar que en terreno montañoso:

- 1) A mayor longitud mayor costo de operación.
- 2) A mayores volúmenes de terracerías mayor costo de construcción.
- 3) Las obras de drenaje serán pequeñas pero muy numerosas.
- 4) El costo de conservación estará en función básicamente de la estabilidad de las laderas.
- 5) Es preferible evitar las secciones en terraplén y en balcón en valles:
 - a. El drenaje es lento y difícil.
 - b. Al tener que proyectar en terraplén se tiene que recurrir los bancos de préstamo.
 - c. Los terraplenes deben ser altos para que el agua adyacente no dañe la estructura y para dar cabida a las obras de drenaje.
 - d. Los terrenos son caros y de baja capacidad de carga.
 - e. La remoción de la capa de tierra vegetal es sumamente cuantiosa.
- 6) En zonas pantanosas.
 - a. Se utilizarán pedraplenes.

Trazo preliminar

Es una poligonal abierta que sirve de apoyo para la obtención de una franja de topografía dentro de la cual quedara alojada la carretera.

Unidad 2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE CAMPO (Método Tradicional)

BRIGADA DE LOCALIZACIÓN

Al igual que el reconocimiento puede hacerse mediante el método fotogramétrico o bien en forma tradicional, es decir formando una brigada de trazo preliminar integrada por los siguientes elementos:

- Ingeniero jefe de brigada: Indicará por donde debe pasar la línea cuidando orientación, alineamiento y pendientes definiendo la pendiente gobernadora y la pendiente máxima, localizará sobre el terreno la línea a pelo de tierra que es sobre la que se llevará la poligonal abierta.
- Ingeniero trazador: Siguiendo los pasos del ingeniero jefe trazará y llevará el registro de la poligonal estacando a cada 20 metros, además de los puntos de inflexión medirá los ángulos horizontales y supervisará la medición de distancias, intervendrá en el trabajo de gabinete calculando las coordenadas de los vértices de la poligonal.

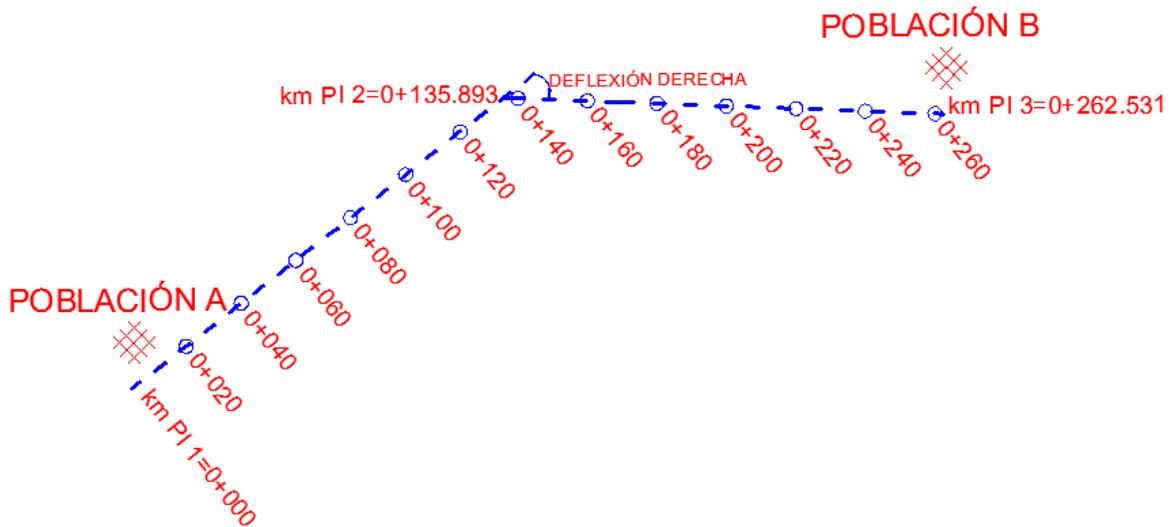


FIGURA 6

REGISTRO DE CAMPO

EST	P.V.	DEFLEXIÓN (Δ)	DISTANCIA	AZIMUTES	NOTAS
		Grados/Min/Seg	metros	Grados/Min/Seg	
PI 1	PI 2	-	135.893	51°57'4.97"	
PI 2	PI 3	40°9'50.85"	262.531	92°6'55.82"	

TABLA 10

Nivelación del trazo preliminar.

- Ingeniero nivelador: Nivelará todos los puntos estacados por el trazador con referencia a bancos de nivel que serán colocados fuera de la línea por lo menos a cada 500 metros, intervendrá en el trabajo de gabinete construyendo el perfil de la poligonal.

UNIDAD 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO.

OBJETIVO

Proyectar y calcular los elementos necesarios para una carretera.

Proyecto Horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona (subrasante) de la carretera.

Normas para el alineamiento horizontal.¹

Los diferentes elementos que intervienen para el cálculo del alineamiento horizontal, se discutirán con detalle en capítulos posteriores; sin embargo, existen ciertas normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- 1) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- 2) La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
- 3) La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.
- 4) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
- 5) Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general, a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
- 6) Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
- 7) En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 58, México 1991.

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

- 8) En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5.
- 9) Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
- 10) Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
- 11) Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
- 12) Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN.¹

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes y curvas circulares.

Tangentes

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas, al punto de intersecciones de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI (punto de inflexión) y al Angulo de deflexión de la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ .

La longitud máxima de una tangente está constituida por la seguridad (10 kilómetros). Las tangentes largas son causa potencial de accidentes debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos de la carretera durante mucho tiempo.

La longitud mínima en tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre elevación y ampliación a esas curvas.

Curvas circulares

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

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 297, México 1991.

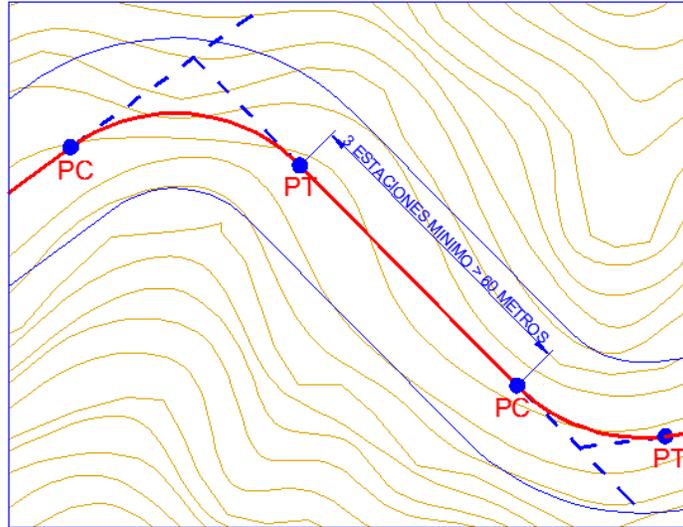


FIGURA 7

LÍNEA A PELO DE TIERRA

Localización de la línea a pelo de tierra.

- a) Calculo de la abertura del compás y trazo de la línea a pelo de tierra.

Datos:

Carretera Tipo "D"

Pendiente gobernadora: 8%

Escala: 1:2000

Equidistancia vertical: 2.00 metros

$$Ac = \frac{\text{Equidistancia vertical}}{\text{Pendiente gobernadora en decimales}}$$

$$Ac = \frac{2.00 \text{ metros}}{0.08} = 25 \text{ metros}$$

$$ESC = \frac{\text{Magnitud real (MR)}}{\text{Magnitud de dibujo (MD)}}; MD = \frac{MR}{ESC}$$

$$MD = \frac{25 \text{ metros} \left(\frac{100 \text{ centimetros}}{1 \text{ metro}} \right)}{2000} = 1.25 \text{ centimetros}$$

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

Datos:

Carretera Tipo "E"

Pendiente gobernadora: 9%

Escala: 1:2000

Equidistancia vertical: 2.00 metros

$$Ac = \frac{2.00 \text{ metros}}{0.09} = 22.22 \text{ metros}$$

$$MD = \frac{22.22 \text{ metros} \left(\frac{100 \text{ centímetros}}{1 \text{ metro}} \right)}{2000} = 1.11 \text{ centímetros}$$

- 1) Abrir el compás a la distancia de la Magnitud de dibujo (MD), previamente calculada.
- 2) Ir avanzando sobre la misma curva e ir bajando o subiendo de una curva en una si la población a la que se desea llegar se encuentra más abajo o arriba dependiendo de cuál sea el caso.
- 3) Debe cumplir con los requisitos de funcionalidad, economía y seguridad.
- 4) Trazar la línea a pelo de tierra uniendo los puntos de la abertura del compás.

PROYECTO DE TANGENTES HORIZONTALES

b) Trazo de tangentes.

- a. Siempre tratando de buscar la simetría y tratar de seguir la topografía del terreno.

c) Determinación de coordenadas.

- a. En "X", "Y" y "Z".

Coordenadas							
P.I. 1	P.I. 2	P.I. 3	P.I. 4	P.I. 5	P.I. 6	P.I. 7	P.I. 8
X= 573	X= 769	X= 1148	X= 962	X= 1065.8	X= 1036.2	X= 1220.6	X= 1391.8
Y= 160.6	Y= 314	Y= 300	Y= 554.6	Y= 657	Y= 881.8	Y= 749.8	Y= 763
Z= 1272.8	Z= 1278.1	Z= 1234	Z= 1281.8	Z= 1275	Z= 1299.6	Z= 1274.1	Z= 1283.3

TABLA 11

d) Cálculo de distancias, rumbos, azimuts y deflexiones.

$$d_{PI1 - PI2} = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

- a. Redondear las distancias al milímetro y la distancia mínima será de 100 metros.

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

Distancias	
PI1 - PI2 =	248.893
PI2 - PI3 =	379.258
PI3 - PI4 =	315.305
PI4 - PI5 =	145.809
PI5 - PI6 =	226.740
PI6 - PI7 =	226.776
PI7 - PI8 =	171.708

En (metros)

TABLA 12

$$RUMBO AB = \tan^{-1} \left(\frac{X2 - X1}{Y2 - Y1} \right)$$

En el eje "X"

Sí; $X2 - X1 > 0 \rightarrow E$

$X2 - X1 < 0 \rightarrow W$

En el eje "Y"

Sí; $Y2 - Y1 > 0 \rightarrow N$

$Y2 - Y1 < 0 \rightarrow S$

Medición del rumbo en un plano cartesiano.

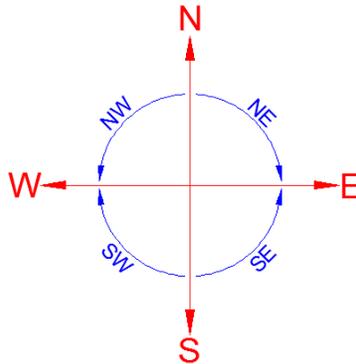


FIGURA 8

Rumbos				
PI1 - PI2 =	N	51°	57'	4.97" E
PI2 - PI3 =	S	87°	53'	4.18" E
PI3 - PI4 =	N	36°	9'	1.03" W
PI4 - PI5 =	N	45°	23'	20.42" E
PI5 - PI6 =	N	7°	30'	4.08" W
PI6 - PI7 =	S	54°	24'	12.89" E
PI7 - PI8 =	N	85°	35'	27.81" E

En (grados-minutos-segundos)

TABLA 13

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

Medición del azimut en un plano cartesiano.

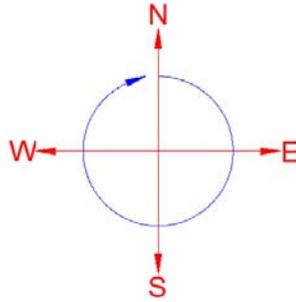


FIGURA 9

Azimuts	
PI1 - PI2 =	51° 57' 4.97"
PI2 - PI3 =	92° 6' 55.82"
PI3 - PI4 =	323° 50' 58.97"
PI4 - PI5 =	45° 23' 20.42"
PI5 - PI6 =	352° 29' 55.92"
PI6 - PI7 =	125° 35' 47.11"
PI7 - PI8 =	85° 35' 27.81"

En (grados-minutos-segundos)

TABLA 14

DEFLEXIÓN (Δ) = AZIMUTE DE TANGENTE 2 – AZIMUTE DE TANGENTE 1

Si; $\Delta D > 0$ sino SUMAR 360

$\Delta I < 0$ sino RESTAR 360

Deflexiones sin corrección	
ΔD PI2=	40° 9' 50.85"
ΔI PI3=	231° 15' 56.85"
ΔD PI4=	-278° 32' 21.45"
ΔI PI5=	307° 53' 24.49"
ΔD PI6=	-226° 5' 51.18"
ΔI PI7=	-40° 0' 19.30"

En (grados-minutos-segundos)

Deflexiones corregidas	
ΔD PI2=	40° 9' 50.85"
ΔI PI3=	-128° 15' 56.85"
ΔD PI4=	81° 32' 21.45"
ΔI PI5=	-52° 53' 24.49"
ΔD PI6=	133° 5' 51.18"
ΔI PI7=	-40° 0' 19.30"

En (grados-minutos-segundos)

TABLA 15

Como las deflexiones izquierdas del P.I. 3 y P.I. 5 resultaron mayores a cero entonces se les resto 360° de igual forma las deflexiones derechas del P.I. 4 y P.I. 6 resultaron menores a cero entonces se les sumo 360°.

CURVAS CIRCULARES SIMPLES

Elementos de una curva simple

Nomenclatura

ST = subtangente

PI = punto de inflexión

PC = principio de curva

PT = principio de tangente

LC = longitud de curva

CL = cuerda larga

E = externa

f = flecha máxima

M = punto medio sobre la longitud de la curva

N = punto medio sobre la cuerda larga

Rc = radio de curvatura

Δ = deflexión

T = tangente

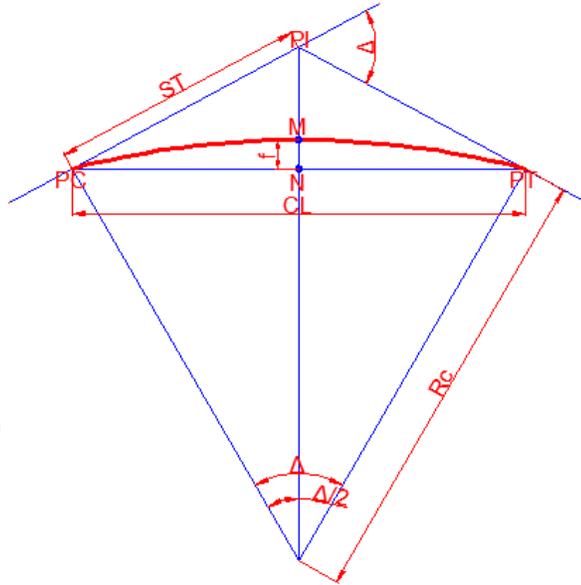


FIGURA 10

CÁLCULO DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS¹

e) Cálculo de curvas horizontales simples

a. Cálculo del grado máximo de curvatura ($G_{m\acute{a}x}$)

$$G_{m\acute{a}x} = 146000 \left(\frac{\mu + \delta_{m\acute{a}x}}{Vp^2} \right);$$

Dónde:

μ = coeficiente de fricción máxima lateral

$\delta_{m\acute{a}x}$ = Sobre elevación máxima =10%

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 298, México 1991.

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

Coefficientes de fricción máxima lateral para diferentes velocidades de proyecto.

Vp	μ
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.165
70	0.15
80	0.14
90	0.135
100	0.13
110	0.125

En (kilómetros por hora)

TABLA 16

Grado máximo de curvatura ($G_{\text{máx}}$)

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
Sí; $V_p= 30\text{km/h}$ ----->	61°	38'	40.00"
Sí; $V_p= 40\text{km/h}$ ----->	30°	6'	45.00"

b. Cálculo del grado límite de curvatura ($G_{\text{lím}}$)

$$G_{\text{lím}} = 0.40 G_{\text{máx}}$$

	Grado límite de curvatura ($G_{\text{lím}}$)	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
Sí; $V_p= 30\text{km/h}$ ----->		24°	39'	28.00"
Sí; $V_p= 40\text{km/h}$ ----->		12°	2'	42.00"

c. Elección del grado de curvatura (G_c)

El grado de curvatura (G_c) deberá ser menor al grado límite de curvatura ($G_{\text{lím}}$) para proceder el cálculo de curvas simples ya que para terracerías solo está permitido el uso de curvas simples según la SCT. El G_c varía de 30 en 30 minutos por lo que si el $G_{\text{lím}}$ resulta por ejemplo 12°02'42" el G_c más próximo a elegir sería el de 12°00'00" el siguiente menor resultaría el de 11°30'00" y así sucesivamente.

Entre menor sea el grado de curvatura la curva resultaría más amplia por consiguiente más segura.

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

d. Cálculo del radio de curvatura (Rc)

$$Rc = \frac{1145.92}{Gc}$$

e. Cálculo de la subtangente (ST)

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

f. Cálculo de la longitud de curva (Lc)

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

g. Cálculo de la cuerda larga (CL)

$$CL = 2Rc \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

h. Cálculo de las deflexiones

$$\frac{d}{20} = \frac{Gc}{2}; \quad \frac{d}{10} = \frac{Gc}{4}; \quad \frac{d}{5} = \frac{Gc}{8}; \quad \frac{d}{m} = \frac{Gc}{40}$$

i. Cálculo de la flecha máxima (f)

$$f = Rc \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

j. Cálculo de la externa (E)

$$E = Rc \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)}\right) - 1$$

k. Cálculo de los kilometrajes

$$km PC = km PI - ST$$

$$km PT = km PC + Lc$$

f) Ampliación y sobre elevación

a. Cálculo de la sobre elevación

$$Sc = \frac{Gc * \delta m_{\max}}{Gm_{\max}}$$

b. Cálculo de la tangente de transición

$$T_T = 8 * Vp * Sc$$

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

c. Cálculo de N

$$N = \frac{\text{Bombeo} * T_T}{Sc}$$

d. Cálculo de kilometrajes

$$km Ae = km Be - N$$

$$km Be = km Pc - T_T$$

$$km Ce = km Be + N$$

$$km Pc = km PI - ST$$

$$km PT = km PC + Lc$$

$$km Cs = km Bs - N$$

$$km Bs = km PT + T_T$$

$$km As = kmBs + N$$

e. Ampliación

$$A = n \left(Rc - \sqrt{Rc^2 - LA^2} \right) + \frac{Vp}{10\sqrt{Rc}}$$

f. Cálculo de las deflexiones de cada curva

CURVA 1													
EST	P.V.			CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
					PARCIAL			ACUMULADA					
					metros	°	min	seg	°	min	seg	°	min
PT= 0 + 280.921	PI			0.921	0	16	34.87	20	4	55.42	40	9	50.85
	0	+	280	10	3	0	0.00	19	48	20.56			
	0	+	270	10	3	0	0.00	16	48	20.56			
	0	+	260	10	3	0	0.00	13	48	20.56			
	0	+	250	10	3	0	0.00	10	48	20.56			
	0	+	240	10	3	0	0.00	7	48	20.56			
	0	+	230	10	3	0	0.00	4	48	20.56			
	0	+	220	6.019	1	48	20.56	1	48	20.56			
PC= 0 + 213.981	PI			0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 12	-----> Cuerda= 10 m												
d/m= 0.3													
d/10= 3													

TABLA 17

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

CURVA 2													
EST	P.V.			CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
					PARCIAL			ACUMULADA					
				metros	°	min	seg	°	min	seg	°	min	seg
PT= 0 + 642.096	PI			2.096	0	37	43.49	64	7	58.42	128	15	56.85
	0 + 640			10	3	0	0.00	63	30	14.93			
	0 + 630			10	3	0	0.00	60	30	14.93			
	0 + 620			10	3	0	0.00	57	30	14.93			
	0 + 610			10	3	0	0.00	54	30	14.93			
	0 + 600			10	3	0	0.00	51	30	14.93			
	0 + 590			10	3	0	0.00	48	30	14.93			
	0 + 580			10	3	0	0.00	45	30	14.93			
	0 + 570			10	3	0	0.00	42	30	14.93			
	0 + 560			10	3	0	0.00	39	30	14.93			
	0 + 550			10	3	0	0.00	36	30	14.93			
	0 + 540			10	3	0	0.00	33	30	14.93			
	0 + 530			10	3	0	0.00	30	30	14.93			
	0 + 520			10	3	0	0.00	27	30	14.93			
	0 + 510			10	3	0	0.00	24	30	14.93			
	0 + 500			10	3	0	0.00	21	30	14.93			
	0 + 490			10	3	0	0.00	18	30	14.93			
	0 + 480			10	3	0	0.00	15	30	14.93			
	0 + 470			10	3	0	0.00	12	30	14.93			
	0 + 460			10	3	0	0.00	9	30	14.93			
	0 + 450			10	3	0	0.00	6	30	14.93			
	0 + 440			10	3	0	0.00	3	30	14.93			
	0 + 430			1.680	0	30	14.93	0	30	14.93			
PC= 0 + 428.320	PI			0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 12 -----> Cuerda= 10 m													
d/m= 0.3													
d/10= 3													

TABLA 18

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

CURVA 3												
EST	P.V.		CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
				PARCIAL			ACUMULADA					
			metros	°	min	seg	°	min	seg	°	min	seg
PT= 0 + 786.685	PI		1.685	1	1	56.38	40	46	10.72	81	32	21.45
	0	+ 785	5	3	3	45.00	39	44	14.34			
	0	+ 780	5	3	3	45.00	36	40	29.34			
	0	+ 775	5	3	3	45.00	33	36	44.34			
	0	+ 770	5	3	3	45.00	30	32	59.34			
	0	+ 765	5	3	3	45.00	27	29	14.34			
	0	+ 760	5	3	3	45.00	24	25	29.34			
	0	+ 755	5	3	3	45.00	21	21	44.34			
	0	+ 750	5	3	3	45.00	18	17	59.34			
	0	+ 745	5	3	3	45.00	15	14	14.34			
	0	+ 740	5	3	3	45.00	12	10	29.34			
	0	+ 735	5	3	3	45.00	9	6	44.34			
	0	+ 730	5	3	3	45.00	6	2	59.34			
	0	+ 725	5	4.877	2	59	14.34	2	59	14.34		
PC= 0 + 720.123	PI		0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 24.5 -----> Cuerda= 5 m												
d/m= 0.6125												
d/5= 3.0625												

TABLA 19

CURVA 4												
EST	P.V.		CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
				PARCIAL			ACUMULADA					
			metros	°	min	seg	°	min	seg	°	min	seg
PT= 0 + 912.077	PI		2.077	1	16	18.73	26	26	42.25	52	53	24.49
	0	+ 910	5	3	3	45.00	25	10	23.52			
	0	+ 905	5	3	3	45.00	22	6	38.52			
	0	+ 900	5	3	3	45.00	19	2	53.52			
	0	+ 895	5	3	3	45.00	15	59	8.52			
	0	+ 890	5	3	3	45.00	12	55	23.52			
	0	+ 885	5	3	3	45.00	9	51	38.52			
	0	+ 880	5	3	3	45.00	6	47	53.52			
	0	+ 875	5	3	3	45.00	3	44	8.52			
	0	+ 870	5	1.099	0	40	23.52	0	40	23.52		
PC= 0 + 868.901	PI		0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 24.5 -----> Cuerda= 5 m												
d/m= 0.6125												
d/5= 3.0625												

TABLA 20

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

CURVA 5											
EST	P.V.	CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
			PARCIAL			ACUMULADA			°	min	seg
		metros	°	min	seg	°	min	seg			
PT= 1 + 116.384	PI	1.384	0	50	52.68	66	32	55.59	133	5	51.18
	1 + 115	5	3	3	45.00	65	42	2.91			
	1 + 110	5	3	3	45.00	62	38	17.91			
	1 + 105	5	3	3	45.00	59	34	32.91			
	1 + 100	5	3	3	45.00	56	30	47.91			
	1 + 95	5	3	3	45.00	53	27	2.91			
	1 + 90	5	3	3	45.00	50	23	17.91			
	1 + 85	5	3	3	45.00	47	19	32.91			
	1 + 80	5	3	3	45.00	44	15	47.91			
	1 + 75	5	3	3	45.00	41	12	2.91			
	1 + 70	5	3	3	45.00	38	8	17.91			
	1 + 65	5	3	3	45.00	35	4	32.91			
	1 + 60	5	3	3	45.00	32	0	47.91			
	1 + 55	5	3	3	45.00	28	57	2.91			
	1 + 50	5	3	3	45.00	25	53	17.91			
	1 + 45	5	3	3	45.00	22	49	32.91			
	1 + 40	5	3	3	45.00	19	45	47.91			
	1 + 35	5	3	3	45.00	16	42	2.91			
	1 + 30	5	3	3	45.00	13	38	17.91			
	1 + 25	5	3	3	45.00	10	34	32.91			
	1 + 20	5	3	3	45.00	7	30	47.91			
	1 + 15	5	3	3	45.00	4	27	2.91			
	1 + 10	2.267	1	23	17.91	1	23	17.91			
PC= 1 + 7.733	PI	0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 24.5 ----->		Cuerda= 5 m									
d/m= 0.6125											
d/5= 3.0625											

TABLA 21

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

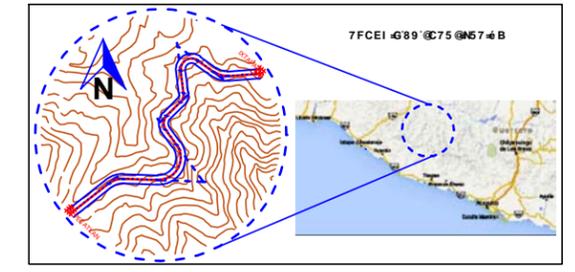
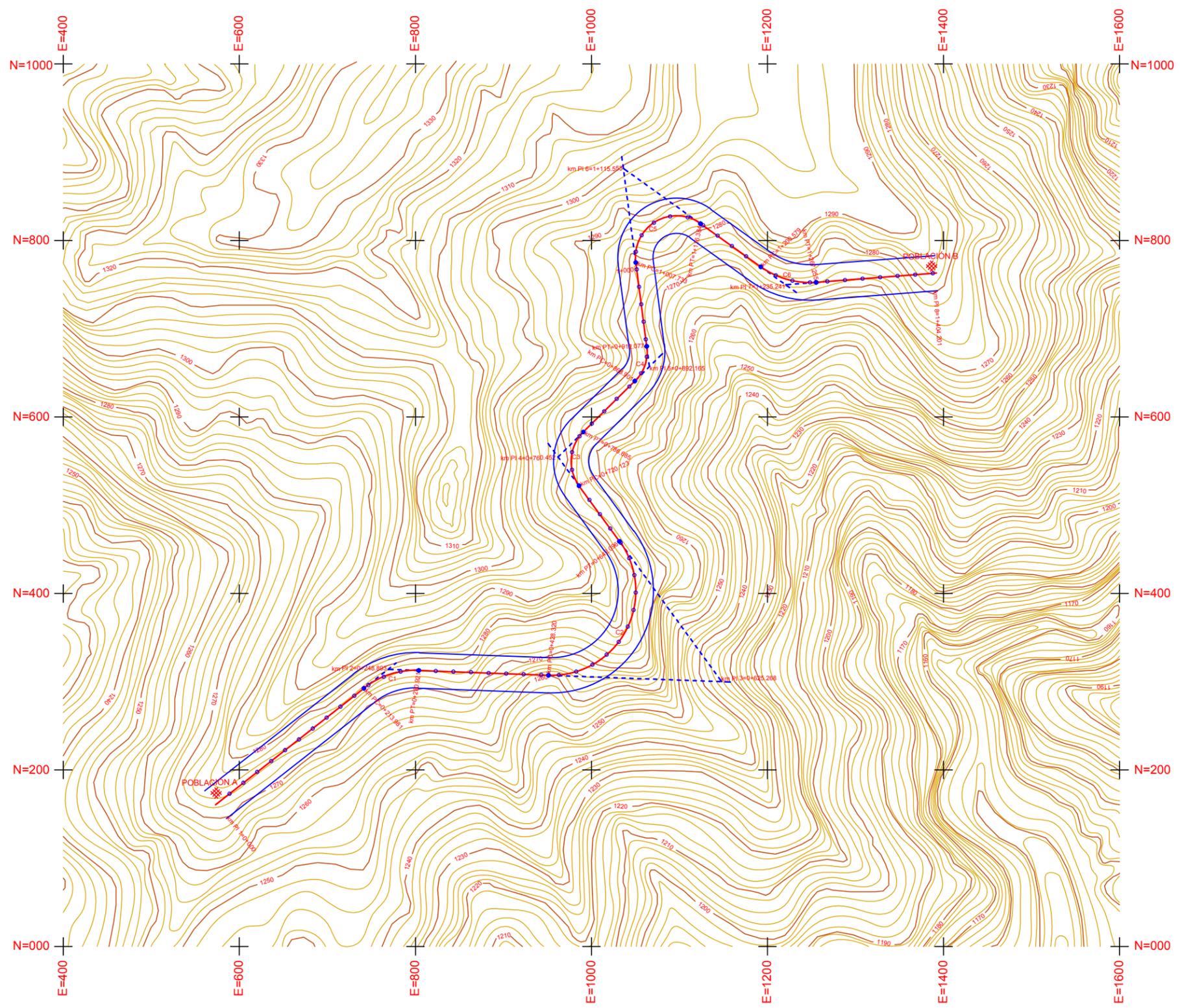
CURVA 6											
EST	P.V.	CUERDA	DEFLEXION						DEFLEXIÓN		
			PARCIAL			ACUMULADA			°	min	seg
		metros	°	min	seg	°	min	seg			
PT= 1 + 267.255	PI	7.255	2	10	34.92	20	0	9.65	40	0	19.30
	1 + 260	10	3	0	0.00	17	49	34.73			
	1 + 250	10	3	0	0.00	14	49	34.73			
	1 + 240	10	3	0	0.00	11	49	34.73			
	1 + 230	10	3	0	0.00	8	49	34.73			
	1 + 220	10	3	0	0.00	5	49	34.73			
	1 + 210	9.421	2	49	34.73	2	49	34.73			
PC= 1 + 200.579	PI	0	0	0	0.00	0	0	0.00			
Gc= 12 -----> Cuerda= 10 m											
d/m= 0.3											
d/10= 3											

TABLA 22

Unidad 3. ESTUDIOS EN GABINETE DEL EJE DEFINITIVO

ELEMENTO	CURVA					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
km PI	0+248.893	0+625.268	0+760.452	0+892.165	1+115.553	1+235.341
km PC	0+213.981	0+428.320	0+720.123	0+868.901	1+007.733	1+200.579
km PT	0+280.921	0+642.096	0+786.685	0+912.077	1+116.384	1+267.255
Δ	40°9'50.85" (ΔD)	128°15'56.85" (ΔI)	81°32'21.45" (ΔD)	52°53'24.49" (ΔI)	133°5'51.18" (ΔD)	40°0'19.30" (ΔI)
Vp	40	40	30	30	30	40
Gmáx	30°06'45"	30°06'45"	61°38'40"	61°38'40"	61°38'40"	30°06'45"
Glim	12°02'42"	12°02'42"	24°39'28"	24°39'28"	24°39'28"	12°02'42"
Gc	12°00'00"	12°00'00"	24°30'00"	24°30'00"	24°30'00"	12°00'00"
Rc	95.493	95.493	46.772	46.772	46.772	95.493
ST	34.912	196.948	40.329	23.264	107.820	34.762
Lc	66.940	213.776	66.563	43.176	108.651	66.676
CL	65.578	171.851	61.086	41.659	85.818	65.330
d/20	06°00'00"	06°00'00"	12°15'00"	12°15'00"	12°15'00"	06°00'00"
d/10	03°00'00"	03°00'00"	06°07'30"	06°07'30"	06°07'30"	03°00'00"
d/5	01°30'00"	01°30'00"	03°30'45"	03°30'45"	03°30'45"	01°30'00"
d/m	00°18'00"	00°18'00"	00°36'45"	00°36'45"	00°36'45"	00°18'00"
f	5.806	53.831	11.350	4.894	28.158	5.760
E	6.182	123.385	14.986	5.466	70.755	6.130
Ampliación y sobre elevación						
Sc	3.99%	3.99%	3.97%	3.97%	3.97%	3.99%
T _T	12.752	12.752	9.539	9.539	9.539	12.752
N	6.400	6.400	4.800	4.800	4.800	6.400
km Ae	0+194.829	0+409.167	0+705.784	0+854.562	0+993.395	1+181.427
km Be	0+201.229	0+415.567	0+710.584	0+859.362	0+998.195	1+187.827
km Ce	0+207.629	0+421.967	0+715.384	0+864.162	1+002.995	1+194.227
km Cs	0+287.273	0+648.448	0+791.424	0+916.815	1+121.123	1+273.607
km Bs	0+293.673	0+654.848	0+796.224	0+921.615	1+125.923	1+280.007
km As	0+300.073	0+661.248	0+801.024	0+926.415	1+130.723	1+286.407
A	1.0	1.0	1.6	1.6	1.6	1.0

TABLA 23



SIMBOLOGIA

- CURVAS SIMPLES
- CURVAS MAESTRAS
- EJE
- DERECHO DE VIA
- TANGENTES
- ESTACION
- ESTACION CURVA
- POBLACION
- 1280 ELEVACION

TRAZO DEFINITIVO

EST	P.V.	DEFLEXION (A)	DISTANCIA	AZIMUTES	COORDENADAS
		Grados/Mn/Seg	metros	Grados/Mn/Seg	X Y Z
PI 1	PI 2	-	248.803	51°52'4.97"	573 160.6 1272.8
PI 2	PI 3	40°0'50.85"	379.258	92°6'55.87"	760 314 1278.1
PI 3	PI 4	128°15'56.85"	315.305	323°50'58.97"	1148 300 1234
PI 4	PI 5	81°32'21.45"	145.800	45°23'20.42"	952 254.6 1281.8
PI 5	PI 6	51°51'28.49"	226.740	84°29'55.98"	1066.8 67 1275
PI 6	PI 7	133°5'51.18"	226.776	115°35'47.81"	1036.2 881.8 1229.6
PI 7	PI 8	40°0'19.33"	171.708	85°55'27.81"	1223.6 749.8 1274.1
PI 8	-	-	-	-	1391.8 763 1283.3

CURVAS

ELEMENTO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
km PC	0+281.981	0+428.340	0+720.123	0+868.901	1+007.733	1+000.579
km PT	0+280.921	0+442.056	0+780.085	0+912.077	1+116.384	1+267.255
Δ	40°0'50.85" (ΔD)	128°15'56.85" (ΔD)	81°32'21.45" (ΔE)	52°53'24.45" (ΔE)	133°5'51.18" (ΔD)	40°0'19.33" (ΔE)
Vp	30	30	30	30	30	40
Gc	12°00'00"	12°00'00"	24°30'00"	24°30'00"	24°30'00"	12°00'00"
Rc	95.403	95.403	46.772	46.772	46.772	95.493
ST	34.012	196.948	40.329	23.264	107.820	34.762
Lc	66.940	713.776	66.563	41.176	108.651	66.676
CL	66.678	171.851	61.086	41.659	85.818	65.330
d/30	00°00'00"	00°00'00"	12°15'00"	12°15'00"	12°15'00"	00°00'00"
d/10	00°00'00"	00°00'00"	06°07'30"	06°07'30"	06°07'30"	00°00'00"
d/5	01°30'00"	01°30'00"	03°30'45"	03°30'45"	03°30'45"	01°30'00"
d/m	00°18'00"	00°18'00"	00°36'45"	00°36'45"	00°36'45"	00°18'00"
f	5.806	53.851	11.350	4.894	28.158	5.760
E	6.184	123.385	14.086	5.466	70.755	6.130

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES ACATLÁN
INGENIERÍA

PROYECTO HORIZONTAL PIANO **001**

Carratera Tipo "D"
Del Km 0+000 al Km 1+404.201

ESC: S/E AC: METROS PROYECTO: DANIEL ARVA Y DO LAURE VÉLEZ
FECHA: 30/05/2014 REVISO: NG. OMAR UJES MORALES DAVILA

UNIDAD 4. PROYECTO SUBRASANTE.

OBJETIVO

Proyectar y calcular el alineamiento vertical de una carretera hasta la altura de la subrasante.

Proyecto Vertical

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona del alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

Normas para el alineamiento vertical.¹

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

- 1) La condición topográfica influye en diversas formas para definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje. En terrenos en lomerío se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de la operación de los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
- 2) Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de carretera y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que éstos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del producto terminado.
- 3) Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
- 4) Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección, separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable. Este efecto es muy notable en caminos divididos con aberturas espaciadas en la faja separadora central.
- 5) Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, porque permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero, evidentemente, sólo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 59, México 1991.

- 6) Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
- 7) Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario de proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de caminos de dos carriles y del 30% en el caso de caminos de varios carriles.
- 8) Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer, las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
- 9) Donde las intersecciones a nivel ocurren entramos de camino con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.

Combinación de los alineamientos horizontal y vertical.¹

Los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro. Si uno de los dos alineamientos presenta partes pobremente proyectadas, éstas influyen negativamente tanto en el resto de ese alineamiento como en el otro. Por lo anterior, deben estudiarse en forma exhaustiva ambos alineamientos, tomando en cuenta que la bondad en su proyecto incrementará su uso y seguridad.

Es difícil discutir la combinación de los alineamientos horizontal y vertical sin referirse al amplio aspecto de la localización de las carreteras; ambos temas están relacionados entre sí y cuanto pueda decirse de uno generalmente es aplicable al otro.

Si se supone que la localización general ha sido realizada y que el problema restante es lograr un proyecto armónico entre los alineamientos horizontal y vertical y que obteniendo éste, la carretera resulta una vía económica, agradable y segura, se tendrá que la velocidad de proyecto adquiere mayor importancia, puesto que en el cálculo es el parámetro que logra el equilibrio buscado.

Las combinaciones apropiadas de los alineamientos horizontal y vertical se logran por medio de estudios de ingeniería y de las siguientes normas generales:

- 1) La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes o largas, o bien una curvatura horizontal excesiva con pendientes suaves, corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo lo máximo en

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 60, México 1991.

seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de los límites prácticos del terreno y del área atravesada.

- 2) La curvatura vertical sobrepuesta a la curvatura horizontal o viceversa, generalmente da como resultado una vía más agradable a la vista, pero debe ser analizada tomando en cuenta el tránsito. Cambios sucesivos en el perfil que no están en combinación con la curvatura horizontal, pueden tener como consecuencia una serie de jorobas visibles al conductor por alguna distancia. Sin embargo, en algunas ocasiones la combinación de los alineamientos horizontal y vertical pueden también resultar peligrosos bajo ciertas condiciones, tal como se discuten en seguida.
- 3) No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca de una cima. O de una curva vertical en cresta pronunciada. Esta condición es peligrosa porque el conductor no puede percibir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, porque las luces de los coches alumbran adelante hacia el espacio y en línea recta. El peligro puede anularse si la curvatura horizontal se impone a la vertical, por ejemplo construyendo una curva horizontal más larga que la curva vertical. También puede lograrse usando valores de proyecto mayores que los mínimos.
- 4) De la misma manera no deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio, porque la carretera da la impresión de estar cortado.
Cuando la curva horizontal es muy suave presenta una apariencia de distorsión indeseable. Muchas veces las velocidades de otros vehículos, especialmente las de los camiones, son altas al final de las pendientes y pueden conducir a operaciones erráticas especialmente durante la noche.
- 5) En caminos de dos carriles, la necesidad de tramos para rebasar con seguridad a intervalos frecuentes y en un porcentaje apreciable de la longitud del camino, influye en la combinación de ambos alineamientos. En estos casos es necesario proporcionar suficientes tangentes largas, para asegurar la distancia de visibilidad de rebase.
- 6) En las intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos sea importante y los vehículos tengan que disminuir su velocidad a parar, la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible.
- 7) En caminos divididos se pueden emplear diferentes combinaciones de alineamiento horizontal y vertical para cada sentido de circulación, se la anchura de la faja separadora lo permite.

La coordinación entre los alineamientos horizontal y vertical debe iniciarse en la etapa de anteproyecto, donde puedan realizarse los ajustes correspondientes, mediante estudios exhaustivos. El proyectista deberá utilizar planos de trabajo del tamaño y escala que requiera el estudio; generalmente para la planta se utiliza la escala 1:2 000 con curvas de nivel a cada dos metros y para el perfil se usan dos escalas, la horizontal 1:2 000 y en la vertical 1:200. En este último plano, se acostumbra representar en la parte superior el alineamiento horizontal, con el fin de facilitar el estudio de la coordinación entre ambos alineamientos. En esta etapa el proyectista no debe preocuparse por la precisión en sus

cálculos; con algunas excepciones, el estudio debe ser en su mayor parte a base de un análisis gráfico, efectuándolo con el auxilio plantillas, teniendo en mente el criterio y especificaciones fijadas sobre todo en lo referente a la velocidad de proyecto, curvatura y pendiente máxima y, como consecuencia, a la distancia de visibilidad. La velocidad de proyecto puede variar en algunos tramos dependiendo de la configuración del terreno y del tipo y volumen del tránsito previsto. Además, las normas generales de diseño que se han citado anteriormente, deben ser consideradas en todos sus aspectos. La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical desde el punto de visto de apariencia, puede llevarse a cabo visualmente en los trabajos preliminares, lográndose magníficos resultados cuando son analizados por un proyectista con experiencia, sin menoscabo de que el análisis sea completado con modelos o perspectivas de aquellos lugares donde se tenga duda del efecto de ciertas combinaciones del trazo y perfil.

ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN.¹

Tangentes

Las tangentes se caracterizan por su longitud y pendientes y están limitadas por 2 curvas sucesivas. Al punto de intersección de 2 tangentes consecutivas se llama punto de inflexión vertical (PIV).

Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante. La mejor pendiente gobernadora será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y de la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará cuando convenga desde el punto de vista económico.

Pendiente mínima

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje de la carpeta asfáltica en los cortes se recomienda 0.5% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 351, México 1991.

Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido. Se ha considerado que la longitud crítica de cualquier pendiente es aquella que ocasionara la reducción de 25 kilómetros/hora en la velocidad de marcha del vehículo del proyecto.

Determinación de elevaciones.

Una vez conocidas las elevaciones del eje definitivo se procede a dibujar el perfil en papel milimétrico a escalas horizontal 1:2000 y vertical 1:200, para realizar el proyecto vertical el cual consiste en proyectar tangentes verticales tratando que estas compensen cortes y terraplenes procurando que el punto de inflexión vertical (PIV) quede en estación cerrada.

Todas las tangentes tendrán una pendiente determinada expresada en por ciento y que podemos determinar de la siguiente manera.

$$Pendiente = \frac{Elevación\ punto\ adelante - Elevación\ punto\ atrás}{distancia} * 100$$

Las cuales se marcarán con signo positivo o negativo dependiendo del resultado obtenido después de haber realizado las operaciones correspondientes, las pendientes máximas serán las que correspondan para el tipo de carretera proyectada y la clase de terreno.

Estas tangentes verticales proyectadas de acuerdo a su pendiente, definirán las diversas posiciones del PIV tal y como se muestra en las siguientes figuras.

Curva en cresta

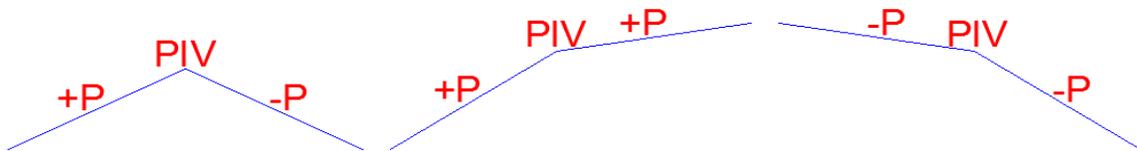


FIGURA 11

Curva en columpio

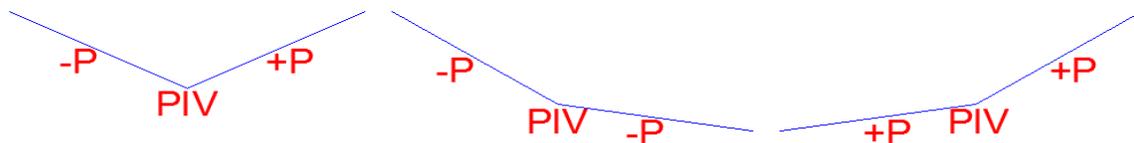


FIGURA 12

a) Trazo del perfil del eje definitivo.

- a. Del eje definitivo del proyecto horizontal se determinan las elevaciones de estaciones localizadas a cada 20 metros.

b) Trazo de tangentes.

- a. Siempre tratando de seguir la topografía del terreno y cumplir las normas anteriormente mencionadas.
- b. La pendiente de las tangentes de preferencia deberán ser menores que la pendiente gobernadora de acuerdo con la tabla 2 y 3, pero en caso de ser necesario las pendientes de las tangentes pueden ser menores que las pendientes máximas de acuerdo a la tabla 2 y 3.

Pendientes					
	Longitud	Altura	Pendiente	Pendiente Máxima	
TAN 1	240	1.81	0.75%	12%	OK
TAN 2	300	2.534	0.84%	12%	OK
TAN 3	520	6.748	1.30%	12%	OK
TAN 4	260	4.449	1.71%	12%	OK
TAN 5	80	9.1	11.38%	12%	OK

TABLA 24

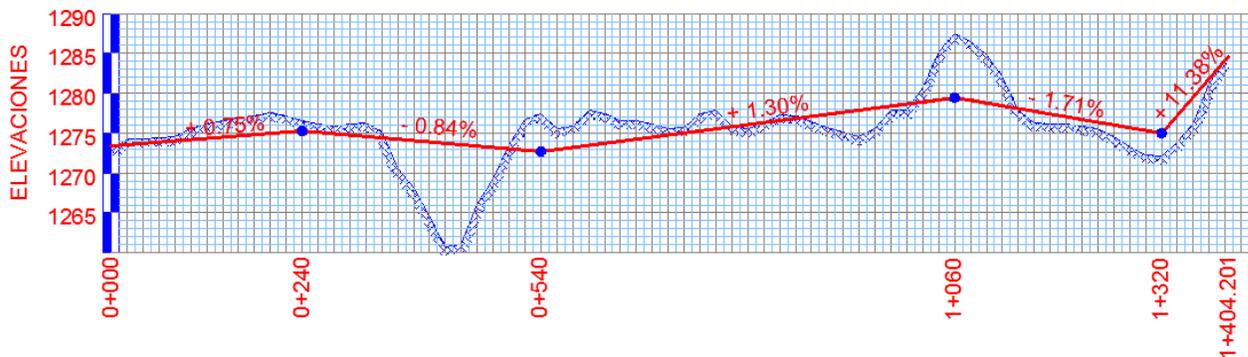


FIGURA 13

- c. Se calculan las elevaciones de la subrasante en cada estación, con la pendiente de las tangentes y se calculan los espesores del terraplén o de corte.

$$\text{Terreno} - \text{Subrasante} > 0 \text{ (Corte)}$$

$$\text{Terreno} - \text{Subrasante} < 0 \text{ (Terraplen)}$$

c) Cálculo de curvas verticales.

- a. Cálculo de la distancia de visibilidad de parada (DVP)¹

$$DVP = \frac{Vt}{3.6} + \frac{V^2}{254f}$$

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 113, México 1991.

Dónde:

V = Velocidad de marcha, en km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

Vp	V	t	f	DVP (m)
30	28	2.5	0.4	27.161
40	37	2.5	0.38	39.878
50	46	2.5	0.36	55.085
60	55	2.5	0.34	73.222
70	63	2.5	0.325	91.830
80	71	2.5	0.31	113.326
90	79	2.5	0.305	135.421
100	86	2.5	0.3	156.783
110	92	2.5	0.295	176.848

TABLA 25

b. Diferencia algebraica de pendientes.

A = Pendiente de entrada al PIV – Pendiente de salida al PIV

PIV	Pend de Entrada	Pend de Salida	A
1	0.75%	-0.84%	1.59%
2	-0.84%	1.30%	2.14%
3	1.30%	-1.71%	3.01%
4	-1.71%	11.38%	13.09%

TABLA 26

LONGITUD CRÍTICA DE TANGENTES VERTICALES

c. Cálculo de la longitud mínima de la curva (L).

i. Para curvas en Cresta

$$L = KA = \left(\frac{DVP^2}{2(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2} \right) A$$

Dónde:

H = Altura de ojo del conductor=1.14m

h = Altura del objeto=0.15m

A = Diferencia algebraica de pendientes en decimales

ii. Para curvas en Columpio

$$L = \left(\frac{DVP^2}{2(T * DVP + H)} \right) A$$

Dónde:

T = Pendiente del haz luminoso de los faros y se considera un valor de 0.0175

H = Altura de los faros y su valor es de 0.61

A = Diferencia algebraica de pendientes en decimales

d. Cálculo del número de estaciones de 20 metros.

$$N = \frac{L}{20 \text{ metros}}$$

Generalmente el resultado es fraccionario por lo que se recomienda aumentar a un número cerrado de estaciones (siempre mayor con respecto al calculado y en número par) haciendo la correspondiente corrección en la longitud de la curva.

LONGITUD DE CURVA VERTICAL

e. Cálculo de la longitud real de la curva.

$$L = 20 \text{ metros} * N$$

f. Cálculo del valor del parámetro k.

$$k = \frac{A}{10(N)}$$

PIV	Tipo de curva	L	N	N final	L final	k
1	Cresta	5.972	0.299	6	120	0.0265
2	Columpio	13.010	0.651	4	80	0.0535
3	Cresta	5.244	0.262	4	80	0.07525
4	Columpio	79.582	3.979	4	80	0.32725

TABLA 27

Cálculo de curvas verticales

g. Cálculo de los kilometrajes del PCV y PTV.

$$kmPCV = kmPIV - \frac{1}{2}L$$

$$kmPTV = kmPIV + \frac{1}{2}L$$

h. Cálculo de las elevaciones del PCV y PTV.

$$PCV = Elev. PIV \pm \left(Pendiente * \frac{1}{2}L \right)$$

$$PTV = Elev. PIV \pm \left(Pendiente * \frac{1}{2}L \right)$$

PIV	km PIV	km PCV	km PTV	Elevación PCV	Elevación PTV
1	0+240	0+180	0+300	1274.784	1274.729
2	0+540	0+500	0+580	1273.040	1273.221
3	1+060	1+020	1+100	1278.931	1278.766
4	1+320	1+280	1+360	1275.685	1279.551

TABLA 28

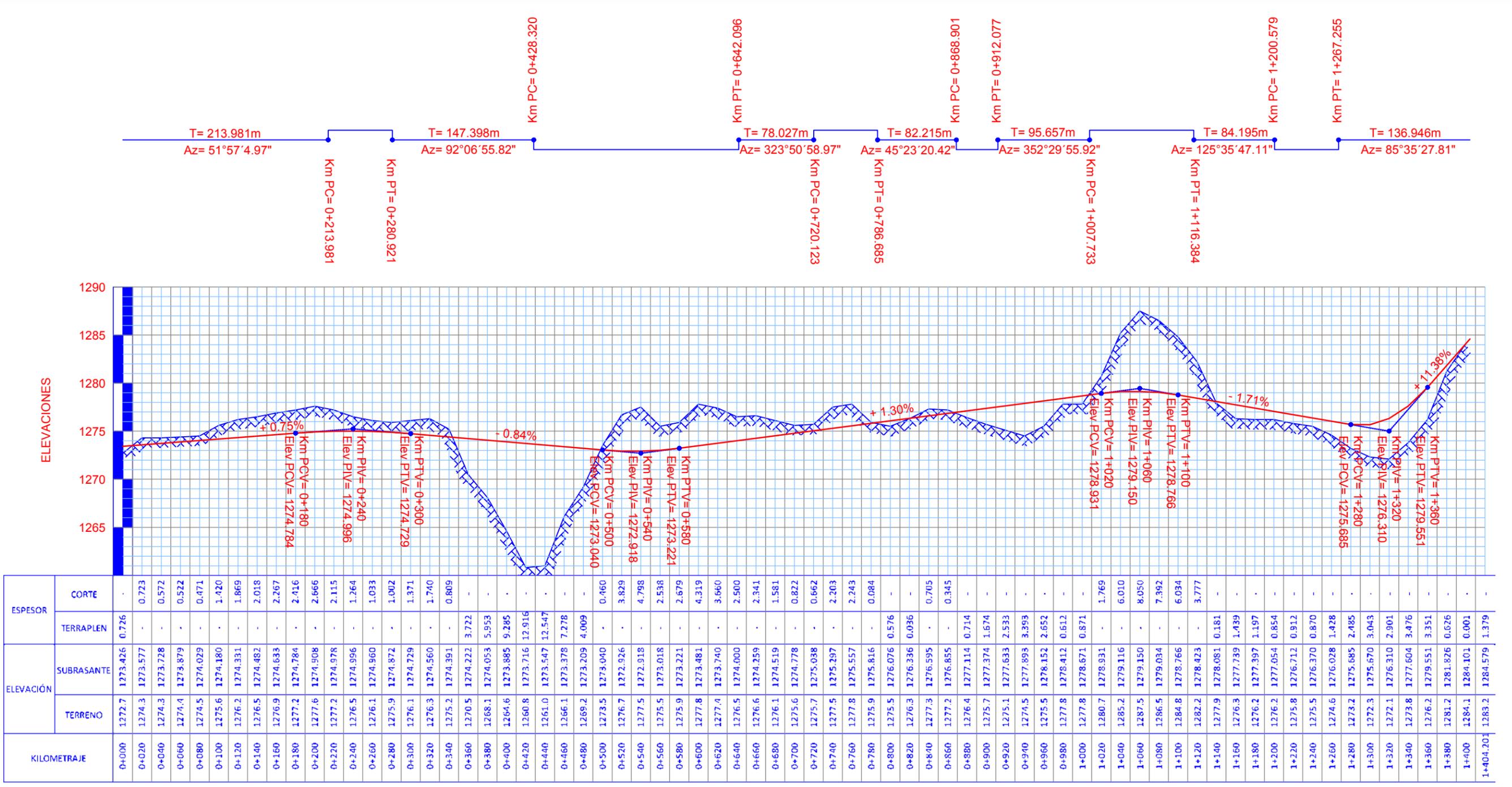
i. Cálculo de las elevaciones sobre la curva.

	Estación	Estación sobre la tangente prolongada de entrada	X	X ²	y=kX ²	Elevación sobre la curva
CURVA 1						
PCV=	180	1274.784	0	0	0	1274.784
	200	1274.934	1	1	0.0265	1274.9075
	220	1275.084	2	4	0.106	1274.978
PIV=	240	1275.234	3	9	0.2385	1274.9955
	260	1275.384	4	16	0.424	1274.96
	280	1275.534	5	25	0.6625	1274.8715
PTV=	300	1275.684	6	36	0.954	1274.73

Unidad 4. PROYECTO DE SUBRASANTE

CURVA 2						
PCV=	500	1273.04	0	0	0	1273.04
	520	1272.872	1	1	0.0535	1272.9255
PIV=	540	1272.704	2	4	0.214	1272.918
	560	1272.536	3	9	0.4815	1273.0175
PTV=	580	1272.368	4	16	0.856	1273.224
CURVA 3						
PCV=	1020	1278.931	0	0	0	1278.931
	1040	1279.191	1	1	0.07525	1279.11575
PIV=	1060	1279.451	2	4	0.301	1279.15
	1080	1279.711	3	9	0.67725	1279.03375
PTV=	1100	1279.971	4	16	1.204	1278.767
CURVA 4						
PCV=	1280	1275.685	0	0	0	1275.685
	1300	1275.343	1	1	0.32725	1275.67025
PIV=	1320	1275.001	2	4	1.309	1276.31
	1340	1274.659	3	9	2.94525	1277.60425
PTV=	1360	1274.317	4	16	5.236	1279.553

TABLA 29



KILOMETRAJE	ELEVACIÓN		ESPEJOR
	TERRENO	SUBRASANTE	
0+000	1272.7	1273.426	-
0+020	1274.3	1273.577	0.726
0+040	1274.3	1273.728	0.572
0+060	1274.7	1273.879	0.522
0+080	1274.5	1274.029	0.471
0+100	1275.6	1274.180	1.420
0+120	1276.2	1274.331	1.869
0+140	1276.5	1274.482	2.018
0+160	1274.6	1274.633	2.262
0+180	1274.2	1274.784	1.912
0+200	1274.9	1274.935	1.662
0+220	1274.9	1274.978	1.112
0+240	1274.9	1274.978	1.112
0+260	1274.9	1274.978	1.112
0+280	1274.9	1274.978	1.112
0+300	1274.9	1274.978	1.112
0+320	1274.9	1274.978	1.112
0+340	1274.9	1274.978	1.112
0+360	1274.9	1274.978	1.112
0+380	1274.9	1274.978	1.112
0+400	1274.9	1274.978	1.112
0+420	1274.9	1274.978	1.112
0+440	1274.9	1274.978	1.112
0+460	1274.9	1274.978	1.112
0+480	1274.9	1274.978	1.112
0+500	1274.9	1274.978	1.112
0+520	1274.9	1274.978	1.112
0+540	1274.9	1274.978	1.112
0+560	1274.9	1274.978	1.112
0+580	1274.9	1274.978	1.112
0+600	1274.9	1274.978	1.112
0+620	1274.9	1274.978	1.112
0+640	1274.9	1274.978	1.112
0+660	1274.9	1274.978	1.112
0+680	1274.9	1274.978	1.112
0+700	1274.9	1274.978	1.112
0+720	1274.9	1274.978	1.112
0+740	1274.9	1274.978	1.112
0+760	1274.9	1274.978	1.112
0+780	1274.9	1274.978	1.112
0+800	1274.9	1274.978	1.112
0+820	1274.9	1274.978	1.112
0+840	1274.9	1274.978	1.112
0+860	1274.9	1274.978	1.112
0+880	1274.9	1274.978	1.112
0+900	1274.9	1274.978	1.112
0+920	1274.9	1274.978	1.112
0+940	1274.9	1274.978	1.112
0+960	1274.9	1274.978	1.112
0+980	1274.9	1274.978	1.112
1+000	1274.9	1274.978	1.112
1+020	1274.9	1274.978	1.112
1+040	1274.9	1274.978	1.112
1+060	1274.9	1274.978	1.112
1+080	1274.9	1274.978	1.112
1+100	1274.9	1274.978	1.112
1+120	1274.9	1274.978	1.112
1+140	1274.9	1274.978	1.112
1+160	1274.9	1274.978	1.112
1+180	1274.9	1274.978	1.112
1+200	1274.9	1274.978	1.112
1+220	1274.9	1274.978	1.112
1+240	1274.9	1274.978	1.112
1+260	1274.9	1274.978	1.112
1+280	1274.9	1274.978	1.112
1+300	1274.9	1274.978	1.112
1+320	1274.9	1274.978	1.112
1+340	1274.9	1274.978	1.112
1+360	1274.9	1274.978	1.112
1+380	1274.9	1274.978	1.112
1+400	1274.9	1274.978	1.112

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLAN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO VERTICAL		PLANO
		002
ESC. S/E HORIZONTAL S/F VERTICAL	Carretera Tipo "D" Del Km 0+000 al Km 1+404.201	
AC: METROS	PROYECTO: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ	
FECHA: 29/03/2014	REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA	

UNIDAD 5. PROYECTO TRANSVERSAL.

OBJETIVO

Realizar un proyecto de la sección transversal que tendrá una carretera.

Proyecto de Sección Transversal

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

Proyecto de Secciones

Se dibuja en papel milimétrico en escala 1:100 empezando de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha, procurando en lo posible que no exista traslape entre ellos.

ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN.¹

Corona

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

- A) Rasante. La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.
- B) Pendiente transversal. Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:
 1. Bombeo. Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.
 2. Sobreelevación. Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.
 3. Transición del bombeo a la sobreelevación. En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva.

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 367, México 1991.

Secuencia

1. Se elige una línea vertical como referencia sobre la cual se ubica un punto que corresponderá al eje de la carretera; una vez ubicado se procede a localizar los demás puntos al unir con línea continua (generalmente a mano alzada) a estos puntos quedara definido el perfil del terreno en esa sección.
2. En esta misma sección y sobre el eje se localiza la cota de la subrasante; de tal forma que si a partir de esta trazamos una línea hacia ambos lado con la pendiente y largo correspondiente, habremos definido la sección transversal de la carretera, la cual pueda adquirir alguna de las formas siguientes.

ÁREAS QUE INTEGRAN LAS SECCIONES EN CORTE Y TERRAPLÉN

Sección en corte

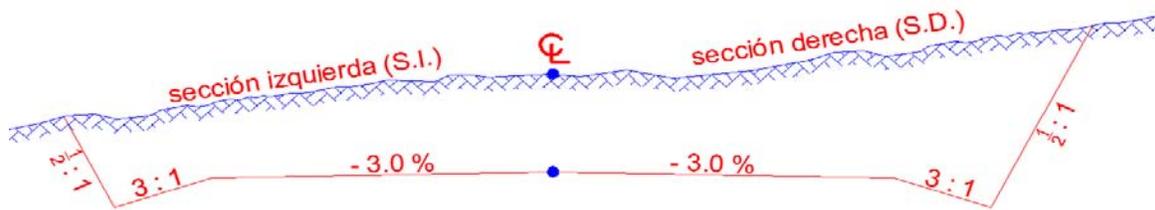


FIGURA 14

Sección en terraplén

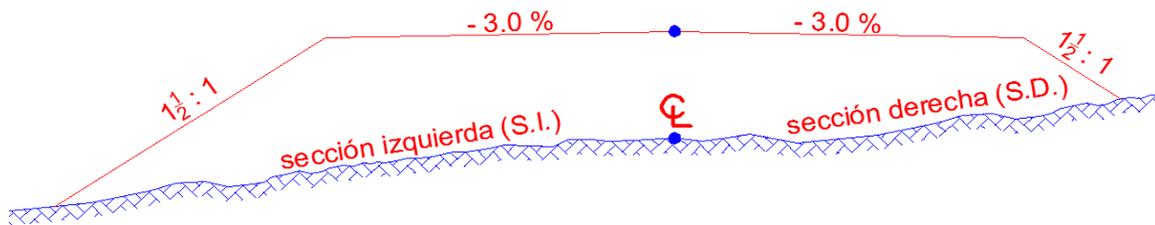


FIGURA 15

Sección en balcón o mixta

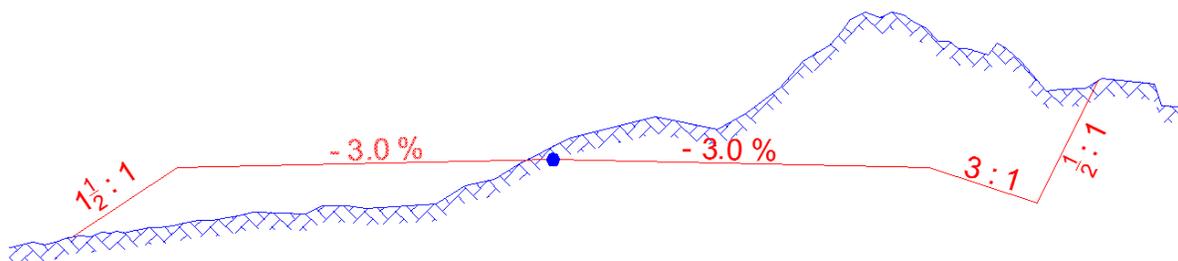


FIGURA 16

DETERMINACIÓN DE ÁREAS POR COORDENADAS CARTESIANAS

El cálculo por coordenadas cartesianas consiste en ordenar de manera matricial las coordenadas de la serie de vértices de una poligonal hasta llegar al vértice inicial de la poligonal.

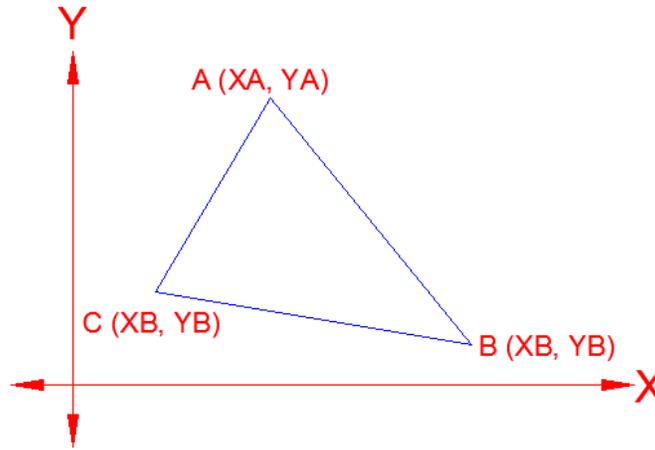


FIGURA 17

$$\text{ÁREA} := \frac{1}{2} \cdot \begin{pmatrix} X_A & Y_A \\ X_B & Y_B \\ X_C & Y_C \\ X_A & Y_A \end{pmatrix} \quad ; \text{ Se procede a resolver la matriz de la siguiente manera}$$

$$\text{AREA} := \frac{1}{2} \cdot [(X_A \cdot Y_B + X_B \cdot Y_C + X_C \cdot Y_A) - (X_A \cdot Y_C + X_C \cdot Y_B + X_B \cdot Y_A)]$$

SECCIONES EN CURVA

Para las estaciones que se encuentren dentro de los kilometrajes Ae y As obtenidos anteriormente, las secciones tendrán diferentes características de bombeo y la ampliación calculada anteriormente también afectara el ancho de la sección.

En el caso de la curva 1 (C1) del proyecto horizontal y con base a los cálculos anteriormente obtenidos se obtiene la siguiente figura en la que se puede observar cómo va variando el bombeo.

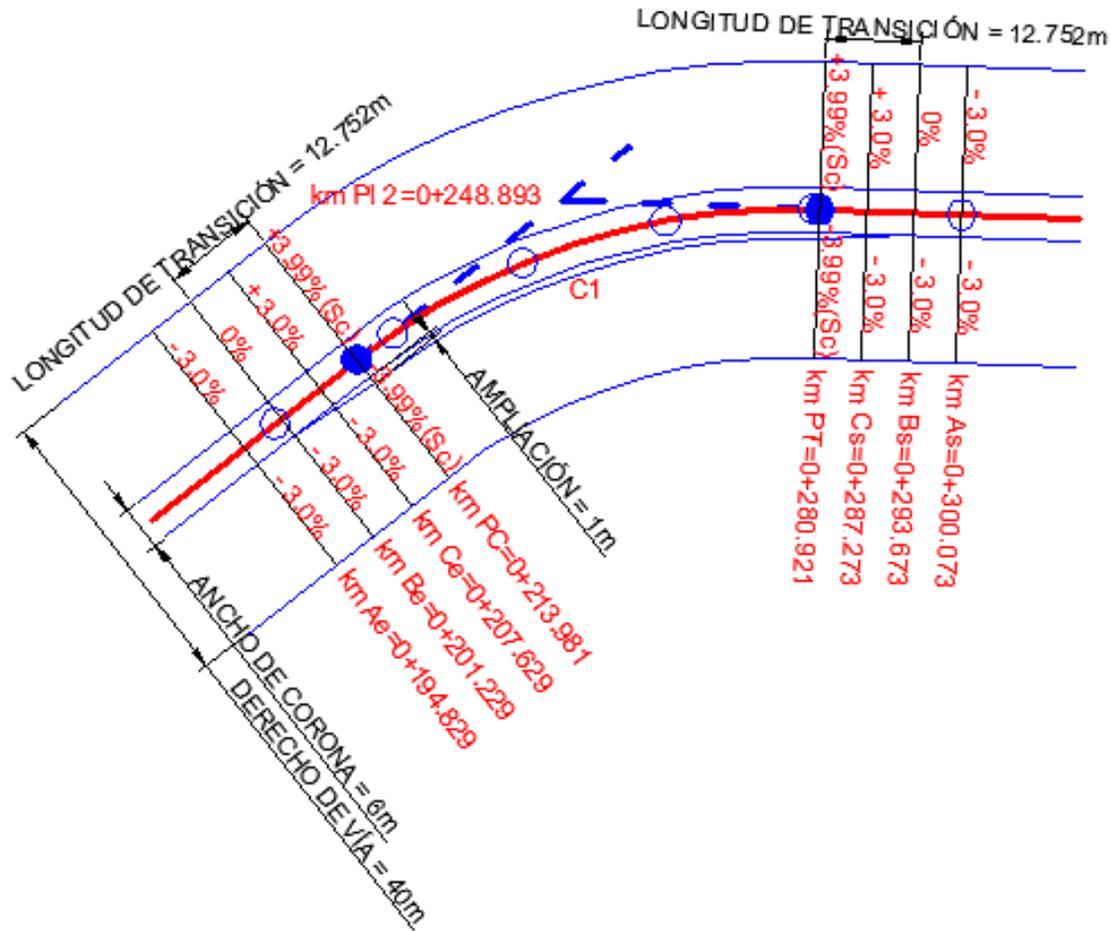


FIGURA 18

Como se puede observar las estaciones afectadas son desde la 0+200 hasta la 0+300 y estas tendrán diferentes características de bombeo y ancho de la sección.

Para obtener el bombeo de la sección izquierda, de la sección 0+200 se realiza una interpolación lineal como se muestra a continuación.

$$\frac{-3\% - 0\%}{194.829 - 201.229} = \frac{-3\% - X}{194.829 - 200}; X = -0.57\%$$

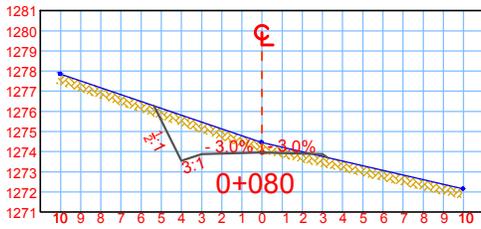
En la sección derecha no hay variación en el bombeo por lo que se toma de - 3.0%

El bombeo de las secciones desde la 0+220 hasta la 0+280 se obtiene en base a la sobre elevación (Sc) calculada anteriormente para el caso de la curva 1 resulto ser de 3.99% en la sección izquierda se considera positivo (+3.99%) y el sección derecha negativo (-3.99%). En estas secciones también se verá afectado el ancho de la sección por la ampliación obtenida de 1 metro.

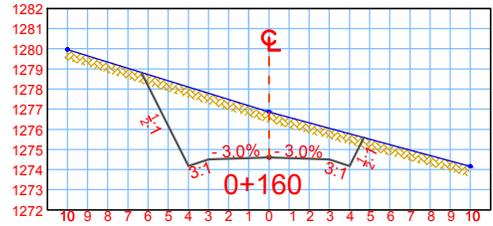
Para obtener el bombeo de la sección izquierda, de la sección 0+300 de igual manera se realiza una interpolación lineal como se muestra a continuación.

$$\frac{-3\% - 0\%}{300.073 - 293.673} = \frac{-3\% - X}{300.073 - 300}; X = -2.97\%$$

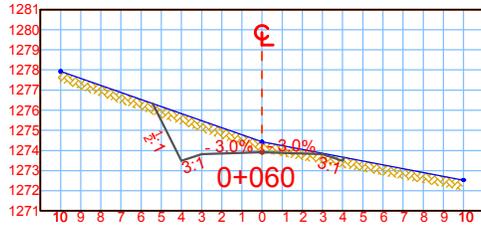
En la sección derecha no hay variación en el bombeo por lo que se toma de -3.0%



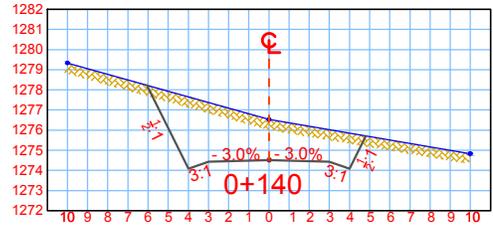
Km = 0+080
 Elev. Terreno = 1274.5 m
 Elev. Subrasante = 1274.029 m
 Área corte = 7.223 m²
 Área terraplen = 0.043 m²



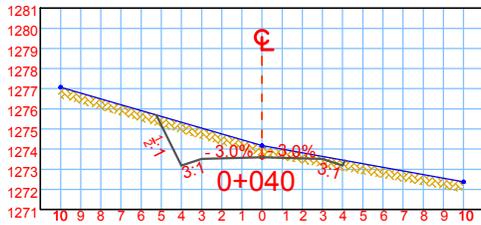
Km = 0+160
 Elev. Terreno = 1276.9 m
 Elev. Subrasante = 1274.633 m
 Área corte = 24.381 m²
 Área terraplen = 0 m²



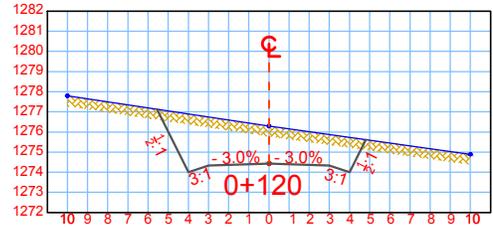
Km = 0+060
 Elev. Terreno = 1274.4 m
 Elev. Subrasante = 1273.879 m
 Área corte = 7.905 m²
 Área terraplen = 0 m²



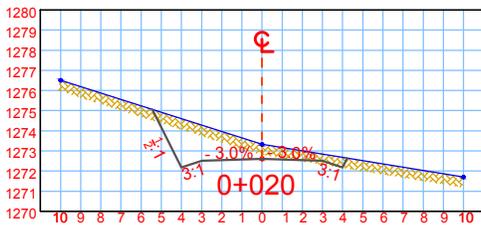
Km = 0+140
 Elev. Terreno = 1276.5 m
 Elev. Subrasante = 1274.482 m
 Área corte = 22.209 m²
 Área terraplen = 0 m²



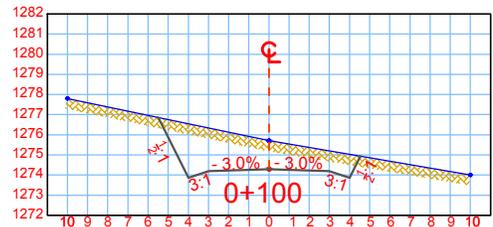
Km = 0+040
 Elev. Terreno = 1274.3 m
 Elev. Subrasante = 1273.728 m
 Área corte = 7.615 m²
 Área terraplen = 0 m²



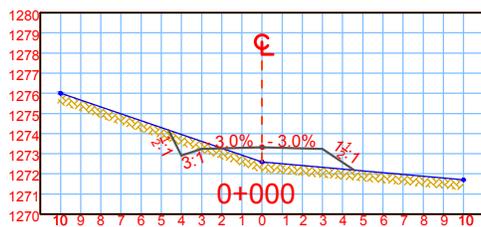
Km = 0+120
 Elev. Terreno = 1276.2 m
 Elev. Subrasante = 1274.331 m
 Área corte = 18.778 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+020
 Elev. Terreno = 1274.3 m
 Elev. Subrasante = 1273.577 m
 Área corte = 9.626 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+100
 Elev. Terreno = 1275.6 m
 Elev. Subrasante = 1274.180 m
 Área corte = 14.786 m²
 Área terraplen = 0 m²

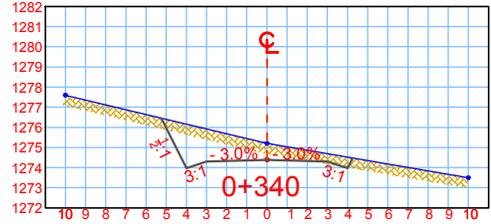


Km = 0+000
 Elev. Terreno = 1272.7 m
 Elev. Subrasante = 1273.426 m
 Área corte = 1.257 m²
 Área terraplen = 3.872 m²

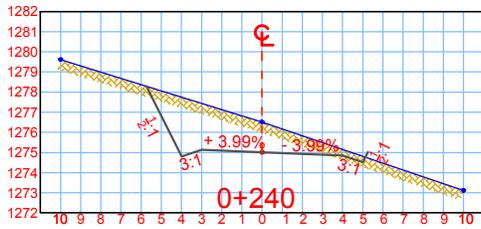
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
ACATLÁN		INGENIERÍA
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
		003
Carretera Tipo "D"		
Del Km 0+000 al Km 0+160		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014	REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA	



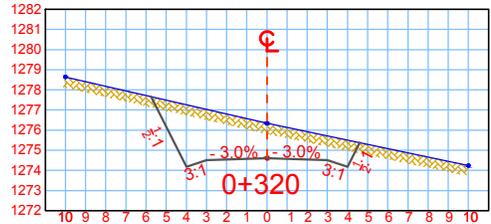
Km = 0+260
 Elev. Terreno = 1276.1 m
 Elev. Subrasante = 1274.960 m
 Área corte = 11.026 m²
 Área terraplen = 0 m²



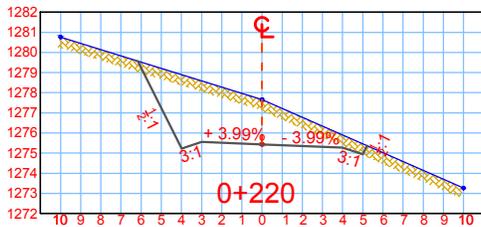
Km = 0+340
 Elev. Terreno = 1276.3 m
 Elev. Subrasante = 1274.560 m
 Área corte = 9.251 m²
 Área terraplen = 0 m²



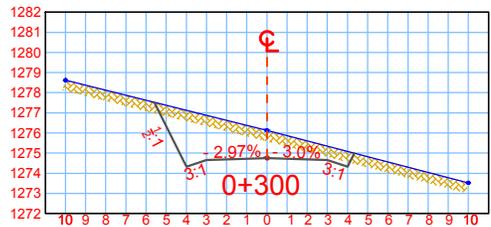
Km = 0+240
 Elev. Terreno = 1276.5 m
 Elev. Subrasante = 1274.996 m
 Área corte = 14.764 m²
 Área terraplen = 0 m²



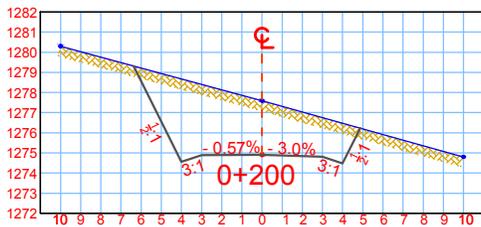
Km = 0+320
 Elev. Terreno = 1276.3 m
 Elev. Subrasante = 1274.560 m
 Área corte = 17.945 m²
 Área terraplen = 0 m²



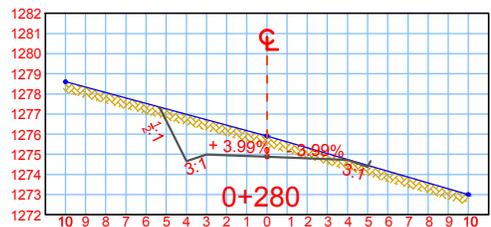
Km = 0+220
 Elev. Terreno = 1277.2 m
 Elev. Subrasante = 1274.978 m
 Área corte = 21.489 m²
 Área terraplen = 0 m²



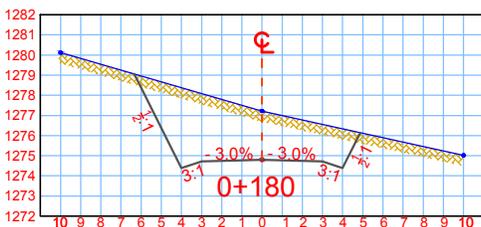
Km = 0+300
 Elev. Terreno = 1276.1 m
 Elev. Subrasante = 1274.729 m
 Área corte = 14.028 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+200
 Elev. Terreno = 1277.6 m
 Elev. Subrasante = 1274.908 m
 Área corte = 27.843 m²
 Área terraplen = 0 m²

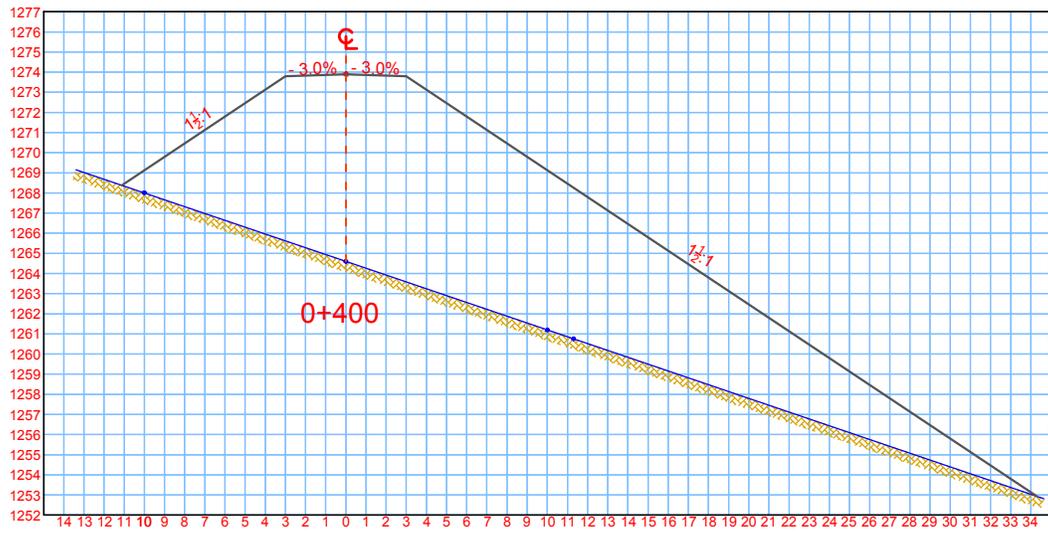


Km = 0+280
 Elev. Terreno = 1275.9 m
 Elev. Subrasante = 1274.872 m
 Área corte = 9.959 m²
 Área terraplen = 0 m²

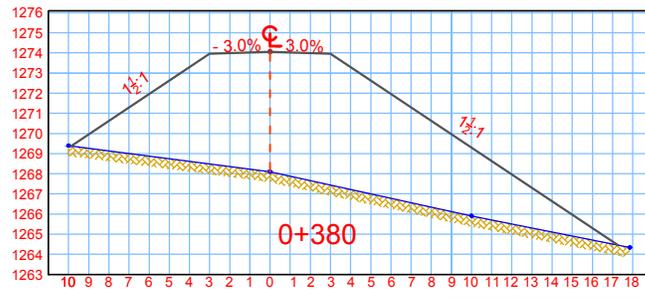


Km = 0+180
 Elev. Terreno = 1277.2 m
 Elev. Subrasante = 1274.784 m
 Área corte = 26.213 m²
 Área terraplen = 0 m²

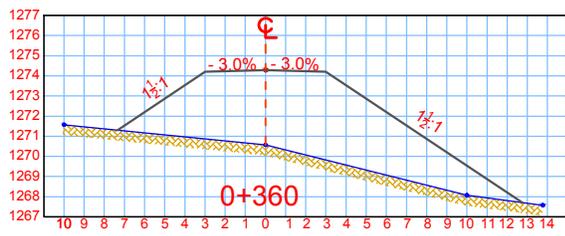
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
		004
Carretera Tipo "D"		
Del Km 0+ 180 al Km 0+ 340		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		RFVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



Km = 0+400
 Elev. Terreno = 1264.6 m
 Elev. Subrasante = 1273.885 m
 Área corte = 248.348 m²
 Área terraplen = 0 m²

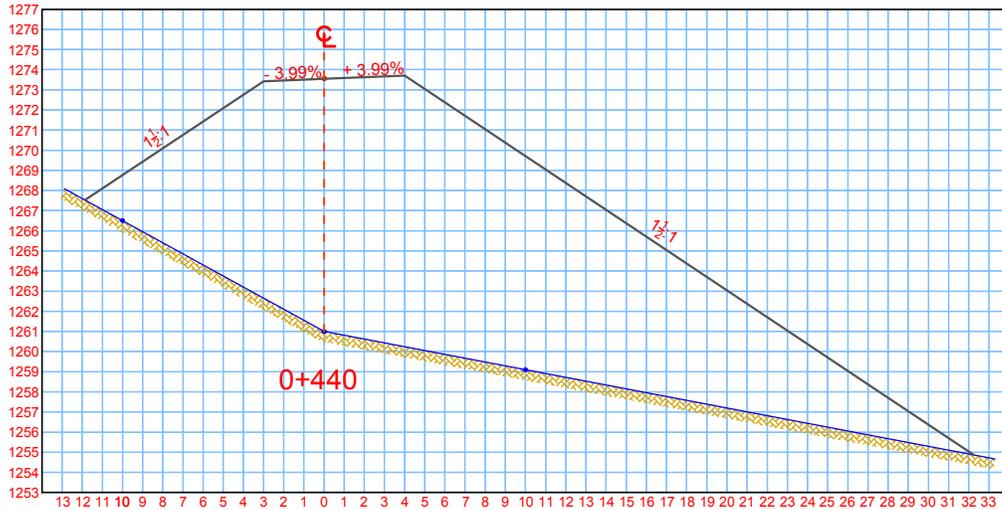


Km = 0+380
 Elev. Terreno = 1268.1 m
 Elev. Subrasante = 1274.053 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 101.698 m²

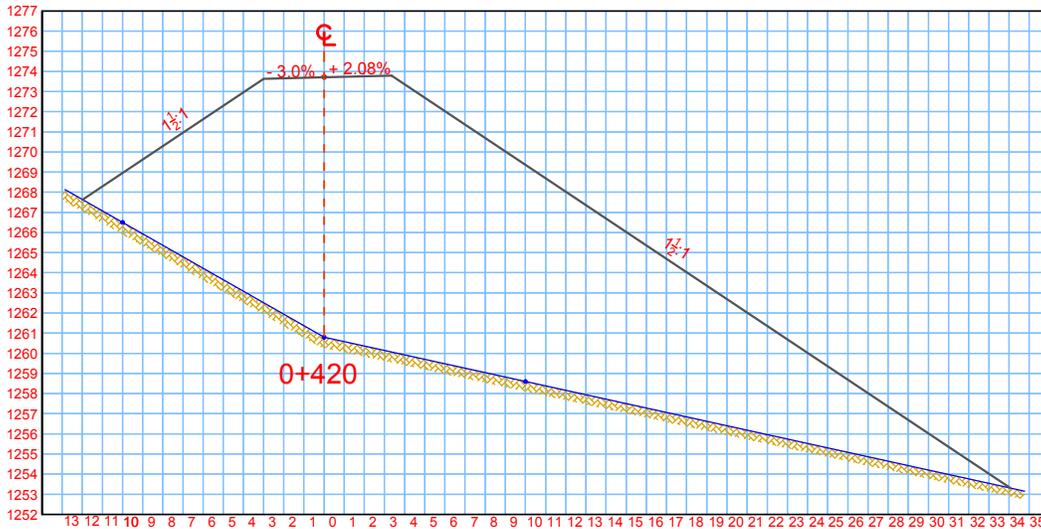


Km = 0+360
 Elev. Terreno = 1270.5 m
 Elev. Subrasante = 1274.222 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 79.421 m²

 FES ACATLÁN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO 005
Carretera Tipo "D" Del Km 0+360 al Km 0+400		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTO: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA
FECHA: 29/05/2014		

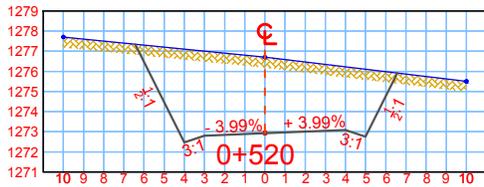


Km = 0+440
 Elev. Terreno = 1261.0 m
 Elev. Subrasante = 1273.547 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 324.973 m²

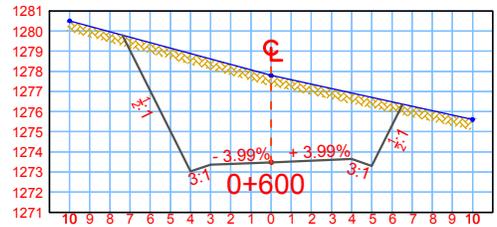


Km = 0+420
 Elev. Terreno = 1260.8 m
 Elev. Subrasante = 1273.716 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 341.42 m²

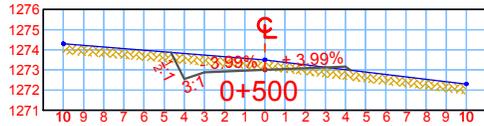
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
Carretera Tipo "D"		006
Del Km 0+420 al Km 0+440		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTO: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



Km = 0+520
 Elev. Terreno = 1276.7 m
 Elev. Subrasante = 1272.926 m
 Área corte = 41.697 m²
 Área terraplen = 0 m²



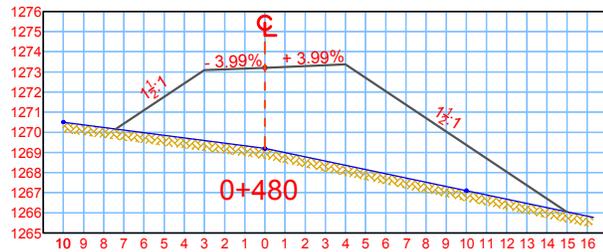
Km = 0+600
 Elev. Terreno = 1277.8 m
 Elev. Subrasante = 1273.481 m
 Área corte = 50.925 m²
 Área terraplen = 0 m²



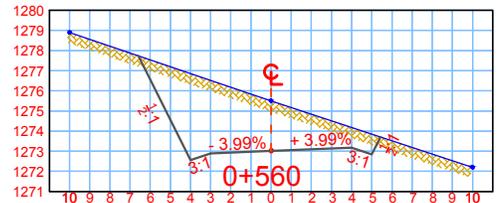
Km = 0+500
 Elev. Terreno = 1273.5 m
 Elev. Subrasante = 1273.04 m
 Área corte = 4.31 m²
 Área terraplen = 0.074 m²



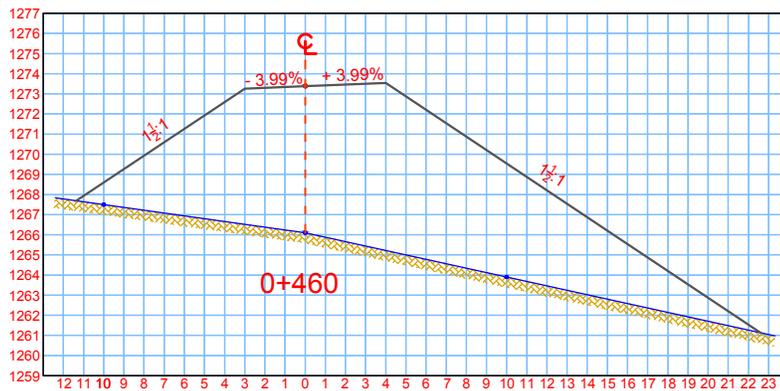
Km = 0+580
 Elev. Terreno = 1275.9 m
 Elev. Subrasante = 1273.221 m
 Área corte = 28.675 m²
 Área terraplen = 0 m²



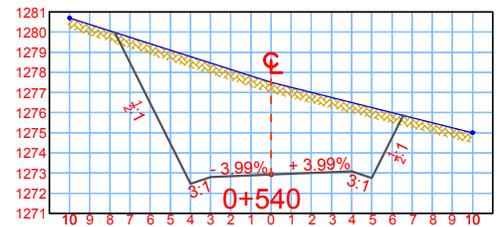
Km = 0+480
 Elev. Terreno = 1269.2 m
 Elev. Subrasante = 1273.209 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 64.449 m²



Km = 0+560
 Elev. Terreno = 1275.5 m
 Elev. Subrasante = 1273.018 m
 Área corte = 26.86 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+460
 Elev. Terreno = 1266.1 m
 Elev. Subrasante = 1273.378 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 157.802 m²



Km = 0+540
 Elev. Terreno = 1277.5 m
 Elev. Subrasante = 1272.918 m
 Área corte = 55.427 m²
 Área terraplen = 0 m²



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FES ACATLÁN
 INGENIERÍA

PROYECTO DE SECCIONES

PLANO

007

Carretera Tipo "D"

Del Km 0+460 al Km 0+600

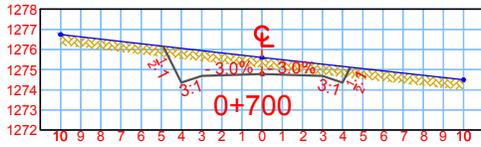
ESC: S/E

AC: METROS

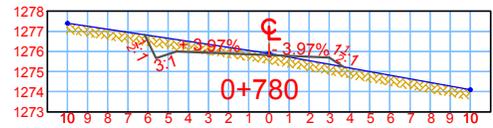
PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ

FECHA: 29/05/2014

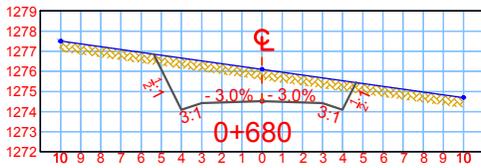
REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



Km = 0+700
 Elev. Terreno = 1275.6 m
 Elev. Subrasante = 1274.778 m
 Área corte = 8.31 m²
 Área terraplen = 0 m²



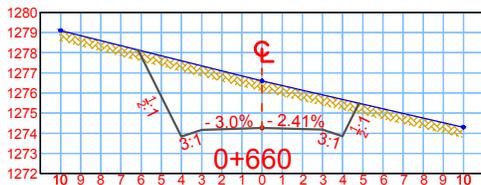
Km = 0+780
 Elev. Terreno = 1275.9 m
 Elev. Subrasante = 1275.816 m
 Área corte = 2.724 m²
 Área terraplen = 0.521 m²



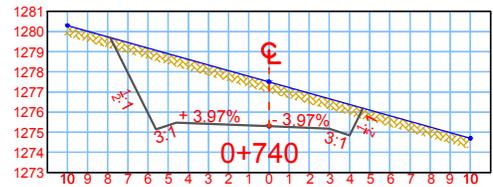
Km = 0+680
 Elev. Terreno = 1276.1 m
 Elev. Subrasante = 1274.519 m
 Área corte = 15.686 m²
 Área terraplen = 0 m²



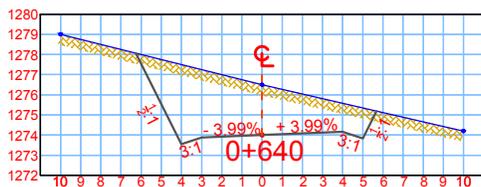
Km = 0+760
 Elev. Terreno = 1277.8 m
 Elev. Subrasante = 1275.557 m
 Área corte = 28.071 m²
 Área terraplen = 0 m²



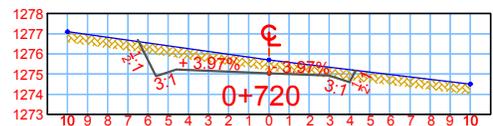
Km = 0+660
 Elev. Terreno = 1276.6 m
 Elev. Subrasante = 1274.259 m
 Área corte = 24.424 m²
 Área terraplen = 0 m²



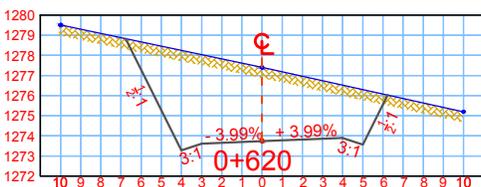
Km = 0+740
 Elev. Terreno = 1277.5 m
 Elev. Subrasante = 1275.297 m
 Área corte = 28.316 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+640
 Elev. Terreno = 1276.5 m
 Elev. Subrasante = 1274 m
 Área corte = 26.764 m²
 Área terraplen = 0 m²

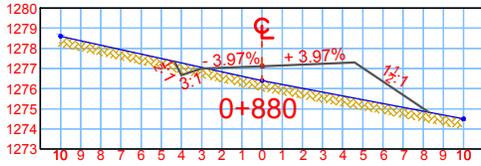


Km = 0+720
 Elev. Terreno = 1275.7 m
 Elev. Subrasante = 1275.038 m
 Área corte = 8.658 m²
 Área terraplen = 0 m²

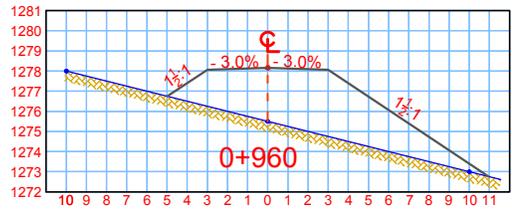


Km = 0+620
 Elev. Terreno = 1277.4 m
 Elev. Subrasante = 1273.74 m
 Área corte = 40.56 m²
 Área terraplen = 0 m²

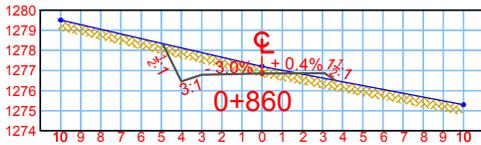
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
		008
Carretera Tipo "D"		
Del Km 0+ 620 al Km 0+ 780		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014	REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA	



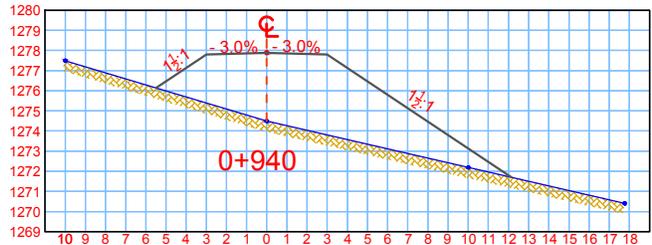
Km = 0+880
 Elev. Terreno = 1276.4 m
 Elev. Subrasante = 1277.114 m
 Área corte = 0.457 m²
 Área terraplen = 9.947 m²



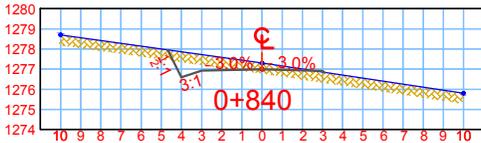
Km = 0+960
 Elev. Terreno = 1275.5 m
 Elev. Subrasante = 1278.152 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 30.596 m²



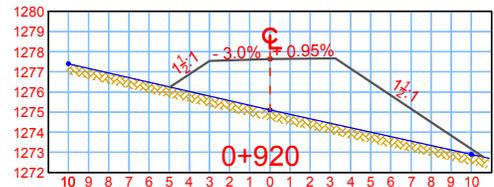
Km = 0+860
 Elev. Terreno = 1277.2 m
 Elev. Subrasante = 1276.855 m
 Área corte = 4.658 m²
 Área terraplen = 0.254 m²



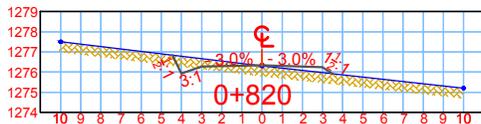
Km = 0+940
 Elev. Terreno = 1274.5 m
 Elev. Subrasante = 1277.893 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 41.016 m²



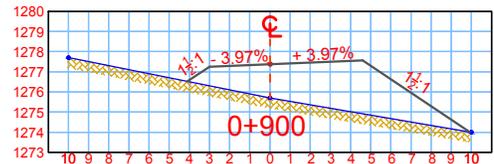
Km = 0+840
 Elev. Terreno = 1277.3 m
 Elev. Subrasante = 1276.595 m
 Área corte = 3.505 m²
 Área terraplen = 0.016 m²



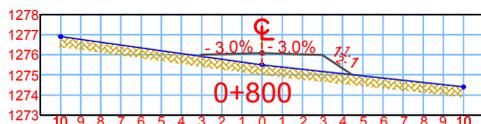
Km = 0+920
 Elev. Terreno = 1275.1 m
 Elev. Subrasante = 1277.633 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 29.622 m²



Km = 0+820
 Elev. Terreno = 1276.3 m
 Elev. Subrasante = 1276.336 m
 Área corte = 1.356 m²
 Área terraplen = 0.521 m²

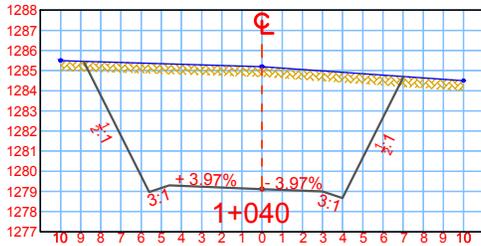


Km = 0+900
 Elev. Terreno = 1275.7 m
 Elev. Subrasante = 1277.374 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 21.261 m²

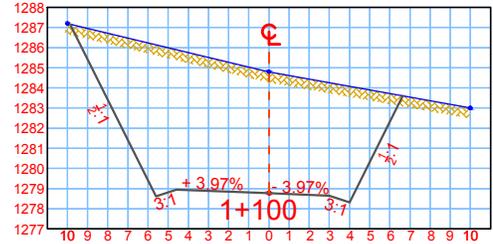


Km = 0+800
 Elev. Terreno = 1275.5 m
 Elev. Subrasante = 1276.076 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 3.682 m²

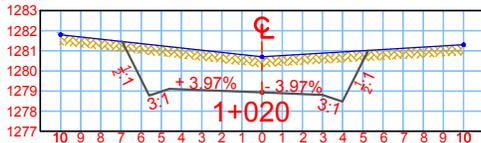
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
Carretera Tipo "D"		009
Del Km 0+800 al Km 0+960		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



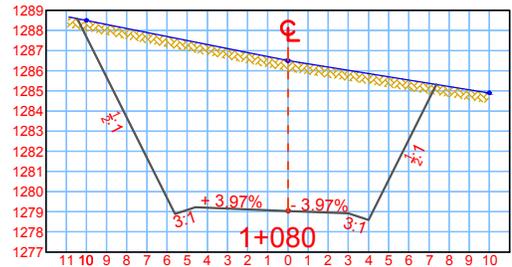
Km = 1+040
 Elev. Terreno = 1285.2 m
 Elev. Subrasante = 1279.116 m
 Área corte = 78.205 m²
 Área terraplen = 0 m²



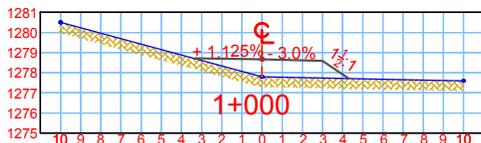
Km = 1+100
 Elev. Terreno = 1284.8 m
 Elev. Subrasante = 1278.766 m
 Área corte = 84.007 m²
 Área terraplen = 0 m²



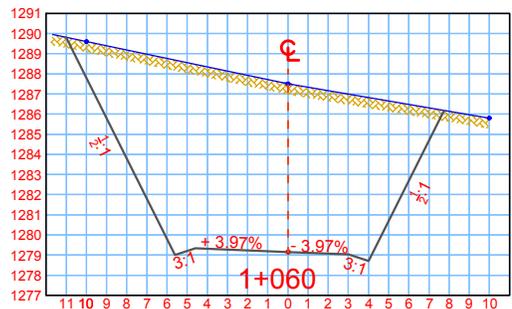
Km = 1+020
 Elev. Terreno = 1280.7 m
 Elev. Subrasante = 1278.931 m
 Área corte = 22.478 m²
 Área terraplen = 0 m²



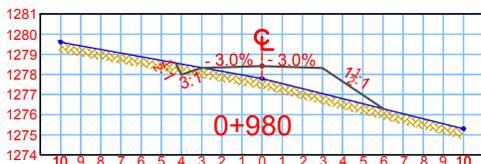
Km = 1+080
 Elev. Terreno = 1286.5 m
 Elev. Subrasante = 1279.034 m
 Área corte = 107.024 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 1+000
 Elev. Terreno = 1277.8 m
 Elev. Subrasante = 1278.671 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 4.587 m²

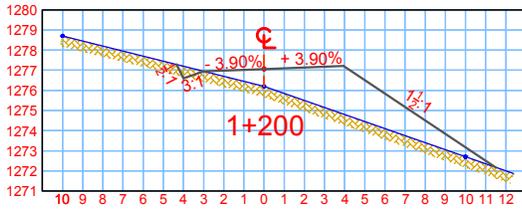


Km = 1+060
 Elev. Terreno = 1287.5 m
 Elev. Subrasante = 1279.15 m
 Área corte = 123.479 m²
 Área terraplen = 0 m²



Km = 0+980
 Elev. Terreno = 1277.8 m
 Elev. Subrasante = 1278.412 m
 Área corte = 0.353 m²
 Área terraplen = 5.659 m²

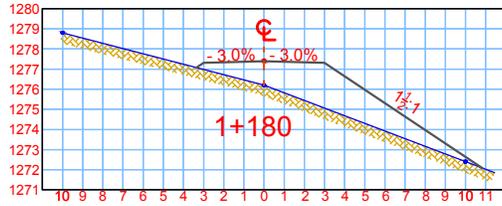
 FES ACATLÁN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO
Carretera Tipo "D"		010
Del Km 0+980 al Km 1+100		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



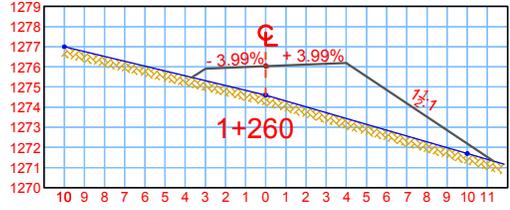
Km = 1+200
 Elev. Terreno = 1276.2 m
 Elev. Subrasante = 1277.054 m
 Área corte = 0.389 m²
 Área terraplen = 16.693 m²



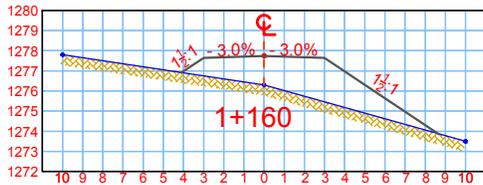
Km = 1+280
 Elev. Terreno = 1273.2 m
 Elev. Subrasante = 1275.685 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 30.507 m²



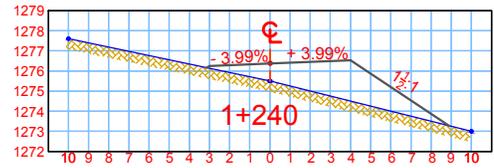
Km = 1+180
 Elev. Terreno = 1276.2 m
 Elev. Subrasante = 1277.397 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 16.316 m²



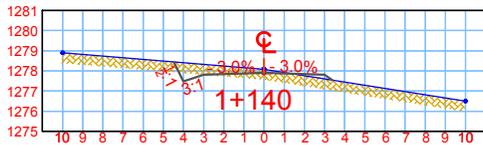
Km = 1+260
 Elev. Terreno = 1274.6 m
 Elev. Subrasante = 1276.028 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 21.588 m²



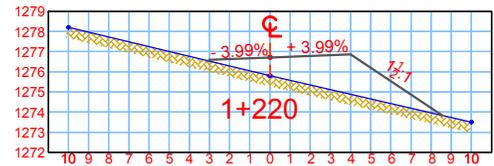
Km = 1+160
 Elev. Terreno = 1276.3 m
 Elev. Subrasante = 1277.739 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 15.64 m²



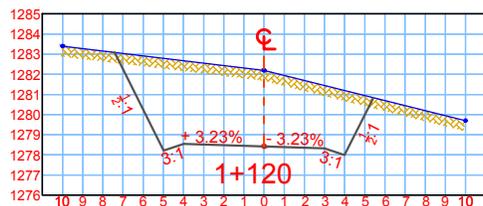
Km = 1+240
 Elev. Terreno = 1275.5 m
 Elev. Subrasante = 1276.37 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 12.236 m²



Km = 1+140
 Elev. Terreno = 1277.9 m
 Elev. Subrasante = 1278.081 m
 Área corte = 2.308 m²
 Área terraplen = 0.202 m²

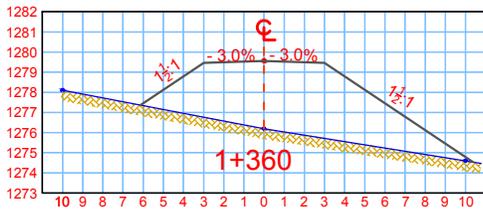


Km = 1+220
 Elev. Terreno = 1275.8 m
 Elev. Subrasante = 1276.712 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 11.876 m²

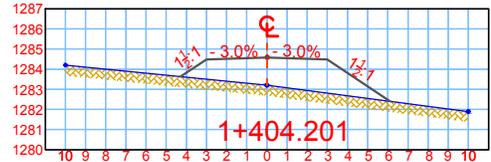


Km = 1+120
 Elev. Terreno = 1282.2 m
 Elev. Subrasante = 1278.423 m
 Área corte = 41.504 m²
 Área terraplen = 0 m²

 FES ACATLÁN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
INGENIERÍA		PLANO
PROYECTO DE SECCIONES		011
Carretera Tipo "D"		
Del Km 1+120 al Km 1+280		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



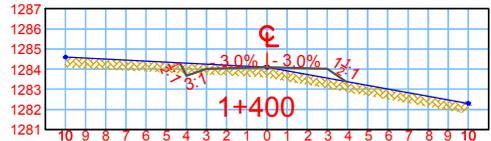
Km = 1+360
 Elev. Terreno = 1276.2 m
 Elev. Subrasante = 1279.551 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 37.739 m²



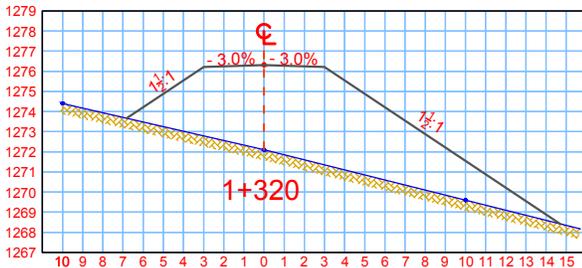
Km = 1+404.201
 Elev. Terreno = 1283.2 m
 Elev. Subrasante = 1284.579 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 11.403 m²



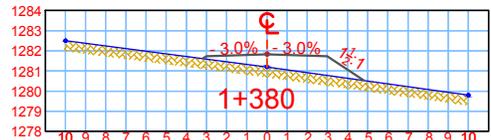
Km = 1+340
 Elev. Terreno = 1273.8 m
 Elev. Subrasante = 1277.604 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 67.251 m²



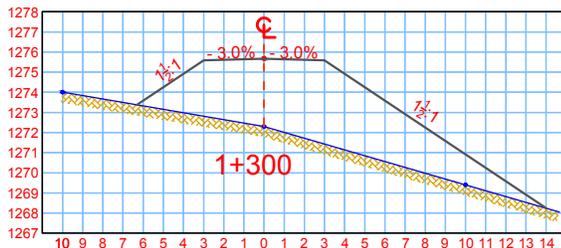
Km = 1+400
 Elev. Terreno = 1284.1 m
 Elev. Subrasante = 1284.101 m
 Área corte = 0.862 m²
 Área terraplen = 0.889 m²



Km = 1+320
 Elev. Terreno = 1272.1 m
 Elev. Subrasante = 1276.31 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 60.101 m²

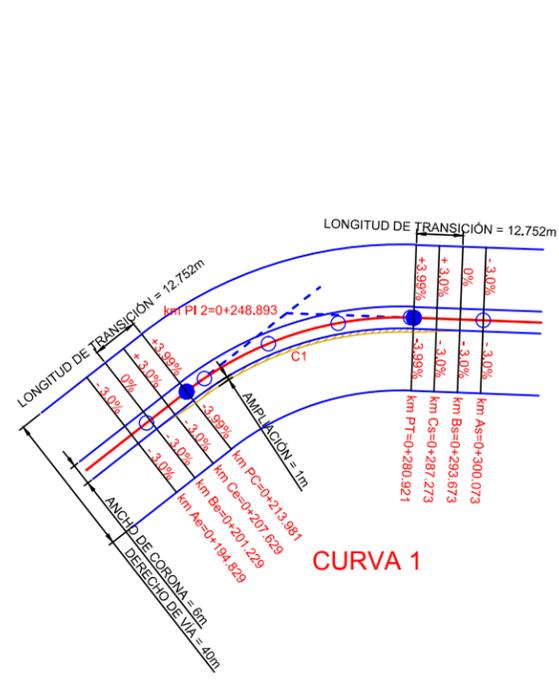


Km = 1+380
 Elev. Terreno = 1281.2 m
 Elev. Subrasante = 1281.826 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 4.406 m²

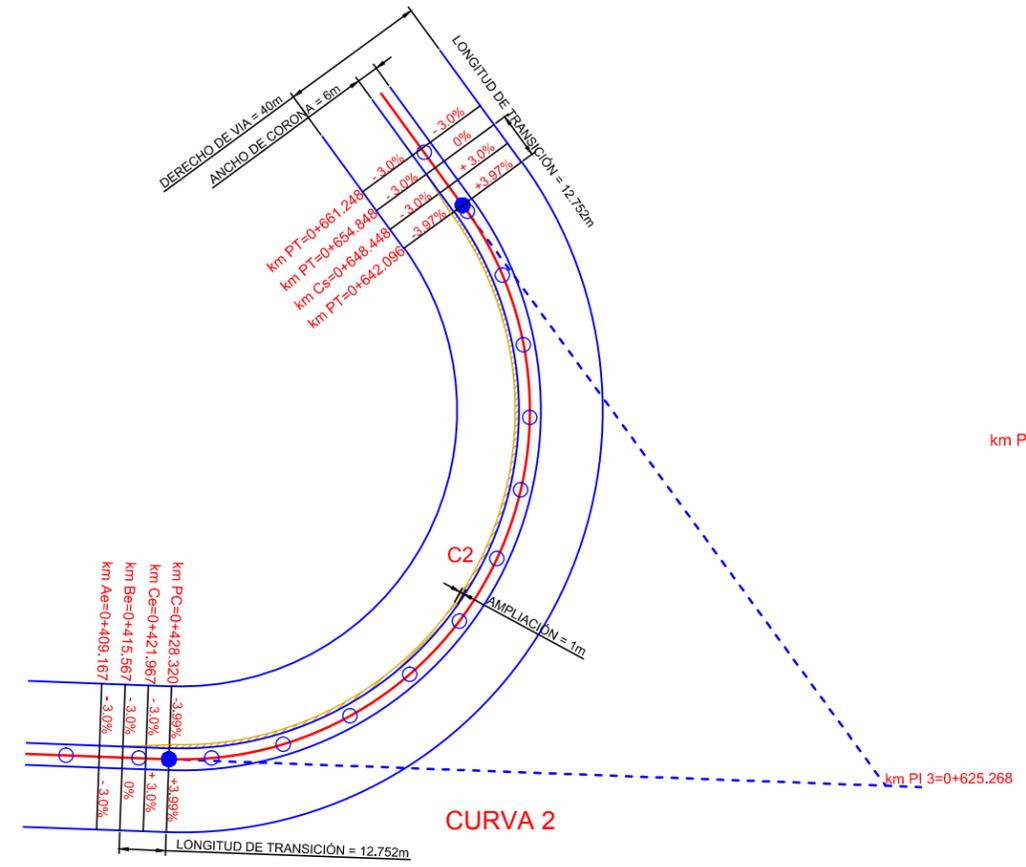


Km = 1+300
 Elev. Terreno = 1272.3 m
 Elev. Subrasante = 1275.67 m
 Área corte = 0 m²
 Área terraplen = 40.937 m²

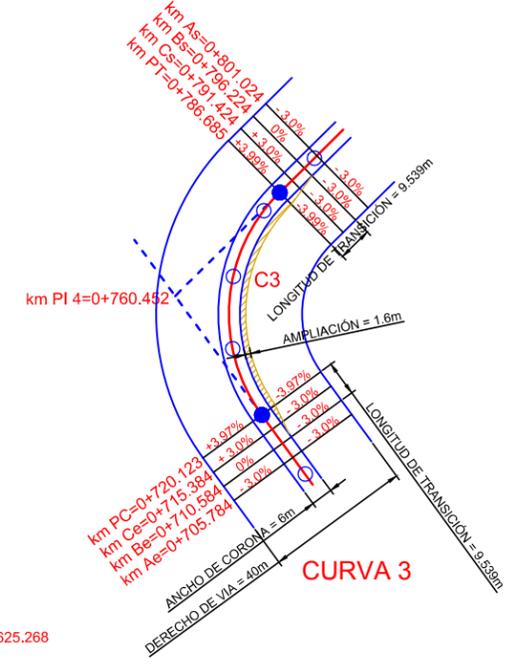
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLÁN	
	INGENIERÍA	
PROYECTO DE SECCIONES		PLANO 012
Carretera Tipo "D"		
Del Km 1+300 al Km 1+404.201		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA



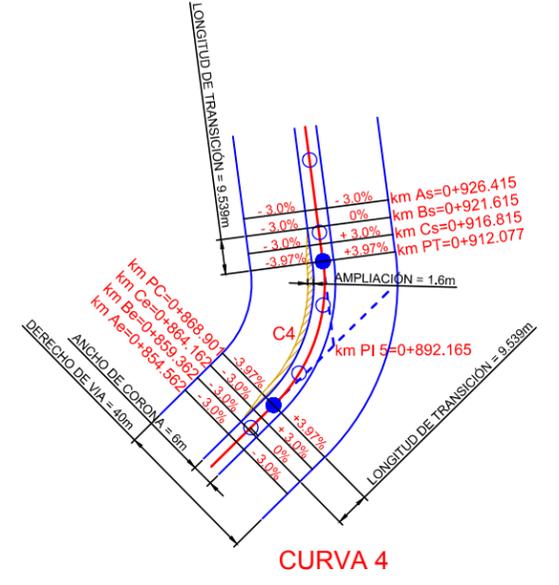
CURVA 1



CURVA 2

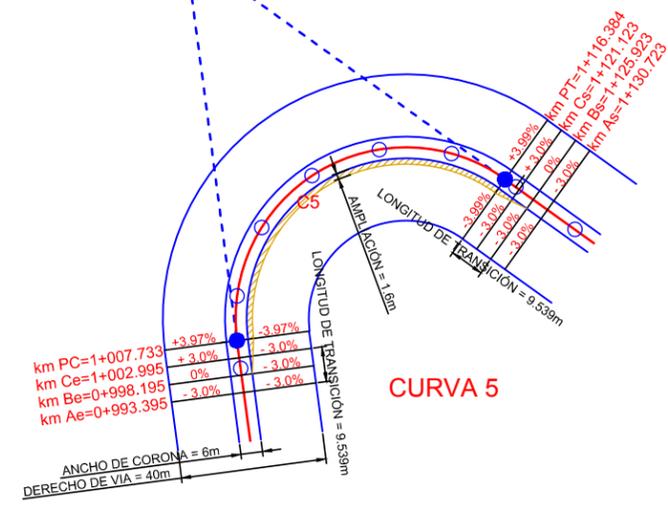


CURVA 3

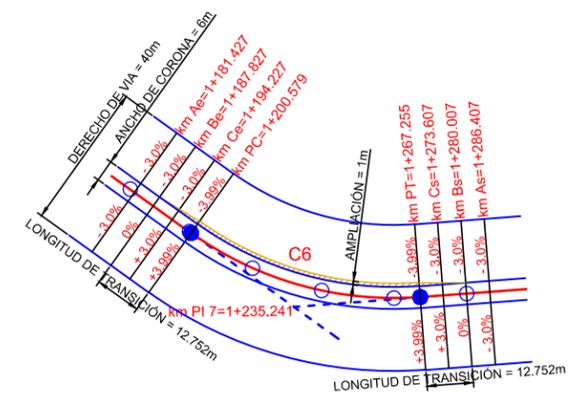


CURVA 4

km PI 6=1+115.553



CURVA 5



CURVA 6

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLAN INGENIERÍA	
DETALLES DE BOMBEO Y AMPLIACION EN CURVAS		PLANO
Carretera Tipo "D"		013
Del Km 0+000 al Km 1+404.201		
ESC: S/E	AC: METROS	PROYECTO: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ
FECHA: 29/05/2014		REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA

UNIDAD 6. MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.

OBJETIVO

Obtener las coordenadas de la curva masa para calcular los volúmenes de tierra.

CURVA MASA

Proyecto.¹

Es el resultado de los diversos estudios en los que se han considerado todos los casos previstos y se han establecido normas para la realización de la obra y para resolver aquellos otros casos que puedan presentarse como imprevistos.

La etapa de proyecto se inicia una vez situada la línea, con estudios de una precisión tal, que permiten definir las características geométricas de la carretera, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones en las corrientes que cruza.

Con respecto a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de cortes y terraplenes y las elevaciones de subrasante.

Referente a las propiedades de los materiales que formarán las terracerías, se dictan normas para su detección, explotación, manejo, tratamiento y compactación.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza la carretera unidas a las características de los materiales en el cauce.

Buscando la mayor economía posible en la construcción de la carretera, se procede al cálculo de los movimientos de terracerías por medio del diagrama denominado curva masa; asimismo se dan los procedimientos que deben seguirse durante la construcción.

Todos aquellos imprevistos que surjan durante la construcción de la obra, se resolverán con base en los estudios realizados en el proyecto de la misma, ampliándose éstos para los casos, que se crean necesarios.

¹ Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de comunicaciones y transportes. Cuarta reimpresión, pág. 62, México 1991.

REGISTRO Y CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DE LA CURVA MASA

Este trabajo consiste en calcular y llenar el formato que usa la SCT denominado cálculo de rasante y curva masa; el objetivo de este cálculo es obtener las ordenadas de la curva masa, este formato de terracerías consta de varias columnas las cuales en algunas se procederá a vaciar datos previamente calculados y en otros será necesario realizar el cálculo.

- 1) Kilometraje de las secciones en estudio
- 2) Cotas del terreno natural obtenidas de la planta general o del perfil deducido.
- 3) Tangentes verticales:
 - a. Pendiente. Obtenida del perfil deducido (proyecto de la subrasante).
 - b. Cotas. En donde hay una curva vertical se anotan las cotas obtenidas sobre la tangente de entrada y su prolongación (cálculo de la curva vertical).
- 4) Valores de X, X² y KX² del cálculo de la curva vertical.
- 5) Cotas de la subrasante.
- 6) Diferencia entre la columna 2 y la columna 5.
- 7) Áreas de las secciones.
- 8) Suma del área que se tiene en una estación más el área de la estación anterior.
- 9) La mitad de la distancia entre las secciones de estudio.
- 10) Producto de los valores de la columna 8 por los de la columna 9.

$$Volumen = \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) * distancia$$

- 11) Coeficiente de variación volumétrica, establecido por el laboratorio de campo para cada zona por la que pasara la carretera.
Afecta solo a los volúmenes de corte.

Material	Coeficiente de abundamiento
Tierra negra	1.00 – 1.25
Material arenoso	1.10 – 1.30
Roca suelta	1.30 – 1.40
Roca fija	1.40 – 1.50

TABLA 30

- 12) Producto de los valores de la columna 10 por los de la columna 11.
- 13) Suma algebraica horizontal de los volúmenes de corte y terraplén que aparecerán en la columna 12
- 14) Ordenadas de la curva masa en cada sección tomando como origen una ordenada arbitraria de valor tal que evite que la gráfica rebase los límites del papel.

ESTACIÓN	ELEV. TERR.	TANGENTE VERTICAL		CURVA VERTICAL	ELEV. RASAN.	ESPEORES		ÁREAS		A1 + A2		SEMI DIST.	VOLUMEN		COEF. ABUND.		VOLUMENES ABUNDADOS		SUMA ALG. VOL. ABUN.		CURVA MASA	
		PEND.	COTAS			CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	+ C	- T		
0+000	1272.7	0.75%			1273.43	-	0.73	1.26	3.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0+020	1274.3	0.75%			1273.58	0.72	-	9.63	-	10.88	3.87	10.00	108.83	38.72	1.20	1.00	130.59	38.72	91.87	91.87	-	91.87
0+040	1274.3	0.75%			1273.73	0.57	-	7.62	-	17.24	-	10.00	172.41	-	1.10	-	189.65	-	189.65	189.65	-	281.52
0+060	1274.4	0.75%			1273.88	0.52	-	7.90	-	15.52	-	10.00	155.20	-	1.10	-	170.71	-	170.71	170.71	-	452.24
0+080	1274.5	0.75%			1274.03	0.47	-	7.22	0.04	15.13	0.04	10.00	151.28	0.43	1.20	1.00	181.53	0.43	181.10	181.10	-	633.34
0+100	1275.6	0.75%			1274.18	1.42	-	14.79	-	22.01	0.04	10.00	220.09	0.43	1.30	1.00	286.12	0.43	285.69	285.69	-	919.03
0+120	1276.2	0.75%			1274.33	1.87	-	18.78	-	33.56	-	10.00	335.64	-	1.30	-	436.33	-	436.33	436.33	-	1,355.36
0+140	1276.5	0.75%			1274.48	2.02	-	22.21	-	40.99	-	10.00	409.87	-	1.20	-	491.84	-	491.84	491.84	-	1,847.20
0+160	1276.9	0.75%		X X^2 y=kX^2	1274.63	2.27	-	24.38	-	46.59	-	10.00	465.90	-	1.10	-	512.49	-	512.49	512.49	-	2,359.69
0+180	1277.2	0.75%	1274.8	0 0 0	1274.78	2.42	-	26.21	-	50.59	-	10.00	505.94	-	1.10	-	556.53	-	556.53	556.53	-	2,916.22
0+200	1277.6	0.75%	1274.9	1 1 0.0265	1274.91	2.67	-	27.84	-	54.06	-	10.00	540.56	-	1.10	-	594.62	-	594.62	594.62	-	3,510.84
0+220	1277.2	0.75%	1275.0	2 4 0.106	1274.98	2.11	-	21.49	-	49.33	-	10.00	493.32	-	1.20	-	591.98	-	591.98	591.98	-	4,102.82
0+240	1276.5	0.75%	1275.0	3 9 0.2385	1275.00	1.26	-	14.76	-	36.25	-	10.00	362.53	-	1.20	-	435.03	-	435.03	435.03	-	4,537.85
0+260	1276.1	-0.84%	1275.0	4 16 0.424	1274.96	1.03	-	11.03	-	25.79	-	10.00	257.90	-	1.20	-	309.48	-	309.48	309.48	-	4,847.33
0+280	1275.9	-0.84%	1274.9	5 25 0.6625	1274.87	1.00	-	9.96	-	20.98	-	10.00	209.85	-	1.20	-	251.82	-	251.82	251.82	-	5,099.15
0+300	1276.1	-0.84%	1274.7	6 36 0.954	1274.73	1.37	-	14.03	-	23.99	-	10.00	239.87	-	1.10	-	263.86	-	263.86	263.86	-	5,363.01
0+320	1276.3	-0.84%			1274.56	1.74	-	17.95	-	31.97	-	10.00	319.73	-	1.10	-	351.71	-	351.71	351.71	-	5,714.71
0+340	1275.2	-0.84%			1274.39	0.81	-	9.25	-	27.20	-	10.00	271.96	-	1.10	-	299.16	-	299.16	299.16	-	6,013.87
0+360	1270.5	-0.84%			1274.22	-	3.72	-	52.45	9.25	52.45	10.00	92.51	524.52	1.20	1.00	111.01	524.52	- 413.51	-	413.51	5,600.37
0+380	1268.1	-0.84%			1274.05	-	5.95	-	101.70	-	154.15	10.00	-	1,541.50	-	1.00	-	1,541.50	-1,541.50	-	1,541.50	4,058.87
0+400	1264.6	-0.84%			1273.88	-	9.28	-	248.35	-	350.05	10.00	-	3,500.45	-	1.00	-	3,500.45	-3,500.45	-	3,500.45	558.42
0+420	1260.8	-0.84%			1273.72	-	12.92	-	341.42	-	589.77	10.00	-	5,897.68	-	1.00	-	5,897.68	-5,897.68	-	5,897.68	5,339.26
0+440	1261	-0.84%			1273.55	-	12.55	-	324.97	-	666.39	10.00	-	6,663.93	-	1.00	-	6,663.93	-6,663.93	-	6,663.93	12,003.19
0+460	1266.1	-0.84%			1273.38	-	7.28	-	157.80	-	482.78	10.00	-	4,827.75	-	1.00	-	4,827.75	-4,827.75	-	4,827.75	16,830.95
0+480	1269.2	-0.84%		X X^2 y=kX^2	1273.21	-	4.01	-	64.45	-	222.25	10.00	-	2,222.52	-	1.00	-	2,222.52	-2,222.52	-	2,222.52	19,053.46
0+500	1273.5	-0.84%	1273.0	0 0 0	1273.04	0.46	-	4.31	0.07	4.31	64.52	10.00	43.10	645.23	1.30	1.00	56.03	645.23	- 589.21	-	589.21	19,642.67
0+520	1276.7	-0.84%	1272.9	1 1 0.0535	1272.93	3.83	-	41.70	-	46.01	0.07	10.00	460.07	0.74	1.30	1.00	598.09	0.74	597.35	597.35	-	19,045.32
0+540	1277.5	-0.84%	1272.9	2 4 0.214	1272.92	4.80	-	55.43	-	97.12	-	10.00	971.24	-	1.20	-	1,165.49	-	1,165.49	1,165.49	-	17,879.83
0+560	1275.5	1.30%	1273.0	3 9 0.4815	1273.02	2.54	-	26.86	-	82.29	-	10.00	822.87	-	1.10	-	905.16	-	905.16	905.16	-	16,974.67
0+580	1275.9	1.30%	1273.2	4 16 0.856	1273.22	2.68	-	28.67	-	55.54	-	10.00	555.35	-	1.10	-	610.89	-	610.89	610.89	-	16,363.79
0+600	1277.8	1.30%			1273.48	4.32	-	50.93	-	79.60	-	10.00	796.00	-	1.10	-	875.60	-	875.60	875.60	-	15,488.19
0+620	1277.4	1.30%			1273.74	3.66	-	40.56	-	91.48	-	10.00	914.85	-	1.20	-	1,097.82	-	1,097.82	1,097.82	-	14,390.37
0+640	1276.5	1.30%			1274.00	2.50	-	26.76	-	67.32	-	10.00	673.24	-	1.20	-	807.88	-	807.88	807.88	-	13,582.49
0+660	1276.6	1.30%			1274.26	2.34	-	24.42	-	51.19	-	10.00	511.88	-	1.20	-	614.26	-	614.26	614.26	-	12,968.23
0+680	1276.1	1.30%			1274.52	1.58	-	15.69	-	40.11	-	10.00	401.11	-	1.20	-	481.33	-	481.33	481.33	-	12,486.90
0+700	1275.6	1.30%			1274.78	0.82	-	8.31	-	24.00	-	10.00	239.96	-	1.10	-	263.96	-	263.96	263.96	-	12,222.94
0+720	1275.7	1.30%			1275.04	0.66	-	8.66	-	16.97	-	10.00	169.68	-	1.10	-	186.64	-	186.64	186.64	-	12,036.30

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLAN	
	INGENIERÍA	
<h1>CURVA MASA</h1>		PLANO <h2>014</h2>
Carretera Tipo "D" Del Km 0+000 al Km 0+720		
FECHA: 29/05/2014	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ REVISÓ: ING. OMAR ULISES MORALES DÁVILA	

ESTACIÓN	ELEV. TERR.	TANGENTE VERTICAL		CURVA VERTICAL	ELEV. RASAN.	ESPEORES		ÁREAS		A1 + A2		SEMI DIST.	VOLUMEN		COEF. ABUND.		VOLUMENES ABUNDADOS		SUMA ALG. VOL. ABUN.		CURVA MASA	
		PEND.	COTAS			CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	+ C	- T		
0+740	1277.5	1.30%			1275.30	2.20	-	28.32	-	36.97	-	10.00	369.73	-	1.10	-	406.71	-	406.71	406.71	-	11,629.59
0+760	1277.8	1.30%			1275.56	2.24	-	28.07	-	56.39	-	10.00	563.87	-	1.20	-	676.64	-	676.64	676.64	-	10,952.95
0+780	1275.9	1.30%			1275.82	0.08	-	2.72	0.52	30.79	0.52	10.00	307.95	5.21	1.20	1.00	369.54	5.21	364.33	364.33	-	10,588.63
0+800	1275.5	1.30%			1276.08	-	0.58	-	3.68	2.72	4.20	10.00	27.24	42.03	1.10	1.00	29.96	42.03	-	12.07	-	10,600.70
0+820	1276.3	1.30%			1276.34	-	0.04	1.36	0.52	1.36	4.20	10.00	13.56	42.03	1.10	1.00	14.92	42.03	-	27.12	-	10,627.81
0+840	1277.3	1.30%			1276.60	0.70	-	3.51	0.02	4.86	0.54	10.00	48.61	5.36	1.20	1.00	58.33	5.36	52.97	52.97	-	10,574.85
0+860	1277.2	1.30%			1276.85	0.35	-	4.66	0.25	8.16	0.27	10.00	81.63	2.70	1.30	1.00	106.12	2.70	103.43	103.43	-	10,471.42
0+880	1276.4	1.30%			1277.11	-	0.71	0.46	9.95	5.12	10.20	10.00	51.16	102.01	1.30	1.00	66.51	102.01	-	35.50	-	10,506.92
0+900	1275.7	1.30%			1277.37	-	1.67	-	21.26	0.46	31.21	10.00	4.57	312.08	1.20	1.00	5.49	312.08	-	306.59	-	10,813.51
0+920	1275.1	1.30%			1277.63	-	2.53	-	29.62	-	50.88	10.00	-	508.83	-	1.00	-	508.83	-	508.83	-	11,322.34
0+940	1274.5	1.30%			1277.89	-	3.39	-	41.02	-	70.64	10.00	-	706.38	-	1.00	-	706.38	-	706.38	-	12,028.71
0+960	1275.5	1.30%			1278.15	-	2.65	-	30.60	-	71.61	10.00	-	716.12	-	1.00	-	716.12	-	716.12	-	12,744.84
0+980	1277.8	1.30%			1278.41	-	0.61	0.35	5.66	0.35	36.26	10.00	3.53	362.56	1.20	1.00	4.24	362.56	-	358.32	-	13,103.16
1+000	1277.8	1.30%			1278.67	-	0.87	-	4.59	0.35	10.25	10.00	3.53	102.47	1.20	1.00	4.24	102.47	-	98.23	-	13,201.39
1+020	1280.7	1.30%	1278.9	0 0 0	1278.93	1.77	-	22.48	-	22.48	4.59	10.00	224.78	45.87	1.20	1.00	269.74	45.87	223.87	223.87	-	12,977.52
1+040	1285.2	1.30%	1279.1	1 1 0.0753	1279.12	6.01	-	78.20	-	100.68	-	10.00	1,006.83	-	1.20	-	1,208.20	-	1,208.20	1,208.20	-	11,769.33
1+060	1287.5	1.30%	1279.2	2 4 0.3010	1279.15	8.05	-	123.48	-	201.68	-	10.00	2,016.84	-	1.10	-	2,218.52	-	2,218.52	2,218.52	-	9,550.81
1+080	1286.5	-1.71%	1279.0	3 9 0.6773	1279.03	7.39	-	107.02	-	230.50	-	10.00	2,305.02	-	1.10	-	2,535.53	-	2,535.53	2,535.53	-	7,015.28
1+100	1284.8	-1.71%	1278.8	4 16 1.2040	1278.77	6.03	-	84.01	-	191.03	-	10.00	1,910.31	-	1.10	-	2,101.34	-	2,101.34	2,101.34	-	4,913.94
1+120	1282.2	-1.71%			1278.42	3.78	-	41.50	-	125.51	-	10.00	1,255.11	-	1.20	-	1,506.14	-	1,506.14	1,506.14	-	3,407.80
1+140	1277.9	-1.71%			1278.08	-	0.18	2.31	0.20	43.81	0.20	10.00	438.12	2.02	1.20	1.00	525.75	2.02	523.73	523.73	-	2,884.08
1+160	1276.3	-1.71%			1277.74	-	1.44	-	15.64	2.31	15.84	10.00	23.08	158.42	1.10	1.00	25.39	158.42	-	133.03	-	3,017.10
1+180	1276.2	-1.71%			1277.40	-	1.20	-	16.32	-	31.96	10.00	-	319.56	-	1.00	-	319.56	-	319.56	-	3,336.67
1+200	1276.2	-1.71%			1277.05	-	0.85	0.39	16.69	0.39	33.01	10.00	3.89	330.09	1.20	1.00	4.67	330.09	-	325.42	-	3,662.08
1+220	1275.8	-1.71%			1276.71	-	0.91	-	11.88	0.39	28.57	10.00	3.89	285.69	1.30	1.00	5.06	285.69	-	280.63	-	3,942.71
1+240	1275.5	-1.71%			1276.37	-	0.87	-	12.24	-	24.11	10.00	-	241.12	-	1.00	-	241.12	-	241.12	-	4,183.84
1+260	1274.6	-1.71%			1276.03	-	1.43	-	21.59	-	33.82	10.00	-	338.24	-	1.00	-	338.24	-	338.24	-	4,522.07
1+280	1273.2	-1.71%	1275.7	0 0 0	1275.69	-	2.49	-	30.51	-	52.09	10.00	-	520.95	-	1.00	-	520.95	-	520.95	-	5,043.02
1+300	1272.3	-1.71%	1275.7	1 1 0.32725	1275.67	-	3.04	-	47.94	-	78.44	10.00	-	784.44	-	1.00	-	784.44	-	784.44	-	5,827.46
1+320	1272.1	-1.71%	1276.3	2 4 1.309	1276.31	-	2.90	-	60.10	-	108.04	10.00	-	1,080.38	-	1.00	-	1,080.38	-	1,080.38	-	6,907.84
1+340	1273.8	11.38%	1277.6	3 9 2.94525	1277.60	-	3.48	-	67.25	-	127.35	10.00	-	1,273.52	-	1.00	-	1,273.52	-	1,273.52	-	8,181.36
1+360	1276.2	11.38%	1279.6	4 16 5.236	1279.55	-	3.35	-	37.74	-	104.99	10.00	-	1,049.90	-	1.00	-	1,049.90	-	1,049.90	-	9,231.25
1+380	1281.2	11.38%			1281.83	-	0.63	-	4.41	-	42.14	10.00	-	421.45	-	1.00	-	421.45	-	421.45	-	9,652.70
1+400	1284.1	11.38%			1284.10	-	0.00	0.86	0.89	0.86	5.30	10.00	8.62	52.95	1.20	1.00	10.34	52.95	-	42.61	-	9,695.31
1+404.201	1283.2	11.38%			1284.58	-	1.38	-	11.40	0.86	12.29	2.10	1.81	25.82	1.10	1.00	1.99	25.82	-	23.83	-	9,719.14

(+) (-)
 SUMA = 25541.62 35260.76
 (+) - (-) = -9719.14

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
	FES ACATLAN	
	INGENIERÍA	
CURVA MASA		PLANO
015		
Carretera Tipo "D"		
Del Km 0+740 al Km 1+404.201		
FECHA: 29/05/2014	PROYECTÓ: DANIEL ARMANDO LAUREL VÉLEZ	
	REVISÓ: ING. ONAR ULISES MORALES DÁVILA	

CONCLUSIONES

La planeación es un factor fundamental para poder llevar a cabo la construcción de un sistema carretero. Consiste inicialmente en evaluar si es factible o no, llevar a cabo su construcción, por medio de la evaluación económica se determinan los índices de productividad rentabilidad y de servicio. En caso de ser factible se realizan estudios y/o se recopila la información física, geográfica, social, política y económica. Esto con el fin de lograr el óptimo aprovechamiento de todos los recursos. Finalmente se realizan numerosos reconocimientos para poder establecer la ruta más adecuada en el cual el costo de la obra, el tiempo de recorrido, el aprovechamiento de todos los recursos sean óptimos. Comunicando a la mayor cantidad de poblaciones posibles.

El diseño geométrico es una parte fundamental de la planeación, permite establecer la disposición espacial más adecuada sobre el territorio, para que se adopte a sus características y condiciones. Pero a su vez pueda facilitar accesibilidad, movilidad de las personas y de las mercancías de forma segura, cómoda, sostenible y en tiempos adecuados. Se lleva a cabo mediante un proceso iterativo, donde se construye la geometría de la carretera y continuamente se evalúa, según todas las condiciones y objetivos de diseño. Para así realizar las modificaciones e intentando satisfacer al máximo los diferentes objetivos del diseño.

Un factor importante es el tránsito a futuro ya que sin duda una carretera conduce al desarrollo de las poblaciones beneficiadas. Esto da lugar al crecimiento del tránsito promedio diario anual (TPDA). Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos que se proyectan o que se presenten problemas de congestionamiento.

En general un buen diseño geométrico depende de la funcionalidad de una carretera porque así se logrará comunicar al mayor número de poblaciones, un aprovechamiento óptimo de los recursos, con los menores tiempos de recorrido de forma segura y funcional durante la vida útil. Así logrando minimizar los costos de mantenimiento aunque esto también depende en gran medida de la ejecución de la obra en sí; pero tomando en cuenta las características del diseño como son las pendientes transversales y longitudinales para el buen drenaje de las carreteras, así como las obras de conducción de agua como son las cunetas y contracunetas se logran minimizar los costos de mantenimiento.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Cuarta reimpresión, 1991, México.
- CAL, RAFAEL Y MAYOR. (2003): Ingeniería de tránsito. México. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- CAL, RAFAEL Y MAYOR. (2003): Manual de Estudios de Ingeniería y Tránsito. México. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- ECHARREN G., RENE. (2003): Manual de caminos vecinales. México. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- HAWES, LAURENCE I. (2003): Ingeniería de carreteras. México. Ed. CECSA.
- H., JONES J. (2003): Proyecto geométrico de carreteras modernas. México. Ed. CECSA.
- LEGAULT, ADRIAN S. (2003): Ingeniería de carreteras y aeropuertos. México. Ed. CECSA.
- SAHOP HOY S.C.T. (2003): Manual de proyectos geométricos de carreteras. México.