



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.
CAMINO LA PRESA MUNICIPIO DE HUANIQUEO- EL PROGRESO
MUNICIPIO DE VILLA MORELOS TRAMO LA PRESA-SANTIAGO
CONGREGACIÓN, SUB-TRAMO 0+000-2+040.00.**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

ENRIQUE LAGUNA CONTRERAS

DIRECTOR DE TESINA

M.V.T. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD.

Morelia Michoacán

Octubre del 2006.



Dedicatoria:

Dedico este trabajo a mi esposa e hija que con su apoyo y colaboración hicieron posible la realización del mismo.

Agradecimientos:

Al creador por haberme dado la vida.

A mi familia y hermanos, por la confianza que depositaron en mi persona; y por el apoyo incondicional que me brindaron hicieron posible la terminación de mis estudios profesionales.

A mis maestros por los conocimientos que me brindaron en el transcurso de mi formación académica.

A mi asesor el ing. Alejandro peralta arnaud que con su ayuda fue posible la terminación de este trabajo, que en lo personal se culmina una etapa mas de mi vida.

A mis compañeros por el apoyo que me brindaron en los momentos difíciles.

A todas las personas que no fueron mencionadas pero que de alguna forma u otra contribuyeron para mi formación.

INDICE:

Pág.



INTRODUCCION.....	4
-Funciones de las diferentes capas de un pavimento.....	5
-Características fundamentales que debe tener un pavimento como conjunto...	6
-Clasificación de los caminos.....	10
-Ubicación, Clima, Tipo de suelo, Vegetación, Topografía y características Del proyecto geométrico.....	12
-Terminología básica.....	14
CAPITULO I ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	15
I.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.....	16
I.2 Curvas circulares simples.....	18
I.3 Curvas compuestas.....	20
I.4 Curvas inversas.....	21
I.5 Calculo de curvas horizontales.....	22
I.6 Resumen de curvas horizontales.....	23
I.7 Presentación de Plano del Desarrollo Horizontal.....	24
CAPITULO II. ALINEAMIENTO VERTICAL.....	25
II.1 Proyecto de sub-rasante.....	25
II.2 Tangentes verticales.....	25
II.3 Normas generales para el alineamiento vertical.....	26
II.4 Nivelación.....	27
II.5 Registro de nivel.....	28
II.6 Obras de drenaje.....	29
II.7 Curvas verticales.....	31
II.7.1 Elementos de la curva vertical en cresta.....	32
II.7.2 Elementos de la curva vertical en columpio.....	33
II.8 Calculo de curvas verticales.....	34
II.9 Resumen de curvas verticales.....	36
II.10 Correspondencia del alineamiento vertical, horizontal y normas.....	36
II.11 Presentación de Plano de Perfil.....	38
CAPITULO III. SECCION TRANSVERSAL.....	39
III.1 Sección Transversal.....	39
III.2 Características geométricas con relación a la sección transversal.....	45
III.3 Secciones Constructivas.....	45
III.4 Secciones Tipo.....	45
III.5 Calculo de ampliación y sobre-elevación de curvas horizontales.....	46
CAPITULO IV CÁLCULO DE LA O.C.M.....	48
CAPITULO V DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	54
I Diseño de Pavimento por el método de la UNAM.....	54
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	60



INTRODUCCION

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos desde los caminos a base de piedra y aglomerado hasta nuestra época con métodos perfeccionados ya que basándose en la experiencia adquirida al transcurso del tiempo se ha logrado la construcción de grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Es por ello que la falta de caminos y la mejora de los mismos muchas comunidades de nuestro país se encuentran aisladas e incomunicadas las cuales no cuentan con los servicios básicos como son la atención médica y la educación, estos factores influyen en gran parte para el desarrollo de la población y para alcanzar un mayor nivel de vida.

Es por esto que los caminos tienen una importancia vital en el desarrollo económico de cualquier país porque son la liga indispensable entre la producción y el consumo, así como la vía principal para intercambiar servicios de salud y de educación.

Actualmente en la comunidad de Santiago congregación se tiene la necesidad de la pavimentación del camino que comunique hacia otras comunidades incluyendo a la cabecera municipal, ya que esto les facilitaría el traslado de sus productos hacia otros lugares, dadas las condiciones que prevalecen en el lugar esto no se pudo llevar a cabo ya que el camino se encuentra a nivel de terracería con una capa delgada de tezontle, que en tiempos de lluvia el material se degrada rápidamente por la erosión que provoca esta y por el tránsito del lugar que poco a poco lo convierte en un camino difícil de transitar.



FUNCIONES DE LAS DIFERENTES CAPAS DE UN PAVIMENTO

A).- **TERRACERIAS:** La función de las terracerias es la de dar forma a la obra civil, recibir las cargas disipadas de los vehículos y formar una sustentación adecuada para el pavimento. Se compactan de 90 % a 95 % de su P.V.S.M. (Suelo de mala calidad y carretera importante).

B).- **SUB-RASANTE:** Constituye una transición entre el pavimento y la terraceria, se exige que los materiales tengan un V.R.S. mayor del 5 % y una expansión menor 5 %.

- Recibir y transmitir las cargas de tránsito, que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir adecuadamente las cargas de tránsito al cuerpo del terraplén.
- Evitar que el pavimento sea obstruido por las terracerias
- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Economizar espesores del pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerias requieren un espesor grande.

C).- **SUB-BASE:**

- Una de las funciones es de economizar, ya que es más factible realizar una capa aun que de mayor espesor pero de menor calidad que la base.
- La sub-base, más fina que la base actúa como filtro que esta impide su incrustación en la sub-rasante.
- Absorbe deformaciones perjudiciales en la sub-rasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.
- Actúa como dren para desalojar el agua del pavimento y para impedir la ascensión del agua por capilaridad procedente de la terraceria.
- Recibir y resistir las cargas de tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).

D).- **BASE:**

- Proporcionar un elemento resistente al pavimento para transmitir a la sub-base y a la sub-rasante esfuerzos de menor intensidad.
- Drenar el agua que se introduzca por la carpeta, así como impedir la ascensión capilar.

E).- **CARPETA:**

- Impedir el paso del agua al interior del pavimento.
- Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada.

La capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la cual se necesita que sobre de ella exista una capa de material cohesivo y con resistencia a la tensión. Lo anterior lo proporciona la carpeta asfáltica.



CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES QUE DEBE TENER UN PAVIMENTO COMO CONJUNTO

A).- RESISTENCIA ESTRUCTURAL:

La primera condición que debe de cumplir un pavimento es de soportar las Cargas impuestas por el tránsito.

La metodología teórica para el análisis de la resistencia de los pavimentos es proporcionada por la Mecánica de suelos, la cual considera que los esfuerzos cortantes son la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. (Suelos homogéneos, isotropos, los pavimentos son heterogéneos, anisotropos).

El problema de la resistencia de los pavimentos, se plantea desde el punto de vista de la estructura de los materiales del pavimento considerado a la terracería en forma pasiva, sin embargo en muchas de las fallas en pavimentos se originan probablemente en las terracerías.

Otro factor que influye en la resistencia en los materiales es el tipo de carga que se aplica, (cargas móviles y repetitivas). En la actualidad se determina la resistencia de los pavimentos considerando cargas estáticas y con velocidad de aplicación lenta. El hecho de que las cargas actuantes sean repetitivas afectan a la larga la resistencia de las capas del pavimento de relativa rigidez (fatiga), es causa de la ruptura de los granos.

La resistencia de los materiales que forman los pavimentos interesa desde dos puntos de vista:

- 1).- En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas de tránsito.
- 2).- En cuanto a la capacidad de carga de la capa sub-rasante, el que constituya el anexo del pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitirlos a la terracería a niveles convenientes.

Una capa delgada puede soportar en si misma las cargas impuestas, pero transmitirá altos esfuerzos a las inferiores, en tanto que una capa gruesa, cuya resistencia mejora un poco en el aumento del espesor, se distinguirá por transmitir esfuerzos menores a las capas subyacentes.

De lo arriba expuesto una sub-rasante resistente será capaz de tolerar niveles de esfuerzo relativamente altos por lo que podrían usarse sobre ella espesores de capas reducidos y así obtener importantes ahorros en la inversión.

B).- DEFORMABILIDAD:

En algunos aspectos el problema de la deformabilidad de los pavimentos tiene un planteamiento opuesto al de la resistencia. Con respecto a la deformación, dada la naturaleza de los materiales que forma las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y la terracería es más deformable que el pavimento propiamente dicho y dentro de este, la subrasante, capa inferior, es mucho mas deformable que las capas superiores.



Desde el punto de vista la deformabilidad interesa sobre todo a niveles relativamente profundos, pues es fácil que las capas superiores tengan niveles de deformación tolerables, aun para los altos esfuerzos que en ellas actúan.

En los pavimentos las deformaciones interesan, como es usual en ingeniería, desde dos puntos de vista. Por un lado porque las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla y por otro lado, es sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un lapso estructural propiamente dicho, es decir deben de cumplir tanto la condición de FALLA como la de SERVICIO.

Las cargas de tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases. Las elásticas son de recuperación en el pavimento después de cesar la carga deformadora. Bajo carga móvil y repetitiva la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a tener valores inadmisibles. Paradójicamente este proceso va acompañado de una compactación o densificación de los materiales, de manera que el pavimento "fallado", puede ser más resistente que el original.

En la actualidad un buen número de métodos de diseño se basan en mantener la deformación dentro de límites tolerables.

Existen dos criterios para fijar la deformación máxima permisible. Es la que produce la falla del camino, entendiendo por esta la condición en la que el pavimento llega a perder las características de servicio para las (AASHO), que fue diseñada o bien se toma en cuenta la deformación que obligue a una reconstrucción de determinada importancia (CRITERIO BRITÁNICO).

C).- LA DURABILIDAD:

Las incertidumbres prácticas ligadas a la durabilidad de un pavimento flexible son grandes y difíciles de tratar.

Es difícil definir cual es la durabilidad deseada que haya de lograrse en cada caso. Evidentemente que esta ligadas a una serie de factores económicos y sociales del propio camino; en una obra modesta la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, con tal de que la serie de reconstrucciones que entonces se requieran valga menos que el costo inicial de un pavimento mucho menos durable, mas el valor que pueda darse al las interrupciones de servicio a que las reconstrucciones den lugar; por el contrario en obras de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Para lograr la durabilidad deseada una vez fijada, surgen muchas incertidumbres a fin de lograrla, ya que hay que analizar el efecto del clima y del tránsito cuya influencia en la vida del pavimento no puede definirse con exactitud.

(Lluvias, ciclones, inundaciones, terremotos); En la actualidad no existe un método de diseño que tome todos estos efectos.



D).- EL COSTO:

Como todas las estructuras de ingeniería un pavimento representa un balance entre la resistencia y la estabilidad, por un lado y el costo por el otro.

Un diseño correcto es aquel que llegue a satisfacer los requerimientos de un servicio a un costo mínimo.

Para lograr el equilibrio antes mencionado se puede seguir muchas líneas de conducta y de aquí surge uno de los aspectos más inciertos y de los que requiere más criterio.

La primera decisión en tomar debe ser el tipo de pavimento a emplear, es decir si se empleara un pavimento rígido, flexible o semi-rígido, ya que cada uno de ellos tiene sus ventajas comparativamente hablando.

En general los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es elevado y están sujetos a la existencia de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado.

Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa. Los pavimentos semi-rígidos pueden construir soluciones muy económicas, cuando los materiales de que se dispone para la construcción los hacen convenientes, pues permiten apreciables reducciones en los espesores. No hay regla fija que permita establecer el tipo de pavimento conveniente en cada caso y esto deberá de establecerse en cada situación particular.

Las normas anteriores permiten pensar que los pavimentos rígidos serán especialmente deseables en zonas urbanas, calles y avenidas y en carreteras de muy alto tránsito, en la que cualquier interrupción de servicio o deterioro del mismo sean de importancia.

Elegido el tipo de pavimento, deberán de seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura. Es posible que existan en abundancia y que el problema se reduzca a elegir su selección, pero también es posible que escaseen en tal grado que obliguen al proyecto del pavimento en su conjunto a adaptarse a los materiales que existan.

Cuando se fijan los bancos de materiales que se utilizarán en la construcción de un pavimento acarrea consigo muchos problemas de solución incierta en lo referente a la homogeneidad de los bancos, los métodos de extracción a seguir, los tratamientos a dar a los diferentes materiales, el volumen de los desperdicios y del material aprovechable, etc., todos los cuales se reflejan mucho en los costos.

Otro de los factores que intervienen en forma decisiva de los costos de un pavimento y para cuya definición no existen tampoco reglas fijas confiables es el relativo a las normas de construcción a que han de sujetarse los diferentes materiales para cumplir con los requerimientos de un proyecto determinado. La compactación por ejemplo, involucra un gran número de incertidumbres importantes que han de resolverse sobre la marcha con base a la experiencia y en el sentido común de los proyectistas y constructores.



E).- LOS REQUERIMIENTOS DE CONSERVACION:

Una vez una gran cantidad de incertidumbres de las que se plantea en la práctica de los pavimentos tiene que ver con la conservación.

Los factores climáticos influyen decisivamente en la vida de los pavimentos, por lo que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para preservarlos, a fin de dejar a la conservación una tarea razonable; sin embargo, es obvio que tales factores involucran muchos elementos de estimación difícil a pesar de lo cual esta debe de intentarse siempre, conjugando la experiencia precedente de una buena información de las condiciones locales.

La intensidad de tránsito también se refleja en el aspecto que se analiza; se trata ahora de prever el crecimiento futuro tanto del número como del tipo de vehículos circundantes, ya que de lo contrario la tarea de conservar el pavimento será muy difícil.

Otro factor a tomar en cuenta es el futuro comportamiento de la terracerías su deformaciones, derrumbes, pues de otra manera podrá llegarse a grandes problemas de conservación y de reconstrucción. Es frecuente que el comportamiento esperado para las terracerías se refleje en forma decisiva en los pavimentos.

Las condiciones de drenaje y sub.-drenaje de la vía terrestre son seguramente uno de los puntos más importantes para definir la vida de un pavimento, como de su necesidad de conservación.

La disgregación de los materiales constitutivos por carga repetida, es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conservación

Aun que existen en la actualidad algunas pruebas orientadoras en relación con el comportamiento de los materiales a este respecto, son muchas las dudas que existen en la actualidad; es fundamental que estas sean resueltas con buen juicio y experiencia, pues es un hecho comprobado que los descuidos en este terreno se reflejan rápidamente en una conservación costosa y aun en la necesidad de reconstrucciones.

Frecuentemente los pavimentos sufren falta de conservación sistemática, con lo que su vida se acorta. Esto sucede sobre todo invocando escasez de recursos o impostergables necesidades sociales para la construcción de obras nuevas.

F).- LA COMODIDAD:

Sobre todo en grandes autopistas y caminos de primer orden, las pruebas y métodos de diseño de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto También quedan incluidas es este aspecto la seguridad y la estética del camino.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento, pueden constituir una gran incomodidad para el usuario, aunque desde el punto de vista estructural no representan ningún peligro de falla.



Para poder desarrollar una tecnología adecuada de los pavimentos debe tenerse un sólido conocimiento de los materiales y las características de resistencia y deformación de los suelos proporcionada por la Mecánica de los Suelos.

Un pavimento no debe de considerarse como un conjunto de capas colocadas en la parte superior de un camino, como comúnmente se hace, si no que sería más racional hablar del diseño estructural del camino, que incluyen en un conjunto único al terreno de cimentación, terracerías, sub.-rasante, base y carpeta. Parece muy difícil llegar a proyectar con éxito los pavimentos mientras se siga concentrando la atención solo a las capas superiores, siendo que las inferiores influyen siempre y frecuentemente son determinantes.

CLASIFICACION DE LOS CAMINOS

1.- En cuanto a su finalidad y a la zona en que se ubicaran los caminos se clasifican:

- *Caminos de función social* cuyo objetivo es la incorporación de los núcleos de población marginados al desarrollo socioeconómico del país.
- *Caminos de penetración económica* que se construyen en zonas con una gran riqueza potencial susceptibles de ser explotadas económicamente.
- *Caminos en zonas en pleno desarrollo* que tienen como finalidad propiciar el desarrollo de zonas que por su ubicación y condiciones particulares son aptas para la construcción de grandes centros industriales.

2.- Desde el punto de vista administrativo los caminos se clasifican en:

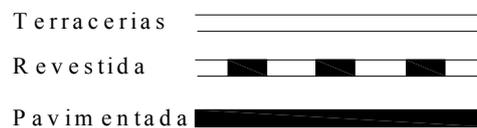
- *Caminos Federales*: cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
- *Caminos Estatales*: cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.
- *Caminos Vecinales o rurales*: cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.
- *Caminos de cuota*: las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.



3.- Por su transitabilidad que corresponde a las etapas de construcción de los caminos se clasifican en:

- *Terracerías*: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de sub-rasante transitable en tiempo de secas.
- *Revestida*: cuando sobre la sub-rasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- *Pavimentada*: cuando sobre la sub-rasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

La clasificación anterior es casi universalmente usada en cartografía y se presenta así:



4.- Según la intensidad de tránsito (clasificación oficial) esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

- **Tipo especial:** para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, (“Tipo A2”, de 3,000 a 5,000 vehículos y “Tipo A4”, de 5,000 a 20,000 vehículos) equivalente a un tránsito horario máximo anual mayor de 360 vehículos (o sea un 12% de T.P.D.)
- **Tipo B:** para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12% del T.P.D.).
- **Tipo C:** para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12% de T.P.D.)
- **Tipo D:** para un tránsito promedio diario anual de 100 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 12 a 120 vehículos.
- **Tipo E:** para un TDPA hasta de 100 vehículos, con ancho de corona y calzada de 4.0 m.

MICROLOCALIZACION



UBICACIÓN

La ubicación del tramo se encuentra en la parte norte del estado de Michoacán dentro de la región central moreliana, o bajo moreliano, en las coordenadas extremas del municipio entre los paralelos $19^{\circ} 47'$ y $19^{\circ} 56' 30''$ Latitud norte y entre los meridianos $101^{\circ} 25' 30''$ y $101^{\circ} 36'$ grados longitud oeste, se ubica a una altura de 2,040 metros sobre el nivel del mar.



Tramo del camino en estudio del 0+060 al 0+200



Tramo del camino en estudio del 0+600 al 1+300

CLIMA

El clima que se presenta en el Municipio es templado con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 22 grados centígrados

TIPO DE SUELO

El tipo de suelo en la región es podzólico con andasoles, el primero tiene un horizonte de color blanco, con una cubierta de materia orgánica y toda a su vez sobre un lecho de color café.

Los suelos andasoles se formaron de cenizas volcánicas, ricas en cristales y en condiciones húmedas y frías, son suelos de montaña con bosques y pastizales que presentan gran humedad y porosidad, su fertilidad es buena debido a su alto contenido de sustancias nutritivas, minerales asimilables; se utilizan para su agricultura.

El municipio también cuenta con suelos de origen volcánico que se localiza al sur de la Cabecera Municipal, en la parte llamada la loma, donde diferentes capas se van sobreponiendo, desde tepetate hasta piedra pómez, además en lo que respecta a rocas predominan la andesita micáceas, que contiene bastante mica negra (biotita).

VEGETACION

El municipio cuenta con 7,835.10 Has de los cuales 4,270.10 Has son utilizadas para la agricultura, 3,393.70 Has se utiliza para agostadero, 164.20 Has es bosque o selva y 7 Has están sin vegetación.

TOPOGRAFIA

Desde el punto de vista topográfico el tramo en estudio se considero como un tramo suave ó lomerío suave, en donde la terraceria se encuentra prácticamente nivelada por lo cual no se originan movimientos de terrecerias.



TERMINOLOGIA BASICA

-Acotamiento: Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.

-Ampliación en curva: Incremento al ancho de corona y de calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento 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.

-Calzada: Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

-Corona: Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.

-Carril: Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

-Derecho de vía: Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.

-Hombro: 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.

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

-Sobre elevación: Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, el efecto de la fuerza centrífuga.

-Talud: Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.

-Pendiente gobernadora: Es la pendiente que teóricamente 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.

-Velocidad de proyecto: Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.



CAPITULO I.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre el plano horizontal de la sub-corona de un camino, los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las tangentes de transición.

Para trazar el alineamiento horizontal de cualquier camino es muy importante el auxiliarse de una carta topográfica para hacer el trazo con mayor facilidad en campo, en este caso es especial ya se encontraba un camino por lo que solo se siguió dicho camino haciéndole los ajustes correspondientes al tipo de camino que se va a realizar y a la velocidad de proyecto.

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut. La longitud mínima entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.

Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, la longitud mínima podrá ser igual a cero.

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

Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado, sin embargo hay que tomar las recomendaciones de las normas generales.

Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud.



I.2 NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Las normas generales que están reconocidas en la práctica y que son importantes para lograr una circulación segura son las siguientes:

1. La seguridad del tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que se tiene que tener preferencia.
2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y la velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad debe ser tomada en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere de radios mayores que la velocidad en sí.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible sin dejar de ser consiente de la topografía. Una línea que se adapte 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 saber en general cuando usar curvas suaves dejando las curvaturas máximas para condiciones más críticas.
6. Debe procurarse de que el alineamiento uniforme no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repetitivamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
7. En terraplenes altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curvatura forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
8. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor el mantenerse dentro de 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.
9. En caminos abiertos debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Se debe entender por curvas compuestas cuando dos curvas circulares se unen en un punto de tangencia, en el que ambas están al mismo lado de la tangente común; si las dos curvas son del mismo sentido, pero de diferente radio, se le denomina curva compuesta directa; si son de sentido contrario, compuesta inversa. Siempre tiene un punto común de tangencia llamado punto de curvatura compuesta (P.C.C.). Las curvas



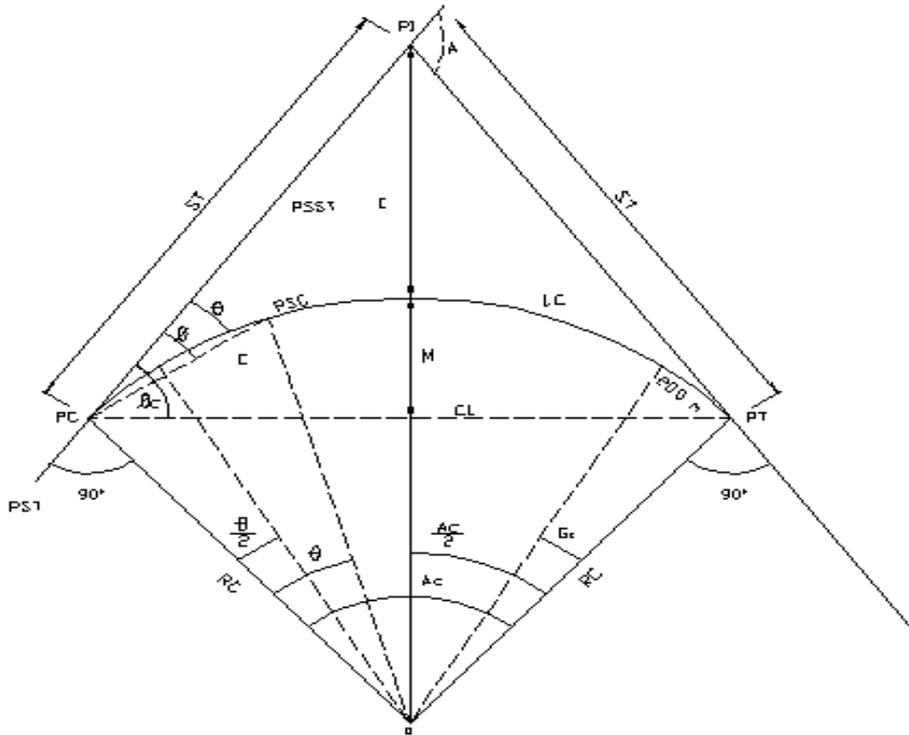
compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor que 1.50 con el fin de resolver en forma adecuada la transición de sobre-elevación, donde esta se debe desarrollar uniformemente sobre una longitud adecuada para las velocidades de circulación con el fin de satisfacer los requisitos de confort y seguridad ya que al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar de pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobre-elevación correspondiente a la curva.

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 a 500 metros.
11. Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas la atención del conductor se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, lo que motiva la somnolencia, especialmente durante la noche, por lo que es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas muy amplias.

I.2 CURVAS CIRCULARES SIMPLES

CON TRANSICION MIXTA

Cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular, esta se denomina curva simple. En el sentido del kilometraje, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha, las cuales se calculan como curvas circulares de transición mixta cuando la sobre elevación es menor del 7 %. Esto se puede observar en el cuadro N° (III-2)



PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes	θ	Angulo a una cuerda cualquiera
PC	Punto donde comienza la curva circular simple	θ_c	Angulo de la cuerda larga
PT	Punto en donde termina la curva circular simple	G_c	Grado de curvatura de la curva circular
PST	Punto sobre tangente	R_c	Radio de la curva circular
PSST	Punto sobre subtangente	ST	Subtangente
PSC	Punto sobre la curva circular	E	Externa
O	Centro de la curva circular	M	Ordenada media
A	Angulo de deflexión de la tangente	C	Cuerda
A_c	Angulo central de la curva circular	CL	Cuerda larga
θ	Angulo de deflexión a un PSC	t	Longitud de un arco
		Lc	Longitud de la curva circular

$$R_c = \frac{114592}{G_c}$$

$$C = \frac{2 R_c \text{ Sen } \theta}{2}$$

$$ST = R_c \text{ tang. } \frac{A_c}{2}$$

$$CL = 2 R_c \text{ Sen. } \frac{A_c}{2}$$

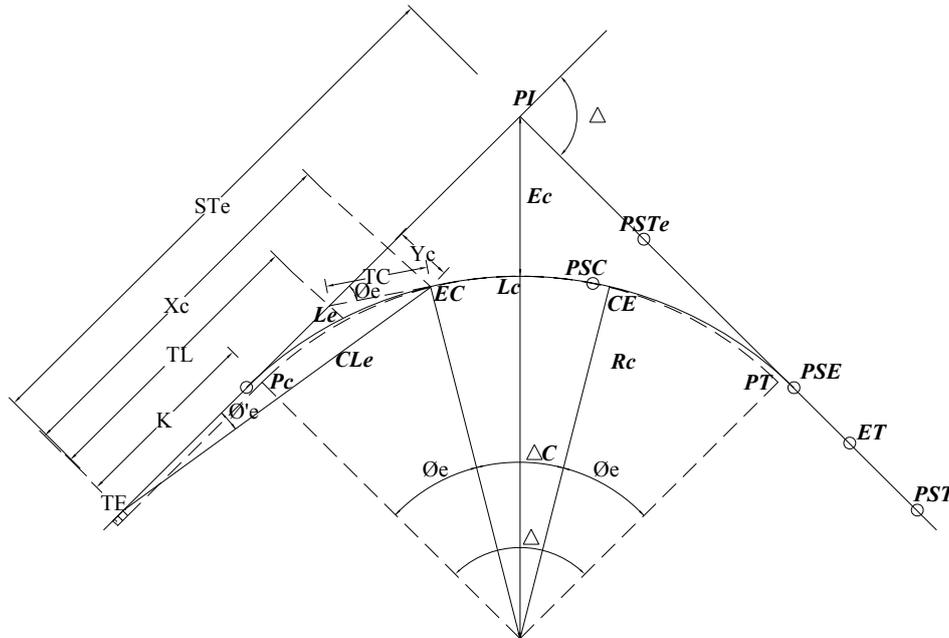
$$E = R_c \left(\text{secante} \frac{A_c}{2} - 1 \right)$$

$$t = \frac{20\theta}{G_c}$$



CON ESPIRALES DE TRANSICION

Se utilizan para unir las tangentes de las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada, se calculan cuando la sobre elevación es mayor del 7 %. Esto se puede observar en el cuadro N° (III-I)



PI punto de intersección de las tangentes

TE punto donde termina la tangente y empieza la espiral

EC punto donde termina la espiral y empieza la curva circular

CE punto donde termina la curva circular y empieza la espiral

ET punto donde termina la espiral y empieza la tangente

PSC punto cualquiera sobre la curva circular

PSE punto cualquiera sobre la espiral

PST punto cualquiera sobre las tangentes

PSTe punto cualquiera sobre las subtangentes

Δ ángulo de deflexión de las tangentes

Δ_c ángulo central de la curva circular

θ_e deflexión de la espiral en el EC o CE

Θ deflexión de la espiral en un PSE

$\theta'c$ ángulo de la cuerda larga

X_c coordenadas del EC o del CE

Y_c coordenadas del EC o del CE

K coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)

P coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)

ST_e subtangente

TL tangente larga

TC tangente corta

CLe cuerda larga de la espiral

E_c externa

R_c radio de la curva circular

L longitud de la espiral a un PSE

Le longitud de la espiral al EC o CE

L_c longitud de la curva circular

LT longitud total de la curva circular con espirales

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_e$$

$$\theta_c = GcLe/40$$

$$\Theta = (L/Le)^2 * \theta_e$$

$$\theta'c = \theta_e/3$$

$$X_c = (Le/100)(100 - 0.00305 \theta_e^2)$$

$$Y_c = (Le/100)(0.582 \theta_e - 0.0000126 \theta_e^3)$$

$$K = X_c - R_c \text{ sen } \theta_e$$

$$P = Y_c - R_c \text{ sen } \theta_e$$

$$ST_e = k + (R_c + p) \text{ tang } (\Delta/2)$$

$$TL = X_c - Y_c \text{ cot } \theta_e$$

$$TC = Y_c \text{ csc } \theta_e$$

$$CLe = (X_c + Y_c)^{1/2}$$

$$E_c = (R_c + p) \text{ sec } (\Delta/2) - R_c$$

$$R_c = 1145.92/Gc$$

$$Le = 8VS \text{ (mínimo)}$$

$$L_c = 20\Delta_c/Gc$$

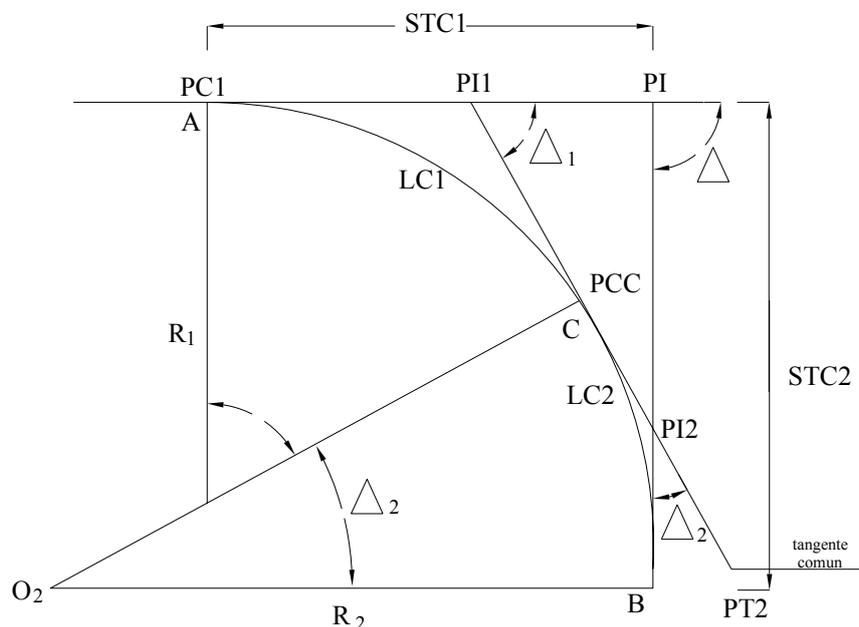
$$LT = 2Le + 20\Delta_c/Gc$$



I.3 CURVAS COMPUESTAS

Una curva compuesta es una curva continua, formada por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y diferente radio. Los arcos circulares que forman las tangentes entre si en su punto de unión que se denomina punto de curva compuesta (PCC), estando dichos arcos del mismo lado de la tangente común.

Las curvas AC y CB se trazan en el campo como dos curvas por separado, solo que el PT de la primera coincide con el PC de la segunda. Las curvas compuestas son útiles en muchos casos por que facilitan la adaptación de la curva a la topografía del terreno, pero el cambio brusco de radio de una a otra ocasiona incomodidad al conductor y muchas veces son peligrosas por lo que debe evitarse el uso de estas curvas cuando sea posible.



PI= Punto De intersección de las dos tangentes.

Δ = Deflexión entre las tangentes.

STC1 y STC2= Sub-tangentes de la curva circular compuesta.

O1 y O2= Centros de curvas circulares simples que forman la curva compuesta.

Δ_1 y Δ_2 = ángulos centrales de las curvas circulares simples.

R1 y R2= radios de cada una de las curvas circulares simples.

PC1= inicio de curva compuesta.

PCC= punto de curva compuesta o sea donde termina una curva simple y empieza otra.

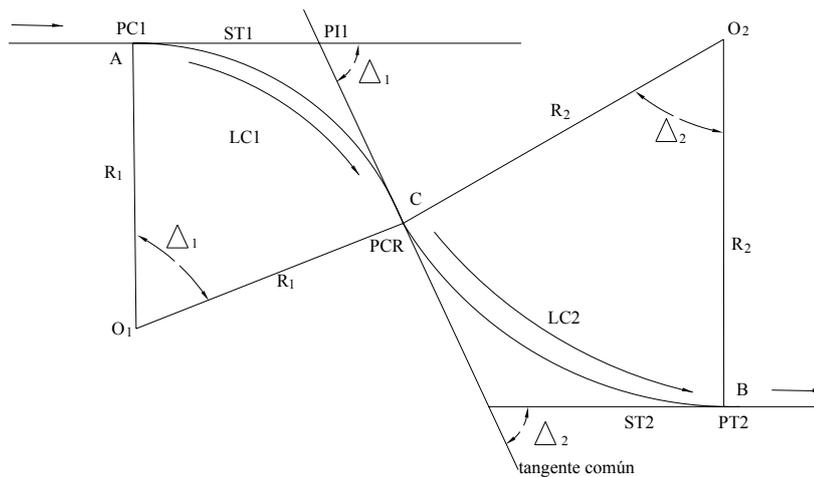
PT2= punto donde termina la curva compuesta.



I.4 CURVAS INVERSAS

Una curva inversa es aquella que esta formada por dos curvas circulares simples continuas y de sentido contrario. Las curvas simples AC y CB que la forman están en los lados opuestos de la tangente común a ambas curvas. El punto C común a las dos curvas se llama punto de curva reversa (PCR). Las curvas inversas son indeseables y deben evitarse en la mayoría de los casos, las curvas inversas se usan poco en el trazo de caminos pues no es conveniente que a continuación de una curva AC venga de inmediato otra CB de sentido contrario, sin ninguna tangente intermedia. En la práctica no pueden estar continuas ya que la distancia mínima del PT de la primera al PC de la segunda será igual a la suma de las transiciones de las dos curvas, aunque es preferible que haya además un tramo de tangente intermedia, con sección a nivel.

Para este proyecto se trazaron ocho curvas horizontales en dos kilómetros con cuarenta metros; a continuación se presenta el cálculo de dos de ellas, una derecha y la otra izquierda.



- O1 y O2= centros de las curvas circulares simples.
- Δ_1 y Δ_2 = Deflexiones de las curvas simples.
- R1 y R2= radios de cada una de las curvas simples.
- ST1 y ST2= Sub-tangentes de las curvas simples.
- LC1 y LC2=Longitudes de las curvas simples.
- PCR= punto de curva reversa o punto de inversión.

**I.5 CÁLCULO DE CURVAS HORIZONTALES**

CURVA HORIZONTAL N° 2

DATOS:

VP = 40 Km/h

PI = 0+237.67

Gc = 20°0'00"

Gc = (1145.92/Rc) = 20°00'00"

Lc = (20Δ / Gc) = 45.0 m

St = Rc tg (20Δ / 2) = 23.73 m

Pc = pi - St = 0+237.67 - 23.73 = 0+213.94

Pt = Pc + Lc = 0+213.94 + 45.0 = 0+258.94

Camino Tipo "C"

Δ = 45° 0' 9.39" Derecha

Rc = 57.30

$$\delta_{\text{parcial}} = \frac{(Gc)(L_{\text{parcial}})}{40}$$

ESTACION	L	δ parcial	δ acum.
Pc= 0+213.94	0.00	0° 00' 00.00"	0° 00' 00.00"
0+220.00	6.06	3° 01' 48.00"	3° 01' 48.00"
0+240.00	20.00	10° 00' 00.00"	13° 01' 48.00"
Pt= 0+258.94	18.94	9° 28' 12.00"	22° 30' 00.00"

Δc

$$\frac{\Delta c}{2} = 22^{\circ} 30' 00.00" \text{ oK.}$$

2

CURVA HORIZONTAL N° 5

DATOS:

VP = 40 Km/h

PI = 1+209.39

Gc = 4°0'00"

Gc = (1145.92/Rc) = 4°00'00"

Lc = (20Δ / Gc) = 50.838 m

St = Rc tg (20Δ / 2) = 25.486 m

Pc = pi - St = 1+209.39 - 25.486 = 1+183.91

Pt = Pc + Lc = 1+183.91 + 50.838 = 1+234.75

Camino Tipo "C"

Δ = 10°10'3.00" Izquierda

Rc = 286.479

$$\delta_{\text{parcial}} = \frac{(Gc)(L_{\text{parcial}})}{40}$$

ESTACION	L	δ parcial	δ acum.
Pc= 1+183.91	0.00	0° 00' 00.00"	0° 00' 00.00"
1+200.00	16.09	1° 36' 32.40"	1° 36' 32.40"
1+220.00	20.00	2° 00' 00.00"	3° 36' 32.40"
Pt= 1+234.75	14.75	1° 28' 30.00"	5° 05' 2.40"

Δc

$$\frac{\Delta c}{2} = 5^{\circ} 05' 1.50" \text{ oK.}$$

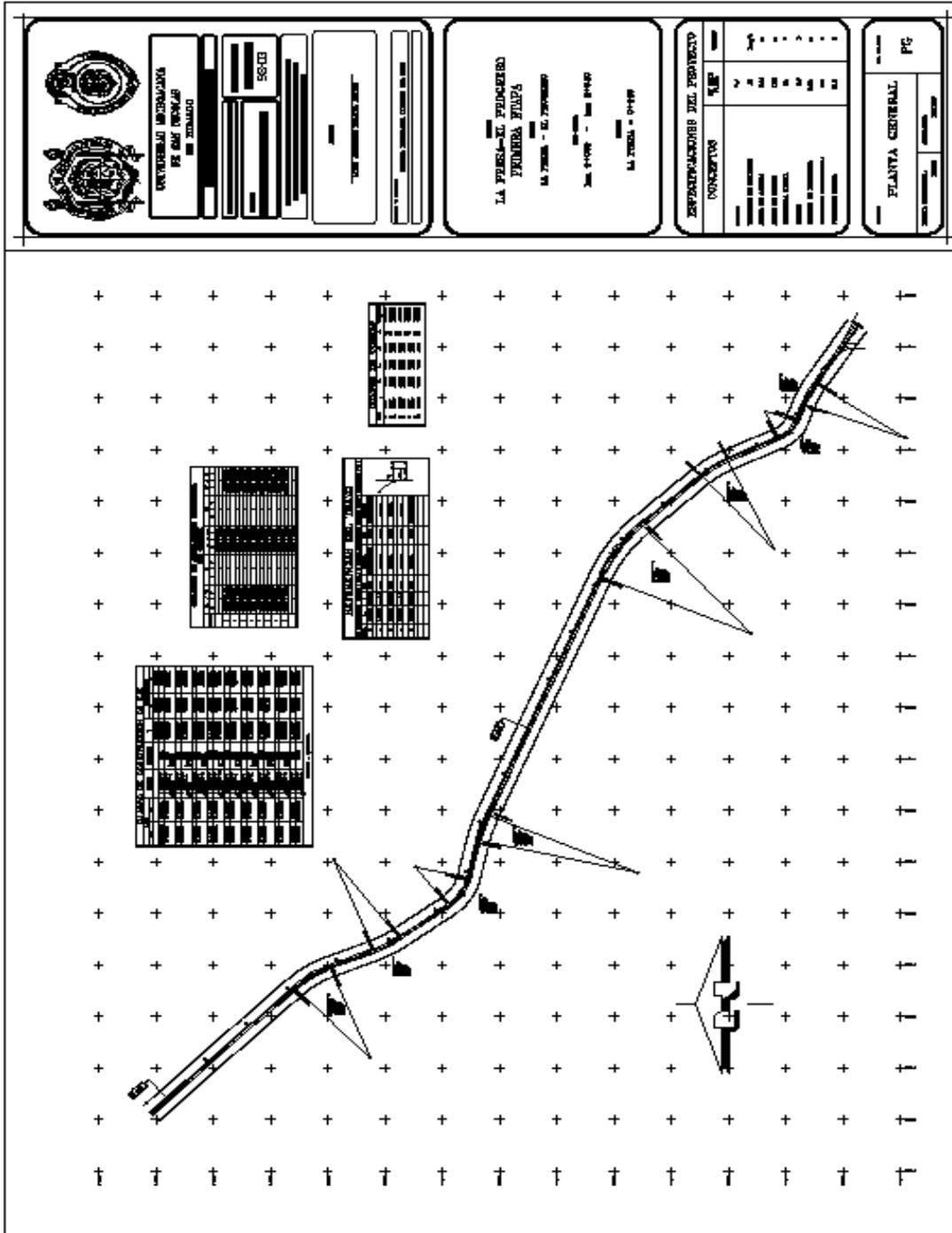
2

**I.6 RESUMEN DE CURVAS HORIZONTALES**

RESUMEN DE CURVAS HORIZONTALES						
CURVA N°	PI	deflexión	Gc	St	Lc	Rc
1	0+156.13	13° 2' 2.51" izq	6° 0' 0.00"	21.82	43.45	190.99
2	0+237.67	45° 0' 9.39" der	20° 0' 0.00"	23.73	45.00	57.30
3	0+387.33	17° 13' 23.53" izq	6° 0' 0.00"	28.92	57.411	190.99
4	0+618.76	24° 36' 30.24" izq	4° 0' 0.00"	62.48	123.042	286.48
5	1+209.39	10° 10' 3.00" izq	4° 0' 0.00"	25.49	50.838	286.48
6	1+345.71	41° 1' 45.62" der	12° 0' 0.00"	35.73	68.382	95.49
7	1+508.33	13° 44' 51.27" der	6° 0' 0.00"	23.02	45.825	190.99
8	1+654.94	21° 47' 47.83" izq	6° 0' 0.00"	36.77	72.655	190.99



I.7 PRESENTACIÓN DE PLANO DEL DESARROLLO HORIZONTAL





CAPITULO II.

ALINEAMIENTO VERTICAL

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje del camino. En el perfil longitudinal de un camino la sub-rasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical y su posición depende primordialmente de la topografía de la zona.

II.1 PROYECTO DE SUB-RASANTE

La sub-rasante es el perfil de las terracerías terminadas del camino y la rasante es el perfil de la superficie de rodadura y en general es paralela a la sub-rasante y queda sobre ella.

Esta formada por una serie de líneas rectas con respectivas pendientes y unidas de una pendiente a otra por curvas verticales tangentes a ellas. Las pendientes, siguiendo el sentido del kilometraje, serán ascendentes o descendentes. Las primeras se consideran positivas y las segundas se marcan con el signo negativo.

El proyecto de la sub-rasante se hace sobre el perfil del trazo definitivo, procurando compensar las excavaciones y los rellenos, pero sin sobrepasar las pendientes especificadas para el camino que se proyecta. Es indispensables tomar en consideración los puntos de paso obligado, como: cruces con caminos, vías férreas, oleoductos, líneas de alta tensión, barrancas, etc.,

Los elementos que forman el alineamiento vertical son las tangentes verticales y las curvas parabólicas que ligan dichas tangentes.

II.2 TANGENTES VERTICALES

Se caracterizan por su longitud y pendiente y están estimadas por dos curvas sucesivas. Su longitud es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, y su pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Los valores máximos para la Pendiente Gobernadora se indican en la tabla (II-1), para los diferentes tipos de carretera.

Los valores determinados para la pendiente máxima se indican en la tabla (II-1), para los diferentes tipos de carretera y terreno.

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

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

TABLA N° (II-1) VALORES MAXIMOS DE LAS PENDIENTES GOBERNADORA Y DE LAS PENDIENTES MAXIMAS.



II.3 NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO VERTICAL

En el perfil longitudinal de cualquier carretera, la sub-rasante es la línea de referencia que define al alineamiento vertical. La posición de la sub-rasante depende principalmente de las condiciones topográficas sobre la cual se va a construir el camino pero existen otros factores que se deben de tomar en cuenta:

1. La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la sub-rasante: así en terrenos planos, la altura de la sub-rasante sobre el terreno es regulada, casi en su totalidad por las obras de drenaje. En terrenos de lomerío se adoptan sub-rasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de operación de los vehículos como por el costo total del camino. En terrenos montañosos la sub-rasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
2. Una sub-rasante suave con cambios es consistente en el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes longitudinales cortas. Los valores de diseño son las pendientes máximas y la longitud crítica, pero la manera en que estos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del camino.
3. Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, debe cuidarse que el gasto que circula sobre la corona no perjudique al camino ni a los vehículos además de que esto reduce notablemente la velocidad de los vehículos en algunos casos hasta cero.
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 verticales no es muy 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, para aprovechar el aumento de la velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero evidentemente solo puede adaptarse el sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.
6. Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características previsibles de tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal, lo cual no sucedió en nuestro camino.
7. Cuando se trata de salvar desniveles apreciables bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes mas fuertes al comenzar el ascenso que es cuando el vehículo lleva mayor velocidad.

Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de caminos con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es beneficio para que los vehículos den vuelta.



II.4 NIVELACIÓN

Se realiza para conocer el perfil de la línea preliminar, determinando las cotas de cada una de las estaciones del trazo y además de todos los puntos intermedios como: cambios de pendiente, cauces de ríos, barrancas, canales, etc.

La nivelación se debe referir al nivel medio del mar. Los bancos de nivel se colocan en sitios que garanticen su permanencia, preferentemente obras de mampostería, rocas fijas y troncos de árboles, anotando en un lugar visible el kilómetro en que se encuentra y el número de orden que le corresponde en ese kilómetro, axial como su elevación.

BN-6-2 (kilómetro 6+000, banco N° 2)
Elev.807.353

Es necesario colocar bancos de nivel a cada 500 m y en todos los puntos apropiados para la ubicación de las obras de drenaje, ya sean puentes o alcantarillas.

A continuación se muestra como se lleva acabo al registro de campo de la nivelación preliminar.



II.5 REGISTRO DE NIVEL

REGISTRO DE NIVEL					
TRAMO:	La Presa-Santiago Congregacion			DE KM:	0+000 - 0+500
SUBTRAMO:			ORIGEN:	La Presa	
NIVELACION PRELIMINAR					
Puntos visados	(+)		Estacion	PL	Cotas
BN.1	3.46	503.46			500.00
0+000			3.65		499.81
0+020			2.56		500.90
0+040			1.89		501.57
PL	3.8	506.26		1.0	502.46
0+080			3.9		502.36
0+100			2.92		503.34
0+120			1.93		504.33
0+140			1.05		505.21
PL	4.05	509.71		0.6	505.66
0+160			3.16		506.55
0+180			1.75		507.96
0+200			0.35		509.36
PL	3.95	513.41		0.25	509.46
0+220			2.85		510.56
0+240			1.69		511.72
0+260			0.28		513.13
PL	4.0	517.21		0.2	513.21
0+280			2.37		514.84
0+300			0.56		516.65
PL	4.23	521.29		0.15	517.06
0+320			3.11		518.18
0+340			1.37		519.92
PL	4	525.19		0.1	521.19
0+360			3.76		521.43
0+380			2.73		522.46
0+400			0.37		524.82
0+420			0		525.19
PL	4.5	529.69		0	525.19
0+440			3.37		526.32
0+460			2.92		526.77
0+480			2.51		527.18
0+500			1.8		527.89
BN.2				0.5	



II.6 OBRAS DE DRENAJE

El drenaje es la vida de un camino, y esto se logra evitando que el agua llegue a el, o bien, dando salida a la que inevitablemente le llegue cuando un camino esta en sección de corte u/o balcón, es muy importante hacer contra cunetas cuya sección la indicara la dependencia supervisora, además se hará su cunetas respectiva y los canales de entrada y salida de las obras de drenaje, ya sean alcantarillas de tobo de lamina o alcantarilla de losa.

En algunos caminos dependiendo de su zona geográfica se les construirán bordos, canales y lavaderos. En general para hacer el estudio de un camino se tendrá en cuenta principalmente el funcionamiento hidráulico; el cual depende de la localización la obra, del área hidráulica necesaria para drenar esa cuenca y el tipo de obra que se va a proyectar.

En seguida se describirán las principales obras de drenaje del camino:

BOMBEO

Es la pendiente que se da a la corona en la tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino: el bombeo depende de la precipitación pluvial y de la clase de superficie del camino, ya que una superficie dura y tersa requiere menos bombeo que una rugosa que le falte compactación.

CUNETA

Son canales que se hacen a los lados de la cama del camino en sección de corte o balcón y su función es interceptar el agua que escurre del camino, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal.

CONTRACUNETA

Es una zanja de sección trapezoidal que se excava arriba de la línea de ceros de un corte y en dirección normal a la pendiente máxima del terreno, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y evitar deslaves en los cortes.

LAVADERO

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

ARROPE DE TALUDES

Consiste en proteger las terracerías, sub-rasante y pavimentos de un camino; este trabajo se realiza por lo regular cuando el camino se encuentra a nivel de la base hidráulica, para reforzar los hombros del camino, y protegerlo del agua de lluvia. Los arropes de talud se construyen con préstamos laterales o con préstamos de banco.



ALCANTARILAS DE TUBO Y DE LOSA

Se construyen cuando el agua inevitablemente debe cruzar un camino y esta debe encausarse en forma tal, que el paso de los vehículos pueda ser permanente por el camino.

Los principales cruces de agua lo constituyen las alcantarillas y los puentes; la diferencia fundamental entre estos, es que las alcantarillas llevan un colchón de material y los puentes no, así como también sus dimensiones son más pequeñas:

A continuación se presentan las características de las alcantarillas:

TIPO	UBICACION	DIMENSIONES(m)			ESCURRIMIENTO
		largo	ancho	alto	
Losa	0+653.60	5.0	3.30	2.0	Izq.-der.
Losa	1+474.36	5.0	3.30	2.0	Der.-izq.
Losa	1+924.76	5.0	3.30	2.0	Izq.-der.

VADO

Permite el paso de un escurrimiento cuando este tiene o no gasto hasta una determinada cantidad, se proyectan como curva vertical en columpio; construyéndose de mampostería, losas de concreto o pavimentados.

Las condiciones de un buen vado son:

- Evitar la erosión y socavación aguas arriba y abajo.
- La superficie de rodamiento no se erosione con el agua.
- El agua no provoca regimenes turbulentos.
- Señales que indiquen cuando el tirante es muy grande.



II.7 CURVAS VERTICALES

La liga de dos tangentes verticales se hace mediante arcos de parábola tanto por la suavidad que se tiene en la transición como por la facilidad de cálculo. Las curvas verticales contribuyen la seguridad, apariencia y comodidad del camino y son de tanta importancia en el alineamiento vertical como las curvas circulares en el alineamiento horizontal.

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

$$L=KA$$

En donde:

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

K= parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla (II-2)

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

La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla (II-2)

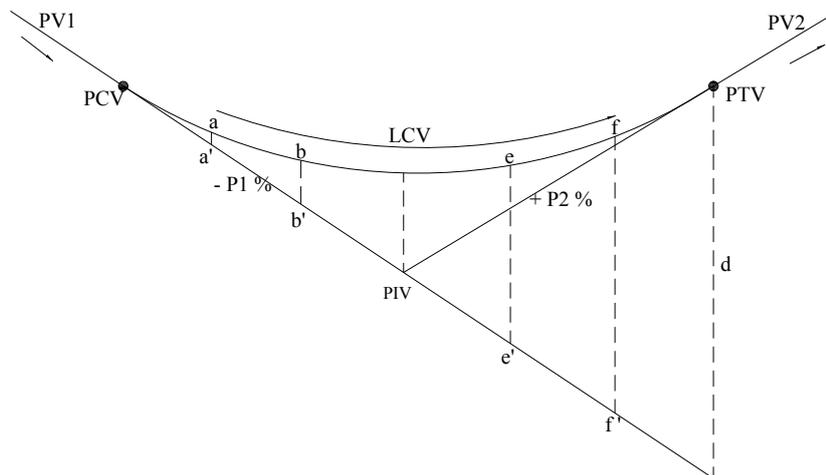
No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/hr.)	VALORES DEL PARAMETRO K (m/%)			LONG. MIN. ACEPTABLE (m).
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERA TIPO		CARRETERA TIPO	
	E	D,C,B,A.	E,D,C,B,A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	14	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

Tabla N° (II-2) VALORES DEL PARAMETRO K Y DE LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES



II.7.2 EN COLUMPIO



PIV= Punto de intersección de las tangentes verticales.

PCV= Punto en donde comienza la curva vertical.

PTV= Punto en donde termina la curva.

LCV=Longitud de la curva vertical.

1TV1= Tangente vertical de entrada.

TV2= Tangente vertical de salida.

d= Ordenada del PTV.

P1= Pendiente de la tangente de entrada, en m/m.

P2= Pendiente de la tangente de salida, en m/m.

**II.8 CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES****CURVA VERTICAL N° 2 (CRESTA)**

DATOS:

$V_p = 40 \text{ KPH.}$

$PIV = 0+180.00$

$S_1 = 6.961$

$K = 4.0 \text{ m/\%}$

$t = 2.5 \text{ seg.}$

$A = S_1 - S_2 = 6.961 - 5.774 = 1.187 \%$

$L = KA = 4 * 1.187 = 4.748 \text{ m}$

Camino Tipo "C".

Elev. = 509.683

$S_2 = 5.774$

$$D_p = \frac{Vt}{3.6} + \frac{V^2}{254f} = \frac{(37*2.5)}{3.6} + \frac{(37)^2}{254*0.38} = 39.87 \text{ m.}$$

 D_p = Distancia de visibilidad de paradaV = Velocidad de marcha para V_p 40 Km/h = 37 Km/h

f = Coef. De fricción longitudinal = 0.380

t = Tiempo de reacción.

Por especificaciones la longitud mínima es igual a dos estaciones.

$L = 40 \text{ m.}$

CADENAMIENTO.

$PCV = 0+180.00 - 20 = 0+160.00$

$PTV = 0+180.00 + 20 = 0+200.00$

ELEVACIONES

$PCV = 509.683 - [20(0.06961)] = 509.683 - 1.3922 = 508.29$

$PTV = 509.683 + [20(0.05774)] = 509.683 + 1.1548 = 510.838$

ESTACION	x	x ²	S ₁ x	Z ₀ +S ₁ x	-(A/2L)x ²	Zx
PCV 0+160.00	0	0	0	508.291	0	508.2910
0+170.00	10	100	0.6961	508.9871	-0.01484	508.97226
PIV 0+180.00	20	400	1.3922	509.683	-0.05935	509.6239
0+190.00	30	900	2.0883	510.379	-0.13354	510.2458
PTV 0+200.00	40	1600	2.7844	511.075	-0.23740	510.8380

$S_1 x = -0.06961x$

$-(A/2L) x^2 = -0.0001484x^2$

**CURVA VERTICAL N° 3 (COLUMPIO)****DATOS:**

$$V_p = 40 \text{ KPH.}$$

$$\text{PIV} = 0+229.998$$

$$S_1 = 5.774$$

$$K = 7 \text{ m/\%}$$

$$t = 2.5 \text{ seg.}$$

$$A = S_1 - S_2 = 5.774 - 8.754 = -2.98$$

$$L = KA =$$

Camino Tipo "C".

$$\text{Elev.} = 512.5703$$

$$S_2 = 8.754$$

$$D_p = \frac{V_t}{3.6} + \frac{V^2}{254f} = \frac{(37 \cdot 2.5)}{3.6} + \frac{(37)^2}{254 \cdot 0.38} = 39.87 \text{ m.}$$

Dp = Distancia de visibilidad de parada

V= Velocidad de marcha para Vp 40 Km/h = 37 Km/h

f= Coef. De fricción longitudinal = 0.380

t = Tiempo de reacción.

Por especificaciones la longitud mínima es igual a dos estaciones, para nuestro caso el PI cae en estación impar por lo tanto se agrega una estación mas.

$$L = 60 \text{ m.}$$

CADENAMIENTO.

$$\text{PCV} = 0+230.00 - 30 = 0+200.00$$

$$\text{PTV} = 0+230.00 + 30 = 0+260.00$$

ELEVACIONES

$$\text{PCV} = 512.5703 - [30(0.05774)] = 512.5703 - 1.7322 = 510.8381$$

$$\text{PTV} = 512.5703 + [30(0.08754)] = 512.5703 + 2.6262 = 515.1965$$

ESTACION	x	x ²	S1x	Z0+S1x	-(A/2L)x ²	Zx
PCV	0+200.00	0	0	510.8381	0.00000	510.8381
	0+210.00	10	0.5774	511.4155	0.02483	511.44033
	0+220.00	20	1.1548	511.9929	0.09933	512.09223
PIV	0+330.00	30	1.7322	512.5703	0.22350	512.7938
	0+240.00	40	2.3096	513.1477	0.39733	513.5450
	0+250.00	50	2.8870	513.7251	0.62083	514.3459
PTV	0+260.00	60	3.4644	514.3025	0.89400	515.1965

$$S_1 x = 0.05774x$$

$$-(A/2L) x^2 = 0.0002483x^2$$

**II.9 RESUMEN DE CURVAS VERTICALES**

RESUMEN DE CURVAS VERTICALES													
CURVA Nº	S1	S2	VEL. PROY.	km/%	LONG. CURVA (m)	TIPO DE CURVA	PCV	ELEV. (m).	PIV	ELEV. (m).	PTV	ELEV. m(S/Tang.)	ELEV. m(S/Curva)
1	4.747	6.961	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	0+100.000	504.5570	0+120.000	505.5068	0+140.000	506.899	506.899
2	6.961	5.774	40 km/h	4	40.00	CRESTA	0+160.000	508.2910	0+180.000	509.6834	0+200.000	510.838	510.838
3	5.774	8.754	40 km/h	7	60.00	COLUMPIO	0+200.000	510.8381	0+330.000	512.5703	0+249.998	515.197	515.197
4	8.754	8.112	40 km/h	4	40.00	CRESTA	0+259.999	515.1960	0+279.999	516.9471	0+299.999	518.570	518.570
5	8.112	3.143	40 km/h	4	60.00	CRESTA	0+340.003	521.8150	0+370.003	524.2484	0+400.003	525.191	525.191
6	3.143	0.786	40 km/h	4	60.00	CRESTA	0+500.000	528.3340	0+530.000	529.2765	0+560.000	529.512	529.512
7	0.786	5.389	40 km/h	7	80.00	COLUMPIO	0+600.000	529.8260	0+640.000	530.1408	0+680.000	532.296	532.296
8	5.389	4.873	40 km/h	4	40.00	CRESTA	0+720.000	534.4520	0+740.000	535.5298	0+760.000	536.504	536.504
9	4.873	6.677	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	0+840.000	540.4030	0+860.000	541.3775	0+880.000	542.713	542.713
10	6.677	9.201	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	0+980.000	549.3900	1+000.000	550.7254	1+020.000	552.566	552.566
11	9.201	6.811	40 km/h	4	40.00	CRESTA	1+060.000	556.2460	1+080.000	558.0862	1+100.000	559.448	559.448
12	6.811	9.764	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+160.000	563.5350	1+180.000	564.8975	1+200.000	566.850	566.850
13	9.764	4.306	40 km/h	4	40.00	CRESTA	1+270.000	573.6850	1+290.000	575.6376	1+310.000	576.499	576.499
14	4.306	6.534	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+350.000	578.2210	1+370.000	579.0826	1+390.000	580.389	580.389
15	6.534	3.785	40 km/h	4	40.00	CRESTA	1+410.000	581.6960	1+430.000	583.0031	1+450.000	583.760	583.760
16	3.785	5.062	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+460.000	584.1390	1+480.000	584.8957	1+500.000	585.908	585.908
17	5.062	6.514	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+520.000	586.9200	1+540.000	587.9326	1+560.000	589.235	589.235
18	6.514	4.544	40 km/h	4	40.00	CRESTA	1+650.000	595.0980	1+670.000	596.4003	1+690.000	597.309	597.309
19	4.544	5.296	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+760.000	600.4900	1+780.000	601.3991	1+800.000	602.458	602.458
20	5.296	7.130	40 km/h	7	40.00	COLUMPIO	1+880.000	606.6950	1+900.000	607.7541	1+920.000	609.180	609.180
21	7.130	5.218	40 km/h	4	40.00	CRESTA	1+970.000	612.7450	1+990.000	614.1712	2+010.000	615.215	615.215

II.10 CORRESPONDENCIA DEL ALINEAMIENTO VERTICAL, HORIZONTAL Y NORMAS

Se debe de tener presente que el proyecto consta de conceptos independientes, pero algunos de estos conceptos en ocasiones se relaciona el uno con el otro para dar mayor comodidad y seguridad al camino, tal es el caso del cadenamamiento vertical con el alineamiento horizontal que en el momento de calcular las curvas respectivas se interactúan para formar una combinación de eficiencia y seguridad para el proyecto carretero.

Por lo anterior se procurara lo siguiente:

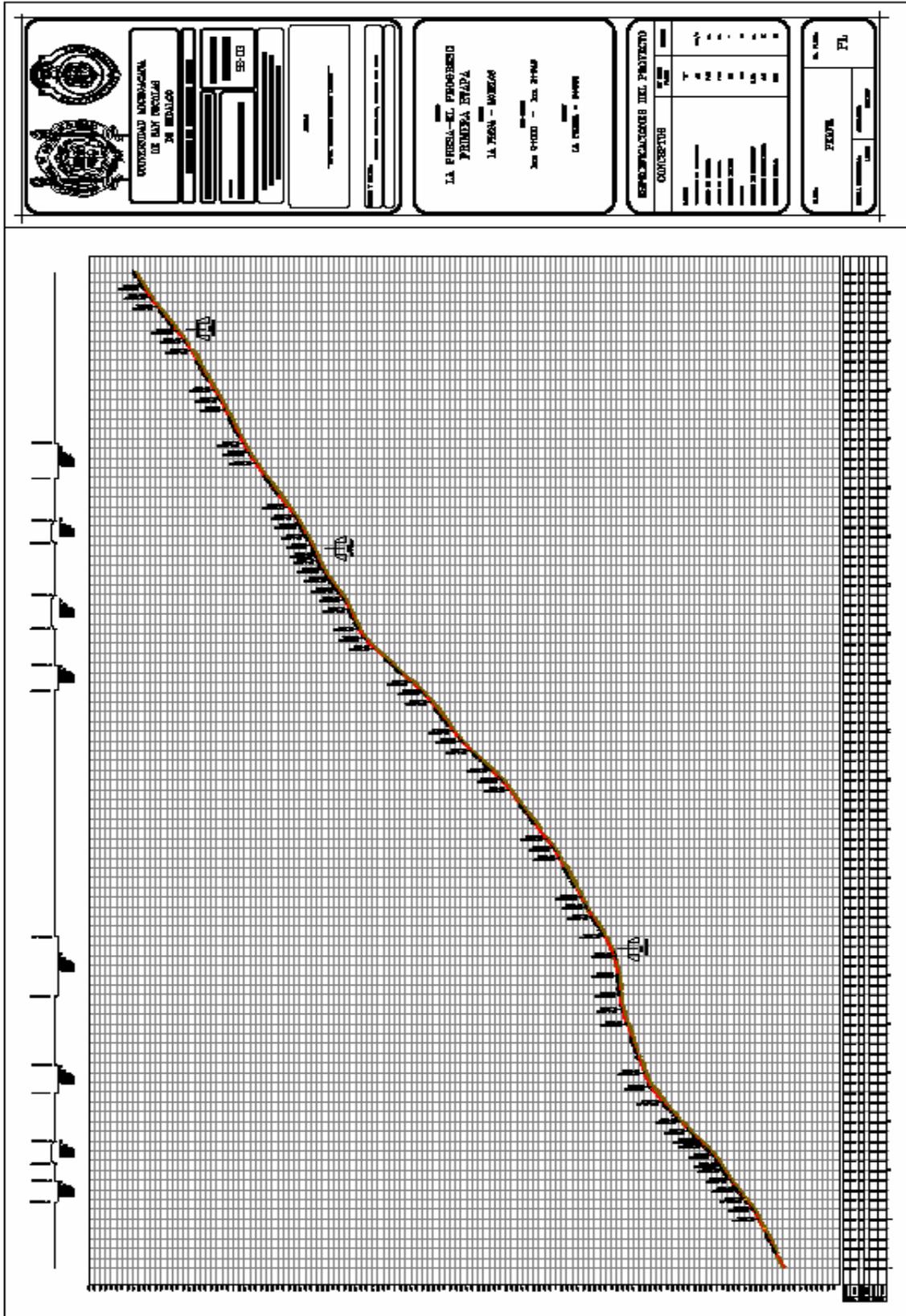
- En alineamientos verticales que originen terraplenes altos y largos son deseables alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.
- Los alineamientos horizontal y vertical deben estar balanceados. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.
- Cuando el alineamiento horizontal esta constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores a las mínimas especificadas; siempre que no se incremente considerablemente el costo en la carretera.
- Conviene evitar la coincidencia de la cima de una curva vertical en cresta con el inicio de o terminación de una curva horizontal.
- Debe evitarse proyectar la cima de una curva vertical en columpio o en cresta de una curva horizontal.



- En general, cuando se combinan curvas verticales y horizontales, o una este muy cerca de la otra, debe procurarse que la curva vertical este fuera de la curva horizontal o totalmente incluida en ella.
- Los alineamientos deben combinarse para lograr el mayor numero de tramos con distancias de visibilidad de rebase.
- En donde este previsto el proyecto de un entronque, los alineamientos deben ser lo mas suave posible.



II.11 PRESENTACIÓN DE PLANO DE PERFIL





CAPITULO III.

III.1 SECCIÓN TRANSVERSAL

La configuración del terreno se puede obtener mediante secciones transversales apoyadas en la poligonal que permite conocer los puntos de cota cerrada a la cota de los puntos de influencia en el perfil de la sección o sea aquellos que determinen el relieve del terreno.

El registro de datos se lleva por medio de quebrados; en el quebrado del centro, se anotan en el numerador el kilometraje de la estación y en el denominador su cota; en los quebrados situados a la izquierda y a la derecha del anterior, considerados en el sentido en que avanza el trazo, se anotan en el numerador la cota redonda del punto y en el denominador la distancia del punto a la estación en que se apoya la sección.

La sección transversal esta definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contra cunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

La corona esta definida por la calzada y los acotamientos por su pendiente transversal, y en su caso la faja separadora central. En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el que se especifica en la tabla (III-1).

En curvas y transiciones del alineamiento horizontal el ancho de la corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos en su caso, de la faja separadora central.

La calzada deberá de tener un ancho de:

- En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla (III-1).
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente mas una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en la tabla (III-2).
- En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas, el ancho de la tangente mas una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor esta dado por la expresión:

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

En donde:

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

L= distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación se desea determinar, en metros.

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

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

- En tangentes y curvas horizontales para carreteras tipo E, no requiere ampliación por curvatura horizontal. Por requisitos operacionales será



necesario ampliar el ancho de calzada, formando labraderos, para permitir el paso simultáneo de dos vehículos: el ancho de calzada será el correspondiente al de la carretera Tipo C.

Los labraderos se espaciaron a una distancia de doscientos cincuenta (250 metros), o al menos, si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en la tabla (III-1).

- De menos de dos por ciento (-2%) en carreteras Tipo A, B, C y D pavimentadas.
- De menos tres por ciento (-3%) en carreteras Tipo D y E revestidas.

En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas, la sobre-elevación de la corona en un punto cualquiera de las curvas estará dada por la expresión:

$$S = \frac{L}{L_e} S_c$$

En donde:

S= sobre-elevación de la corona en un punto cualquiera de la curva espiral de transición o de la transición mixta, en por ciento.

L= distancia del origen de la transición al punto considerado en el que se desea determinar la sobre-elevación de la corona, en metros.

S_c= sobre-elevación de la corona correspondiente al grado de curvatura, en por ciento.

Para el desarrollo de la sobre-elevación de la corona se utilizara la longitud de transición mixta, según se indica en la figura (III-1). En el cuadro N° (III-2) se muestra un ejemplo de cálculo.

Para el desarrollo de la sobre-elevación de la corona se utilizara la longitud de la espiral de transición, según se indica en la figura (III-2). En el cuadro N° (III-1) se muestra un ejemplo de cálculo.

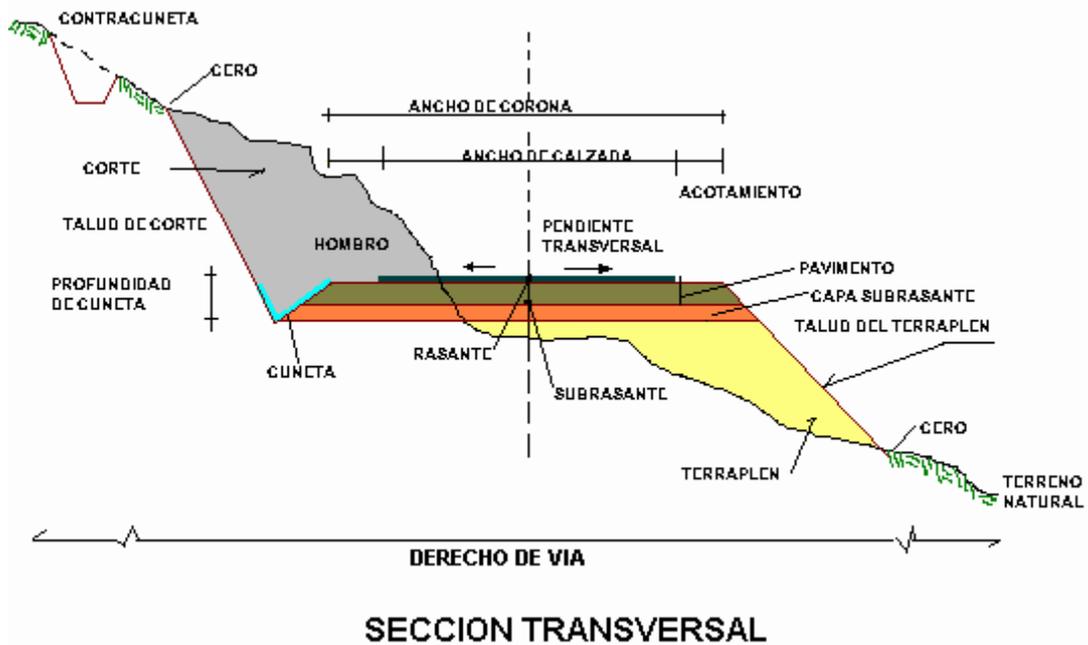
En los extremos de las curvas espirales de transición o de las transiciones mixtas se harán los ajustes indicados en la figura (III-), para ligar la sobre-elevación con el bombeo.

La longitud mínima de las transiciones mixtas y de las espirales de transición será la indicada en la tabla (III-2)

En todos los casos la transición mixta deberá proyectarse considerando un medio de su longitud sobre la tangente del alineamiento horizontal y el medio restante dentro de la curva circular.

La faja separadora central deberá proyectarse únicamente en carreteras Tipo A de cuatro carriles. Cuando la sección transversal esta formada por un solo cuerpo del ancho mínimo de la faja separadora centra deberá ser de un metro.

Cuando la sección transversal este formada por dos cuerpos separados, el ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de ocho metros.



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

* Deberá prolongarse la carpeta hasta la guarnición

Tabla N°(III-1) ANCHOS DE CORONA, DE CALZADA, DE ACOTAMIENTOS Y DE LA FAJA SEPARADORA CENTRAL



AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "C".																							
VELOCIDAD		40 Km/h			50 Km/h			60 Km/h			70 Km/h			80 Km/h			90 Km/h			100 Km/h			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
0° 15'	4,583.63	20	2.0	22.0	20	2.0	28.0	20	2.0	34.0	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56	
0° 30'	2,291.84	20	2.0	22.0	20	2.0	28.0	20	2.0	34.0	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56	
0° 45'	1,527.89	20	2.0	22.0	20	2.0	28.0	20	2.0	34.0	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56	
1° 00'	1,145.92	20	2.0	22.0	30	2.0	28.0	30	2.0	34.0	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56	
1° 15'	916.74	30	2.0	22.0	30	2.0	28.0	30	2.3	34.0	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56	
1° 30'	763.94	30	2.0	22.0	30	2.0	28.0	40	2.8	34.0	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56	
1° 45'	654.81	30	2.0	22.0	30	2.2	28.0	40	3.2	34.0	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58	
2° 00'	572.96	30	2.0	22.0	40	2.5	28.0	40	3.6	34.0	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65	
2° 15'	509.30	30	2.0	22.0	40	2.8	28.0	40	4.0	34.0	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	53	60	8.7	70	
2° 30'	458.37	40	2.1	22.0	40	3.1	28.0	50	4.4	34.0	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74	
2° 45'	416.70	40	2.3	22.0	40	3.4	28.0	50	4.7	34.0	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77	
3° 00'	381.97	40	2.5	22.0	50	3.7	28.0	50	5.1	34.0	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79	
3° 15'	352.59	40	2.7	22.0	50	3.9	28.0	50	5.4	34.0	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80	
3° 30'	327.40	40	2.9	22.0	50	4.2	28.0	50	5.7	34.0	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69				
3° 45'	305.58	50	3.1	22.0	50	4.4	28.0	60	6.0	34.0	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71				
4° 00'	286.48	50	3.3	22.0	50	4.7	28.0	60	6.3	34.0	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71				
4° 15'	269.63	50	3.4	22.0	60	4.9	28.0	60	6.6	34.0	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72				
4° 30'	254.65	50	3.6	22.0	60	5.1	28.0	60	6.9	34.0	70	8.4	47	80	9.6	61							
4° 45'	241.25	50	3.8	22.0	60	5.4	28.0	60	7.1	34.0	70	8.7	49	80	9.8	63							
5° 00'	229.18	50	3.9	22.0	60	5.6	28.0	70	7.4	36.0	70	8.9	50	90	9.9	63							
5° 30'	208.35	60	4.2	22.0	60	6.0	28.0	70	7.8	37.0	80	9.3	52	90	10.0	64							
6° 00'	190.99	60	4.5	22.0	70	6.3	28.0	70	8.2	39.0	80	9.6	54										
6° 30'	176.29	60	4.8	22.0	70	6.7	28.0	80	8.6	41.0	90	9.8	55										
7° 00'	163.70	70	5.1	22.0	70	7.0	28.0	80	8.9	43.0	90	9.9	55										
7° 30'	152.79	70	5.3	22.0	80	7.3	29.0	90	9.1	44.0	90	10.0	56										
8° 00'	143.24	70	5.6	22.0	80	7.6	30.0	90	9.4	45.0													
8° 30'	134.81	80	5.8	22.0	80	7.9	32.0	90	9.6	46.0													
9° 00'	127.32	80	6.1	22.0	90	8.2	33.0	100	9.7	47.0													
9° 30'	120.62	80	6.3	22.0	90	8.4	34.0	100	9.8	47.0													
10° 00'	114.59	90	6.5	22.0	100	8.6	35.0	100	9.9	48.0													
11° 00'	104.17	90	6.9	22.0	100	9.0	36.0	110	10.0	48.0													
12° 00'	95.49	100	7.3	23.0	110	9.3	37.0																
13° 00'	88.15	100	7.6	24.0	110	9.6	38.0																
14° 00'	81.85	110	7.9	25.0	120	9.8	39.0																
15° 00'	75.39	110	8.2	26.0	120	9.9	40.0																
16° 00'	71.62	120	8.5	27.0	130	10.0	40.0																
17° 00'	67.41	120	8.7	28.0	140	10.0	40.0																
18° 00'	63.66	130	8.9	28.0																			
19° 00'	60.31	130	9.1	29.0																			
20° 00'	57.30	140	9.2	29.0																			
21° 00'	54.57	140	9.4	30.0																			
22° 00'	52.09	150	9.5	30.0																			
23° 00'	49.82	150	9.6	31.0																			
24° 00'	47.75	160	9.7	31.0																			
25° 00'	45.84	160	9.8	31.0																			
26° 00'	44.07	170	9.9	32.0																			
27° 00'	42.44	170	9.9	32.0																			
28° 00'	40.93	180	10.0	32.0																			
29° 00'	39.51	190	10.0	32.0																			
30° 00'	38.20	190	10.0	32.0																			

Gc Grado de la Curva.

Rc Radio de la Curva en metros

Ac Ampliación de la Calzada y la Corona, en cms.

Sc Sobre-elevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

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

NOTA: Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se contienen por interpolación lineal.

Tabla N° (III-2) Ampliación, Sobreelevaciones y Transiciones para carrereras Tipo "C".

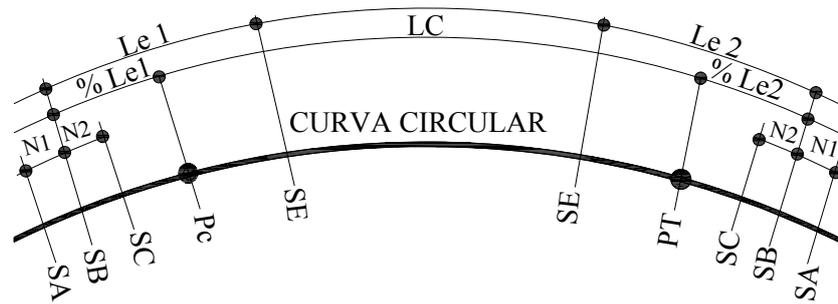


Figura N° (III-1) SOBRE ELEVACION Y AMPLIACION EN CURVA CON TRANSICION MIXTA

Le1= Long. De transición de entrada.

Le2= Long. De transición de salida.

Lc= Long. De la curva.

%Le1= Porcentaje de Le1 fuera de curva.

%Le2= Porcentaje de Le2 fuera de curva.

N1=Distancia de transición de -b a cero.

N2=Distancia de transición de cero a +b.

b= Bombeo.

Sc= Sobre-elevación máxima.

SA=Sección Tipo "A".

SB=Sección Tipo "B".

SC=Sección Tipo "C".

SE=Sección Tipo "D".

PC= Inicio de curva circular.

PT= Terminación de curva circular.

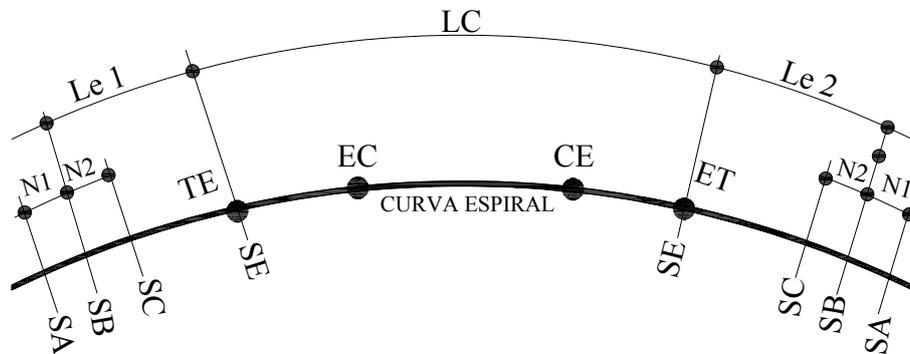


Figura N°(III-2) SOBRE ELEVACION Y AMPLIACION EN CURVA CON ESPIRAL DE TRANSICION.

Le= Long. De transición.

Lc= Long. De la curva.

N1=Distancia de transición de -b a cero.

N2=Distancia de transición de cero a +b.

b= Bombeo.

Sc= Sobre-elevación máxima.

TE= Termino de tangente, inicio de curva espiral.

EC= Termino de la espiral, inicio de la curva circular.

CE= Termino de la curva circular, inicio de la espiral.

ET= Termino de la espiral, inicio de la tangente.

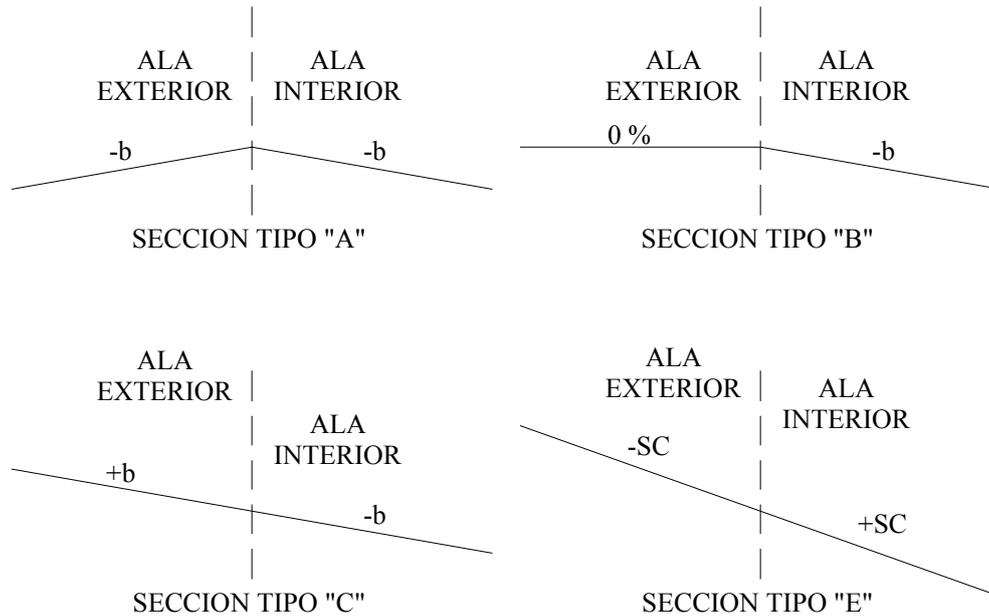
SA=Sección Tipo "A".

SB=Sección Tipo "B".

SC=Sección Tipo "C".

SE=Sección Tipo "D".

POSICION DE SECCIONES EN CURVA



Los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.

- En terraplén el talud de la sección transversal en terraplén deberá ser de uno y medio a uno (1.5:1), pudiendo tener una inclinación diferente si así lo especifica la secretaria.
- En corte el talud de la sección transversal deberá ser el que especifique la secretaria.

Las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus taludes.

- El ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta, deberá ser de un metro (1.0 m), pudiendo ser mayor si por capacidad hidráulica así lo requiere.
- El talud interno de la cuneta deberá ser de tres a uno (3:1). El talud externo de la cuneta será el correspondiente al corte.

Las contra cunetas serán, generalmente, de forma trapezoidal y están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos, o a lo que especifique la secretaria.

Las obras complementarias de la sección transversal, tales como guarniciones, bordillos, lavaderos, banquetas, defensas y dispositivos para el control del tránsito, deberán considerarse en el proyecto cuando así lo especifique la secretaria.

III.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS CON RELACIÓN A LA SECCIÓN TRANSVERSAL

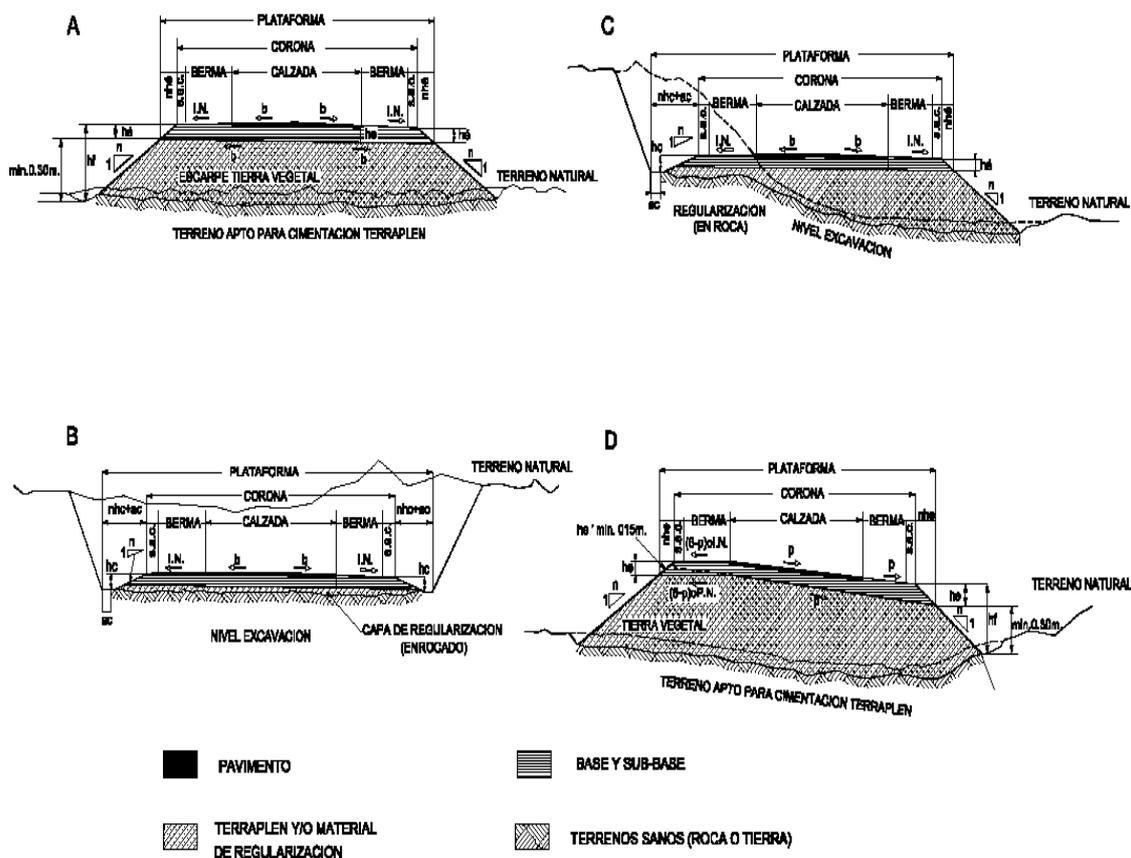
- Cuando se prevean defensas, bordillos, señales, etc., a los lados del camino, deberá ampliarse la corona, de manera que los anchos de los acotamientos correspondan a los especificados.
- Los bordillos solo deberán proyectarse en terraplenes con taludes erosionables.
- El ancho del derecho de vía deberá determinarse por tramos o en zonas de acuerdo al tipo de carretera, para lo cual se establecerá en cada caso su función, su evolución, requerimientos de construcción, conservación, futuras ampliaciones, así como servicios requeridos por los usuarios. Esta determinación debe apoyarse en un análisis económico y en la disponibilidad de recursos.

III.3 SECCIONES CONSTRUCTIVAS

Ver secciones constructivas en disco anexo

III.4 SECCIONES TIPO

SECCIONES TRANSVERSALES



En lo que respecta a los elementos de ampliación y sobre elevación tenemos lo siguiente, que como lo mencionamos anteriormente, ejemplifica lo que corresponde a este capítulo; en seguida se muestra el calculo de dos curvas sucesivas una derecha y la otra izquierda.



Es importante observar los puntos en donde inicia y termina la ampliación y sobre-elevación de las curvas cuidando que estas no se traslapen ya que esto traería problemas en su funcionamiento.

III.5 CÁLCULO DE AMPLIACIÓN Y SOBRE-ELEVACIÓN DE CURVAS HORIZONTALES.

CURVA CIRCULAR SIMPLE CON ESPIRALES

CURVA N° 2

DATOS:

$$VP= 40 \text{ km/h.}$$

$$PI= 0+237.67$$

$$G_c= 20^\circ 00' 00''$$

$$L_c= 45.0 \text{ m}$$

$$\Delta= 45^\circ 00' 9.39''$$

$$R_c= 57.296 \text{ m.}$$

$$\theta_e= [(G_c \cdot L_c)/40] = [(20 \cdot 29)/40] = 14.50 = 14^\circ 30'$$

$$L_c= (20\Delta/G_c) = (20 \cdot 45)/20 = 45.0 \text{ m.}$$

$$p = Y_c - [R_c(1 - \cos \theta_e)] = 0.644 \text{ m.}$$

$$ST_e = k + [(R_c + p)(\tan \Delta/2)] = 38.66 \text{ m.}$$

$$TE = PI - ST_e = 0+199.011$$

$$EC = TE + L_c = 0+228.011$$

$$CE = EC + L_c = 0+228.011 + 45.0 = 0+273.011$$

$$ET = CE + L_c = 0+302.011$$

Camino Tipo "C".

$$\Delta= 45^\circ 00' 9.39'' \text{ Derecha}$$

$$A_c= 140 \text{ cms.}$$

$$S_c= 9.20 \%$$

$$L_e= 29.0 \text{ m.}$$

$$L_T = (2 \cdot L_e) + L_c = 103.0 \text{ m.}$$

$$X_c = L_e/100[(100 - 0.00305(\theta_e))] =$$

$$X_c = 28.81 \text{ m.}$$

$$Y_c = L_e/100[(0.582\theta_e - 0.000126\theta_e^2)] =$$

$$Y_c = 2.402 \text{ m.}$$

$$K = X_c - (R_c \sin \theta_e) = 14.658$$

Variación de la sobre-elevación.

$$N = (b/S_c) \cdot L_e = 6.304 \text{ m.}$$

$$S = (L/L_e)S_c = (0.989/29) \cdot 9.2 = 0.313 \%$$

Variación de la ampliación.

$$A = (L/L_e)A_c = (0.989/29) \cdot 140 = 4.77 \text{ cms.}$$

CUADRO N° (III-1)

ESTACION		DIST. (m)	SOBRE-ELEVACION (%)		AMPLIACION (cms)
			IZQUIERDA	DERECHA	DERECHA
TE-N=	0+192.707	6.304	-2.0	-2.0	-----
TE=	0+199.011	0.00	0.0	-2.0	0.0
	0+200.00	0.989	0.313	-2.0	4.77
TE+N=	0+205.315	6.304	2.0	-2.0	30.43
PC=	0+213.94	14.929	4.736	-4.736	72.07
EC=	0+228.011	29.00	9.20	-9.20	140.0
	0+240.00	-----	9.20	-9.20	140.0
PT=	0+258.94	-----	9.20	-9.20	140.0
	0+260.00	-----	9.20	-9.20	140.0
CE=	0+273.011	29.00	9.20	-9.20	140.0
	0+280.00	22.011	6.983	-6.983	106.26
	0+290.00	12.011	3.81	-3.81	57.98
ET-N=	0+295.707	6.304	2.0	-2.0	30.43
	0+300.00	2.011	0.638	-2.0	9.708
ET=	0+302.011	0.00	0.0	-2.0	0.0
ET+N=	0+308.315	6.304	-2.0	-2.0	-----

**CURVA CIRCULAR SIMPLE CON TRANSICION MIXTA**

CURVA N° 3

DATOS:

VP= 40 km/h.

PI= 0+387.33

Gc= 06° 00' 00"

Lc= 57.41 m

 $\Delta = 17^\circ 13' 23.53''$

Rc= 190.98 m.

PC=0+358.41

PT=0+415.82

Por norma se toma 0.5Le en tangente y 0.5Le dentro de la curva.

Camino Tipo "C".

 $\Delta = 17^\circ 13' 23.53''$ Izquierda

Ac= 60 cms.

Sc= 4.5 %

Le= 22.0 m

CUADRO N° (III-2)

ESTACION	DIST. (m)	SOBRE-ELEVACION (%)		AMPLIACION (cms)	
		IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	
N=	0+337.64	9.77	-2.0	-2.0	-----
	0+347.41	0.00	-2.0	0.00	0.00
	0+350.00	2.59	-2.0	+0.53	7.06
PC=	0+358.41	11.00	-2.25	+2.25	30.0
	0+360.00	20.41	-4.17	+4.17	55.66
	0+369.41	22.00	-4.5	+4.50	60.00
	0+380.00	-----	-4.5	+4.50	60.00
	0+390.00	-----	-4.5	+4.50	60.00
	0+400.00	-----	-4.5	+4.50	60.00
	0+404.82	22.00	-4.5	+4.50	60.00
	0+410.00	16.82	-3.44	+3.44	45.87
PT=	0+415.82	11.00	-2.25	+2.25	30.00
	0+420.00	6.82	-2.0	+1.39	18.60
MT=	0+426.82	0.00	-2.0	0.00	0.0
N=	0+436.59	9.77	-2.0	-2.00	-----

Variación de la sobre elevación.

 $N = (b/Sc) * Le = 9.77 \text{ m.}$ $S = (L/Le)Sc = (2.59/22) * 4.5 = 0.53 \%$

Variación de la ampliación.

 $A = (L/Le)Ac = (2.59/22) * 60 = 7.06 \text{ cms.}$



CAPITULO IV. CÁLCULO DE LA O. C. M.

Al diseñar no basta ajustarse a las especificaciones sobre pendientes, curvas verticales, compensación por curvatura, drenaje, etc., para obtener un resultado satisfactorio, sino también es importante conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras.

Esto se logra excavando y rellenando solamente lo indispensable y acarreado los materiales la menor distancia posible y de preferencia de cuesta abajo. Este estudio de las cantidades de excavación y de relleno, su compensación y su movimiento, se lleva a cabo mediante un “Diagrama de masas” o Curva masa”.

Para determinar los volúmenes acumulados se consideran positivos los de los cortes y negativos los de terraplenes, haciendo la suma algebraica, es decir, sumando los volúmenes de signo positivo y restando los de signo negativo.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Se proyecta la sub-rasante sobre el dibujo del perfil del terreno correspondiente al trazo definitivo.
- Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte y terraplén.
- Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción).
- Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando dibujadas las secciones transversales del camino.
- Se calculan las áreas de las secciones transversales.
- Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
- Se suman algebraicamente los volúmenes de corte y terraplenes.
- Se dibuja la curva con los valores anteriores.

Los objetivos principales de la curva masa son los siguientes:

- Compensar volúmenes.
- Fijar el sentido de los movimientos del material.
- Calcular el sobre-acarreo.
- Controlar préstamos y desperdicios.

COMPENSADORA

Cualquier línea horizontal que corte una cima o un columpio de la curva masa, marcara los límites de corte y terraplén que se compensan.

SENTIDO DE LOS MOVIMIENTOS

Los cortes que en la curva masa queden arriba de la línea de compensación se mueven hacia delante, los cortes que queden debajo de la línea de compensación se mueven hacia atrás.



ACARREO LIBRE

La distancia de acarreo libre es la distancia a la que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga un pago adicional. Esta distancia se a fijado sea de 20 m., ósea una estación y puede ser modificada.

DISTANCIA DE SOBRE-ACARREO

A la distancia que hay del centro de gravedad del corte (o préstamo), al centro de gravedad del terraplén que se forma con ese material se le resta la distancia de acarreo libre para tener la distancia media de sobre-acarreo. El valor del sobre-acarreo se obtiene multiplicando esa distancia, por los metros cúbicos de excavación, medidos en la misma excavación, y por el precio unitario correspondiente del metro cúbico por estación.

PRÉSTAMOS Y DESPERDICIOS

Por razones de topografía y de alineamiento, no es posible que la línea de compensación sea continua por lo que resultaran entre dos o más líneas compensadoras tramos de terraplén que no tengan su correspondiente corte o viceversa; lo que indica que habrá terraplenes que desde el proyecto requerirán préstamo para su construcción y cortes que se desperdiciaran.

En seguida se muestra el cálculo de la Ordenada de Curva Masa.



ESTACIONES	ELEVACIONES		ESPESORES		AREAS		A1+A2		SEM-DISTANCIA	VOLUMEN		COEF. DE VARIABILIDAD VOL.		VOLUMENES ABUNDADOS O REDUCIDOS		TOTAL		SUMA ALGEBRAICA		O.C.M
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	AC	AT		VC	VT	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	(+)	(-)	
	0+000.000	499.810	499.810			3.13														
0+020.000	500.898	500.759	0.14		3.71		6.84		10.00	68.40		1.20	0.95	82.08		82.08		82.08		10,082.08
0+040.000	501.571	501.709		0.14	1.58		5.29		10.00	52.90		1.20	0.95	63.48		63.48		63.48		10,145.56
0+060.000	502.359	502.658		0.30	0.18	0.79	1.76	0.79	10.00	17.60	7.90	1.20	0.95	21.12	7.51	13.62		13.62		10,159.18
0+080.000	503.339	503.608		0.27	0.06	1.85	0.24	2.64	10.00	2.40	26.40	1.20	0.95	2.88	25.08	22.20		22.20		10,136.98
0+100.000	504.335	504.557		0.22	0.54	1.54	0.60	3.39	10.00	6.00	33.90	1.20	0.95	7.20	32.21	25.01		25.01		10,111.97
0+120.000	505.214	505.617		0.40	0.69	0.90	1.23	2.44	10.00	12.30	24.40	1.20	0.95	14.76	23.18	8.42		8.42		10,103.55
0+140.000	506.548	506.899		0.35	1.19	1.02	1.88	1.92	10.00	18.80	19.20	1.20	0.95	22.56	18.24	4.32		4.32		10,107.87
0+160.000	507.964	508.291		0.33	1.43	0.20	2.62	1.22	10.00	26.20	12.20	1.20	0.95	31.44	11.59	19.85		19.85		10,127.72
0+180.000	509.356	509.624		0.27	0.42	1.03	1.85	1.23	10.00	18.50	12.30	1.20	0.95	22.20	11.69	10.52		10.52		10,138.24
0+200.000	510.561	510.838		0.28	0.66	0.63	1.08	1.66	10.00	10.80	16.60	1.20	0.95	12.96	15.77	2.81		2.81		10,135.43
0+220.000	511.724	512.030		0.31	1.00	2.31	1.66	2.94	10.00	16.60	29.40	1.20	0.95	19.92	27.93	8.01		8.01		10,127.42
0+240.000	513.132	513.483		0.35	0.32	2.37	1.32	4.68	10.00	13.20	46.80	1.20	0.95	15.84	44.46	28.62		28.62		10,098.80
0+260.000	514.841	515.197		0.36	0.41	2.48	0.73	4.85	10.00	7.30	48.50	1.20	0.95	8.76	46.08	37.32		37.32		10,061.48
0+280.000	516.645	516.915		0.27	0.30	0.79	0.71	3.27	10.00	7.10	32.70	1.20	0.95	8.52	31.07	22.55		22.55		10,038.94
0+300.000	518.176	518.570		0.39		1.39	0.30	2.18	10.00	3.00	21.80	1.20	0.95	3.60	20.71	17.11		17.11		10,021.83
0+320.000	519.921	520.192		0.27	0.38	0.34	0.38	1.73	10.00	3.80	17.30	1.20	0.95	4.56	16.44	11.88		11.88		10,009.95
0+340.000	521.433	521.815		0.38		1.79	0.38	2.13	10.00	3.80	21.30	1.20	0.95	4.56	20.24	15.68		15.68		9,994.28
0+360.000	522.464	523.272		0.81		5.05		6.84	10.00	68.40		1.20	0.95	64.98		64.98		64.98		9,929.30
0+380.000	524.066	524.397		0.33	0.11	1.60	0.11	6.65	10.00	1.10	66.50	1.20	0.95	1.32	63.18	61.86		61.86		9,867.44
0+400.000	524.821	525.191		0.37		1.24	0.11	2.84	10.00	1.10	28.40	1.20	0.95	1.32	26.98	25.66		25.66		9,841.78
0+420.000	525.186	525.820		0.63		5.26		6.50	10.00	65.00		1.20	0.95	61.75		61.75		61.75		9,780.03
0+440.000	526.316	526.448		0.13	1.36	0.59	1.36	5.85	10.00	13.60	58.50	1.20	0.95	16.32	55.58	39.26		39.26		9,740.78
0+460.000	526.766	527.077		0.31	0.17	1.47	1.53	2.06	10.00	15.30	20.60	1.20	0.95	18.36	19.57	1.21		1.21		9,739.57
0+480.000	527.176	527.705		0.53		3.76	0.17	5.23	10.00	1.70	52.30	1.20	0.95	2.04	49.69	47.65		47.65		9,691.92
0+500.000	527.886	528.334		0.45		1.71		5.47	10.00	54.70		1.20	0.95	51.97		51.97		51.97		9,639.96
0+520.000	528.500	528.884		0.38		1.89		3.60	10.00	36.00		1.20	0.95	34.20		34.20		34.20		9,605.76
0+540.000	529.064	529.277		0.21	0.85	0.83	0.85	2.72	10.00	8.50	27.20	1.20	0.95	10.20	25.84	15.64		15.64		9,590.12
0+560.000	529.259	529.512		0.25	0.63	1.61	1.48	2.44	10.00	14.80	24.40	1.20	0.95	17.76	23.18	5.42		5.42		9,584.70
0+580.000	529.285	529.669		0.38	0.14	5.07	0.77	6.68	10.00	7.70	66.80	1.20	0.95	9.24	63.46	54.22		54.22		9,530.48
0+600.000	529.472	529.826		0.35	0.17	3.64	0.31	8.71	10.00	3.10	87.10	1.20	0.95	3.72	82.75	79.03		79.03		9,451.45



ESTACIONES	ELEVACIONES		ESPESORES		AREAS		A1+A2		SEMI-DISTANCIA	VOLUMEN		COEF. DE VARIABILIDAD VOL.		VOLUMENES ABUNDADOS O REDUCIDOS		TOTAL		SUMA ALGEBRAICA		O.C.M
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	AC	AT		VC	VT	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	
	0+620.000	529.978	530.099		0.12	0.22	2.84	0.39	6.48	10.00	3.90	64.80	1.20	0.95	4.68	61.56	56.88		56.88	
0+640.000	530.391	530.601		0.21	0.02	3.66	0.24	6.50	10.00	2.40	65.00	1.20	0.95	2.88	61.75	58.87		58.87		9,335.70
0+660.000	531.113	531.334		0.22	0.91	0.30	0.93	3.96	10.00	9.30	39.60	1.20	0.95	11.16	37.62	26.46		26.46		9,309.24
0+680.000	531.902	532.296		0.39	0.01	2.44	0.92	2.74	10.00	9.20	27.40	1.20	0.95	11.04	26.03	14.99		14.99		9,294.25
0+700.000	532.933	533.374		0.44		2.55	0.01	4.99	10.00	0.10	49.90	1.20	0.95	0.12	47.41	47.29		47.29		9,246.97
0+720.000	534.277	534.452		0.18	0.87	0.53	0.87	3.08	10.00	8.70	30.80	1.20	0.95	10.44	29.26	18.82		18.82		9,228.15
0+740.000	535.473	535.504		0.03	1.82	0.11	2.69	0.64	10.00	26.90	6.40	1.20	0.95	32.28	6.08	26.20		26.20		9,254.35
0+760.000	536.221	536.504		0.28	0.12	1.21	1.94	1.32	10.00	19.40	13.20	1.20	0.95	23.28	12.54	10.74		10.74		9,265.09
0+780.000	537.032	537.479		0.45	2.82	0.12	4.03	4.03	10.00	1.20	40.30	1.20	0.95	1.44	38.29	36.85		36.85		9,228.24
0+800.000	537.946	538.454		0.51	4.53		7.35	7.35	10.00		73.50	1.20	0.95		69.83	69.83		69.83		9,158.42
0+820.000	538.890	539.428		0.54	4.86		9.39	9.39	10.00		93.90	1.20	0.95		89.21	89.21		89.21		9,069.21
0+840.000	539.968	540.403		0.43	3.39		8.25	8.25	10.00		82.50	1.20	0.95		78.38	78.38		78.38		8,990.84
0+860.000	541.127	541.468		0.34	2.64		6.03	6.03	10.00		60.30	1.20	0.95		57.29	57.29		57.29		8,933.55
0+880.000	542.589	542.713		0.12	1.01	1.08	1.01	3.72	10.00	10.10	37.20	1.20	0.95	12.12	35.34	23.22		23.22		8,910.33
0+900.000	543.728	544.048		0.32	1.94	1.01	3.02	3.02	10.00	10.10	30.20	1.20	0.95	12.12	28.69	16.57		16.57		8,893.76
0+920.000	544.975	545.384		0.41	1.92		3.86	3.86	10.00		38.60	1.20	0.95		36.67	36.67		36.67		8,857.09
0+940.000	546.555	546.719		0.16	0.81	0.51	0.81	2.43	10.00	8.10	24.30	1.20	0.95	9.72	23.09	13.37		13.37		8,843.73
0+960.000	547.837	548.055		0.22	0.50	0.64	1.31	1.15	10.00	13.10	11.50	1.20	0.95	15.72	10.93	4.80		4.80		8,848.52
0+980.000	548.998	549.390		0.39	2.41	2.41	0.50	3.05	10.00	5.00	30.50	1.20	0.95	6.00	28.98	22.98		22.98		8,825.55
1+000.000	550.484	550.852		0.37	2.16	2.16		4.57	10.00		45.70	1.20	0.95		43.42	43.42		43.42		8,782.13
1+020.000	552.232	552.566		0.33	1.83	1.83		3.99	10.00		39.90	1.20	0.95		37.91	37.91		37.91		8,744.23
1+040.000	553.994	554.406		0.41	2.04	2.04		3.87	10.00		38.70	1.20	0.95		36.77	36.77		36.77		8,707.46
1+060.000	556.023	556.246		0.22	0.44	0.73	0.44	2.77	10.00	4.40	27.70	1.20	0.95	5.28	26.32	21.04		21.04		8,686.43
1+080.000	557.828	557.967		0.14	0.78	0.34	1.22	1.07	10.00	12.20	10.70	1.20	0.95	14.64	10.17	4.48		4.48		8,690.90
1+100.000	559.272	559.448		0.18	0.63	0.52	1.41	0.86	10.00	14.10	8.60	1.20	0.95	16.92	8.17	8.75		8.75		8,699.65



ESTACIONES	ELEVACIONES		ESPORES		AREAS		A1+A2		SEMI-DISTANCIA	VOLUMEN		COEF. DE VARIABILIDAD VOL.		VOLUMENES ABUNDADOS O REDUCIDOS		TOTAL		SUMA ALGEBRAICA		O.C.M
	TN	SUBRASANTE	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	AC	AT		VC	VT	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	(+)	(-)	
	1+120.000	560.452	560.811		0.36	4.21		0.63	4.73	10.00	6.30	47.30	1.20	0.95	7.56	44.94	37.38		37.38	
1+140.000	561.613	562.173		0.56	6.53			10.74	10.00		107.40	1.20	0.95		102.03	102.03		102.03		8,560.25
1+160.000	563.155	563.535		0.38	1.28			7.81	10.00		78.10	1.20	0.95		74.20	74.20		74.20		8,486.05
1+180.000	564.737	565.045		0.31	1.85			3.13	10.00		31.30	1.20	0.95		29.74	29.74		29.74		8,456.32
1+200.000	566.499	566.850		0.35	0.04		0.04	1.85	10.00	0.40	18.50	1.20	0.95	0.48	17.58	17.10		17.10		8,439.22
1+220.000	568.672	568.803		0.13	1.11		1.15		10.00	11.50		1.20	0.95	13.80		13.80		13.80		8,453.02
1+240.000	570.498	570.756		0.26	0.27		1.38		10.00	13.80		1.20	0.95	16.56		16.56		16.56		8,469.58
1+260.000	572.496	572.708		0.21	0.43		0.70		10.00	7.00		1.20	0.95	8.40		8.40		8.40		8,477.98
1+280.000	574.370	574.593		0.22	0.41		0.84		10.00	8.40		1.20	0.95	10.08		10.08		10.08		8,488.06
1+300.000	575.750	576.000		0.25	0.20		0.61		10.00	6.10		1.20	0.95	7.32		7.32		7.32		8,495.38
1+320.000	576.681	576.929		0.25	0.27		0.47		10.00	4.70		1.20	0.95	5.64		5.64		5.64		8,501.02
1+340.000	577.505	577.791		0.29	0.46		0.73		10.00	7.30		1.20	0.95	8.76		8.76		8.76		8,509.78
1+360.000	578.357	578.680		0.32	0.36		0.82		10.00	8.20		1.20	0.95	9.84		9.84		9.84		8,519.62
1+380.000	579.337	579.764		0.43	2.16		0.36	2.16	10.00	3.60	21.60	1.20	0.95	4.32	20.52	16.20		16.20		8,503.42
1+400.000	580.755	581.043		0.29	0.13		0.13	2.16	10.00	1.30	21.60	1.20	0.95	1.56	20.52	18.96		18.96		8,484.46
1+420.000	582.050	582.315		0.27	0.08		0.21		10.00	2.10		1.20	0.95	2.52		2.52		2.52		8,486.98
1+440.000	583.030	583.347		0.32			0.08	0.33	10.00	0.80	3.30	1.20	0.95	0.96	3.14	2.18		2.18		8,484.81
1+460.000	583.826	584.139		0.31	0.01		0.01	0.33	10.00	0.10	3.30	1.20	0.95	0.12	3.14	3.02		3.02		8,481.79
1+480.000	584.669	584.960		0.29	0.01		0.02		10.00	0.20		1.20	0.95	0.24		0.24		0.24		8,482.03
1+500.000	585.618	585.908		0.29	1.07		0.01	1.07	10.00	0.10	10.70	1.20	0.95	0.12	10.17	10.05		10.05		8,471.99
1+520.000	586.658	586.920		0.26	0.36			1.43	10.00		14.30	1.20	0.95		13.59	13.59		13.59		8,458.40
1+540.000	587.660	588.005		0.35	1.65			2.01	10.00		20.10	1.20	0.95		19.10	19.10		19.10		8,439.31
1+560.000	588.868	589.235		0.37	1.04			2.69	10.00		26.90	1.20	0.95		25.56	25.56		25.56		8,413.75
1+580.000	590.147	590.538		0.39	1.35			2.39	10.00		23.90	1.20	0.95		22.71	22.71		22.71		8,391.05
1+600.000	591.423	591.841		0.42	2.31			3.66	10.00		36.60	1.20	0.95		34.77	34.77		34.77		8,356.28



ESTACIONES	ELEVACIONES		ESPESORES		AREAS		A1+A2		SEMI-DISTANCIA	VOLUMEN		COEF. DE VARIABILIDAD VOL.		VOLUMENES ABUNDADOS O REDUCIDOS		TOTAL		SUMA ALGEBRAICA		O.C.M
	TN	SUBRASA NTE	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	AC	AT		VC	VT	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	CORTE	TPLEN	(+)	(-)	
	1+620.000	592.903	593.143		0.24	1.22		1.22	2.31	10.00	12.20	23.10	1.20	0.95	14.64	21.95	7.31		7.31	
1+640.000	594.156	594.446		0.29	0.51		1.73		10.00	17.30		1.20	0.95	20.76		20.76		20.76		8,369.73
1+660.000	595.464	595.724		0.26	0.45		0.96		10.00	9.60		1.20	0.95	11.52		11.52		11.52		8,381.25
1+680.000	596.544	596.830		0.29	0.34		0.79		10.00	7.90		1.20	0.95	9.48		9.48		9.48		8,390.73
1+700.000	597.441	597.764		0.32	0.20		0.54		10.00	5.40		1.20	0.95	6.48		6.48		6.48		8,397.21
1+720.000	598.382	598.672		0.29	0.30		0.50		10.00	5.00		1.20	0.95	6.00		6.00		6.00		8,403.21
1+740.000	599.222	599.581		0.36	0.11		0.41		10.00	4.10		1.20	0.95	4.92		4.92		4.92		8,408.13
1+760.000	600.260	600.490		0.23	0.67		0.78		10.00	7.80		1.20	0.95	9.36		9.36		9.36		8,417.49
1+780.000	601.182	601.437		0.25	0.55		1.22		10.00	12.20		1.20	0.95	14.64		14.64		14.64		8,432.13
1+800.000	602.180	602.458		0.28	0.43		0.98		10.00	9.80		1.20	0.95	11.76		11.76		11.76		8,443.89
1+820.000	603.166	603.517		0.35	0.43		0.86		10.00	8.60		1.20	0.95	10.32		10.32		10.32		8,454.21
1+840.000	604.254	604.577		0.32		1.07	0.43	1.07	10.00	4.30	10.70	1.20	0.95	5.16	10.17	5.01		5.01	5.01	8,449.21
1+860.000	605.260	605.636		0.38		0.75		1.82	10.00		18.20	1.20	0.95		17.29	17.29		17.29	17.29	8,431.92
1+880.000	606.381	606.695		0.31		1.02		1.77	10.00		17.70	1.20	0.95		16.82	16.82		16.82	16.82	8,415.10
1+900.000	607.496	607.846		0.35	0.02		0.02	1.02	10.00	0.20	10.20	1.20	0.95	0.24	9.69	9.45		9.45	9.45	8,405.65
1+920.000	608.940	609.180		0.24	0.79		0.81		10.00	8.10		1.20	0.95	9.72		9.72		9.72	9.72	8,415.37
1+940.000	610.125	610.606		0.48		2.30	0.79	2.30	10.00	7.90	23.00	1.20	0.95	9.48	21.85	12.37		12.37	12.37	8,403.00
1+960.000	611.754	612.032		0.28	0.29		0.29	2.30	10.00	2.90	23.00	1.20	0.95	3.48	21.85	18.37		18.37	18.37	8,394.63
1+980.000	613.154	613.434		0.28	0.29		0.58		10.00	5.80		1.20	0.95	6.96		6.96		6.96	6.96	8,391.59
2+000.000	614.366	614.669		0.30	0.19		0.48		10.00	4.80		1.20	0.95	5.76		5.76		5.76	5.76	8,397.35
2+020.000	615.435	615.736		0.30	0.21		0.40		10.00	4.00		1.20	0.95	4.80		4.80		4.80	4.80	8,402.15
2+040.000	616.480	616.780		0.30	0.21		0.42		10.00	4.20		1.20	0.95	5.04		5.04		5.04	5.04	8,407.19



CAPITULO V. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO DE LA UNAM.

La secuela de cálculo es la siguiente:

a).- Se determina el VRS del material de cada capa que va a utilizarse en la construcción del pavimento.

b).- Se estima el TDPA, con el cual se determina el Tránsito Equivalente (ΣL). En ejes sencillos de 8.2 ton.

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente represente el número medio de ejes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de cierto número de años.

c).- Determinación de los espesores del pavimento.

Para determinar los espesores del pavimento se utilizan las gráficas de las figuras A4, A5, A6, ó A7, según el nivel de confianza que se halla elegido.

Estas gráficas se utilizan de la manera siguiente:

Se determina el espesor equivalente requerido de Z_1 sobre la capa analizada, entrando a la gráfica con el VRS de dicha capa en el eje de las abscisas por donde se baja una vertical hasta interceptar la curva de tránsito equivalente correspondiente a la profundidad analizada y en el eje de las ordenadas se lee el espesor equivalente.

Para determinar el espesor real de las capas D_1 se utiliza la expresión:

$$Z_n = \sum_1^n a_1 D_1$$

Donde:

Z = Espesor equivalente.

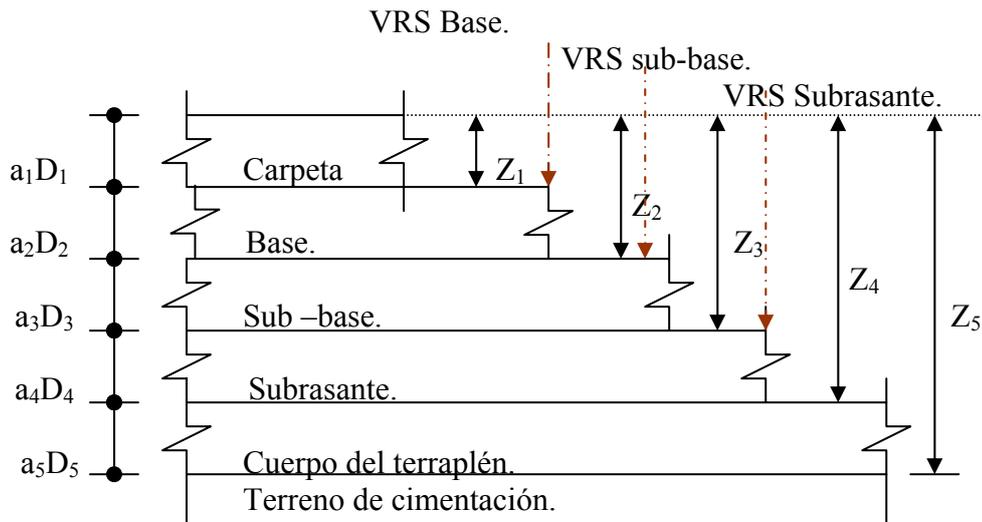
a_1 = Coeficiente de equivalencia estructural (toma en cuenta la capacidad de repetición de carga sobre el material).

$a_1 = 0$ para carpetas de riego.

$a_1 \geq 2$ para carpetas asfálticas (se toma $a_i = 2$).

$a_2 = a_3 = a_4 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente.

D_i = Espesor real.



El espesor de la carpeta será: Z_1 mínimo = 8 cm.

$$Z_1 = a_1 D_1 \quad D_1 = \frac{Z_1}{a_1}$$

El espesor de la base será:

$$Z_1 = a_1 D_1 + a_2 D_2 = Z_1 + a_2 D_2$$

$$a_2 D_2 = Z_2 - Z_1$$

$$D_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{a_2} \quad \text{En general. } D_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{a_i} \quad D_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{a_i}$$

EJEMPLO:

Diseñar el pavimento flexible por el método de la UNAM., de acuerdo con los siguientes datos:

CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO.

$$\text{Tipo A} = 90\% \begin{cases} A_p = 50\% \\ A_c = 40\% \end{cases}$$

Tipo B = 5%

Tipo C = 3%

Tipo T2 - S1 = 2%

(TDPA)₂ = 1000 vehículos.

Tasa de crecimiento anual = 4%

Numero de carriles = 2

Vida de proyecto del pavimento = 20 años

Nivel de confianza = Qu = 0.8

VRS del terreno natural al 90% = 4.0

VRS de la subrasante = 10%

VRS de la sub-base = 40%

VRS de la base = 80%



a).- Análisis del tránsito acumulado en ejes sencillos de 8.2 ton.

a.1).- Determinación de los coeficientes de daño Kc:

Tipo de vehículo	Composición.		Coeficientes de daño				Ejes equivalentes de 8.2 Ton			
	%	Cantidad.	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60	Z=0	Z=15	Z=30	Z=60
			(cargados/vacíos)				(Cargados/vacíos)			
A(A2)	50	250	0.004 0.004	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	2.0 --	-- --	-- --	-- --
P(A'2)	40	200	0.536 0.536	0.064 0.002	0.023 0.000	0.116 0.000	214.4 --	25.6 --	9.2 --	46.4 --
B2	5	25	2.000 2.000	1.890 0.757	2.457 0.502	2.333 0.433	100.0 --	122.9 --	122.85 --	116.65 --
C3	3	15	3.500 3.000	3.290 0.154	2.870 0.039	0.852 0.058	90 --	84.5 --	86.1 --	25.56 --
T2-S1	2	10	3.000 3.000	2.729 0.132	3.072 3.027	3.331 0.012	60 --	94.9 --	61.44 --	66.62 --

a.2).-Determinación del coeficiente de acumulación de tránsito.

Para la vida de proyecto de 20 años y una tasa de crecimiento anual de 4% se tiene:

$$CAT = \frac{[(1+r)^n - 1]365}{r} = \frac{[(1+0.04)^{20} - 1]365}{0.04} = 10,869$$

Determinación del tránsito acumulado.

$$\Sigma L_o = (0.4664) (10,869) (1000) = 5.07 \times 10^6 \text{ Ejes equivalentes.}$$

$$\Sigma L_d = (0.3279) (10,869) (1000) = 3.56 \times 10^6 \text{ Ejes equivalentes.}$$

b).- Determinación de los espesores de la capa del pavimento.

CAPA	VRS %	ΣL	Espesor equivalente sobre la capa(cm)
Base	80.0	1.19×10^6	$Z_1 = 8$
Sub-base	40.0	4.5×10^5	$Z_2 = 15$ (min. estructural se toma VRS=20%)
Subrasante	10.0	4.5×10^5	$Z_3 = 26$
T. Natural	2.5	4.5×10^5	$Z_4 = 42$

$$\text{Si } a_1 = 2 \quad a_2 = a_3 = a_4 = 1$$

b.1).- Espesor de la carpeta asfáltica:

$$Z_1 = \sum_1^i a_i D_i$$

$$D_1 = \frac{Z_1}{a_1} = \frac{8}{2} = 4 \text{ cm} \quad \boxed{D_1 = 4 \text{ cm}} \text{ Carpeta asfáltica.}$$

$Z_1 = 8$ cm. es al mínimo constructivo.

b.2).- Espesor de la base:

$$D_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{a_2} = \frac{15 - 8}{1} = 7 \text{ cm} \quad \boxed{D_2 = 7 \text{ cm}} \text{ Base.}$$

b.3).- Espesor de la Sub-base:

$$D_3 = \frac{Z_3 - Z_2}{a_3} = 26 - 15 = 11 \text{ cm}$$

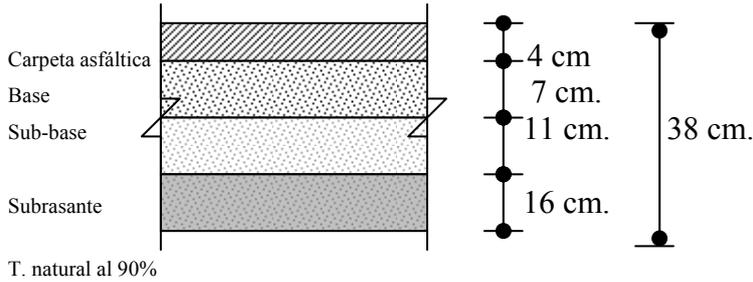
$$D_3 = 11 \text{ cm} \quad \text{Sub-base.}$$

b.4).- Espesor de la subrasante:

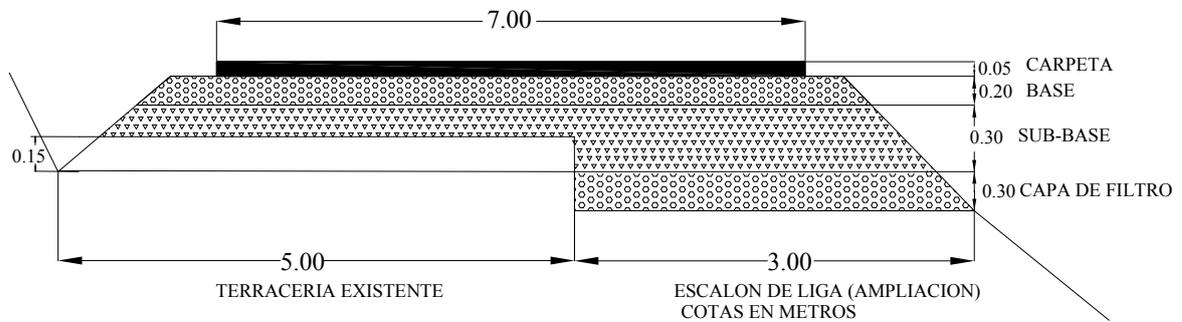
$$D_4 = \frac{Z_4 - Z_3}{a_4} = 42 - 26 = 16 \text{ cm}$$

$$D_4 = 16 \text{ cm} \quad \text{Subrasante.}$$

Estructura del pavimento Calculado:



Estructura del pavimento Propuesto:





CONCLUSIONES

Debido a la falta de caminos y a las malas condiciones que presentan estos, muchas comunidades se encuentran marginadas e incomunicadas, las cuales carecen de los servicios necesarios para su desarrollo, tal es el caso de la comunidad de Santiago congregación municipio de Huaniqueo, la cual cuenta con una vía con las condiciones adecuadas; y es que un diseño correcto es aquel que llega a satisfacer los requerimientos de servicio a un costo mínimo cumpliendo con las normas y especificaciones que marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el soporte técnico adecuado se pueda llevar a cabo en las mejores condiciones la ejecución de la obra.

Es por ello que surgió la necesidad de la realización de este proyecto para que los habitantes de la población antes mencionada puedan trasladarse a la cabecera municipal, ya que el camino a nivel de terracería existente en el periodo de lluvia no se encuentra en las mejores condiciones para que sea transitable.

En consecuencia, en el proceso constructivo debe además de existir una buena supervisión esto por ser un factor primordial, exigiendo que se cumplan los parámetros establecidos, así como con el control de calidad de los materiales que marca el proyecto, por el contrario no tendría ningún sentido la elaboración del mismo, por consiguiente al no cumplir con los parámetros dichos anteriormente se estaría disminuyendo la vida útil del camino proyectado.



BIBLIOGRAFIA

- Villaláz C. C. Edit. Limusa. *“Vías de Comunicación” carreteras.*
- *“Normas y Especificaciones de la SCT para Proyecto Geométrico” Libro 2 Carreteras.*
- MVT. Ing. Alejandro Peralta A.rnaud. *“Apuntes de Diseño de Pavimentos Flexibles”*. Facultad de Ingeniería Civil .UMSNH.
- Wences Macedo J. A. *Tesina* (Septiembre del 2004). Proyecto Geométrico del Tramo carretero: Sicuicho-Los Reyes, Mipo de Los Reyes KM 6+500 AL 9+000. Facultad de Ingeniería Civil. UMSNH.
- Arguello Chávez G. *Tesis Profesional* (Junio del 2002).Proyecto Geométrico y Procedimiento Constructivo del Camino rural Huaniqueo –Tendeparacua. Facultad de Ingeniería Civil. UMSNH.