38

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO GEOMETRICO DE TERRACERIAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a n

JOSE BENJAMIN FIGUEROA MONTELONGO
EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZALEZ

ASESOR: ING. HECTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

México, D. F. 2002

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/137/01

Señores
JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"PROYECTO GEOMÉTRICO DE TERRACERRÍAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS"

	INTRODUCCION
I.	**CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS**
II.	**ALINEAMIENTO HORIZONTALVERTICAL**
III.	**ALINEAMIENTO VERTICAL**
IV.	**SECCIÓN TRANSVERSAL**
V.	**PROYECTO DE LA SUBRASANTE Y MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS**
VI.	**PRESENTACIÓN DE PLANOS**
VII.	**EJEMPLO DE APLICACIÓN**
	CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 23 de agosto de 2001.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

ANTECEDENTES

- **Antecedentes.**

Según algunos Antropólogos, con base a estudios realizados a restos humanos y reliquias arqueológicas, el ser humano existe sobre la tierra desde hace unos 100000 años. Por vestigios dejados por los primitivos , principalmente en los valles de algunos ríos como el Nilo, Eufrates y Ganges, se supone que hace aproximadamente unos 10000 años el hombre llego a conocer la agricultura y empezó a fijar su lugar de residencia, abandonando el nomadismo.

- **Primeros caminos.**

Mas tarde hace unos 5000 años y probablemente en Mesopotamia ocurre la invención de la rueda, originándose la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitieran la circulación del tránsito de entonces.
En esa época, dos grandes pueblos: el Asirio y el Egipcio iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los indicios de los primeros caminos, señalan la existencia de una ruta entre Asia y Egipto. Los cartagineses se sabe construyeron en un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo, 500 años antes de cristo los Etruscos construyeron caminos antes de la fundación de Roma.
Los primeros caminos construidos científicamente, aparecen con el surgimiento del Imperio Romano, sobresaliendo la construcción de la Vía Appia, de Roma a Hidruntum iniciada por Appius Claudios en al año 312 A. C . Esta evidencia justifica conceder a los romanos iniciar con métodos científicos la construcción de los caminos. En América las culturas antiguas entre ellas la de los Mayas, en el sur de México y norte de Centro América; la de los Toltecas que se establecieron en la Meseta Central, en México por el año 752; los Aztecas que fundaron Tenochtitlan, en 1325, y los Incas en Perú en el año 1,100 A. C., dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos, sobresaliendo las llamados Caminos Blancos de los Mayas, formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación, cubiertos con una superficie de piedra caliza, cuyos vestigios existen actualmente en Yucatán, México.
los Incas en Perú, realizaron verdaderas Obras de Ingeniería, dada la accidentada topografía de su suelo, para construir caminos que aunque no destinados al tránsito de vehículos, denotaban un movimiento importante. En México el imperio Azteca pudo extenderse desde las costas del Golfo de México hasta la zona costera del Pacifico, gracias a rutas trazadas por los indígenas.

- **Evolución del Transporte**

A través de los siglos el tránsito ha evolucionado al igual que los caminos y el vehículo.
Durante los siglos I, II Y III de nuestra era, el Imperio Romano fue factor dominante para la comunicación desde la Península Ibérica hasta China. Los siglos IV, V y VI ven la declinación del Imperio Romano, la desaparición de la red caminera y el retorno a la bestia de carga. En el siglo VII el sistema feudal forza la reducción de la población y los viajes, y a mediados de siglo se abandona la conservación de las rutas imperiales. A finales de este siglo a el siglo VIII, el comercio vuelve a extenderse atreves de rutas terrestres.
Hasta el siglo IX la economía feudal, las guerras civiles y las invasiones contrarrestan los esfuerzos por extender el comercio y conservar las rutas terrestres. Con el siglo X, inicia la Edad Media, registrándose un incremento en la población, en el comercio y como consecuencia, mayor tránsito. En el siglo XI, principalmente con las Cruzadas contribuyen a la apertura de muchos caminos, al incremento de la población y de los viajes.
En al siglo XII las ciudades crecen de manera extraordinaria, emergiendo muchas nuevas vinculadas estrechamente con el comercio; su trazo es básicamente el de calles angostas, agrupadas según una cuadricula geométrica.

Durante el siglo XII la población llega a un máximo, aumentando el tránsito en los mal conservados caminos. En el siglo XIV el aumento del transporte y del tránsito llaga a un máximo y, a la vez se inicia una rápida reducción debido a la erosión social y económica que mina la cimentación de la sociedad feudal, siendo las causas principales la poca protección, la multiplicación de los asaltantes, la gran peste entre los años 1348 y 1350 .
En el siglo XV, la población y el tránsito restringidos hasta 1453 por la guerra de 100 años entre Inglaterra y Francia, empiezan a resurgir. En al siglo XVI la población de Europa se duplica y el tránsito se multiplica en razón directa, surgiendo los primeros mapas de caminos y reaparecen los vehículos que habían sido desplazados por el caballo y las bestias de carga. A mediados de este siglo los conquistadores españoles inician la construcción de caminos en América, como medio para extender su colonización y explotación de recursos en la Nueva España. En este siglo la carreta fue introducida a América por el español Sebastián de Aparicio, el construyo entre los años 1540 y 1550 la primera carretera de nuevo mundo entre México y Veracruz. Mas tarde construyo la carretera México Zacatecas.
Durante el siglo XVII, a pesar de la falta de gobiernos centrales que se preocuparan por los caminos, se mejoran algunos de los existentes y se multiplica el numero de vehículos tirados por los animales. La industrialización de algunas regiones contribuye a aumentar el número de los mismos.
El siglo XVIII, marca el inicio de la Era Moderna. El tránsito se incrementa con grandes esfuerzos, debido al mal estado de los caminos. A su desarrollo contribuyo enormemente la introducción del cobro de cuotas de peaje, que permitieron la construcción y conservación de otros caminos.
En el siglo XIX, se inicia un incremento inusitado de la población y la Época de Oro de las diligencias (1810 - 1830). También desde principios del siglo, empieza a experimentarse con vehículos de autopropulsión, utilizando la fuerza del vapor.
Con la aparición del vehículo de motor y por la tendencia a su uso privado, se fueron incrementando los problemas de tránsito urbano, debido a que paralelamente surgieron los vehículos de transporte público (tranvías) propulsados inicialmente por animales y posteriormente por tracción mecánica, y para finales de este mismo siglo ya operaban con fuerza eléctrica.
En las últimas décadas de este siglo aparece el automóvil con motor a gasolina y renace el deseo de conservar en buen estado los caminos.
El vehículo de combustión interna tal como se conoce actualmente, forma parte y nació con el siglo XX, al iniciar su vida encontró serios obstáculos como las malas condiciones de los caminos además de la oposición al mismo por la costumbre al uso del ferrocarril y de los carruajes tirados por animales.

- **Estadísticas en México.**

En México la construcción de caminos para la era moderna se inicio a partir de 1925, año en que una ley del Presidente Plutarco Elías Calles creó la Comisión Nacional de Caminos.
Entre los años treinta y veinte y treinta el avance era reducido, el primer incremento de 1,000 kilómetros por año se logro de 1939 a 1940. Afortunadamente, a pesar del conflicto que envolvió al mundo en esa época, México sostuvo un nivel de crecimiento anual de mas de 400 kilómetros de caminos pavimentados. Entre 1947 y 1948, se alcanzo un avance de 1,500 kilómetros anuales. Este avance posteriormente disminuyo a consecuencia de la depresión de la posguerra, para recuperarse definitivamente en 1955.
A partir de 1972 se incorporan a la Secretaría de Obras Públicas todos los caminos hechos por otras dependencias y los del plan de caminos construidos anualmente.
A partir de 1952 se comenzaron a construir carreteras [illegible] ias carriles, utilizando el criterio de contar con un sistema de comunicación inter-estatal mucho mas rápido, cómodo y seguro.

El empeño de mejorar las vías de comunicación terrestre ha sido sostenido, el cual se refleja en el progreso del país, teniendo a cada uno de los estados más y mejor comunicados.
En la siguiente tabla se indica el sesarrollo que los caminos han tenido en la República Mexicana desde sus inicios en 1925 hasta 1990.

AÑO	BRECHAS MEJORADAS	TERRACERÍA	REVESTIDA	PAVIMENTADAS		TOTAL
				2 CARRILES	≥ 4 CARRILES	
1925 -1928	-	209	245	421	-	875
1930	-	629	256	541	-	1,426
1935	-	1 760	1,918	1,559	-	5,237
1940	-	1,643	3,505	4,781	-	9,929
1945	-	1,399	6,842	8,163	-	16,404
1950	-	2,024	6,836	13,595	-	22,455
1955	1,427	2,816	9,164	18,756	61	32,224
1960	2,850	3,850	11,203	26,918	61	44,882
1965	1,755	6,693	18 373	34,195	236	61,252
1970	1,520	6,579	21,462	41,358	601	71,520
1975	31,530	22,486	72,715	58,637	850	186,218
1980	33,409	24,735	87,562	65,920	1,000	212,626
1985	31,398	3,516	115,384	71,475	2,452	224,225
1990	33,120	3,718	118,472	78,403	5,522	239,235

En la siguiente tabla se indican los kilometrajes de los caminos por Entidad Federativa en la República Mexicana al año 1990.

Entidad Federativa	BRECHAS MEJORADAS	TERRACERÍA	REVESTIDA	PAVIMENTADAS		TOTAL
				2 CARRILES	≥ 4 CARRILES	
Aguascalientes	-	-	1,204	681	102	1,987
Baja California	38	583	4,351	2,465	359	7,796
Baja California Sur	2,194	340	2,065	1,453	9	6,061
Campeche	1,915	432	1,571	1,703	-	5,621
Coahuila	669	-	5,562	3,159	217	9,607
Colima	-	70	712	666	119	1,567
Chiapas	1,121	157	6,898	2,812	74	11,062
Chihuahua	2,917	45	4,367	3,494	624	11,447
Distrito Federal	-	-	-	92	68	160
Durango	483	-	5,919	2,546	15	8,963
Guanajuato	1,466	-	3,707	2,066	280	7,519
Guerrero	908	-	4,732	2,518	107	8,265
Hidalgo	156	-	4,005	2,084	79	6,324
Jalisco	957	244	5,662	4,291	248	11,402
México	274	209	5,038	3,669	676	9,866
Michoacán	1,043	247	4,208	3,801	121	9,420
Morelos	-	-	710	1,279	119	2,108
Nayarit	404	70	1,991	1,027	36	3,528
Nuevo León	1,983	63	3,200	3,378	243	8,867
Oaxaca	452	127	7,514	2,983	15	11,091
Puebla	424	6	4,640	2,172	172	7,414
Querétaro	76	102	2,187	1,193	134	3,692
Quintana Roo	798	9	2,346	1,717	32	4,902
San Luis Potosí	1,632	23	5,053	2,722	91	9,521
Sinaloa	2,128	136	4,254	2,553	398	9,469
Sonora	3,535	346	2,069	4,706	705	11,361
Tabasco	2,238	-	2,532	2,369	44	7,183
Tamaulipas	4,351	60	4,926	3,235	156	12,728
Tlaxcala	-	-	1,446	1,307	54	2,807
Veracruz	448	60	5,238	4,400	145	10,291
Yucatán	510	389	2,427	3,774	42	7,142
Zacatecas	-	-	7,938	2,088	38	10,064

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo PROYECTO GEOMÉTRICO DE TERRACERÍAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS, trata con un enfoque práctico, la aplicación de las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Para tal fin se desarrolla en su totalidad y de manera, una aplicación de las mismas.

El capítulo 1.- Clasificacion de las carreteras, en este se señalan las diferentes clasificaciones de las carreteras. Se indican las especificaciones técnicas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, aplicables en el proyecto geométrico de las carreteras de acuerdo a sus características y clasificación. Así mismo se relacionan las diferentes etapas a considerar en la realización del proyecto geométrico de una carretera.

El capítulo 2.- Alineamiento horizontal, en el se indican los diferentes elementos que intervienen en el cálculo de las curvas circulares simples, los elementos que intervienen en el cálculo de las curvas circulares con transición mixta, así mismo los elementos que intervienen en el cálculo de las curvas circulares con espiral de transición. Se presenta el procedimiento para fijar las referencias de los puntos que definen la geometría del eje de la carretera, también se desarrolla el cálculo de las coordenadas de estos puntos presentando la información en el formato correspondiente.

El capítulo 3.- Alineamiento vertical, trata del cálculo de las curvas verticales tanto cóncavas (en columpio) como convexas (en cresta o cima), sugiriéndose los formatos correspondientes para el vaciado de la información. Se describe el método de nivelación empleado en la realización del proyecto geométrico de una carretera, y se presenta la información en el formato sugerido. Se indica también el procedimiento para determinar las secciones transversales del terreno natural, presentando a su vez el formato empleado para el registro de la información.

El capítulo 4.- Sección transversal, en el ilustran los diferentes elementos que integran la sección transversal de una carretera. Se mencionan los elementos que intervienen en el cálculo de las curvas circulares con transición mixta y las curvas circulares con espiral de transición, mostrando los formatos a emplear para el registro de la información correspondiente. Se muestra la obtención de los datos que definen la sección transversal del proyecto de una carretera, presentándose el formato a emplear para el vaciado de esta información.

El capítulo 5.- Proyecto de la subrasante y movimientos de terracerías, aqui se hace referencia a los diferentes métodos que se emplean, para la obtención de las áreas en las secciones transversales del proyecto. Se calculan los volúmenes de obra y las ordenadas de la curva masa, presentándose los formatos utilizados para el registro de esta información. Se describe el procedimiento para calcular los acarreos de los materiales pétreos, producto de los cortes y/o terraplenes en base a el diagrama de masas.

El capítulo 6.- Presentacion de planos, se ilustran los formatos utilizados para los diferentes cuadros de datos, según el tipo de plano a que correspondan y se señala la información mínima que contendrá cada plano según su tipo.

El capítulo 7.- Ejemplo de aplicación, en el se presenta el registro de los cálculos correspondientes al ejemplo de aplicación en los formatos sugeridos. Se integran los planos correspondientes, conteniendo la información mínima requerida. Se presenta el cálculo de los volúmenes de la estructura del pavimento como son la base hidráulica, materiales asfálticos y materiales pétreos para el tratamiento superficial a base de dos riegos de sello, registrando la información en los formatos correspondientes.

A mis Padres:
Por su confianza, por su paciencia, por su siempre oportuna motivación y por su sincero apoyo.

A todos mis parientes
Por sus atenciones, por sus consejos y por su confianza.

Al Ingeniero:
Héctor Alfredo Legorreta Cuevas
Por su orientación y decidido e incondicional apoyo.

A todos mis amigos:
Por sus consideraciones y confianza.

TEMA: PROYECTO GEOMÉTRICO DE TERRACERÍAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

CONTENIDO

CAPÍTULO 1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

1.2 ESPECÍFICACIONES PARA PROYECTO GEOMÉTRICO

1.3 ETAPAS DEL ESTUDIO DE UNA CARRETERA

1.- CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

1.1.- CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

- **Clasificación por transitabilidad**

Esta clasificación se refiere a las condiciones que ofrece la superficie de rodamiento una vez concluida la construcción de la carretera, teniéndose entonces lo siguiente:

Carreteras de Terracerías.
En este tipo de carreteras la superficie de rodamiento queda determinada una vez que se ha ejecutado al 100% y a nivel de subrasante el proyecto de la carretera, este tipo de carreteras solo es transitable en época de secas

Carreteras Revestidas
Este tipo de carreteras presentan una superficie de rodamiento compuesta por material pétreo seleccionado de tamaño no mayor de 3" (tres pulgadas) y en un espesor suelto que comúnmente varia entre 15 y 20 centímetros, son transitables todo el año.

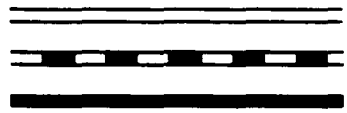
Carreteras Pavimentadas
En este tipo de carreteras se consideran aquellas en que una vez ejecutado el proyecto a nivel de subrasante, se adicionan capas (sub-base, base, concreto asfáltico o concreto hidráulico) de material seleccionado y compactado

En general la simbología empleada para identificar las carreteras de acuerdo a esta clasificación es la indicada a continuación

Carretera de Terracería

Carretera Revestida

Carretera pavimentada



- **Clasificación administrativa**

Esta clasificación es independiente de las características técnicas de la carretera y se define según la dependencia de gobierno que tiene a su cargo la construcción, operación y conservación de la misma, tenemos entonces que

Carreteras Federales
Aquí se consideran todas aquellas carreteras cuyo costo y mantenimiento es cubierto íntegramente por la Federación

Carreteras Estatales.
Son carreteras de este tipo las que se construyen con un 50% de recursos aportados por el Gobierno Federal y un 50% de recursos aportados por los Gobiernos Estatales su mantenimiento esta a cargo de organismo Estatal

Carreteras Vecinales.
Son carreteras de este tipo las que se construyen con recursos de origen tripartita (Aportación de Gobierno Federal, aportación de Gobierno Estatal y aportación de Beneficiarios), su conservación esta a cargo ya sea de la Federación o de los Gobiernos Estatales.

Carreteras de Cuota.
Son carreteras de este tipo las que quedan a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, en estas la inversión se recupera a través de las cuotas de paso.

- **Clasificación Técnica**

Mediante esta clasificación se distingue de manera precisa la categoría física de las carreteras ya que considera los volúmenes de tránsito sobre la carretera y las especificaciones geométricas aplicadas, en general esta clasificación asigna categorías por numero o letras. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, clasifica las carreteras de acuerdo a esto en cinco (5) tipos de carreteras que son

Carreteras tipo A:
- Carreteras tipo A2
Son carreteras de dos (2) carriles en un (1) cuerpo, con un TDPA comprendido entre 3,000 y 5,000 vehículos

- Carreteras tipo A4
Son carreteras de cuatro (4) carriles en un (1) cuerpo, con un TDPA comprendido entre 5,000 y 20,000 vehículos

- Carreteras tipo A4S
Son carreteras de cuatro (4) carriles en dos (2) cuerpos separados, con un TDPA comprendido entre 5,000 y 20,000 vehículos.

Carreteras tipo B
Son carreteras de dos (2) carriles en un (1) cuerpo, con un TDPA comprendido entre 1,500 y 3,000 vehículos

Carreteras tipo C
Son carreteras de dos (2) carriles en un (1) cuerpo, con un TDPA comprendido entre 500 y 1,500 vehículos.

Carreteras tipo D
Son carreteras de dos (2) carriles en un (1) cuerpo, con un TDPA comprendido entre 100 y 500 vehículos.

Carreteras tipo E
Son carreteras de un (1) carril con ancho de calzada de 4.0 metros, con un TDPA de hasta 100 vehículos.

- **Por su ubicación y finalidad**

Caminos de función social
Son aquellos que tienen como objetivo incorporar al desarrollo socioeconómico, los núcleos de población marginados

Caminos de penetración económica
Son aquellos que se construyen en zonas con una gran riqueza potencial, susceptible de ser explotada económicamente

Caminos en zonas con pleno desarrollo
Son aquellos que propician el desarrollo de zonas que por su ubicación y condiciones particulares, son aptas para la construcción de grandes centros industriales.

1.2.- ESPECÍFICACIONES PARA PROYECTO GEOMÉTRICO

- **Radio y peralte en curvas**

Un vehiculo se sale de una curva por dos razones que pueden ocurrir de manera independiente o simultanea. ya sea porque el peralte de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad o porque la fricción entre las ruedas y el pavimento falla y se produce el derrape o deslizamiento. Las principales causas por las que un vehiculo derrapa en las curvas son debido a la presencia de hielo, arena o cualquier otro fluido que se encuentre sobre el pavimento.

Consideremos la figura 1, si el vehiculo se desplaza a una velocidad "V" (m/seg) lo largo de una curva horizontal de radio "R" (m) que forma un ángulo alfa "a" con la horizontal. Las fuerzas que actúan sobre el vehiculo son: el peso "P" (kg), la fuerza centrífuga "F" (kg) que tiende a desviarlo hacia fuera de su trayectoria normal y al fuerza de fricción entre llantas y pavimento (kg). La magnitud de la fuerza centrífuga es:

$$F = m\,a$$

F= Fuerza centrífuga.
m= Masa del vehículo.
a= Aceleración radial.

La relación entre la masa "m" y la aceleración radial "a" es:

$$m = \frac{W}{g}$$

P= Peso del vehículo.
g= Aceleración debida a la gravedad.

$$a = \frac{V^2}{R}$$

V= Velocidad del vehículo.
R= Radio de la curva circular horizontal.

Por lo tanto:

$$F = m\,a = \frac{P\,V^2}{g\,R} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

En la expresión (1), se observa que para un mismo radio "R", la fuerza centrífuga "F" es mayor si la velocidad "v" es mayor. Esto hace que el efecto centrífugo sea mas notable.

La única fuerza que se opone al deslizamiento lateral del vehículo es la fuerza de fricción "F_t" entre las llantas y el pavimento. Esta fuerza por si sola, generalmente a velocidades altas, no es suficiente para impedir el deslizamiento transversal. Por lo tanto se le hace un complemento inclinando transversalmente la calzada. Esta inclinación denominada sobreelevación o peralte, junto con la fricción y el peso propio del vehículo, eliminan el efecto centrífugo, estableciendo la estabilidad del vehículo en la curva.

La condición necesaria y suficiente para que el vehículo no se deslice transversalmente, se plantea así: la resultante paralela al pavimento "F_x" - "P_x", actúa hacia la izquierda, por lo que debe ser contrarrestada por la fuerza de fricción transversal "F_t" entre las llantas y el pavimento y que actúa hacia la derecha. Esto es:

$$F_x - P_x = F_t$$

Pero también sabemos que:

Fuerza de fricción (F_t) = (**Fuerza normal**) (μ) ; μ = **Coeficiente de fricción lateral**

$$F_t = (F_y + P_y) \mu$$

Por lo tanto:

$$F_x - P_x = (F_y + P_y) \mu$$

$$\mu = \frac{F_x - P_x}{F_y - P_y}$$

$$\mu = \frac{F \cos\alpha - P \operatorname{sen}\alpha}{F \operatorname{sen}\alpha - P \cos\alpha}$$

Dividiendo entre $\cos\alpha$:

$$\mu = \frac{F - P \tan\alpha}{F \tan\alpha + P}$$

reemplazando el valor de la fuerza centrífuga "F" determinado en la ecuación (1), y el valor de "tanα" por la sobreelevación "S", resulta:

$$\mu = \frac{\frac{P V^2}{g R} - PS}{\frac{P V^2 S}{g R} + P} \qquad \mu = \frac{\frac{V^2}{g R} - S}{\frac{V^2 S}{g R} + 1}$$

$$S + \mu = \frac{V^2}{g R} (1 - \mu S)$$

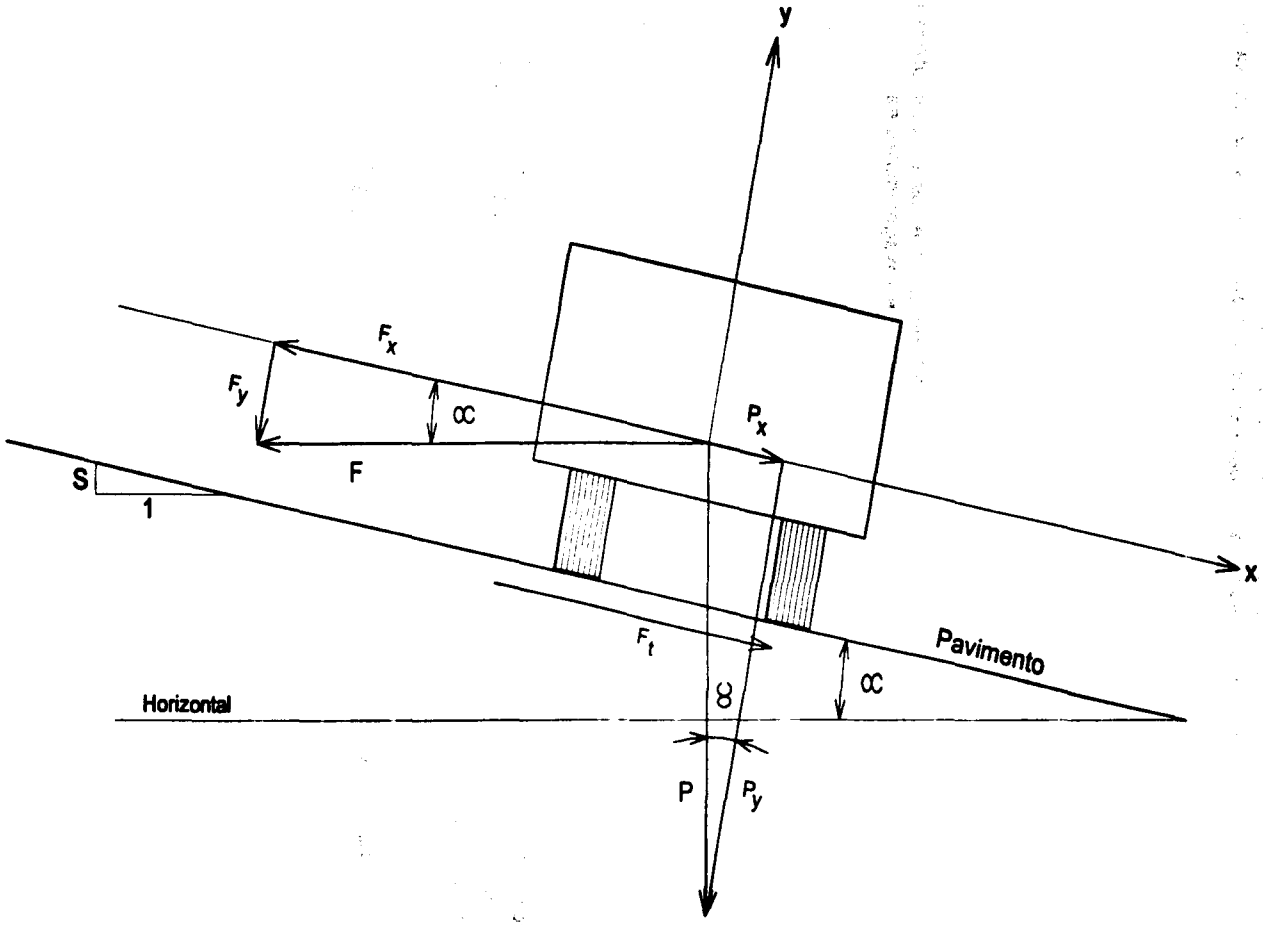
En la práctica para valores normales de la sobreelevación, no se toma en cuenta el producto de el coeficiente de fricción "μ" por la sobreelevación "S", debido a que es muy pequeño. Entonces:

$$S + \mu = \frac{V^2}{g R}$$

Si expresamos la velocidad "V" en k/h, el radio "R" en metros y sustituyendo "g" por 9.81 m/seg^2 finalmente se tiene:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - \mu \quad . . . . . (2)$$

FIGURA 1 ESTABILIDAD DEL VEHÍCULO EN CURVA



Otro aspecto importante a definir en curvas horizontales, es la expresión de su curvatura:
Consideremos la figura 2, la curvatura de un arco circular se fija por su radio "R" o por su grado "G". Se llama grado de curvatura "G" al valor del ángulo central correspondiente a una cuerda de determinada longitud, escogidos como arco unidad "a" o cuerda unidad "c".
La relación entre el radio "R" y el grado de curvatura "G" para el sistema arco-grado se establece así:

$$\frac{G}{a} = \frac{360}{2\pi R}$$

$$G = \frac{180° a}{\pi R}$$

Para un radio "R" expresado en metros y un arco unidad "a" de 20 metros (valor utilizado comúnmente en el medio), el valor del grado de curvatura "G" en grados sexagesimales es:

$$G = \frac{1,145.92}{R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Por lo tanto el valor del grado "G", es:

$$R = \frac{1,145.92}{G} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la sobreelevación máxima es de S_{max}=10%, establecido este valor, El radio mínimo R_{min} de la curva queda definido para cada velocidad de proyecto "V", a partir de las ecuaciónes (2) y (3), como:

$$S_{max} = 0.00785 \frac{V^2}{\frac{1,145.92}{G_{max}}} - \mu = 0.00785 \frac{V^2 G_{max}}{1,145.92} - \mu$$

$$S_{max} = (00000685)(V^2)(G_{max}) - \mu$$

$$S_{max} + \mu = (0.00000685)(V^2)(G_{max})$$

$$G_{max} = \frac{S_{max} + \mu}{(0.00000685)(V^2)} = \frac{0.10 + \mu}{(0.00000685)(V^2)}$$

$$G_{max} = \frac{(145{,}985.40)(0.10 + \mu)}{V^2} \cong \frac{(146{,}000.00)(0.10 + \mu)}{V^2} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

de esta misma manera el radio mínimo "R_{min}", para cada velocidad de proyecto "V" a partir de la ecuación (2) será entonces:

$$R_{min} = \frac{0.00785\, V^2}{Smax + \mu} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Un procedimiento que se utiliza frecuentemente para asignar sobreelevaciones "S" a curvas con radio "R" mayores que el radio mínimo "R_{min}", consiste en realizar una repartición inversamente proporcional:

$$S_{max} \longrightarrow \frac{1}{R_{min}}$$

$$S \longrightarrow \frac{1}{R}$$

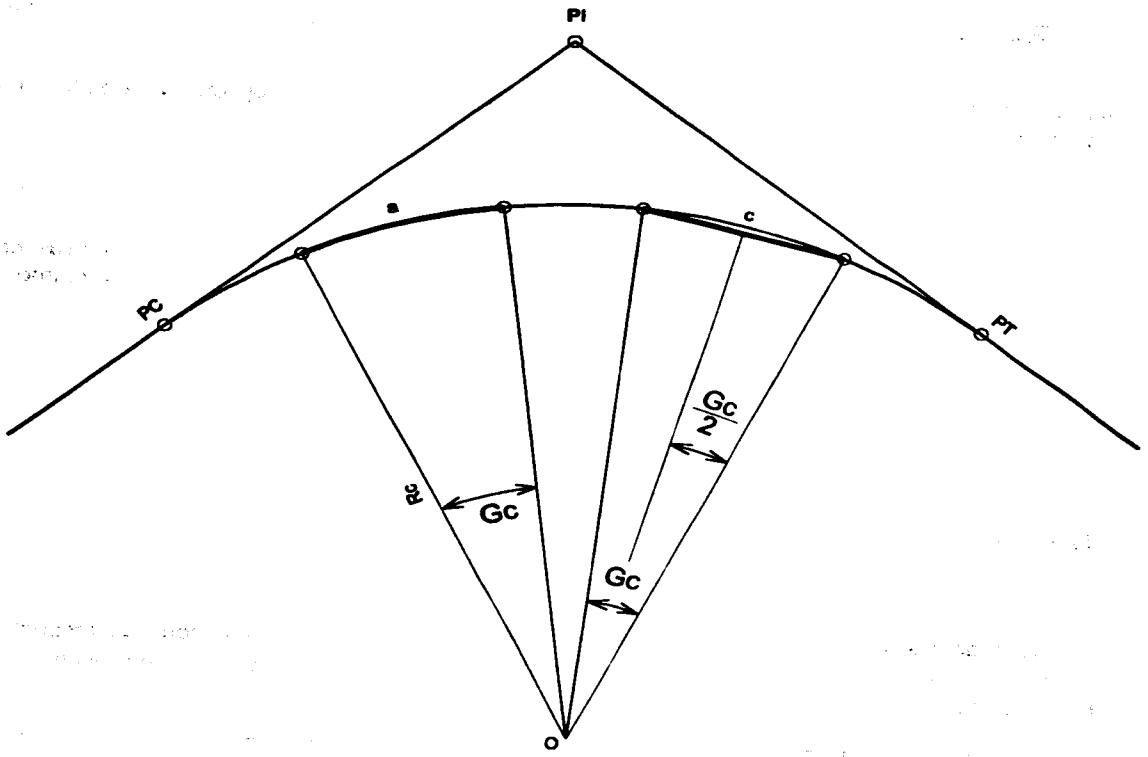
de donde:

$$S = \left(\frac{R_{min}}{R}\right) S_{max} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Sustituyendo los valores de " S_{max}= 10% " y las velocidades de proyecto con sus respectivos coeficientes de fricción lateral, de acuerdo a lo indicado en la tabla inferior; En las ecuaciones (5) y (6), tenemos:

VELOCIDAD DE PROYECTO (V) (Km/Hr)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL (μ)	Smax = 10%			
		VALORES CALCULADOS		VALORES DE PROYECTO	
		Rmin (m)	Gmax (°)	Rmin (m)	Gmax (°)
30	0.280	18.63	61.51	18.48	62.00
40	0.230	38.13	30.05	38.20	30.00
50	0.190	67.80	16.90	67.41	17.00
60	0.165	106.85	10.72	104.17	11.00
70	0.150	154.15	7.43	152.79	7.50
80	0.140	209.73	5.46	208.35	5.50
90	0.135	271.09	4.23	269.63	4.25
100	0.130	341.96	3.35	352.59	3.25
110	0.125	422.96	2.71	416.70	2.75

FIGURA 2 GRADO DE CURVATURA DE UNA CURVA CIRCULAR



- **Longitud mínima de las curvas verticales (LCV)**

Por seguridad.

Por seguridad se a establecido que la variación admisible de pendiente entre dos estaciones consecutivas no debe exceder de 1%, cuando la longitud de la curva medida en estaciones de 20 metros es igual a la diferencia algebraica de pendientes.

La longitud de la curva vertical.

La longitud de la curva vertical, medida en estaciones de 20 metros, será igual a la diferencia algebraica de pendientes que se enlacen dividida entre la variación de pendiente máxima admisible entre dos estaciones consecutivas. De esta manera, si designamos "P_1" a la pendiente de la tangente de entrada a la curva y como "P_2" a la pendiente de salida de la curva, la longitud de la curva vertical será:

$$LCV = \frac{P_1 - P_2}{1\%}$$

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, establece que la longitud de las curvas verticales en cresta o en columpio se determinara por:

$L = K\ A$

L= Longitud mínima de la curva vertical, en metros.
A= Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento (%).
K= Constante cuyos valores se localizan en la figura 3

Longitud mínima de las curvas verticales.

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), establece como valor mínimo para la longitud de las curvas verticales lo que resulte de la ecuación:

$L = 0.60\ V$

L= Longitud mínima de la curva, en metros.
V= Velocidad de proyecto, en km/hr

- **Especificaciones de la sección transversal y del alineamiento**

Como resultado de innumerables estudios basados en la experiencia, se han determinado las dimensiones convenientes para la sección transversal de los diferentes tipos de carreteras. En México se han adoptado básicamente las especificaciones de American Association of State Highway and Transportation Oficials (AASHTO), tanto para el proyecto geométrico como para el aspecto estructural.

En forma funcional se fijan las dimensiones recomendables para carreteras, en función de los volúmenes de tránsito que se esperan dentro de la vida económica de la misma, para las otras características de las carreteras, se han fijado igualmente las limitaciones recomendables de acuerdo con la experiencia y siempre en función del uso de la carretera, de la velocidad y de los tipos de vehículos que la utilizaran.

En la figura 3, se muestran las especificaciones para cada tipo de carretera según su clasificación.

FIGURA 3 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">CONCEPTO</th><th rowspan="2">UNIDAD</th><th colspan="30">TIPO DE CARRETERA</th></tr>
<tr><th colspan="5">E</th><th colspan="5">D</th><th colspan="7">C</th><th colspan="7">B</th><th colspan="6">A</th></tr>
<tr><td colspan="3">TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO</td><td>Veh /Dia</td><td colspan="5">HASTA 100</td><td colspan="5">100 a 500</td><td colspan="7">500 a 1,500</td><td colspan="7">1,500 a 3,000</td><td colspan="6">MAS DE 3,000</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">TERRENO</td><td>MONTAÑOSO</td><td rowspan="3">——</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>LOMERIO</td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr>
<tr><td>PLANO</td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td></td><td></td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">VELOCIDAD DE PROYECTO</td><td>Km /Hr</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td><td>110</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td><td>110</td></tr>
<tr><td colspan="3">GRADO MÁXIMO DE CURVATURA</td><td></td><td>60</td><td>30</td><td>17</td><td>11</td><td>7.5</td><td>60</td><td>30</td><td>17</td><td>11</td><td>7.5</td><td>30</td><td>17</td><td>11</td><td>7.5</td><td>5.5</td><td>4.25</td><td>3.25</td><td>17</td><td>11</td><td>7.5</td><td>5.5</td><td>4.25</td><td>3.25</td><td>2.75</td><td>11</td><td>7.5</td><td>5.5</td><td>4.25</td><td>3.25</td><td>2.75</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CURVAS VERTICALES</td><td rowspan="2">K</td><td>CRESTA</td><td>m /%</td><td>4</td><td>7</td><td>12</td><td>23</td><td>36</td><td>3</td><td>4</td><td>8</td><td>14</td><td>20</td><td>4</td><td>8</td><td>14</td><td>20</td><td>31</td><td>43</td><td>57</td><td>8</td><td>14</td><td>20</td><td>31</td><td>43</td><td>57</td><td>72</td><td>14</td><td>20</td><td>31</td><td>43</td><td>57</td><td>72</td></tr>
<tr><td>COLUMPIO</td><td>m /%</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>7</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>31</td><td>37</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>31</td><td>37</td><td>43</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>31</td><td>37</td><td>43</td></tr>
<tr><td colspan="2">LONGITUD MINIMA</td><td>m</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>40</td><td>40</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>40</td><td>40</td><td>30</td><td>30</td><td>40</td><td>40</td><td>50</td><td>50</td><td>60</td><td>30</td><td>40</td><td>40</td><td>50</td><td>50</td><td>60</td><td>60</td><td>40</td><td>40</td><td>50</td><td>50</td><td>60</td><td>60</td></tr>
<tr><td colspan="3">PENDIENTE GOBERNADORA</td><td>%</td><td colspan="5">[illegible] 7 —</td><td colspan="5">8 6 —</td><td colspan="7">6 5 —</td><td colspan="7">5 4 —</td><td colspan="6">4 3 —</td></tr>
<tr><td colspan="3">PENDIENTE MÁXIMA</td><td>%</td><td colspan="5">13 10 7</td><td colspan="5">12 9 8</td><td colspan="7">8 7 5</td><td colspan="7">7 6 4</td><td colspan="6">8 5 4</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">ANCHO DE CALZADA</td><td rowspan="2">m</td><td colspan="5" rowspan="2">4.00</td><td colspan="5" rowspan="2">6.00</td><td colspan="7" rowspan="2">6.00</td><td colspan="7" rowspan="2">7.00</td><td colspan="2">A2</td><td colspan="2">A4</td><td colspan="2">A4S</td></tr>
<tr><td colspan="2">7.00
2 CARRILES</td><td colspan="2">2 X 7.00
4 CARRILES</td><td colspan="2">2 X 7.00
4 CARRILES</td></tr>
<tr><td colspan="3">ANCHO DE CORONA</td><td>m</td><td colspan="5">4.00</td><td colspan="5">6.00</td><td colspan="7">7.00</td><td colspan="7">9.00</td><td colspan="2">12.00
UN CUERPO</td><td colspan="2">≥ 22.00
UN CUERPO</td><td colspan="2">2 X 11.00
CUERPOS SEPARADOS</td></tr>
<tr><td colspan="3">ANCHO DE ACOTAMIENTOS</td><td>m</td><td colspan="5">——</td><td colspan="5">——</td><td colspan="7">0.50</td><td colspan="7">1.00</td><td colspan="2">2.50</td><td colspan="2">3.0 Ext
0.5 Int</td><td colspan="2">3.0 Ext
1.0 Int</td></tr>
<tr><td colspan="3">ANCHO DE LA FAJA SEPARADORA CENTRAL</td><td>m</td><td colspan="5">——</td><td colspan="5">——</td><td colspan="7">——</td><td colspan="7">——</td><td colspan="2">——</td><td colspan="2">≥ 1.0</td><td colspan="2">≥ 8.0</td></tr>
<tr><td colspan="3">BOMBEO</td><td>%</td><td colspan="5">3.00</td><td colspan="5">3.00</td><td colspan="7">2.00</td><td colspan="7">2.00</td><td colspan="6">2.00</td></tr>
<tr><td colspan="3">SOBREELEVACION MÁXIMA</td><td>%</td><td colspan="5">10.00</td><td colspan="5">10.00</td><td colspan="7">10.00</td><td colspan="7">10.00</td><td colspan="6">10.00</td></tr>
<tr><td colspan="3">SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO</td><td>%</td><td colspan="5" rowspan="2">VER TABLA DE LA PÁGINA IV-13</td><td colspan="5" rowspan="2">VER TABLA DE LA PÁGINA IV-13</td><td colspan="7" rowspan="2">VER TABLA DE LA PÁGINA IV-14</td><td colspan="7" rowspan="2">VER TABLA DE LA PÁGINA IV-15</td><td colspan="6" rowspan="2">VER TABLAS DE LAS PÁGINAS IV-15 Y IV-16</td></tr>
<tr><td colspan="3">AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE LAS TRANSICIONES</td><td>m</td></tr>
</table>

1.3.- ETAPAS DEL ESTUDIO DE UN CAMINO

En el estudio de un camino se consideran las etapas siguientes:

- **Planeación**

Se entiende por planeación al análisis documentado, sistemático y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una determinada vía de comunicación y al ordenamiento de los actos conducentes a dicho mejoramiento. En la planeación de un camino se estudian los puntos siguientes:

- Estimación de la población de la zona y su tendencia en el futuro..
- Estimación del tránsito actual y futuro.
- Conveniencia o no de construir el camino.

- **Reconocimiento**

Los reconocimientos que se requieren para el proyecto, diseño y construcción de un camino, adquieren mayor importancia ya que se consideran además de las cuestiones puramente ingenieriles el punto de vista del beneficio social. El reconocimiento del terreno puede ser aéreo, terrestre o combinado.

- Reconocimiento aéreo.

Es el que se hace desde el aire por medio de aviones o helicópteros y tiene por objeto determinar en forma general la configuración del terreno. Dentro de las ventajas que ofrece el reconocimiento aéreo sobre el reconocimiento terrestre están las siguientes:

- Rapidez y economía en el procedimiento.
- Obtención de mayor numero de detalles existentes en el terreno.
- Posibilidad de enmendar los errores cometidos, sin necesidad de ir al terreno de ya que las fotografías tomadas se archivan.

- Reconocimiento terrestre.

Consiste en examinar la faja de terreno sobre la cual se alojara el comino que se pretende construir y fijar los puntos obligados por los cuales deberá pasar el camino (desde el punto de vista político y social: poblaciones; desde el punto de vista económico: centros agrícolas, ganaderos, mineros, centros de interés turístico, zonas arqueológicas, etc. zonas industriales, etc. y por razones topográficas: los puertos, los cruces de ríos, etc.).

- **Elección de la ruta.**

Una vez efectuado el reconocimiento se pueden encontrar mas de una ruta, entre las cuales se deberá elegir la mas adecuada, siendo la topografía una de las principales causas para determinarla. En la elección de la ruta se deberán considerar tanto las cuestiones técnicas como políticas.

- **Trazo preliminar.**

Terminado el reconocimiento del terreno donde posiblemente se ubicara el camino, se procede a trazar una poligonal abierta que ligue todos los puntos obligados que se marcaron y que siga aproximadamente la dirección y pendiente que deberá tener el camino que se pretende construir. La línea preliminar ideal es aquella que, salvo pequeñas modificaciones, pueda servir después como línea definitiva.

La misión aquí es buscar en el terreno tangentes largas con deflexiones pequeñas, que satisfagan la condición de pendiente, evitando en lo posible las obras de arte, los atajos profundos y los terraplenes altos. En zonas montañosas las tangentes son cortas con grandes deflexiones, por el contrario en los valles las tangentes son largas con deflexiones pequeñas.

Nivelación preliminar.

Su objetivo es conocer el perfil de la línea preliminar, determinando las cotas de todas las estaciones del trazo, además de todos los puntos que resulten de utilidad para definir el perfil del terreno (cambios de pendiente, cauces de arrollo, barrancas canales, etc.). La nivelación se debe referir al nivel medio del mar, pero cuando esto no es posible se asigna al primer banco de nivel una cota arbitraria y se parte de ella. Los bancos de nivel se ubican en sitios que garanticen su permanencia (rocas fijas, troncos, varillas, etc.), anotando en lugar visible el kilómetro en que se encuentra y el número de orden que le corresponde en ese kilómetro así como su elevación.
Es conveniente colocar bancos de nivel a cada 500 metros y en todos los puntos apropiados para la ubicación de puentes. En los bancos de nivel y puntos de liga las lecturas del estadal se toman al milímetro, en tanto que en las estaciones del trazo y accidentes del terreno se toman al centímetro.

Secciones transversales.

La configuración del terreno se obtiene mediante secciones transversales. El ancho de la faja que se levanta depende de las condiciones topográficas del terreno.

Construcción de planos.

El dibujo de la planta se elaborara por el método de coordenadas.

- **Proyecto.**

Es realizar la localización de un camino sobre el plano para después trazarlo en el terreno. Un camino cuyo eje es una serie de rectas, curvas y pendientes es mas fácil de proyectar en el plano que en el campo, ya que en el plano se tiene un mayor panorama del terreno con sus accidentes y detalles. El proyecto de un camino se basa en los factores siguientes:

Características físicas y psicológicas del usuario del camino

Las condiciones del medio ambiente que pueden afectar el comportamiento de los usuarios son:
- La tierra: su uso y actividades.
- El ambiente atmosférico: estado del tiempo y visibilidad.
- Obras viales: carreteras, ferrocarriles, puentes, terminales.
- La corriente del tránsito y sus características.
- Visión del usuario: agudeza visual, recuperación al deslumbramiento, percepción de colores.
- Tiempo de reacción del conductor: el cual depende de su edad, experiencia y estado emocional.

Características de los vehículos.

Los vehículos que transitan por un camino se dividen en:
- Vehículos ligeros: como automóviles y camionetas (tienen dos ejes y cuatro ruedas). Estos pueden ser de pasajeros (**Ap**) y/o de carga (**Ac**).
- Vehículos pesados: como camones y autobúses (tienen dos o mas ejes y seis o mas ruedas). Estos pueden ser unidades para transporte de pasajeros como autobúses (**B**) o unidades para el transporte de carga, como los camiones con dos o tres ejes (**C2**, **C3**), los tractores de dos ejes con semiremolque con uno o dos ejes (**T2-S1**, **T2-S2**), tractor de tres ejes con semiremolque de dos ejes (**T3-S2**) y otros.

- Vehículos especiales: Son aquellos que ocasionalmente transitan por el camino o lo cruzan como: tractores, camiones o remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria o otros productos volumunisos.
En la figura 4 se indican de manera general las dimensiones de los vehículos ligeros y pesados y en la figura 5 se indican las características de los vehículos de proyecto.

Características del camino.

Las características geométricas del camino controlan las velocidades a las que se mueven los vehículos y son
- Alineamiento horizontal: Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal y los elementos que lo integran son; tangentes, curvas circulares y curvas de transición.
- Alineamiento vertical: Es la proyección del eje de la subcorona (subrasante), sobre un plano vertical, los elementos que lo integran son ; tangentes y curvas.
- Ancho de corona
- Ancho de carpeta.
- Derecho de vía

- **Trazo definitivo.**

Una vez terminado el proyecto de la línea definitiva, se procede a trazarla en el terreno tal como se dibujo en el plano que contiene la topografía.

- **Construcción.**

Se entiende así a la realización física del proyecto ejecutivo.

- **Uso o explotación.**

En esta etapa se determina cual será el uso real que tendrá una vez ejecutada la obra.

- **Conservación.**

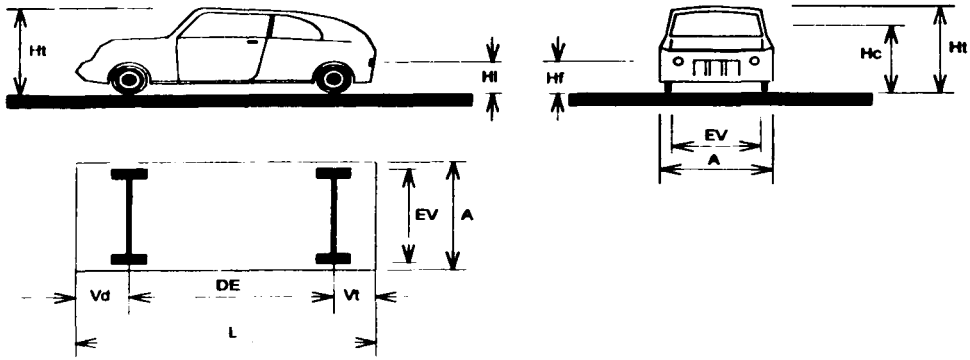
Una vez que entra en operación la obra sufre deterioro por lo que deberá determinar quien se responsabilizara de su mantenimiento y la procedencia de los recursos para tal fin.

- **Abandono.**

Una vez que la obra cumple con la función para cual fue ejecutada y durante el tiempo que para tal fin se proyecto, se programa su abandono o su modernización.

FIGURA 4 DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS LIGEROS Y PESADOS

VEHÍCULOS LIGEROS



L= Longitud total del vehículo
DE= Distancia entre los ejes mas alejados de la unidad
DET= Distancia entre los ejes mas alejados del tractor
DES= Distancia entre la articulación y el eje del semiremolque
Vd= Vuelo delantero
Vt= Vuelo trasero
Tt= Distancia entre los ejes del tándem del tractor
Dt= Distancia entre el eje delantero de tractor y el primer eje del tándem
A= Ancho total del vehículo

EV= Distancia entre las caras extremas de las ruedas (entrevía)
Ht= Altura total del vehículo
Hc= Altura de los ojos del conductor
Hf= Altura de los faros delanteros
Hl= Altura de las luces posteriores
α = Ángulo de desviación del haz luminoso de los faros

VEHÍCULOS PESADOS

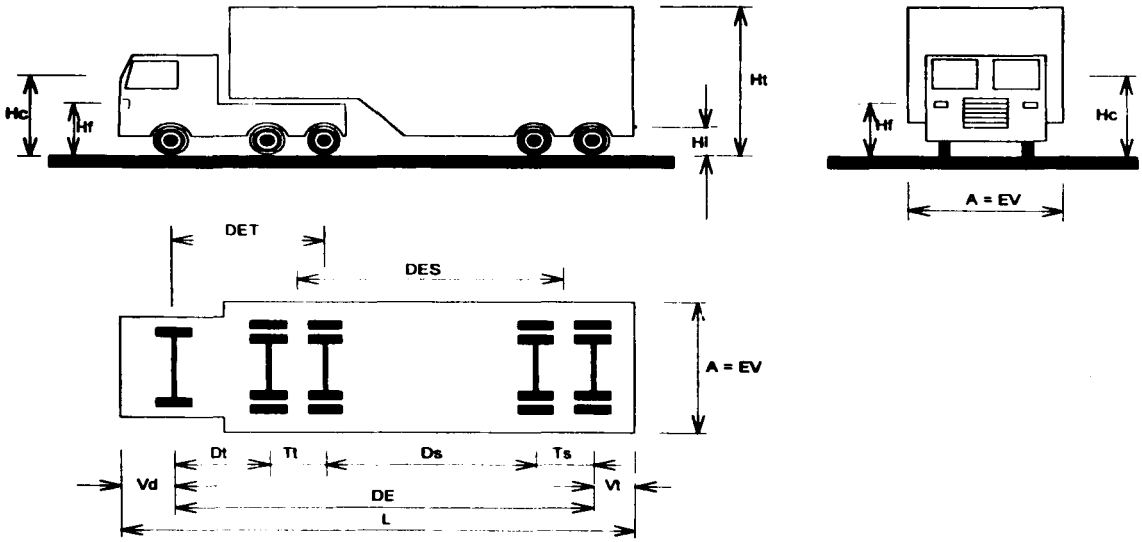


FIGURA 5 CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS DE PROYECTO

CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS		VEHÍCULOS DE PROYECTO TIPO				
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525
Longitud del vehículo (m)	L	5 8	7 3	9 15	15 25	16.78
Distancia entre ejes extremos del vehículo (m)	DE	3 35	4 5	6 1	12 2	15.25
Distancia entre ejes extremos del tractor (m)	DET	-	-	-	3.97	9 15
Distancia entre ejes extremos del semiremolque (m)	DES	-	-	-	7 62	6.10
Vuelo delantero (m)	Vd	0 92	1 00	1 22	1 22	0.92
Vuelo trasero (m)	Vt	1 53	1 8	1 83	1 83	0.61
Distancia entre ejes tandem tractor (m)	Tt	-	-	-	-	1 22
Distancia entre ejes tandem semiremolque (m)	Ts	-	-	-	1 22	1 22
Distancia entre ejes interiores tractor (m)	Dt	-	-	-	3 97	4.88
Distancia entre ejes interiores semiremolque (m)	Ds	-	-	-	7 01	7.93
Ancho total del vehículo (m)	A	2 14	2 44	2 59	2 59	2 59
Entrevía del vehículo (m)	EV	1 83	2 44	2 59	2 59	2.59
Altura total del vehículo (m)	Ht	1 67	2 14-4 12	2 14-4 12	2 14-4 12	2 14-4 12
Altura de los ojos del conductor (m)	Hc	1 14	1 14	1 14	1 14	1.14
Altura de los faros delanteros (m)	Hf	0 61	0 61	0 61	0 61	0 61
Altura de los faros traseros (m)	Hl	0 61	0 61	0 61	0 61	0.61
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	α	1°	1°	1°	1°	1°
Radio de giro mínimo (m)	Rg	7 32	10 4	12 81	12 20	13 72
Peso total (Kg) — vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000
Peso total (Kg) — vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000
Relación peso potencia (Kg/HP)	Wc/P	45	90	120	180	180

VEHÍCULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A	C2	B C3	T2-S1 T2-S2	T3-S2 OTROS
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO	A	99	100	100	100	100
	C-2	30	90	99	100	100
	C-3	10	75	99	100	100
	T2-S1	0	0	1	80	99
	T2-S2	0	0	1	9	78 100 98
	T3-S2	0	0	1	18	90
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DE PROYECTO	A	98	100	100	100	100
	C2	62	98	100	100	100
	C3	20	82	100	100	100
	T2-S1	6	85	100	100	100
	T2-S2	6	42	98	98	98
	T3-S2	2	35	80	80	80

CAPÍTULO 2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

2.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

2.2 CURVAS CIRCULARES SIMPLES

2.3 CURVAS CIRCULARES SIMPLES CON ESPIRAL DE TRANSICIÓN

2.4 REFERENCIAS

2.5 COORDENADAS DE LOS PUNTOS QUE DEFINEN EL TRAZO

2.- ALINEAMIENTO HORIZONTAL

2.1- ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Se llama alineamiento horizontal a la proyección del eje de un camino en un plano, los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas.
La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente; y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva.

Las curvas empleadas en el proyecto de caminos son:
Curvas circulares simples.
Curvas simples con espiral de transición.

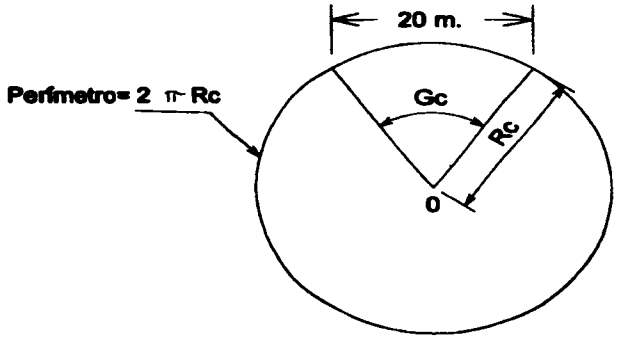
2.2.- CURVAS CIRCULARES SIMPLES

Cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular, esta se denomina curva circular simple. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas simples tienen como elementos característicos los mostrados en la figura 6 y se calculan como sigue.

- **Grado de curvatura (Gc).**

Es el ángulo subtendido por un arco de 20.00 metros, se represente por Gc. De la figura 7 tenemos:

$$\frac{Gc}{20} = \frac{360°}{2\ \pi\ Rc}$$



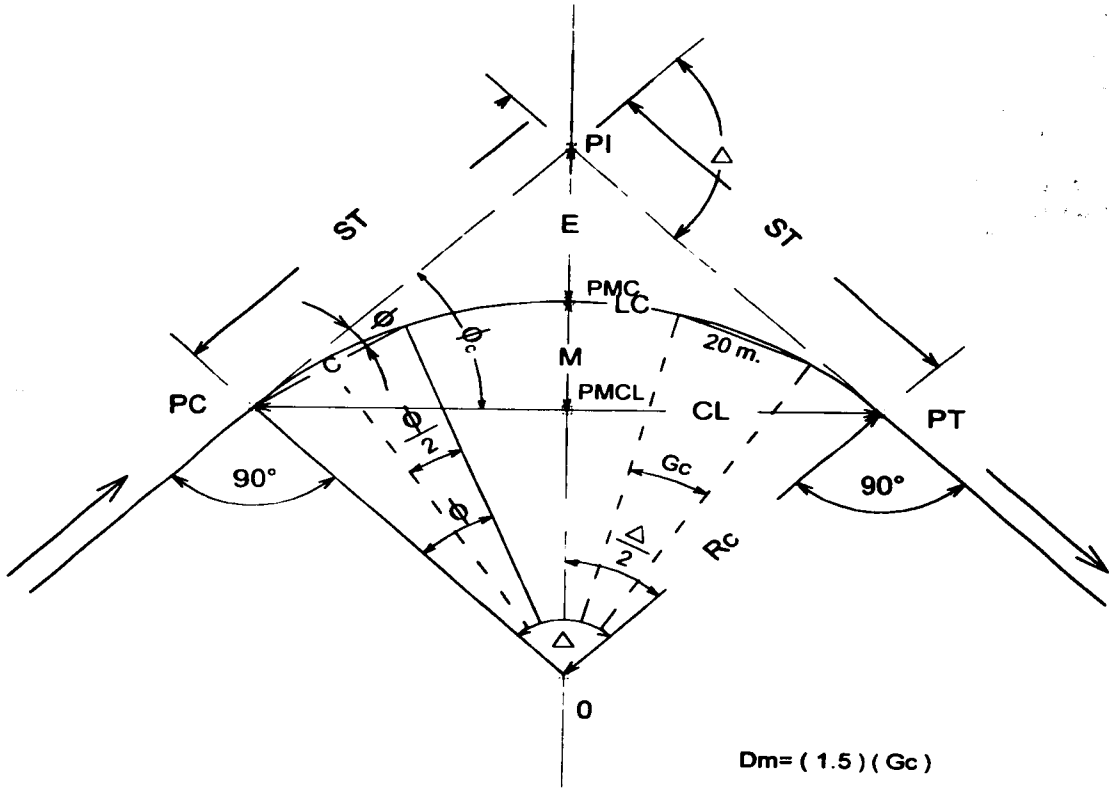
$$Gc = \frac{(360°)(20)}{2\ \pi\ Rc}$$

$$Gc = \frac{7{,}200}{(6.28318)(Rc)}$$

$$Gc = \frac{1{,}145.92}{Rc}$$

FIGURA 7

FIGURA 6 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE



PI PUNTO DE INTERSECCIÓN DE LA PROLONGACIÓN DE LAS TANGENTES
PMC PUNTO MEDIO DE LA CURVA
PMCL PUNTO MEDIO DE LA CUERDA LARGA
PC PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
PT PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA CIRCULAR SIMPLE
0 CENTRO DE LA CURVA CIRCULAR
Δ ÁNGULO DE DEFLEXIÓN DE LAS TANGENTES
ϕ ÁNGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA
ϕ_c ÁNGULO DE LA CUERDA LARGA
Gc GRADO DE CURVATURA DE LA CURVA CIRCULAR
Rc RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
ST SUBTANGENTE
E EXTERNA
M ORDENADA MEDIA
C CUERDA
CL CUERDA LARGA
Lc LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR
Dm DEFLEXIÓN POR METRO (EN MINUTOS)

$$Dm = (1.5)(Gc)$$

$$C = 2(Rc)\,\text{Seno}\left(\phi \div 2\right)$$

$$CL = 2(Rc)\,\text{Seno}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$Gc = \frac{1{,}145.92}{Rc}$$

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{Gc}$$

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

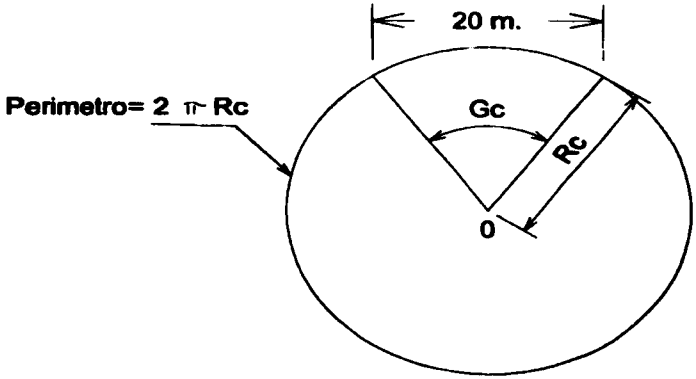
$$ST = Rc\ \text{Tangente}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

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

$$M = Rc\ \text{Seno Verso}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- **Radio de la curva (Rc).**

El radio de la curva circular, se represente por **Rc**. De la figura 8 y estableciendo la proporción siguiente:



$$\frac{2\,\pi\,Rc}{360°} = \frac{20}{Gc}$$

$$Rc = \frac{(20)(360°)}{2\,(3.1416)\,Gc}$$

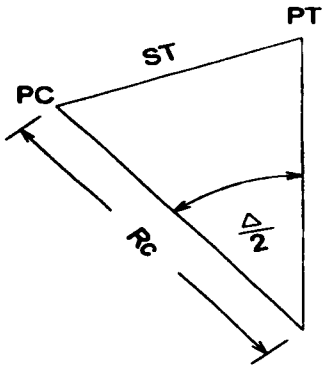
$$Rc = \frac{3{,}600}{(3.1416)\,Gc}$$

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{Gc}$$

FIGURA 8

- **Subtangente (ST).**

Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se represente por **ST**. Del triángulo de la figura 9 tenemos:



Por lo tanto:

$$\text{Tangente } \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{Rc}$$

$$ST = Rc \text{ Tangente } \frac{\Delta}{2}$$

FIGURA 9

- **Longitud de la curva (Lc).**

Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se represente por Lc. De la figura 10, y estableciendo la proporción siguiente:

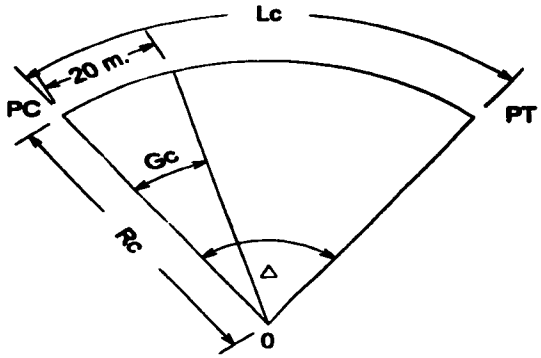


FIGURA 10

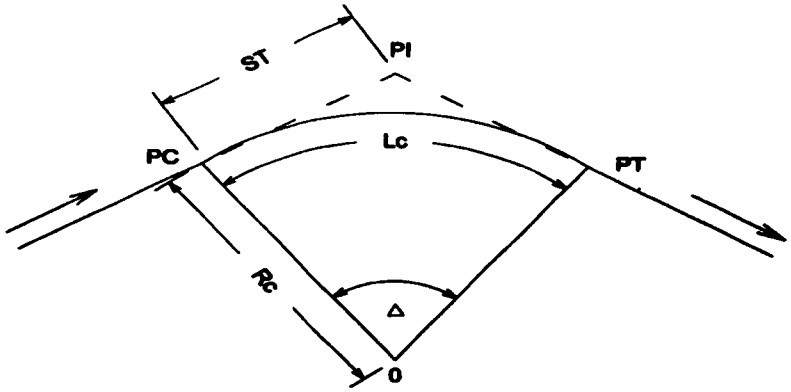
Entonces:

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

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

- **Kilometraje del PC (km PC).**

Es el punto en donde comienza la curva circular. Se represente por PC. De la figura 11, tenemos:



km PC= km PI – ST

FIGURA 11

- **Kilometraje del PT (km PT).**

Es el punto en donde comienza la curva circular. Se represente por **PT**. De la figura 11 y una vez calculado el kilometraje del PC, se calcula el kilometraje del PT:

$$\text{km PT} = \text{km PC} + Lc$$

- **Ángulo de deflexión por metro, en minutos (Dm).**

El ángulo formado por una tangente a la curva y una cuerda de 20 metros que parten del mismo punto, se llama ángulo de deflexión y es igual a la mitad del grado de la curva. De la figura 12 tenemos:

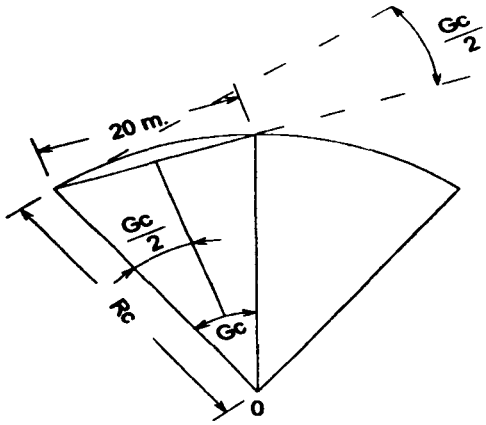


FIGURA 12

$$\frac{Dm}{1} = \frac{\frac{Gc}{2}}{20}$$

$$Dm = \frac{Gc}{40}$$

Para expresar Dm en minutos de arco, multiplicamos su valor por 60', y obtenemos:

$$Dm = \frac{(60)(Gc)}{40}$$

$$Dm = (1.5)(Gc)$$

- **Cuerda larga (CL).**

Del triángulo rectángulo PC - 0 - N de la figura 13, por trigonometría:

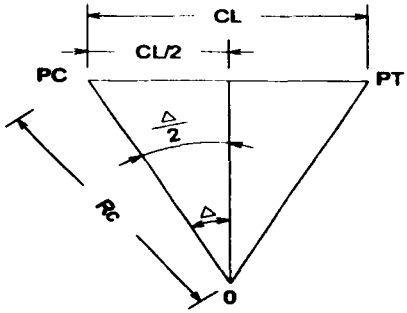


FIGURA 13

$$\frac{CL}{2} = (Rc)\ \text{Seno}\ \frac{\Delta}{2}$$

Por lo tanto:

$$CL = 2(Rc)\ \text{Seno}\ \frac{\Delta}{2}$$

- **Ordenada media (M).**

De la figura 6, tenemos que:

$$M = 0\overline{PMC} - 0\overline{PMCL} = Rc - Rc\ \text{Coseno}\ \frac{\Delta}{2}$$

$$M = (Rc)\left(1 - \text{Coseno}\ \frac{\Delta}{2}\right)$$

y como:

$$1 - \text{Coseno}\ \frac{\Delta}{2} = \text{Seno}^{-1}\ \frac{\Delta}{2}$$

Por lo tanto:

$$M = \text{Seno}^{-1}\ \frac{\Delta}{2}$$

- **Externa (E).**

En el triángulo rectángulo PI - 0 - PC de la figura 6, por trigonometría tenemos:

$$\text{Coseno}\ \frac{\Delta}{2} = \frac{Rc}{Rc + E}$$

Por lo tanto:

$$E = \frac{Rc}{\text{Coseno}\ \frac{\Delta}{2}} - Rc$$

$$E = (Rc)\ \text{Secante}\ \frac{\Delta}{2} - Rc$$

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

Pero:

$$\text{Secante}\ \frac{\Delta}{2} - 1 = \text{Ex secante}\ \frac{\Delta}{2}$$

Por lo tanto:

$$E = (Rc)\ \left(\text{Ex secante}\ \frac{\Delta}{2}\right)$$

Cálculo de la curva circular horizontal con los datos siguientes:

km del PI= 0+142.75

Δ = 33° 46' 00" = 33.7667° izquierda

Gc= 11° 00' 00" = 11.00°

Solución:

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{Gc}$$

$$ST = (Rc)\,Tan\frac{\Delta}{2}$$

$$\mathbf{Rc = \frac{1{,}145.92}{11.00} = 104.17\ m}$$

$$\mathbf{ST = (104.17)\,Tan\,\frac{33.7667}{2} = 31.62\ m}$$

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

$$\mathbf{Dm' = (1.5)\,Gc = (1.5)(11.00) = 16.5'}$$

$$\mathbf{Lc = 20\,\frac{33.7667}{11.00} = 61.39\ m}$$

$$PT = PC + Lc$$

$$PC = PI - ST$$

$$\mathbf{PT = 111.13 - 61.39 = 172.52\ m}$$

$$\mathbf{PC = 142.75 - 31.62 = 111.13\ m}$$

Cálculo de las deflexiones parciales:

Deflexión del PC= 0+111.13 a la estación 0+113.80
Longitud parcial= 113.80 – 111.13= 2.67 m
Deflexión parcial (minutos)= (Longitud parcial) (Dm')= (2.67 m) (16.5')= 44.055' = 0° 44' 03"
Deflexión parcial (grados, minutos, segundos)= 0° 44' 03"

Deflexión del PC= 0+111.13 a la estación 0+120.00
Longitud parcial= 120.00 – 111.13= 8.87 m
Deflexión parcial (minutos)= (Longitud parcial) (Dm')= (8.87 m) (16.5')= 146.355'
Deflexión parcial (grados, minutos, segundos)= 2° 26' 21"

Deflexión del PC= 0+111.13 a la estación 0+140.00
Longitud parcial= 140.00 – 111.13= 28.87 m
Deflexión parcial (minutos)= (Longitud parcial) (Dm')= (28.87 m) (16.5')= 476.355'
Deflexión parcial (grados, minutos, segundos)= 7° 56' 21"

Deflexión del PC= 0+111.13 a la estación 0+160.00
Longitud parcial= 160.00 – 111.13= 48.87 m
Deflexión parcial (minutos)= (Longitud parcial) (Dm')= (48.87 m) (16.5')= 806.355'
Deflexión parcial (grados, minutos, segundos)= 13° 26' 21"

Deflexión del PC= 0+111.13 a la estación 0+172.54
Longitud parcial= 172.54 – 111.13= 61.39 m
Deflexión parcial (minutos)= (Longitud parcial) (Dm')= (61.39 m) (16.5')= 1,012.935'
Deflexión parcial (grados, minutos, segundos)= 16° 53' 00"

Cálculo de la curva circular horizontal con los datos siguientes:

km del PI= 0+281.82

$\triangle$ = 35° 42' 00" = 35.70° derecha

Gc= 16° 30' 00" = 16.50°

Solución:

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{Gc}$$

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{16.50} = \mathbf{69.45\ m}$$

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

$$Lc = 20\ \frac{35.7000}{16.50} = \mathbf{43.27\ m}$$

$$PC = PI - ST$$

$$PC = 281.82 - 22.36 = \mathbf{259.46\ m}$$

$$ST = (Rc)\ Tan\ \frac{\triangle}{2}$$

$$ST = (69.45)\ Tan\ \frac{35.70}{2} = \mathbf{22.36\ m}$$

$$Dm' = (1.5)\ Gc = (1.5)(16.50) = \mathbf{24.75'}$$

$$PT = PC + Lc$$

$$PT = 259.46 - 43.27 = \mathbf{302.73\ m}$$

Una vez efectuado el cálculo de las curvas, los datos se vacian en una tabla como la indicada a continuación:

PUNTO VISADO (CADENAMIENTO)	CUERDA (m)	DEFLEXIÓN GRADOS	DEFLEXIÓN MINUTOS	DEFLEXIÓN SEGUNDOS	DATOS DE LA CURVA	OBSERVACIONES
0 + 280	20 54	8	28	22	$\triangle$ = 35° 42' 00" Derecha	CURVA No. 2 (PC = 0+259.46 a PT = 0+302.73)
0 + 260	0 54	0	13	22	PI = 0 + 281 82	
PC=0 + 259 46	0 00	0	00	00	$\triangle$ = 35 7000 ° Derecha	
0 + 240					Gc = 16 50°	
0 + 220					Rc = 69 45 m	
0 + 200					ST = 22 36 m	
0 + 180					Lc = 43 27 m	
PT=0 + 172 52	61 39	16	53	0	PC = 259 46 m	
0 + 160	47 87	13	26	21	PT = 302 73 m	
0 + 140	28 87	7	56	21	D/m = 24 75 minutos	
0 + 120	8 87	2	26	21		
0 + 113 80	2 67	0	44	3	$\triangle$ = 33° 46' 00" Izquierda	CURVA No. 1 (PC = 0+111.13 a PT = 0+172.52)
PC=0 + 111 13	0 00	0	00	00	PI = 0 + 142 75	
0 + 100					$\triangle$ = 33 7667 ° Izquierda	
0 + 080					Gc = 11 00°	
0 + 060					Rc = 104 17 m	
0 + 047 40					ST = 31 62 m	
0 + 040					Lc = 61 39 m	
0 + 020					PC = 111 13 m	
0 + 000					PT = 172 52 m	
					D/m = 16 5 minutos	

Los datos de los elementos que definen cada una de las curvas, se indican dentro del plano en un cuadro como el mostrado a continuación:

CURVA No.	Δ (G mms)	Gc (G mms)	PC (km)	PI (km)	PT (km)	Rc (m)	ST (m)	Lc (m)	VELOCIDAD (km / hr)
1	33° 46' 00"	11° 00' 00"	111.13	142.75	172.52	104.17	31.62	61.39	40
2	35° 42' 00"	16° 30' 00"	259.46	281.82	302.73	69.45	22.36	43.27	40
3	55° 42' 00"	17° 00' 00"	498.53	534.15	564.06	67.41	35.62	65.53	40

2.3.- CURVAS CIRCULARES SIMPLES CON ESPIRAL DE TRANSICIÓN

Las curvas circulares con espiral de transición constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida.
Dos son los tipos de transición utilizados para el proyecto de carreteras y son:
Curvas circulares con transición mixta.
Curvas circulares con espiral de transición.

- **Curvas circulares con transición mixta.**

Las curvas circulares con transición mixta se emplean para el proyecto de carreteras tipo D y E; y en carreteras tipo A, B y C, siempre y cuando la sobreelevación de la curva sea menor de 7%. En la figura 14 se muestran los elementos que la conforman.

- **Curvas circulares con espiral de transición.**

Las curvas circulares con espiral de transición se emplean para el proyecto de carreteras tipo A, B y C, siempre y cuando la sobreelevación de la curva sea igual o mayor de 7%. En la figura 15 se muestran los elementos que la conforman.

- **Longitud mínima de la espiral de transición (Le).**

El criterio desarrollado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para calcular la longitud mínima de la espiral, fija un valor constante a la velocidad con que el vehículo asciende o desciende por la espiral de transición, cuando circula por ella a la velocidad de proyecto. Si el conductor mantiene el vehículo en el centro del carril, el desnivel que sube o baja al circular por la transición es:

$$d = \frac{(a)(S)}{2}$$

d= Desnivel en metros.
a= Semiancho de carpeta o ancho de carril en metros.
S= Sobreelevación en valor absoluto.

Si el vehículo recorre la espiral de longitud **Le** a la velocidad de proyecto **V**, empleara un tiempo **t** de:

$$t = \frac{Le}{V}$$

t= Tiempo en segundos.
V= Velocidad en km / hr
Le= Longitud de la espiral en metros.

Expresando t en segundos:

$$t = \frac{Le}{(1000 / 3600)(V)}$$

$$t = \frac{Le}{(0.278)(V)}$$

La velocidad Ve en el ascenso o descenso de la transición, expresada **en m/seg, será entonces:**

$$Ve = \frac{d}{t} = \frac{\frac{(a)(S)}{2}}{\frac{Le}{(0.278)(V)}} = \frac{(a)(S)(V)(0.278)}{(2)(Le)}$$

$$Ve = \frac{(a)(S)(V)(0.139)}{(Le)}$$

Esta velocidad debe ser de una magnitud tal, que permita circular al conductor de una manera cómoda y segura. Para fijarla se analizaron los valores de la pendiente longitudinal entre la orilla de la calzada y el eje del camino, recomendadas por la AASTHO en el criterio anterior. Para una velocidad de 48 km/hr (13.33 m/seg) la AASTHO recomienda una pendiente de 1/150; es decir, que el desnivel de la orilla de la calzada respecto al eje del camino será de 1 metro en 150 metros y, por lo tanto el desnivel del eje será de la mitad o sea de 0.50 metros. Por otra parte, un vehículo que circule a la velocidad de 48 km/hr recorre 150 metros en 11.25 segundos, con lo que su velocidad de ascenso o descenso en la espiral de transición será:

$$Ve = \frac{d}{t} = \frac{0.5\ m}{11.25\ seg} = 0.044\ \frac{m}{seg}$$

De la misma forma, para una velocidad de 112 km/hr la AASTHO recomienda una pendiente de 1 metro en 250 metros, un vehículo circulando a 112 km/hr recorrerá 250 metros en 8.04 segundos, con lo que su velocidad de ascenso o descenso en la espiral de transición será:

$$Ve = \frac{d}{t} = \frac{0.5\ m.}{8.04\ seg.} = 0.062\ \frac{m}{seg}$$

Aceptando como segura y cómoda una velocidad en el ascenso de 0.062 m/seg para altas velocidades de proyecto; si se acepta el valor de 0.062 m/seg como una constante para cualquier velocidad de proyecto, se tendrá:

$$Ve = 0.062 = \frac{(a)(S)(V)(0.139)}{(Le)}$$

Por lo tanto:

$$Le = \frac{(a)(S)(V)(0.139)}{0.062} = (2.24)(V)(a)(S)$$

En la expresión anterior, la longitud de transición es directamente proporcional al ancho de la calzada, por lo que conforme sea menor este, será menor la longitud de transición; lo cual, aunque no influye en la comodidad y seguridad del usuario, proporciona una apariencia desagradable. En vista de esto ultimo, se recomienda que la expresión que se obtiene para una velocidad de proyecto de 112 km/hr y un semiancho de calzada de 3.65 metros, se aplique para cualquier semiancho de calzada es decir:

$$Le = (2.24)(3.65)(V)(S) = (8.176)(V)(S)$$

$$\mathbf{Le = (8)(V)(S)}$$

Le = Longitud mínima de la transición, en metros.
V = Velocidad de proyecto, en kilómetros por hora.
S = Sobreelevación, en valor absoluto.

Por razones practicas la longitud mínima aceptable de transición debe ser tal, que un vehículo que circule a la velocidad de proyecto tarde cuando menos dos segundos en recorrerla, que a la velocidad en el ascenso y ancho de carril considerados, representa una sobreelevación de 0.07; sustituyendo estos valores en la anterior expresión se tendrá que la longitud mínima absoluta de transición será:

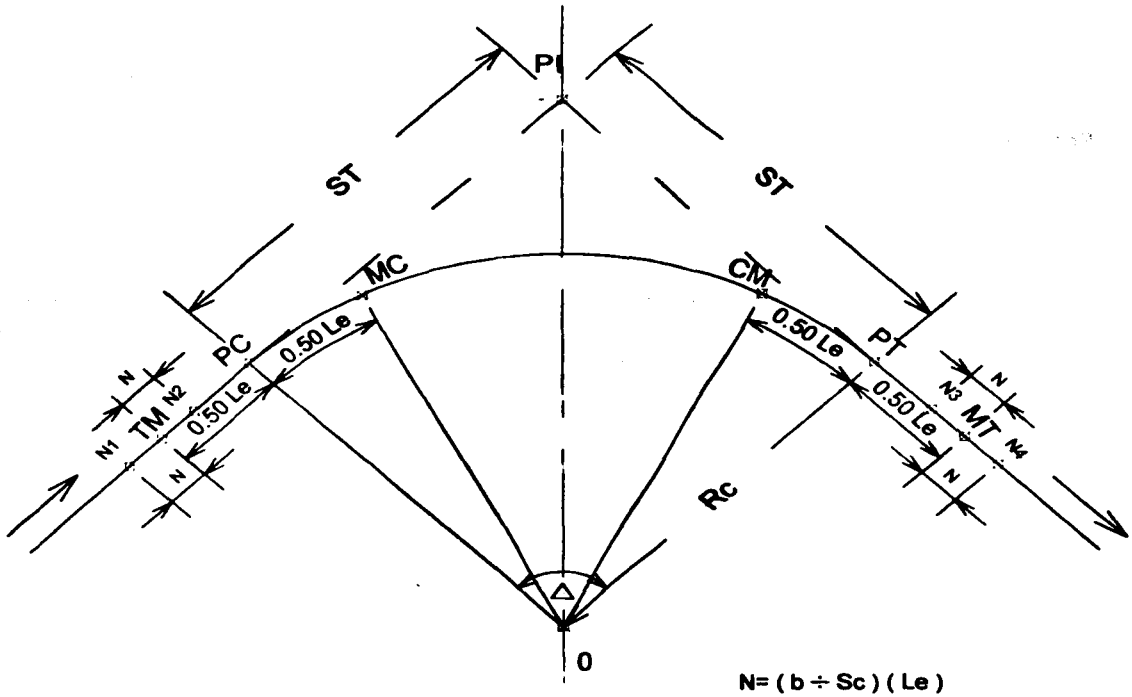
$$Le = (8)(V)(0.07)$$

$$\mathbf{Le = (0.56)(V)}$$

En el caso de las carreteras tipo **A** de cuatro carriles en un solo cuerpo (**A4**), la longitud mínima de la espiral calculada con la fórmula anterior deberá multiplicarse por 1.70.
En las figuras 26, 27, 28 y 29 se indican los valores de la longitud de transición (Le) para diferentes grados de curvatura y velocidades, mismos que se utilizan para proyecto según el tipo de carretera.

FIGURA 14 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON TRANSICIÓN MIXTA

ESTE TIPO DE TRANSICIÓN SE EMPLEA EN EL PROYECTO DE CARRETERAS TIPO "D" Y "E", Y EN CARRETERAS TIPO "A", "B" Y "C" CUANDO LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA SEA MENOR DE 7.00 %



N= (b ÷ Sc) (Le)

S= (L ÷ Le) (Sc)

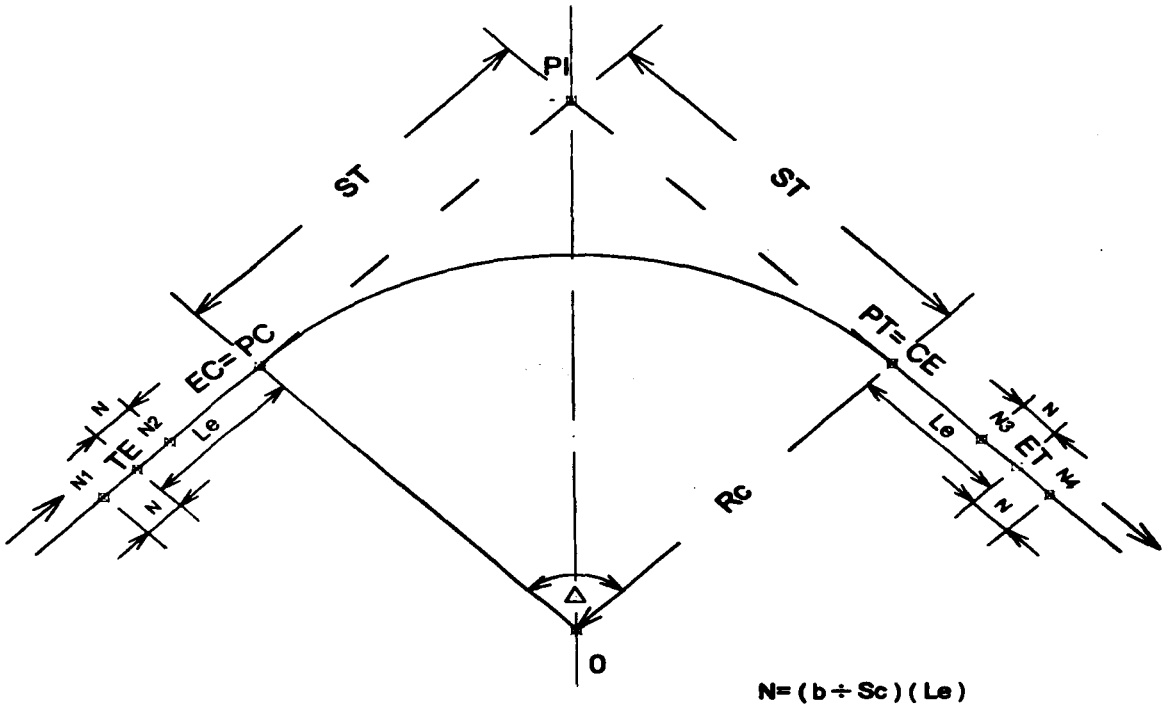
A= (L ÷ Le) (Ac)

b, Pendiente transversal en tangente del alineamiento horizontal (bombeo).
b= -2%, en carreteras tipo "A", "B" y "C" pavimentadas.
b= -3%, en carreteras tipo "D" y "E" revestidas.
S= Sobreelevación de la corona en un punto cualquiera de la transición mixta.
A= Ampliación del ancho de la calzada en un punto cualquiera de la transición mixta en metros.
Sc= Sobreelevación de la corona correspondiente al grado de la curva.
Ac= Ampliación del ancho de la calzada correspondiente al grado de la curva, en metros.
L= Distancia del origen de la transicion mixta al punto en que se desea determinar "S" o "A", en metros.
Le= Longitud de la transición mixta, en metros.

TM= Punto donde termina la tangente y comienza la transición mixta.
PC= Punto donde comienza la curva circular.
MC= Punto donde termina la transición mixta y comienza la curva circular.
CM= Punto donde termina la curva circular y comienza la transición mixta.
PT= Punto donde termina la curva circular.
MT= Punto donde termina la transición mixta y comienza la tangente.

FIGURA 15 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL DE TRANSICIÓN

ESTE TIPO DE TRANSICIÓN SE EMPLEA EN EL PROYECTO DE CARRETERAS TIPO "A", "B" Y "C", CUANDO LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA SEA MAYOR O IGUAL A 7.00 %



$$N = (b \div Sc)(Le)$$

$$S = (L \div Le)(Sc)$$

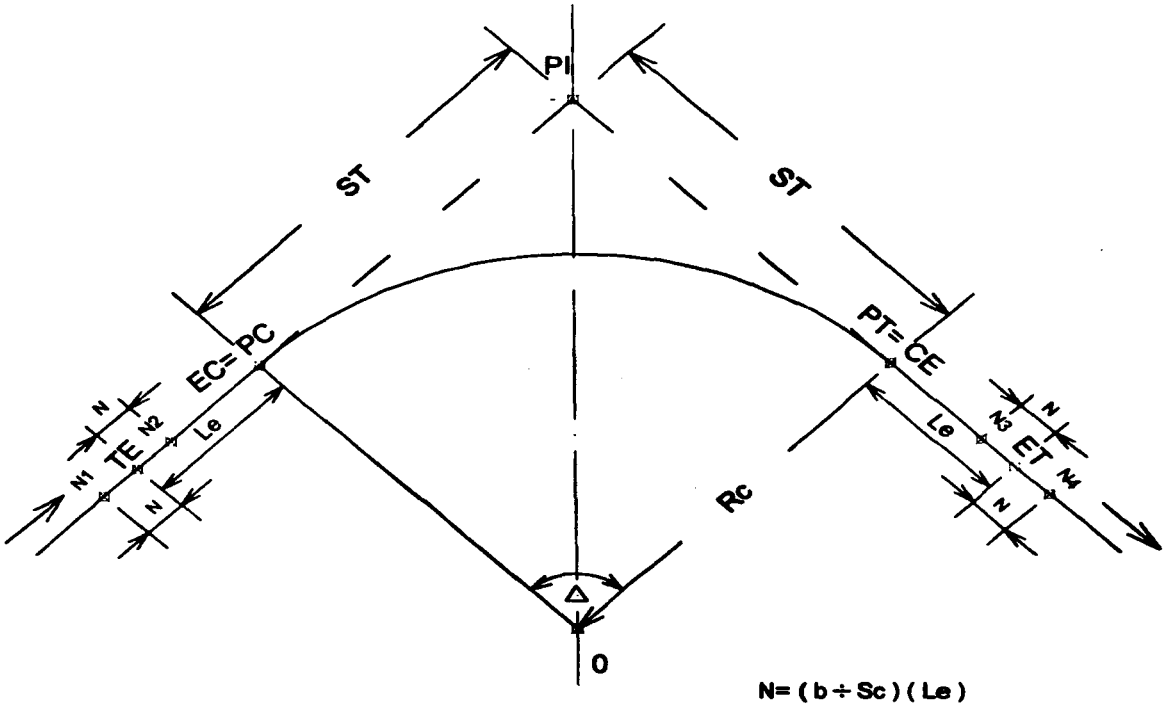
$$A = (L \div Le)(Ac)$$

b, Pendiente transversal en tangente del alineamiento horizontal (bombeo).
b= -2%, en carreteras tipo "A", "B" y "C" pavimentadas.
S= Sobreelevación de la corona en un punto cualquiera de la espiral de transición.
A= Ampliación del ancho de la calzada en un punto cualquiera de la espiral de transición, en metros.
Sc= Sobreelevación de la corona correspondiente al grado de la curva.
Ac= Ampliación del ancho de la calzada correspondiente al grado de la curva, en metros.
L= Distancia del origen de la espiral de transición al punto en que se desea determinar "S" o "A", en metros.
Le= Longitud de la espiral de transición, en metros.

TE= Punto donde termina la tangente y comienza la espiral de transición.
EC= PC= Punto donde termina la espiral de transición y comienza la curva circular.
CE= PT= Punto donde termina la curva circular y comienza la espiral de transición.
ET= Punto donde termina la espiral de transición y comienza la tangente.

FIGURA 15 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL DE TRANSICIÓN

ESTE TIPO DE TRANSICIÓN SE EMPLEA EN EL PROYECTO DE CARRETERAS TIPO "A", "B" Y "C", CUANDO LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA SEA MAYOR O IGUAL A 7.00 %



$$N = (b \div Sc)(Le)$$

$$S = (L \div Le)(Sc)$$

$$A = (L \div Le)(Ac)$$

b, Pendiente transversal en tangente del alineamiento horizontal (bombeo).
b= -2%, en carreteras tipo "A", "B" y "C" pavimentadas.
S= Sobreelevación de la corona en un punto cualquiera de la espiral de transición.
A= Ampliación del ancho de la calzada en un punto cualquiera de la espiral de transición, en metros.
Sc= Sobreelevación de la corona correspondiente al grado de la curva.
Ac= Ampliación del ancho de la calzada correspondiente al grado de la curva, en metros.
L= Distancia del origen de la espiral de transición al punto en que se desea determinar "S" o "A", en metros.
Le= Longitud de la espiral de transición, en metros.

TE= Punto donde termina la tangente y comienza la espiral de transición.
EC= PC= Punto donde termina la espiral de transición y comienza la curva circular.
CE= PT= Punto donde termina la curva circular y comienza la espiral de transición.
ET= Punto donde termina la espiral de transición y comienza la tangente.

Cálculo de los elementos de las transiciones:

Curva No.1

Camino tipo "C"
Velocidad de proyecto= 40 km/hr
Gc = 11.00°
Rc = 104.17 m
PC = 0+111.13 m
PT = 0+172.52 m
b = 2%

De la figura 27, para Gc = 11.00° y una velocidad de 40 km/hr tenemos:
Sc = 6.9%
Le = 22 m

Como la sobreelevación de la curva resulta menor de 7% se empleara transición mixta

N = (b ÷ Sc) Le = (2 ÷ 6.9) (22) = 6.38 m
(Le ÷ 2) = (22 ÷ 2) = 11.00 m

TM = PC − (Le ÷ 2) = 0+111.13 − 11.00 = 0+100.13
MC = PC + (Le ÷ 2) = 0+111.13 + 11.00 = 0+122.13

CM = PT − (Le ÷ 2) = 0+172.52 − 11.00 = 0+161.52
MT = PC + (Le ÷ 2) = 0+172.52 + 11.00 = 0+183.52

N1 = TM − N = 0+100.13 − 6.38 = 0+093.75
N2 = TM + N = 0+100.13 + 6.38 = 0+106.51

N3 = MT − N = 0+183.52 − 6.38 = 0+177.14
N4 = MT + N = 0+183.52 + 6.38 = 0+189.90

Curva No.2

Camino tipo "C"
Velocidad de proyecto= 40 km/hr
Gc = 16.50°
Rc = 69.45 m
PC = 0+259.46 m
PT = 0+302.73 m
b = 2%

De la figura 27, para Gc = 16.50° y una velocidad de 40 km/hr tenemos:
Sc = 8.6%
Le = 27.50 m

Como la sobreelevación de la curva resulta mayor de 7% se empleara espiral de transición

N = (b ÷ Sc) Le = (2 ÷ 8.6) (27.5) = 6.40 m.

TE = PC − Le = 0+259.46 − 27.50 = 0+231.96
EC = PC = 0+259.46

CE = PT = 0+302.73
ET = PT + Le = 0+302.73 + 27.50 = 0+330.23

N1 = TE − N = 0+231.96 − 6.40 = 0+225.56
N2 = TE + N = 0+231.96 + 6.40 = 0+238.36

N3 = ET − N = 0+330.23 − 6.40 = 0+323.83
N4 = ET + N = 0+330.23 + 6.40 = 0+336.63

Curva No.3

Camino tipo "C"
Velocidad de proyecto = 40 km/hr
Gc = 17.00°
Rc = 67.41 m
PC = 0+498.53 m
PT = 0+564.06 m
b = 2%

De la figura 27, para Gc = 17.00° y una velocidad de 40 km/hr tenemos:
Sc = 8.7%
Le = 28.00 m

Como la sobreelevación de la curva resulta mayor de 7% se empleara espiral de transición

N = (b ÷ Sc) Le = (2 ÷ 8.7) (28.00) = 6.44 m

TE = PC − Le = 0+498.53 − 28.00 = 0+470.53
EC = PC = 0+498.53

CE = PT = 0+564.06
ET = PT + Le = 0+564.06 + 28.00 = 0+592.06

N1 = TE − N = 0+470.53 − 6.44 = 0+464.09
N2 = TE + N = 0+470.53 + 6.44 = 0+476.97

N3 = ET − N = 0+592.06 − 6.44 = 0+585.62
N4 = ET + N = 0+592.06 + 6.44 = 0+598.50

2.4.- REFERENCIAS

El objeto de las referencias es el de fijar la posición de un punto con relación a otros puntos que permanecerán fijos durante la construcción de la carretera. Esto anterior debido a que muchos de los puntos que fijan el trazo, desaparecerán durante las actividades del desmonte y construcción de la carretera, por lo que estando ellos referenciados se pueden fijar nuevamente y por lo tanto reconstruirse el trazo.

Para referenciar un punto se emplean ángulos y distancias, ambos medidos con exactitud, prefiriendo siempre que los puntos escogidos como referencias queden ubicados en una zona tal que se garantice su ubicación.

Generalmente los puntos que se referencian son los " PC", "PI", "PT", y puntos sobre las tangentes cuando la longitud de estas excede los 500 metros.

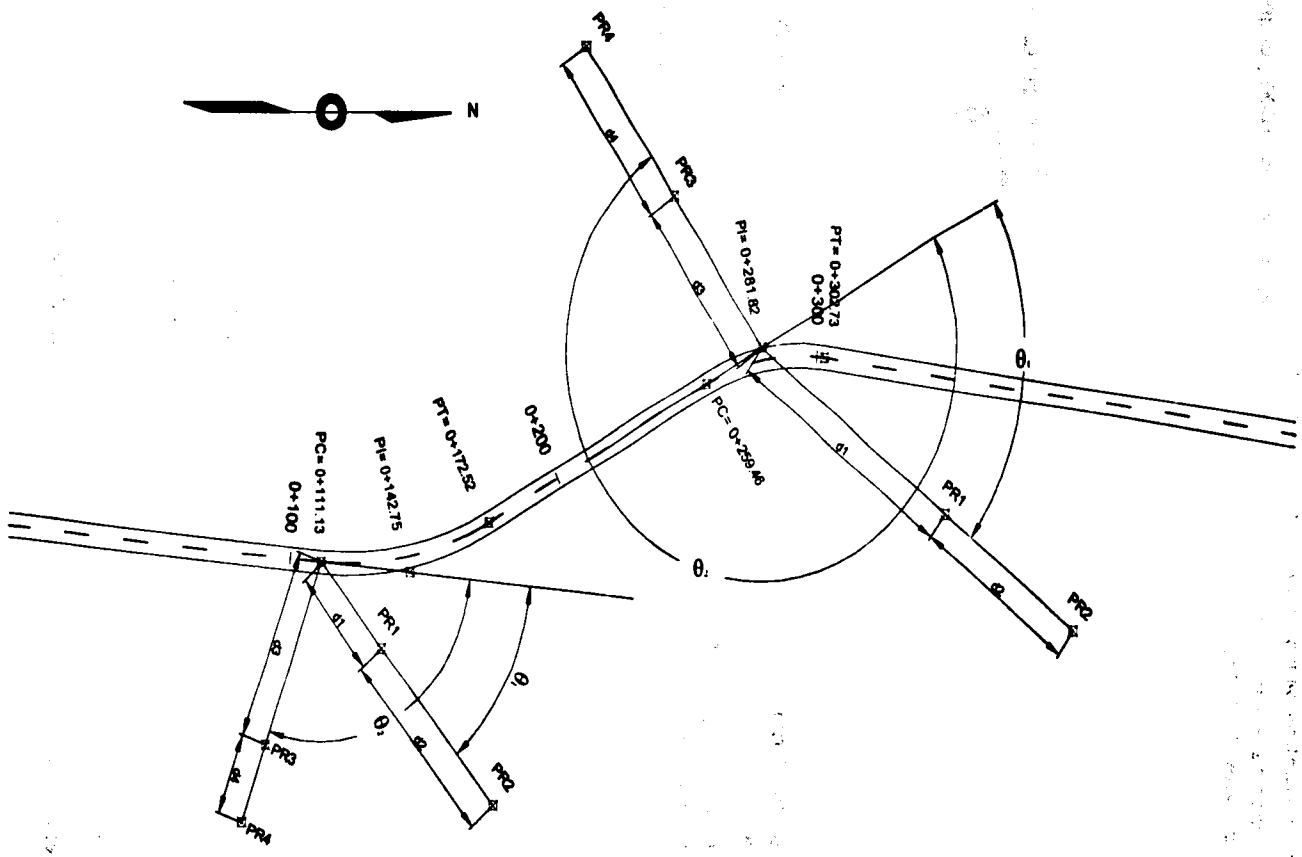
Los ángulos se medirán siempre en cuadrantes, tomando como origen el eje de la carretera y en el caso de los "PI" el origen será la tangente del lado del "PC" o sea en el sentido del avance de la línea, y la numeración de los puntos de referencia se hará en el sentido de las manecillas del reloj, de adentro hacia afuera y comenzando adelante y a la derecha del eje de la carretera. Cada visual tendrá dos puntos de referencia, midiéndose la distancia parcial entre ellos. Los sitios que generalmente se emplean como referencias son: Árboles grandes, cantiles, rocas, aristas de banquetas, etc., aunque de ser necesario podrán emplearse trompos con tachuela y junto a ellos la estaca correspondiente con el número de referencia y su distancia al eje de la carretera. En la figura 16 se ilustra la ubicación de referencias.

Una vez que se tiene dibujado el trazo de la carretera, los datos de las referencias se indican en un cuadro ubicado dentro del plano. Para el caso de la carretera La Palma - San Juanico el cuadro será:

REFERENCIAS DEL TRAZO

PUNTO REFERENCIADO	CADENAMIENTO	θ_1	PR_1	PR_2	θ_2	PR_3	PR_4	θ_3	PR_5	PR_6	θ_4	PR_7	PR_8
ORIGEN	0+000	40° 00'	35 00	12 00	110° 00'	25 00	14 00	220° 00'	19 00	13 00	290° 00'	21 00	9 00
PI	0+142 75	45° 00'	30 00	18 00	130° 00'	42 00	10 00						
PI	0+281 82	39° 00'	41 00	22 50	284° 00'	23 00	30 00						
PI	0+534 15	64° 00'	25 00	17 00	302° 00'	35 00	20 00						
FIN	0+680	140° 00'	18 00	9 00	310° 00'	15 00	11 00						

FIGURA 16 UBICACION DE REFERENCIAS



2.5.- COORDENADAS DE LOS PUNTOS QUE DEFINEN EL TRAZO

- **Cálculo de los rumbos de las líneas que definen el trazo.**

Primero determinamos el Rumbo Magnético de la tangente definida del km 0+000 (origen) al km 111.13 (PC), de acuerdo a la figura 17 tenemos:

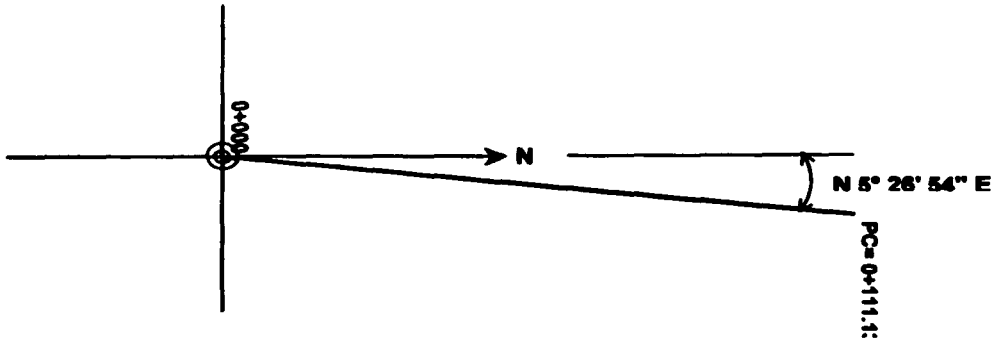


FIGURA 17

Una vez conocido el rumbo anterior, determinamos el rumbo de las siguientes tangentes, de la manera siguiente:

Rumbo de la línea definida del PI = km 0+142.75 al PI = 0+281.82:
La deflexión de esta línea con respecto a la anterior es Δ= 33° 46' 00" izquierda
Como se trata de una deflexión izquierda, la restamos al rumbo de la primera línea, resultando:

Rumbo de la primera línea.		5° 26' 54"
Deflexión de la segunda línea.	+	− 33° 46' 00"
		− 28° 19' 06"

Por lo tanto **el rumbo de la segunda línea será**: **N 28° 19' 06" W**

Rumbo de la línea definida del PI = km 0+281.82 al PI = 0+534.15:
La deflexión de esta línea con respecto a la anterior es Δ= 35° 42' 00" derecha
Como se trata de una deflexión derecha, la sumamos al rumbo de la segunda línea, resultando:

Rumbo de la segunda línea.		− 28° 19' 06"
Deflexión de la tercera línea.	+	35° 42' 00"
		7° 22' 54"

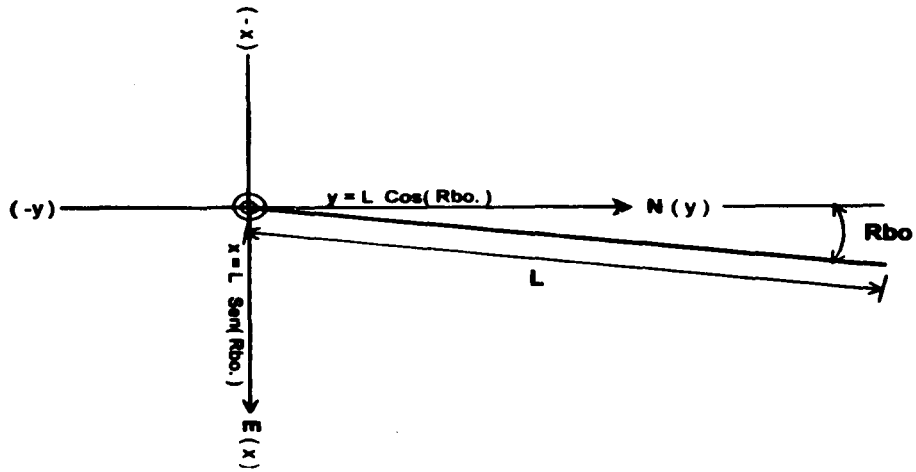
Por lo tanto **el rumbo de la tercera línea será**: **N 7° 22' 54" E**

Rumbo de la línea definida del PI = km 0+534.15 al FIN = 0+680.00:
La deflexión de esta línea con respecto a la anterior es Δ= 55° 42' 00" izquierda
Como se trata de una deflexión izquierda, la restamos al rumbo de la tercera línea, resultando:

Rumbo de la tercera línea.		7° 22' 54"
Deflexión de la cuarta línea.	+	− 55° 42' 00"
		− 48° 19' 06'

Por lo tanto **el rumbo de la cuarta línea será**: **N 48° 19' 06" W**

- **Cálculo de las proyecciones de las líneas que definen el trazo.**



Con el propósito de facilitar los cálculos se emplea una tabla como la indicada a continuación:

ESTACIÓN	PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DEFLEXIÓN (G.mms)	RUMBOS (G.mms)	PROYECCIONES (m)			
					E	- W	N	- S
0+000	PC = 0+111 13	111 13		N 5° 26' 54" E	10 56		110 63	
	PI = 0+142 75	142 75		" "	13 55		142 11	
PI = 0+142 75	PT = 0+172 52	31 62	33° 46' 00" Izq	N 28° 19' 06" W		15 00	27 84	
	PC = 0+259 46	118 56	" "	" "		56 24	104 37	
	PI = 0+281 82	140 92	" "	" "		66 85	124.06	
PI = 0+281 82	PT = 0+302 73	22 36	35° 42' 00" Der	N 7° 22' 54" E	2 87		22.17	
	PC = 0+498 53	218 16	" "	" "	28 03		216 35	
	PI = 0+534 15	253 78	" "	" "	32 31		251 68	
PI = 0+534 15	PT = 0+564 06	35 62	55° 42' 00" Izq	N 48° 19' 06" W		26 60	23.69	
	FIN = 0+680	151 56	" "	" "		113 19	100 79	

Comprobación del cálculo de los rumbos:
La suma algebraica de las deflexiones (deflexiones a la derecha son positivas y deflexiones a la izquierda son negativas), con su signo correspondiente, se sumara algebraicamente al primer rumbo y el resultado deberá ser igual al ultimo rumbo calculado.

Suma de deflexiones negativas . . . . . — 89° 28' 00"
Suma de deflexiones positivas . . . . . + 35° 42' 00"
— 53° 46' 00"

Le sumamos algebraicamente el valor del primer rumbo:
Suma de deflexiones . . . . . — 53° 46' 00"
Valor del primer rumbo . . . . . + 5° 26' 54"
— 48° 19' 06"

Resultado que corresponde al ultimo rumbo calculado.

- **Cálculo de las coordenadas que definen el trazo.**

Si asignamos al origen de la carretera (km 0+000) una coordenada x= 1000 y y= 1000, tenemos:

Coordenadas del Origen = km. 0+000 ..... **x = 1,000**
y = 1,000

Coordenadas del PC = km 0+111.13 ..... x = 1,000 + 10.55 = **1,010.55**
y = 1,000 + 110.63 = **1,110.63**

Coordenadas del PI = km 0+142.75 ..... x = 1,000 + 13.55 = **1,013.55**
y = 1,000 + 142.11 = **1,142.11**

Coordenadas del PT = km 0+172.52 ..... x = 1,013.55 − 15.00 = **998.55**
y = 1,142.11 + 27.84 = **1,169.95**

Coordenadas del PC = km 0+259.46 ..... x = 1,013.55 − 56.24 = **957.31**
y = 1,142.11 + 104.37 = **1,246.48**

Coordenadas del PI = km 0+281.82 ..... x = 1,013.55 − 66.85 = **946.70**
y = 1,142.11 + 124.06 = **1,266.17**

Coordenadas del PT = km 0+302.73 ..... x = 946.70 + 2.87 = **949.57**
y = 1,266.17 + 22.17 = **1,288.34**

Coordenadas del PC = km 0+498.52 ..... x = 946.70 + 28.03 = **974.73**
y = 1,266.17 + 216.35 = **1,482.52**

Continuando con los cálculos se llega a los resultados mostrados en tabla siguiente:

ORIGEN DE LA PROYECCIÓN	PUNTO	PROYECCIONES (Mts.)				COORDENADAS	
		E	- W	N	- S	x	y
Origen = km. 0+000	Origen = 0+000					1,000.00	1,000.00
" "	PC = 0+111.13	10.55		110.63		1,010.55	1,110.62
" "	PI = 0+142.75	13.55		142.11		1,013.55	1,142.11
PI = 0+142.75	PT = 0+172.52		15.00	27.84		998.55	1,169.95
" "	PC = 0+259.46		56.24	104.37		957.31	1,246.48
" "	PI = 0+281.82		66.85	124.06		946.70	1,266.17
PI = 0+281.82	PT = 0+302.73	2.87		22.17		949.57	1,288.34
" "	PC = 0+498.53	28.03		216.35		974.73	1,482.52
" "	PI = 0+534.15	32.61		251.68		979.31	1,517.85
PI = 0+534.15	PT = 0+564.06		26.60	23.69		952.71	1,541.54
" "	Final = 0+680		113.19	100.79		866.12	1,618.64

Una vez conocidas las coordenadas de los puntos que definen el trazo se procede a dibujarlo (generalmente en papel albanene con el propósito de facilitar su reproducción) y se le denomina **PLANTA TOPOGRÁFICA** de la carretera.

CAPÍTULO 3 ALINEAMIENTO VERTICAL

3.- ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la prolongación sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical, se le denomina subrasante.
Los elementos que integran esta proyección se componen de tangentes y curvas. La proyección del eje en un tramo recto define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas, de pendiente diferente, se efectúa por medio de una curva. Se traza una curva vertical solamente cuando la diferencia algebraica de pendientes ($P_2 - P_1$) sea mayor de 0.5%.

3.1.- CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada (P_1) a la pendiente de la tangente de salida (P_2). El punto común de la tangente de entrada y una curva vertical en al inicio de esta, se representa como "PCV" y como "PTV" al punto común de la tangente de salida y el final de la curva.

- **Forma de la curva**

En general el tipo de curva empleada en vías de comunicación es la parábola.

$$y = k x^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Se pueden presentar dos casos, de acuerdo con las pendientes de las tangentes donde se alojan.

- Curvas verticales en columpio (cóncavas).
Este tipo de curvas se presentan cuando la pendiente de entrada (P_1) es menor que la pendiente de salida (P_2). En la figura 18 se presenta una curva vertical en columpio.

- Curvas verticales en cresta (convexas).
Este tipo de curvas se presentan cuando la pendiente de entrada (P_1) es mayor que la pendiente de salida (P_2). En la figura 19 se presenta una curva vertical en cresta.

3.2.- CÁLCULO DE LAS CURVAS VERTICALES

Para el cálculo práctico de la curva y con el objeto de que todas la "x" y "y" resulten del mismo signo en todos los puntos de curva, se toma al eje "x" tangente a la curva en el punto donde comienza la curva vertical (PCV) y al eje "y" el punto de tangencia.
Para determinar en cada caso el valor numérico de "k", tomamos el punto donde termina la curva vertical (PTV) ya que conocemos sus coordenadas:

Las coordenadas del PTV son: (x_T , y_T)

Sustituyendo estos valores en la ecuación (1), tenemos:

$$y_T = k x_T^2$$

Despejando k, tenemos:

$$k = \frac{y_T}{x_T^2}$$

Sustituyendo este valor de "k", en la ecuación (1) la ecuación de la curva resulta:

$$y = \left[\frac{y_T}{x_T^2} \right] x^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Como para cada caso la inclinación del eje "x" seria diferente, tomamos las proyecciones horizontales de las "x". Así trabajamos con las distancias horizontales a partir del PCV y la "y" siguen siendo verticales.

Multiplicando y dividiendo el 2° termino de la ecuación (2) por $\cos^2 \alpha$, tenemos:

$$y = \left[\frac{y_T}{x_T^2 \cos^2 \alpha} \right] x^2 \cos^2 \alpha = \left. \frac{y_T}{(x_T \cos \alpha)^2} \right] (x \cos \alpha)^2$$

Para distinguirlas , denominamos a las coordenadas del PTV:

$$(x_T \cos \alpha) = L$$
$$y_T = D$$

y a la proyección horizontal de las "X": $X \cos \alpha = n$

Por lo tanto finalmente tenemos que:

$$y = \frac{D}{L^2} n^2$$

y = Ordenada vertical de un punto cualquiera a partir del eje de las "x".
D = Ordenada del punto final de tangencia (PTV).
L = Longitud total horizontal de la curva (PCV a PTV).
n = Distancia horizontal del PCV a un punto cualquiera.

Longitud de las curvas verticales por la variación de la pendiente permisible.

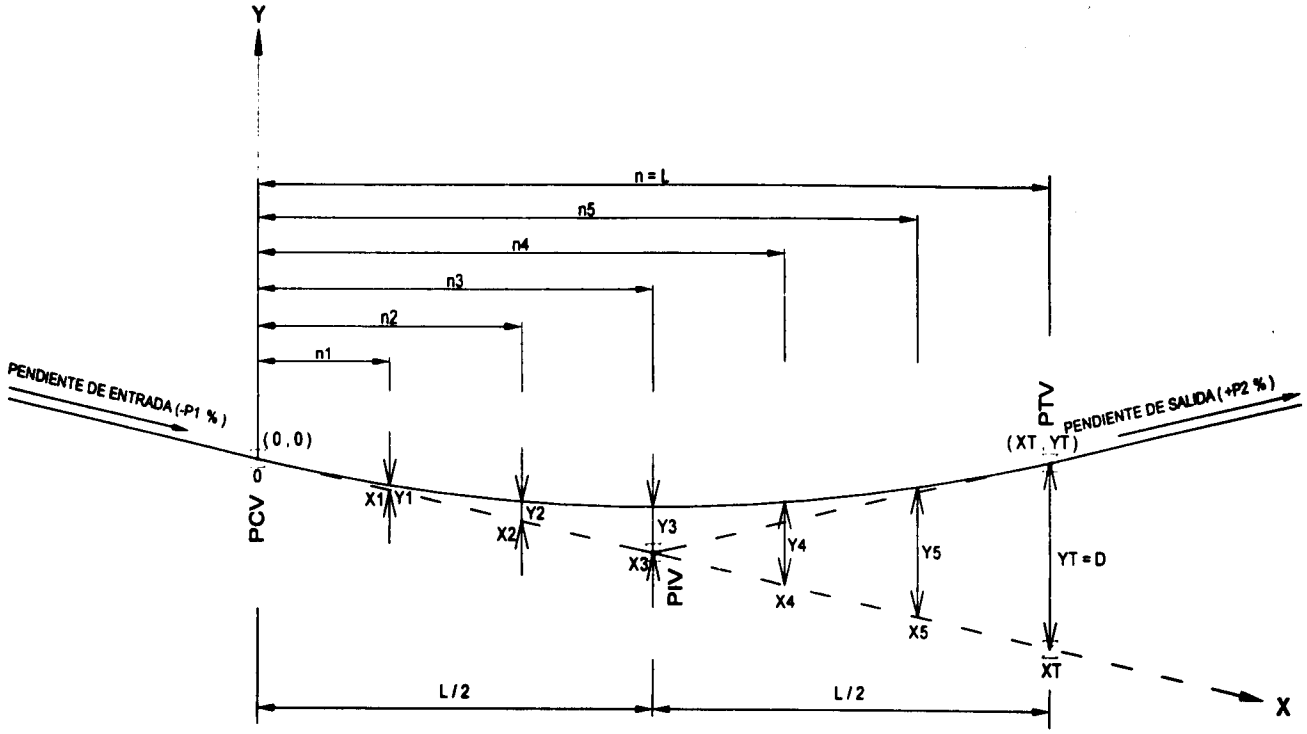
Por seguridad y comodidad se ha establecido que la variación admisible de pendiente entre dos estaciones consecutivas no debe exceder de 1%

La longitud de la curva vertical, medida en estaciones de 20 metros, será igual a la diferencia algebráica de las pendientes que se enlacen dividida entre la variación máxima admisible de pendiente entre dos estaciones consecutivas, esto es:

Por lo tanto: $$L = \frac{P_1 - P_2}{v} = \frac{P_1 - P_2}{1\%}$$

P_1 = Pendiente de entrada a la curva vertical, en %.
P_2 = Pendiente de salida de la curva vertical, en %.
v = variación admisible de pendiente entre dos estaciones consecutivas, en %.

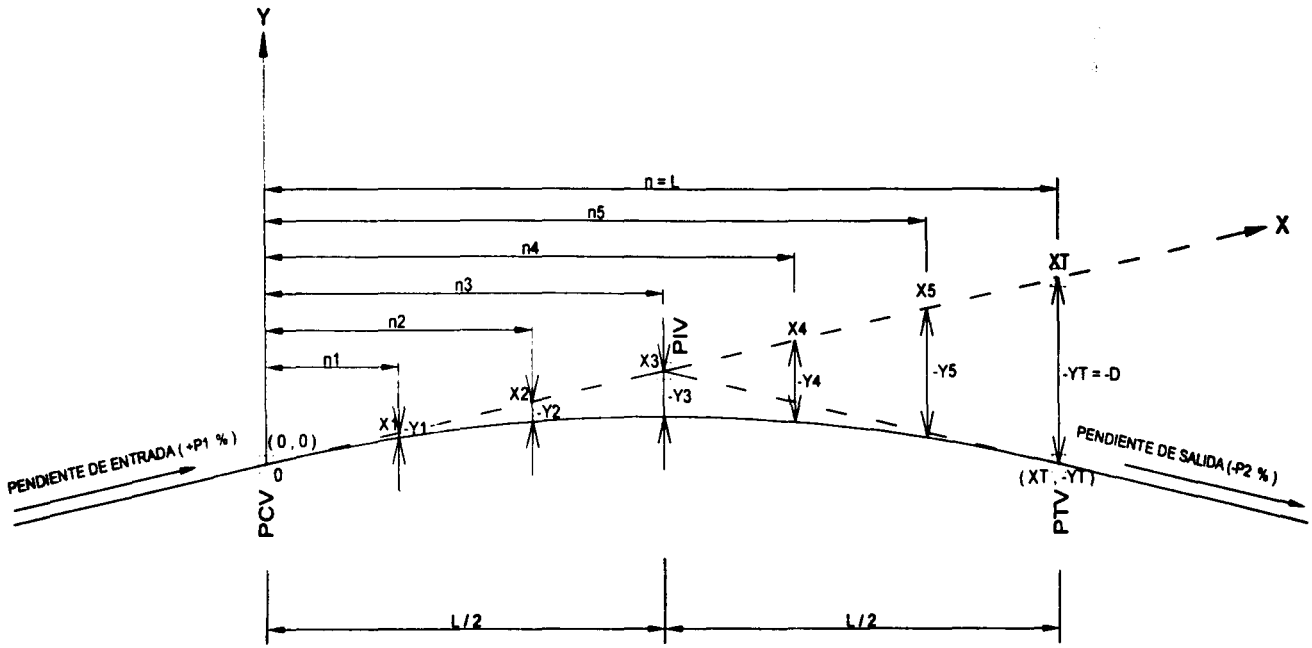
FIGURA 18 CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO (CONCAVAS)



$$Y = \left(\frac{D}{L^2}\right) n^2$$

Nota: Este tipo de curvas se emplea cuando el valor de la pendiente de entrada (P1) es inferior al valor de la pendiente de salida (P2).

FIGURA 19 CURVAS VERTICALES EN CRESTA (CONVEXAS)



$$-Y = \left(\frac{-D}{L^2}\right) n^2$$

Nota: Este tipo de curvas se emplea cuando el valor de la pendiente de entrada (P1) es mayor que el valor de la pendiente de salida (P2).

Con los datos indicados a continuación, calcular la curva vertical:

PCV = 0+100
Pendiente de la tangente de entrada (P_1) = − 1.5%
Pendiente de la tangente de salida (P_2) = 8.0%
Cota del PCV = 497.64
Variación permisible por estación de 20 metros (v) = 1%
Velocidad de proyecto (Vp) = 40 km/hr

Solución:

Diferencia algebraica de pendientes (V) = $P_1 - P_2$ = (−1.5) − (+ 8.0) = 9.5

Por lo tanto:

$$\text{Longitud de la curva } (L) = \frac{V}{v} = \frac{9.5}{1} = 9.5 \text{ estaciones de 20 metros}$$

Longitud mínima de la curva = (0.6) (Vp) = (0.6) (40) = 24 m

Utilizamos una longitud de 10 estaciones (200 m) **L = 200 m**

estación PIV = estación PCV + ((P_1) (L ÷ 2)) = 0+100 + 100 = 0+200

estación PTV = estación PCV + L = 0+100 + 200 = 0+300

Procedimiento de cálculo en las curvas verticales

1.-Cálculo de las elevaciones sobre la pendiente de la tangente de entrada (sobre P_1):
La pendiente de la subrasante de entrada P_1 = − 1.5%, por lo tanto el decremento de la elevación para cada estación será el resultado de multiplicar la distancia que haya del PCV al punto que se desea conocer la elevación, por la pendiente de la tangente de entrada.
Conocemos la elevación del PCV = 497.64, entonces las elevaciones sobre la tangente de entrada serán:

PUNTO	ESTACIÓN	DISTANCIA (m)				ELEVACIONES SOBRE P_1			
PCV =	0+100	0.00				497.64			
	0+111.13	111.13	100	=	11.13	497.64	(11.13) (0.015)	=	497.47
	0+113.80	113.80	100	=	13.80	497.64	(13.80) (0.015)	=	497.43
	0+120	120	100	=	20.00	497.64	(20.00) (0.015)	=	97.34
	0+140	140	100	=	40.00	497.64	(40.00) (0.015)	=	497.04
	0+160	160	100	=	60.00	497.64	(60.00) (0.015)	=	496.74
	0+172.52	172.52	100	=	72.52	497.64	(72.52) (0.015	=	496.55
	0+180	180	100	=	80.00	497.64	(80.00) (0.015)	=	496.44
PIV =	0+200	200	100	=	100.00	497.64	(100.00) (0.015)	=	496.14
	0+220	220	100	=	120.00	497.64	(120.00) (0.015)	=	495.84
	0+240	240	100	=	140.00	497.64	(140.00) (0.015)	=	495.54
	0+259.46	259.46	100	=	159.46	497.64	(59.46) (0.015)	=	495.25
	0+260	260	100	=	160.00	497.64	(160.00) (0.015)	=	495.24
	0+280	280	100	=	180.00	497.64	(180.00) (0.015)	=	494.94
PTV =	0+300	300	100	=	200.00	497.64	(200.00) (0.015)	=	494.64

2.- De la tabla anterior tenemos que la elevación del PIV = 496.140, además sabemos que la pendiente de la subrasante de salida P_2 = 8.00%, entonces la elevación del PTV será:

elevación PTV = elevación PIV + (L ÷ 2) (P_2) = 496.14 + (200 ÷ 2) (0.08) = 504.140

3.- Conocida la elevación del PTV = 504.140 y conocida su elevación sobre la tangente de entrada (494.640), la diferencia de estos dos valores da como resultado el valor " D ".

D = elevación del PTV - elevación del PTV sobre la tangente de entrada = 504.14 - 494.64
D = 9.50

4.- Procedemos a calcular los valores de " n ", que representa el número de estaciones de 20 metros, existente entre el PCV y cada uno de los puntos que definen la curva, esto de acuerdo a su cadenamiento y " n^2 " que es el cuadrado de " n ".

Punto	Estación	Distancia (m)	n	n^2
PCV	0+100	0	0	0
	0+111.13	11.13	11.13 ÷ 20 = 0.56	0.31
	0+113.80	13.8	13.80 ÷ 20 = 0.69	0.48
	0+120	20	20 ÷ 20 = 1.00	1.00
	0+140	40	40 ÷ 20 = 2.00	4.00
	0+160	60	60 ÷ 20 = 3.00	9.00
	0+172.52	72.52	72.52 ÷ 20 = 3.63	13.18
	0+180	80	80 ÷ 20 = 4.00	16.00
PIV	0+200	100	100 ÷ 20 = 5.00	25.00
	0+220	120	120 ÷ 20 = 6.00	36.00
	0+240	140	140 ÷ 20 = 7.00	49.00
	0+259.46	159.46	159.46 ÷ 20 = 7.97	63.52
	0+260	160	160 ÷ 20 = 8.00	64.00
	0+280	180	180 ÷ 20 = 9.00	81.00
PTV	0+300	200	200 ÷ 20 = 10.00	100.00

5.- Hasta aquí tenemos definidos los datos necesarios para el cálculo de los valores de " y = (D ÷ L^2) n^2 ", el cual se sumara (por tratarse de una curva en columpio) a la elevación sobre la tangente de entrada que corresponda a cada uno de los puntos que definen la curva, para obtener la elevación de la subrasante. tenemos entonces.

PUNTO	ESTACIÓN	n	n^2	COTAS SOBRE P_1	y = (D ÷ L^2) n^2	COTAS CURVA
PCV	0+100	0	0	497.64	0.00	497.64 + 0.00 = 497.64
	0+111.13	0.56	0.31	497.47	0.03	497.47 + 0.03 = 497.50
	0+113.80	0.69	0.48	497.43	0.05	497.43 + 0.05 =497.48
	0+120	1.00	1.00	497.34	0.10	497.34 + 0.10 = 497.44
	0+140	2.00	4.00	497.04	0.38	497.04 + 0.38 = 497.42
	0+160	3.00	9.00	496.74	0.86	496.74 + 0.86 = 497.60
	0+172.52	3.63	13.18	496.55	1.25	496.55 + 1.25 = 497.80
	0+180	4.00	16.00	496.44	1.52	496.44 + 1.52 = 497.96
PIV	0+200	5.00	25.00	496.14	2.38	496.14 + 2.38 = 498.52
	0+220	6.00	36.00	495.84	3.42	495.84 + 3.42 = 499.26
	0+240	7.00	49.00	495.54	4.66	495.54 + 4.66 = 500.20
	0+259.46	7.97	63.52	495.25	6.03	495.25 + 6.03 = 501.28
	0+260	8.00	64.00	495.24	6.08	495.24 + 6.08 = 501.32
	0+280	9.00	81.00	494.94	7.70	494.94 + 7.70 = 502.64
PTV	0+300	10.00	100.00	494.64	9.50	494.64 + 9.50 = 504.14

Para facilitar los cálculos, se emplea un formato como el mostrado en la página 61

REGISTRO PARA EL CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES

CAMINO LA PALMA-SAN JUANICO

TRAMO LA PALMA-SAN JUANICO

MUNICIPIO IXMIQUILPAN HGO

HOJA: 1/1

ESTACIÓN KM	n	n^2	COTAS SOBRE LA 1ª SUBRASANTE	$y = (D - L^2)n$	COTAS DE LA CURVA	COTAS DEL TERRENO	ESPESORES CORTE	ESPESORES TERRAPLÉN	DATOS DE LA CURVA
0 + 100	0 00	0 00	497 64	0 00	497 64	496 88		0.76	
0 + 111 13	0 56	0 31	497 47	0 03	497 50	496 52		0.98	
0 + 113 80	0 69	0 48	497 43	0 05	497 48	496 36		1.12	PCV= 0 + 100
0 + 120	1 00	1 00	497 34	0 10	497 44	496 49		0.95	PIV= 0 + 200
0 + 140	2 00	4 00	497 04	0 38	497 42	496 58		0 84	PTV= 0 + 300
0 + 160	3 00	9 00	496 74	0 86	497 60	496 62		0.98	LONGITUD DE LA CURVA (EN COLUMPIO)= 200 metros
0 + 172 52	3 63	13 18	496 55	1 25	497 80	496 57		1 23	PENDIENTE DE ENTRADA= -1 50 %
0 + 180	4 00	16 00	496 44	1 52	497 96	495 95		2.01	PENDIENTE DE SALIDA= 8 00 %
0 + 200	5 00	25 00	496 14	2 38	498 52	496 86		1 66	ELEVACION P C V = 497 640
0 + 220	6 00	36 00	495 84	3 42	499 26	497 06		2 20	D= 9 50
0 + 240	7 00	49 00	495 54	4 66	500 20	497 13		3.07	L^2= 100
0 + 259 46	7 97	63 52	495 25	6 03	501 28	498 26		3.02	
0 + 260	8 00	64 00	495 24	6 08	501 32	499 3		2.02	
0 + 280	9 00	81 00	494 94	7 70	502 64	500 71		1.93	
0 + 300	10 00	100 00	494 64	9.50	504 14	502 52		1 62	

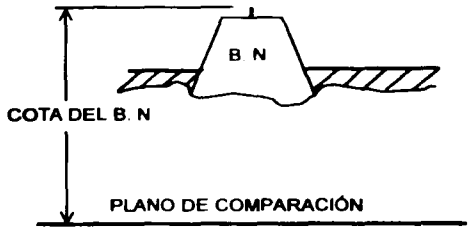
ESTACIÓN KM	n	n^2	COTAS SOBRE LA 1ª SUBRASANTE	$y = (D - L^2)n$	COTAS DE LA CURVA	COTAS DEL TERRENO	ESPESORES CORTE	ESPESORES TERRAPLÉN	DATOS DE LA CURVA
0 + 400	0 00	0 00	512 14	0 00	512 14	513 60	-1 46		
0 + 420	1 00	1 00	513 74	-0 09	513 65	514 18	-0.53		PCV= 0 + 400
0 + 440	2 00	4 00	515 34	-0 36	514 98	515 68	-0.70		PIV= 0 + 480
0 + 460	3 00	9 00	516 94	-0 81	516 13	517 20	-1.07		PTV= 0 + 560
0 + 480	4 00	16 00	518 54	-1 44	517 10	518 50	-1.40		LONGITUD DE LA CURVA (EN CRESTA)= 160 Mts
0 + 498 53	4 93	24 30	520 02	-2 19	517 83	519 06	-1.23		PENDIENTE DE ENTRADA= 8 00 %
0 + 500	5 00	25 00	520 14	-2 26	517 88	519 45	-1 57		PENDIENTE DE SALIDA= 0 78 %
0 + 520	6 00	36 00	521 74	-3 25	518 49	519 66	-1.17		ELEVACIÓN P C V = 512 140
0 + 540	7 00	49 00	523 34	-4 42	518 92	519 82	-0.90		D= -5 78
0 + 560	8 00	64 00	524 94	-5 78	519 16	519 77	-0.61		L^2= 64

3.3.- ALTIMETRÍA O NIVELACIÓN

Es el conjunto de trabajos que nos permiten obtener la información necesaria para determinar , las alturas y la forma del terreno en su sentido vertical.
Todas las alturas de un trabajo de topografía, están referidos a un plano común de referencia. Ese plano llamado de comparación es una superficie plana imaginaria, a la altura de los puntos sobre esos planos de comparación, se les llama cotas o elevaciones, alturas y en ocasiones niveles.

- **Bancos de nivel.**

Para fijar puntos de referencia y control, se escogen o construyen puntos fijos, notables, invariables y en lugares convenientes. Estos puntos son llamados "BANCOS DE NIVEL" y su cota se determina con respecto a otros puntos conocidos o se les asigna una según convenga.
En la siguiente figura se ilustra un banco de nivel y su relación con una línea de referencia.



En carreteras se emplean niveles fijos o topográficos.

- **Métodos de nivelación.**

Los métodos de nivelación directa son dos:
Nivelación diferencial
Nivelación de perfil

- Nivelación de perfil.
Es el método de nivelación que comúnmente se emplea en las carreteras y tiene por objeto determinar las cotas de estacas ubicadas sobre el eje del trazo a un intervalo de 20 metros, obteniéndose el perfil del terreno a lo largo de la línea de nivelación. En estos puntos del trazo, el estadal se coloca en el terreno natural y la lectura se aproxima al centímetro, mientras que en los puntos de liga y bancos de nivel las lecturas se aproximan al milímetro.
En los bancos de nivel (B. N.) y en los puntos de liga (P. L.), el estadal se coloca sobre la varilla o grapa correspondiente.

Procedimiento de la nivelación de perfil.
Consideremos la figura 20, en ella "B. N.-0 "es un banco de nivel con elevación conocida" y "B. N.-1" un banco que se desea establecer.

1.- El estadal se coloca sobre B. N.-0, el nivel fijo se coloca en el punto "A", el cual no necesariamente se localizara sobre el eje de la carretera. El nivelador hace la lectura atrás en el estadal (en este caso es 0.339) que se encuentra sobre "B. N.-0" y la anota en el registro (en la columna de lecturas atrás (+). Esta lectura se sumara a elevación de "B. N.-0" para obtener la altura del aparato, tenemos entonces que:
elevación del aparato = 500.000 m + 0.339 m = 500.339 m

2.- Se coloca el estadal sobre cada uno de los cadenamientos prestablecidos y de los cuales se desea obtener la elevación, se obtiene la lectura correspondiente a cada uno de ellos, la cual es llamada "lectura intermedia = LI" y se asienta en el registro. La lectura así obtenida se resta a la altura del aparato y tenemos como resultado la elevación del terreno correspondiente a cada estación. La lectura anterior se hace para mayor numero de puntos posible, para este caso tenemos:

ESTACIÓN	LECTURA (+)	ALTURA DE APARATO	LECTURA INTERMEDIA	ELEVACIÓN DEL TERRENO
B. N.-0	0.339	500.339		
0+001			1.00	500.000 - 1.00 = 499.34
0+020			2.02	500.000 - 2.02 = 498.32
0+040			1.99	500.000 - 1.99 = 498.35
0+047.40			1.87	500.000 - 1.87 = 498.47
0+060			2.20	500.000 - 2.20 = 498.14
0+080			2.53	500.000 - 2.53 = 497.81

3.- Cuando se llega con el estadal a un punto en donde ya no pueden tomarse lecturas en las estaciones intermedias, se selecciona un punto (generalmente fuera del eje de la carretera) al cual se le llama punto de liga "PL". Se coloca el estadal sobre "PL_1" y con el aparato en el punto "A", se toma la lectura y se anota en el formato (columna de lecturas adelante (-)). Descontando esta lectura a la altura del aparato obtenemos la elevación del punto de liga "PL_1", entonces:

ESTACIÓN	ALTURA DE APARATO	LECTURA (-)	ELEVACIÓN DEL TERRENO
B. N.-0	500.339		
PL_1		2.463	500.000 - 2.463 = 497.876

4.- Se colocara el aparato en otro punto como el "B", que no necesariamente se localizara sobre el eje de la carretera. Con el estadal colocado sobre "PL_1", se toma la lectura atrás (en este caso = 0.728) y se anota en la columna de lecturas atrás (+). Sumando esta lectura a la elevación del PL1, obtenemos la elevación del aparato para "PL_1":

ESTACIÓN	LECTURA (+)	ALTURA DE APARATO	LECTURA (-)	LECTURA INTERMEDIA	ELEVACIÓN
PL_1	0.728	498.604	2.463		500.000 - 2.463 = 497.876

5.- Se repiten los pasos 2, 3 y 4 para cada uno de los puntos de liga o bancos de nivel que se requieran hasta completar la nivelación de la longitud total de carretera en estudio.
En las página 64, se presenta la nivelación de un tramo en el formato que comúnmente se utiliza:

REGISTRO DE NIVEL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO. **FECHA:** 21/11/2001 **HOJA No.** 1/1

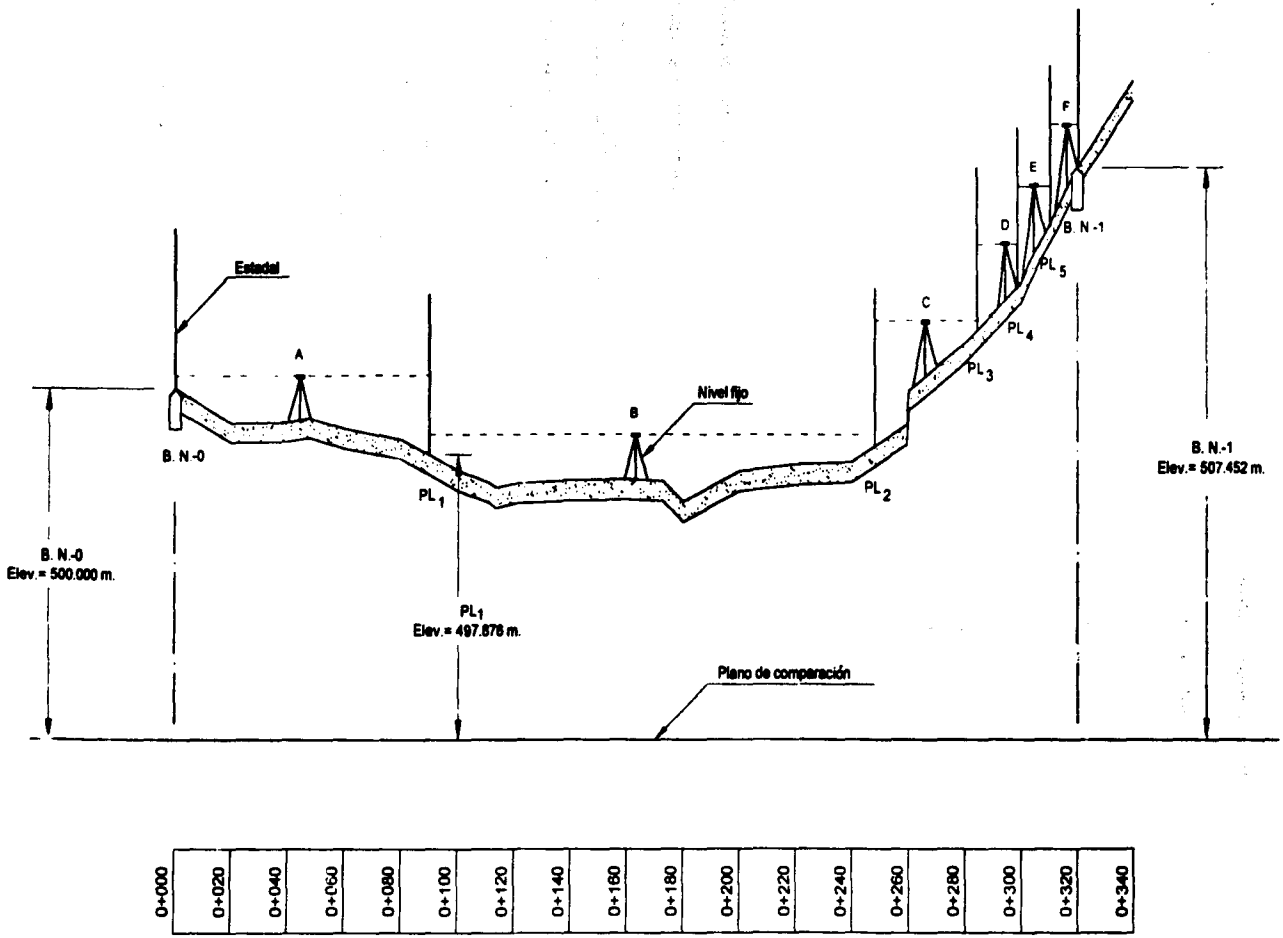
PUNTO VISADO (Estación)	(+)	Λ	(−)	(L. I.)	ELEVACIONES	BANCOS DE NIVEL
B. N.-0	0.339	500.339			500.000	
0 + 000				1.00	499.34	B N.-0 SOBRE ROCA, 18.00 METROS A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+000
0 + 020				2.02	498.32	
0 + 040				1.99	498.35	
0 + 047.40				1.87	498.47	ELEVACIÓN = 500.000 m
0 + 060				2.20	498.14	
0 + 080				2.53	497.81	
P. L.	0.728	498.604	2.463		497.876	
0 + 100				1.72	496.88	
PC 0 + 111.13				2.08	496.52	
0 + 113.80				2.24	496.36	
0 + 120				2.11	496.49	
0 + 140				2.02	496.58	
0 + 160				1.98	496.62	
PT 0 + 172.52				2.03	496.57	
0 + 180				2.65	495.95	
0 + 200				1.74	496.86	
0 + 220				1.54	497.06	
0 + 240				1.47	497.13	
P. L.	3.840	500.899	1.545		497.06	
PC 0 + 259.46				2.64	498.26	
0 + 260				1.60	499.30	
0 + 280				0.19	500.71	
P. L.	3.570	503.916	0.553		500.346	
0 + 300				1.40	502.52	B N.-1 SOBRE RAÍZ DE MEZQUITE, 25.00 METROS A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+320
PT 0 + 302.73				0.86	503.06	
P. L.	3.801	504.515	3.202		500.714	
P. L.	3.903	508.005	0.413		504.102	ELEVACIÓN = 507.452 m
0 + 320				2.13	505.88	
B. N.-1			0.553		507.452	
SUMA (+)	16.181	SUMA (−)	8.729			

COMPROBACIÓN ARITMÉTICA

+ SUMA (+)	+ 16.181	− ELEVACIÓN B. N.-1	− 507.452
SUMA (−)	− 8.729	ELEVACIÓN B. N.-0	500.000
DESNIVEL=	7.452		7.452

B. N.-1	3.860	511.312			507.452
0 + 340				2.77	508.54
0 + 360				0.89	510.42

FIGURA 20 NIVELACIÓN DE PERFIL



- **Comprobación de la nivelación.**

El trabajo de campo de la nivelación en carreteras generalmente se comprueba mediante una de las formas siguientes:

Repitiendo la nivelación en sentido contrario.

Esta se pude hacer siguiendo la misma ruta o eligiendo otra diferente. Este procedimiento tiene la ventaja de eliminar ciertos errores de acumulación.

Nivelando por doble punto de liga.

Consiste en llevar dos nivelaciones en el mismo sentido pero con diferentes puntos de liga. En este procedimiento se tiene la misma altura de aparato en ambas series de observaciones pero diferentes lecturas de estadal.

Nivelando por doble altura de aparato.

Consiste en llevar dos nivelaciones en la misma dirección, con los mismos puntos de liga pero con diferente altura de aparato.

Comprobación de la nivelación.
La nivelación deberá comprobarse tanto en campo como aritméticamente.

Comprobación de la nivelación en campo.
Como al efectuar la comprobación de una nivelación, se obtienen dos valores para el desnivel total, el valor mas probable es el promedio de los dos resultados o sea la media aritmética.
El error de cada nivelación es la diferencia entre cada uno de los desniveles obtenidos y el valor mas probable del desnivel. Considerando esto, las tolerancias para cada uno de los métodos son:

PROCEDIMIENTO DE NIVELACIÓN	TOLERANCIA, EN METROS
DE IDA Y REGRESO	$T = \pm\ (0.01)(P)$ P = Suma de las distancias recorridas en una y otra dirección, en kilómetros
POR DOBLE PUNTO DE LIGA	$T = \pm\ (0.015)(P)$ P = Doble de la distancia recorrida, en kilómetros.
POR DOBLE ALTURA DE APARATO	$T = \pm\ (0.02)(P)$ P = Doble de la distancia recorrida, en kilómetros.

- **Comprobación aritmética de la nivelación.**

Consiste en comprobar el cálculo de las alturas del aparato y las elevaciones, se procede como se indica a continuación
Se suman todas las lecturas atrás (+); se suman todas las lecturas adelante (−); la diferencia entre estas dos sumas deberá ser igual a la diferencia entre las elevaciones de la ultima y primera estación.
Por ejemplo consideremos el registro de nivel de la página 64 y comprobemos aritméticamente la nivelación del banco B. N.-0, al banco B. N.-1, tenemos entonces:

Suma (+) = 16.181 Elevación B. N.-0 = 500.000
Suma (–) = 8.729 Elevación B. N.-1 = 507.452

Si: Suma (+) > Suma (–), entonces se asciende al ir de un punto a otro.
Si: Suma (+) < Suma (–), entonces se desciende al ir de un punto a otro.

Diferencias:

Suma (+) – Suma (–) = 16.181 – 8.729 = 7.452
(Elevación B. N.-1) - (Elevación B. N.-0) = 507.452 – 500.000 = 7.452

Ambos resultados son iguales, por lo tanto aritméticamente la nivelación es correcta.

3.4.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO NATURAL.

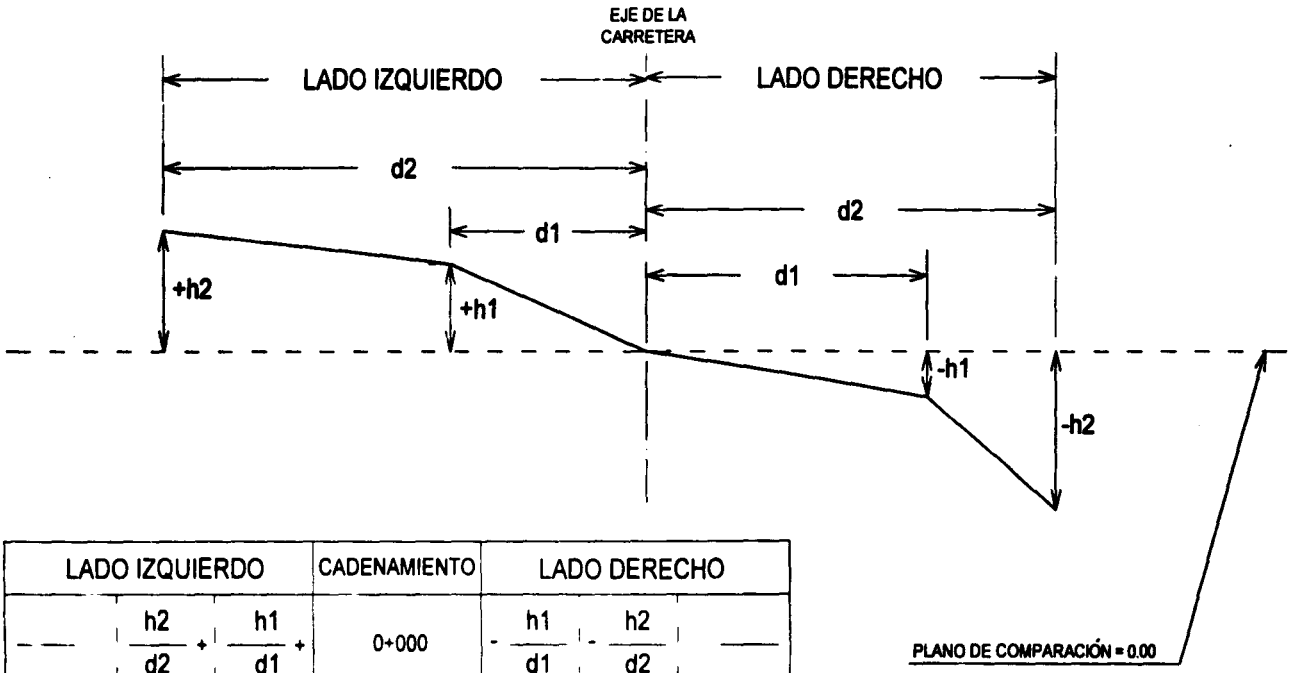
Con el propósito de obtener la configuración del terreno natural en cada uno de los puntos predeterminados (estaciones cerradas de 20 metros o intermedias) a lo largo del eje de la carretera, se realiza la nivelación transversal de cada uno de estos puntos. Cuando las características topográficas lo permiten esta nivelación se lleva a cabo con nivel fijo, aunque generalmente se realiza con nivel de mano, para este ultimo caso se procede así:

1.- Un elemento de la brigada determina la altura de su (s) ojo (s), con que hará la lectura en el estadal.

2.- La dirección en que se efectuara la nivelación será normal al eje de la carretera y a ambos lados de este. La normal puede estimarse parándose en el punto que se va a seccionar con los brazos abiertos según el eje de la carretera, se cierran ambas manos hacia adelante hasta juntarse, entonces la dirección en que apuntan ambas manos será normal al eje de la carretera.

3.- La nivelación se hará transversalmente a todas aquellas distancias en que la configuración del terreno varié de manera considerable, a ambos lados del eje de la carretera y en la longitud necesaria para alojar el proyecto de la subrasante en la sección. Partiendo del eje de la carretera se tomara la distancia y desnivel total, a cada uno de los puntos que definirán la sección transversal. Esta información se registrara en un formato como el mostrado en la página 69. En la figura 21, se muestra una sección transversal y su registro.

FIGURA 21 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TERRENO NATURAL Y SU REGISTRO



LADO IZQUIERDO	CADENAMIENTO	LADO DERECHO
$\frac{h2}{d2}$ + $\frac{h1}{d1}$ +	0+000	- $\frac{h1}{d1}$ - $\frac{h2}{d2}$

REGISTRO DE SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO NATURAL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

SECCIONO:
FECHA:
HOJA: 1/1

LADO IZQUIERDO						CADENAMIENTO (C L)	LADO DERECHO					
—	—	—	—	0 10 / 7 00 +	0 10 / 3 00 +	0+000	- 0 00 / 8 20	—	—	—	—	—
—	—	1 60 / 8 00 -	1 30 / 6 70 -	1 00 / 3 80 -	0 20 / 1 50 -	0+020	+ 0 00 / 6 30	- 0 30 / 7 40	- 0 20 / 8 00	—	—	—
—	0 70 / 8 00 +	0 50 / 6 10 +	0 10 / 4 30 +	0 20 / 3 40 -	0 10 / 2 20 +	0+040	- 0 10 / 4 90	- 0 20 / 6 30	- 0 10 / 7 60	- 0 90 / 9 00	—	—
—	—	1 35 / 8 00 +	0 60 / 6 60 +	0 15 / 5 15 -	0 15 / 4 30 +	0+047 40	- 0 10 / 3 50	+ 0 15 / 4 00	+ 0 30 / 4 70	- 1 30 / 8 00	—	—
—	—	0 35 / 8 00 +	0 10 / 7 15 -	0 10 / 6 70 -	0 10 / 6 00 +	0+060	+ 0 00 / 1 35	+ 0 45 / 3 30	+ 1 20 / 4 50	+ 0 75 / 7 70	- 1 00 / 8 00	—
—	—	0 15 / 8 00 +	0 25 / 7 50 -	0 20 / 7 10 -	0 05 / 6 50 -	0+080	- 0 20 / 1 45	+ 0 55 / 3 25	- 2 05 / 8 00	—	—	—
—	—	0 40 / 8 00 +	0 00 / 7 45 +	0 20 / 6 30 -	0 10 / 5 35 +	0+100	- 0 05 / 1 70	- 0 20 / 2 40	- 0 05 / 3 40	- 1 05 / 5 75	- 1 10 / 8 00	—
—	—	1 15 / 8 00 -	0 10 / 6 00 +	0 10 / 5 30 -	0 15 / 4 60 +	PC= 0+111 13	+ 0 00 / 2 55	- 0 15 / 3 60	- 0 50 / 5 80	- 0 80 / 8 00	—	—
—	—	0 25 / 8 00 -	0 15 / 6 45 -	0 20 / 5 10 -	0 10 / 4 00 +	0+113 80	- 0 10 / 4 40	- 0 40 / 7 50	- 0 45 / 8 00	—	—	—
—	0 25 / 8 00 +	0 10 / 6 25 +	0 25 / 5 70 -	0 20 / 5 20 -	0 15 / 3 70 +	0+120	- 0 05 / 3 30	+ 0 15 / 5 40	+ 0 80 / 7 80	- 0 30 / 8 50	—	—
—	—	—	0 80 / 8 00 -	0 50 / 7 20 -	0 10 / 4 25 -	0+140	+ 0 20 / 4 30	+ 1 00 / 6 10	+ 2 10 / 7 15	+ 2 50 / 8 00	—	—
—	—	—	1 50 / 9 50 -	1 35 / 8 00 -	0 00 / 4 35 +	0+160	+ 0 15 / 3 00	+ 0 25 / 4 20	+ 2 60 / 5 70	+ 2 90 / 7 80	+ 2 40 / 8 00	—
—	0 80 / 8 50 -	1 20 / 7 50 -	0 90 / 6 30 -	0 95 / 5 00 -	0 05 / 4 50 -	PT= 0+172.52	+ 0 25 / 8 00	—	—	—	—	—
—	—	—	0 80 / 10 00 -	0 90 / 6 20 -	0 10 / 5 50 -	0+180	+ 0 10 / 5 00	+ 0 25 / 8 00	—	—	—	—
—	—	0 30 / 8 00 +	0 30 / 6 60 +	0 20 / 3 80 -	0 00 / 0 30 +	0+200	+ 0 10 / 3 80	- 0 20 / 4 00	- 0 15 / 4 50	+ 0 70 / 6 30	+ 0 35 / 8 00	—
0 55 / 8 00 +	0 15 / 7 20 +	0 15 / 5 80 +	0 20 / 4 75 +	0 20 / 4 10 -	0 05 / 3 65 -	0+220	+ 0 20 / 4 00	- 0 20 / 4 65	+ 1 25 / 7 40	- 0 15 / 8 00	—	—
1 00 / 9 00 +	0 80 / 8 00 +	0 30 / 7 30 +	0 20 / 5 30 +	0 15 / 4 50 -	0 05 / 3 50 +	0+240	+ 0 10 / 3 90	- 0 25 / 4 00	- 0 20 / 4 50	+ 0 50 / 7 00	- 0 10 / 9 00	- 0 10 / 10 00
0 35 / 11 00 -	0 35 / 10 00 -	0 30 / 8 50 -	0 20 / 5 60 -	0 30 / 4 00 +	0 10 / 3 00 +	PC= 0+259 46	+ 0 05 / 3 50	+ 0 00 / 4 60	+ 0 40 / 7 70	+ 0 20 / 10 00	—	—
—	—	0 10 / 10 00 +	0 00 / 6 90 +	0 40 / 6 00 -	0 05 / 4 90 -	0+260	- 0 05 / 2 40	- 0 30 / 3 30	- 0 35 / 4 00	- 0 20 / 4 60	- 0 30 / 6 70	- 0 85 / 10 00
1 05 / 11 00 -	1 05 / 10 00 -	0 90 / 6 20 -	0 50 / 4 00 -	0 60 / 3 20 -	0 10 / 1 80 -	0+280	- 0 05 / 5 50	- 0 45 / 6 50	- 0 30 / 7 40	- 0 55 / 9 15	- 0 30 / 10 00	—
—	0 80 / 10 00 -	0 80 / 7 10 -	0 30 / 4 20 -	0 50 / 3 40 -	0 10 / 2 40 -	0+300	+ 0 05 / 4 70	- 0 30 / 6 40	+ 0 20 / 8 00	—	—	—
0 85 / 10 00 -	1 10 / 9 60 -	1 20 / 7 20 -	0 00 / 4 50 +	0 30 / 3 70 -	0 15 / 2 40 +	PT= 0+302.73	+ 0 05 / 4 00	- 0 35 / 6 30	- 0 15 / 7 30	- 2 30 / 10 00	—	—

CAPÍTULO 4 SECCIÓN TRANSVERSAL

4.1 DEFINICIÓN

4.2 ELEMENTOS QUE LA INTEGRAN

4.3 DATOS DE CONSTRUCCIÓN

4.- SECCIÓN TRANSVERSAL

4.1.- DEFINICIÓN

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

4.2.- ELEMENTOS QUE LA INTEGRAN

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: La corona, la subcorona, las cunetas y contra cunetas, los taludes y las partes complementarias. En la figura 22 se muestra una sección transversal tipo de un camino, en tangente del alineamiento horizontal.

- **Corona**

Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino. Los elementos que definen la corona son: La rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

- Rasante

Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo del eje de la corona del camino; en la sección transversal esta representada por un punto.

- Pendiente transversal

Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal, se presentan tres casos:

- Bombeo

Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre al camino. En la tabla siguiente se indican los valores empleados de acuerdo al tipo de superficie de rodamiento

TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO		BOMBEO
MUY BUENA	SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAULICO O ASFÁLTICO TENDIDO CON EXTENDEDORA MECANICA	2% (0.02)
BUENA	SUPERFICIE DE MEZCLA ASFALTICA, TENDIDA CON MOTOCONFORMADORA Y CARPETAS DE DOS RIEGOS	2% (0.02)
REGULAR O MALA	SUPERFICIE DE TIERRA O GRAVA	3% (0.03)

- Sobreelevación

Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.
La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular, es:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{Rc} - \mu$$

En donde:

S= Sobreelevación, en valor absoluto.
V= Velocidad del vehículo, en Km / Hr.
Rc= Radio de la curva, en metros.
μ = Coeficiente de fricción lateral.

La S.C.T. Admite como valor máximo para la sobreelevación un 10% (Smax= 10%). Una vez fijado el valor máximo de la sobreelevación, el grado máximo de curvatura queda definido para cada velocidad mediante la aplicación de la expresión anterior, expresando el radio en función del grado tenemos:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{Rc} - \mu \qquad Rc = \frac{1{,}145.92}{Gc}$$

$$Smax = 0.00785 \frac{V^2 Gmax}{1{,}145.92} - \mu = (0.00000685)(V^2)(Gmax) - \mu = 0.10$$

$$(0.00000685)(V^2)(Gmax) - \mu + \mu = 0.10 + \mu$$

$$Gmax = \frac{0.10 + \mu}{(00000685)(V^2)} = \frac{(145{,}985.40)(0.10 + \mu)}{V^2}$$

El radio correspondiente al grado máximo lo obtenemos con la fórmula:

$$Rc = \frac{1{,}145.92}{Gmax}$$

En la tabla siguiente se indica el coeficiente de fricción lateral correspondiente a velocidades de 30 km/hr a 110 km/hr, con los cuales se determinara el grado máximo de curvatura respectivo.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km / hr)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL μ	GRADO MÁXIMO CALCULADO PARA Smax= 10% (Gmax)	VALORES EMPLEADOS PARA PROYECTO	
			(Gmax)	(Rc)
30	0.280	61.64	62	18.48
40	0.230	30.11	30	38.20
50	0.190	16.93	17	67.41
60	0.165	10.75	11	104.17
70	0.150	7.45	7.5	152.79
80	0.140	5.47	5.5	208.35
90	0.135	4.24	4.25	269.63
100	0.130	3.36	3.25	352.59
110	0.125	2.71	2.75	416.70

A las curvas que tienen el grado de curvatura máximo, corresponderá la sobreelevación máxima. En las curvas con grado menor al máximo, se determina la sobreelevación correspondiente de la manera siguiente:

Se calcula la sobreelevación proporcionalmente al grado de curvatura de manera que S=0.00% para Gc=0° 00' y S=Smax para Gc=Gmax; o sea que para un Gc cualquiera: S=(Smax ÷ Gmax) (Gc). En las figuras 26, 27, 28 y 29 se indican los valores de la sobreelevación para diferentes grados de curvatura y velocidades, mismos que se utilizan para proyecto según el tipo de carretera.

- Transición del bombeo a la sobreelevación

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

Para pasar del, bombeo a la sobreelevación, se gira la sección sobre el eje de la corona, en la figura 23 se indica la variación de la sobreelevación y las secciones transversales correspondientes para una curva circular con transición mixta y en la figura 24 para una curva con espiral de transición.

- **Calzada**

Es la parte de la corona destinada al tránsito de los vehículos y constituida por uno o mas carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de la calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

- Ancho de la calzada en tangente

Para determinar el ancho de la calzada en tangente debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o de un determinado año de vida del camino. Los anchos de carril usuales son: 2.75 m, 3.05 m, 3.35 m y 3.65 m; normalmente se proyectan dos, cuatro o mas carriles, sin embargo cuando el volumen de tránsito es muy bajo (de 75 vehículos por día o menos) se proyectan caminos de un solo carril para las dos direcciones de tránsito con un ancho de 4.50 m

- Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal

Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente, por lo que es necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreancho se le llama ampliación y debe darse tanto a la calzada como a la corona.

El ancho de calzada para cada cadenamiento en curvas del alineamiento horizontal, se determina sumando el ancho de calzada "C" y la ampliación por curva " Ac" que corresponda al cadenamiento. Así mismo el ancho de la subcorana para cada estación será lo que resulte de sumar el ancho de calzada "C", el ensanche correspondiente a cada carril "e_1 + e_2", y la ampliación "Ac" respectiva. En la figura 25 se muestra la forma en que intervienen los elementos que forman la sección transversal en el calculo de el ensanche "e_1 y e_2", empleado para determinar el ancho de la calzada en curva.

Para caminos de cuatro carriles sin dividir, la ampliación de la curva tendrá un valor doble que el calculado para caminos de dos carriles. Si están divididos, a cada calzada corresponderá la ampliación calculada.

Para fines de proyecto no se consideran las ampliaciones que resulten menores de 20.00 centímetros; si la ampliación resultase mayor deberá redondearse al decímetro próximo superior.

La ampliación de la calzada en las curvas se da en al lado interior. Para pasar del ancho de calzada en tangente al ancho de calzada en curva, se aprovecha la longitud de transición requerida para dar la sobreelevación, de manera que la orilla interior de la calzada forme una curva suave sin quiebres bruscos a lo largo de ella. En la figura 23 se indica la variación de la ampliación para una curva con transición mixta y en la figura 24 para una curva con espiral de transición.

En curvas circulares la ampliación se da proporcionalmente a la longitud de la espiral, esto es:

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

A' = Es la ampliación en una estación que esta a L metros del TE o TM
Le = Es la longitud de la espiral, en metros.
A = Es la ampliación total en la curva, en metros.

Por lo tanto se tendrá una ampliación nula en TE, ET, TM y MT y una ampliación total en EC, CE, MC y CM, según se trate de curvas con espiral de transición o con transición mixta. En las figuras 26, 27, 28 y 29 se indican los valores de la ampliación para diferentes grados de curvatura y velocidades mismos que se utilizan para proyecto según el tipo de carretera.

- **Acotamientos**

Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino, el ancho de los mismos depende del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar; en la práctica su valor varia entre 0.50 metros y 3.00 metros.

- **Subcorona**

Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la cual se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.
Terracerías es el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona, define los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos intermedios en que esta diferencia es nula, se les llama puntos de paso y a las líneas que unen esos puntos en un tramo del camino, línea de paso. A los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan al terreno natural, se les llama ceros y a las líneas que los unen a lo largo del camino, líneas de ceros.
Pavimento es la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona y tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcoraona, no le causen deformaciones perjudiciales, al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Generalmente los pavimentos están formados por una sub-base, una base y la carpeta.
Los elementos que definen la subcorona y que son básicos en el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

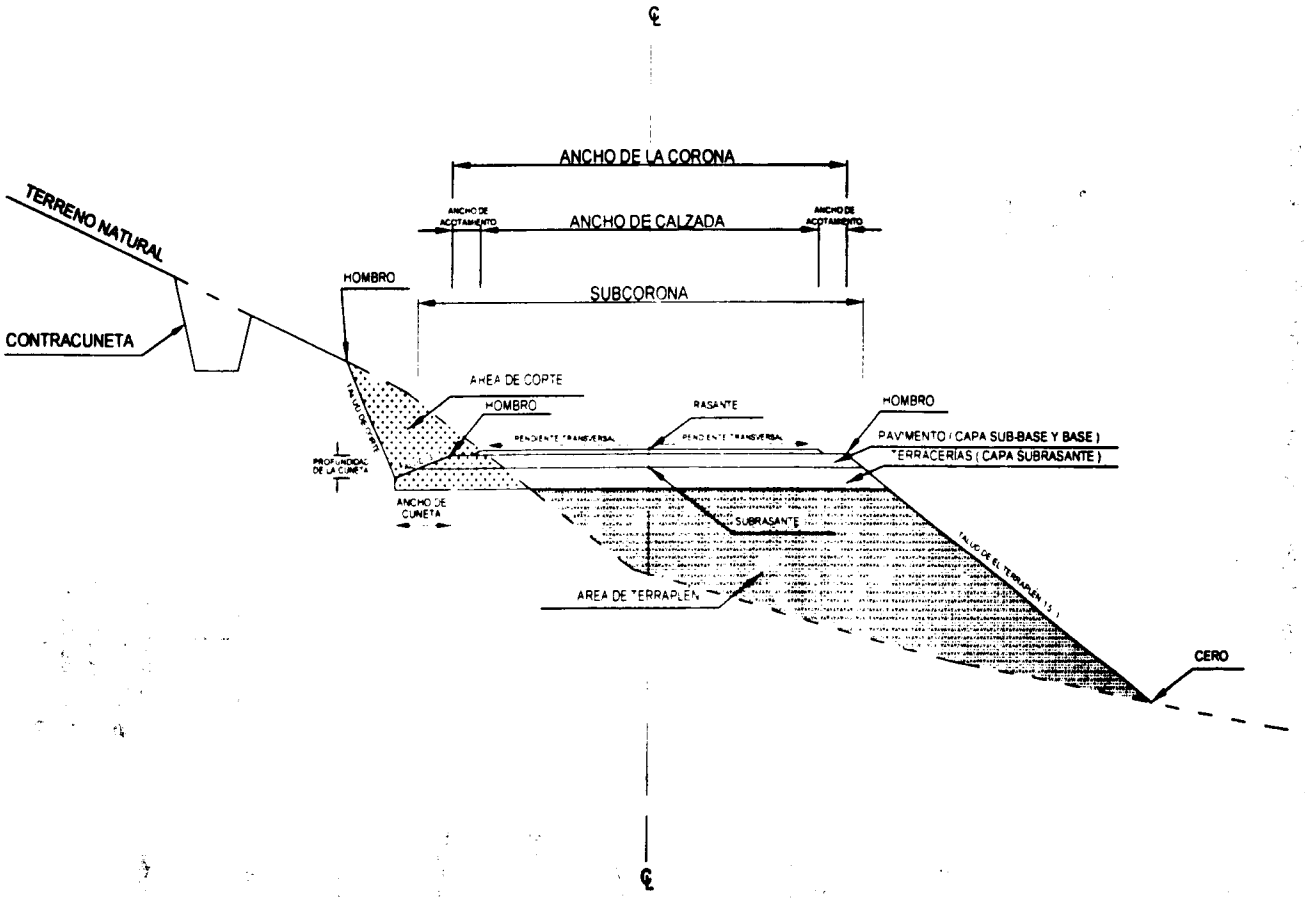
- Subrasante

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, determina el espesor del pavimento y su desnivel con respecto al terreno natural, determina el espesor de corte o terraplén.

- Pendiente transversal

La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, con lo que se logra mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación según se localice la sección en tangente, en transición o en curva.

FIGURA 22 SECCIÓN TRANSVERSAL TIPICA EN UNA TANGENTE DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL



- Ancho

Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho esta en función del ancho de corona y del ensanche.

El ancho **As** de la subcorona lo calculamos con la expresión siguiente:

$$As = C + e_1 + e_2 + A$$

En donde:

As = Ancho de la subcorona, en metros.
C = Ancho de la corona en tangente, en metros.
e_1 y e_2 = Ensanche, a cada lado del camino, en metros.
A = Ampliación de la calzada en la sección considerada, en metros.

El ensanche es el sobreancho que se da a cada lado de la subcorona para que, con los taludes de proyecto, se obtenga el ancho de corona después de construir la capa del pavimento; esta en función del espesor de pavimento, de la pendiente transversal y de los taludes.

a) Cuando el espesor tiene un valor bajo.

Cuando esto sucede, la subcorona corta primero al talud de la cuneta que al talud del corte (Figura 25a), en este caso el ensanche de la subcorona se calcula de la siguiente manera:

De la figura 25a, tenemos:

$$A = B + C, \text{ por lo tanto : } \quad B = A - C$$

Como: $A = (e)(\tan \alpha)$ y $C = (e)(\tan \theta)$

se tiene que: $B = (e)(\tan \alpha - \tan \theta)$

por convención: $\tan \alpha = \frac{1}{t}$ y $\tan \theta = -S$

quedando: $B = e \left[\frac{1}{t} - (-S) \right]$

por lo tanto: $e = \dfrac{B}{\left[\frac{1}{t} + S \right]}$

En donde:

e = Ensanche, en metros.
B = Espesor de base y sub-base, en metros.
t = Talud de la cuneta o terraplén.
S = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona (es igual a la de la subcorona), con su signo y expresada en decimales.

b) Cuando el espesor del pavimento tiene un valor alto.
Cuando esto sucede, la subcorona corta primero el talud del corte que al talud de la cuneta (figura 25b), en este caso el ensanche de la subcorona se calcula de la siguiente manera:

De la figura 25b, tenemos:

$$(E-1)\tan\alpha = a+b+c = d\tan\gamma + d\tan\theta + (E-1)\tan\theta$$

por convención: $\tan\alpha = \frac{1}{t}$, $\tan\theta = -S$ y $\tan\gamma = \frac{1}{T}$

entonces:

$$\frac{(E-1)}{t} = d\left[\frac{1}{T}+(-S)\right] + \left[(E-1)(-S)\right]$$

$$d\left[\frac{1}{T}+(-S)\right] = \frac{(E-1)}{t} - \left[(E-1)(-S)\right] = (E-1)\left[\frac{1}{t}+S\right]$$

$$d = \frac{(E-1)\left[\frac{1}{t}+S\right]}{\left[\frac{1}{T}-S\right]}$$

por otra parte:

$$B = (E)(\tan\alpha) - (E)(\tan\theta)$$
$$B = (E)(\tan\alpha - \tan\theta)$$

sustituyendo valores y despejando E, tenemos:

$$E = \frac{B}{\left[\frac{1}{t}+S\right]}$$

substituyendo el valor de E, en el valor de d, se tiene:

$$d = \frac{\left[\frac{B}{\left[\frac{1}{t}+S\right]} - 1\right]\left[\frac{1}{t}+S\right]}{\left[\frac{1}{T}-S\right]}$$

$$d = \frac{B - \left[\frac{1}{t}+S\right]}{\left[\frac{1}{T}-S\right]}$$

y el ensanche valdrá: $e = 1 - d$

por lo tanto:

$$e = 1 - \frac{B - \frac{1}{t} - S}{\left[\frac{1}{T} - S\right]} = \frac{\left[\frac{1}{T} - S\right] - \left[B - \frac{1}{t} - S\right]}{\left[\frac{1}{T} - S\right]}$$

$$e = \frac{\frac{1}{T} - S - B + \frac{1}{t} + S}{\frac{1}{T} - S}$$

por lo tanto:

$$e = \frac{\left[\frac{1}{T} + \frac{1}{t} - B\right]}{\left[\frac{1}{T} - S\right]}$$

En donde:

e = Ensanche, en metros.
B = Espesor de base y sub-base, en metros.
T = Talud del corte.
t = Talud de la cuneta.
S = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona (es igual a la de la subcorona), con su signo y expresada en decimales.

- **Ampliación y sobreelevación en transiciones.**

En la página 90, se muestra el formato que se emplea para calcular y presentar las ampliaciones y sobreelevaciónes de la subcorona en las curvas y transiciones del alineamiento horizontal.
En la parte superior como encabezado tenemos cinco (5) columnas, En la primera se anotan los datos que identifican a la obra (nombre del camino, tramo y subtramo); en la segunda se anotan los datos generales de proyecto geométrico (velocidad de proyecto **V**, sobreelevación máxima **Smax** grado máximo de curvatura **Gmax**, ancho de la corona en tangente **C**, el bombeo en tangente **b**, el espesor de la base mas sub-base **B**; en la tercera columna se anotan los datos especificos de la curva que se este analizando (el grado y sentido de la deflexión **G**, la sobreelevación de la curva **S** la longitud de la transición **Le**, la distancia **N**, la ampliación de la curva **A** y los taludes de la cuneta, los cortes y los terraplenes; en la cuarta columna se anotaran los cadenamientos que definen la curva circular y sus transiciones (**TM**, **MC**, **CM** y **MT** o **TE**, **EC**, **CE** y **ET**), en la quinta columna se efectúa el cálculo de las parámetros que definen la variación de la sobreelevación **DS** y de la ampliación **DA**. Como esta variación es lineal tenemos que:

$$DS = \frac{S}{Le} \qquad y \qquad DA = \frac{A}{Le}$$

Una vez completa la parte superior del formato, se procede al llenado de las columnas y renglones de la tabla.

En las columnas uno y dos (1 y 2) se anota el cadenamiento de los puntos donde se calcularan las sobreelevaciones y ampliaciones (estaciones cerradas de veinte metros, estaciones intermedias, puntos que definen la curva y sus transiciones así como los puntos que se encuentran a una distancia **N** del principio o fin de la transición).

En la columna tres (3) se anotan las distancias entre el inicio de la transición y los puntos donde se desea calcular la sobreelevación y/o ampliación, hasta el termino de la transición.

En la columna cuatro (4) se anotan las sobreelevaciones, tanto izquierda como derecha de las alas del camino.

En la columna cinco (5) se anotan las ampliaciones de la curva, ya sea izquierda o derecha según corresponda.

En la columna seis (6) se anotan los valores establecidos para los taludes en corte (varia de 1/8 :1 a 1 : 1), de cuneta (3 : 1) y de terraplén (1.5 : 1).

En la columna sete (7) se anotan los ensanches calculados, limitados por los taludes de corte, cuneta o terraplén.

En la columna ocho (8) se anotan los semianchos de la subcorona para proyecto, los cuales están integrados por la suma de la semicorona en tangente horizontal, el ensanche y la ampliación.

- **Cunetas y contracunetas**

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

- **Cunetas**

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte en uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua, que escurre por la corona y los taludes de corte. Normalmente tienen sección triangular con un ancho de un (1.00) metro, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud generalmente es de 3 : 1.

- **Contracunetas**

Las contracunetas son zanjas de sección trapezoidal, que se construyen arriba de la línea de ceros en un corte, tienen el fin de interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

- **Taludes**

Es la inclinación que tiene el paramento de los cortes o terraplenes, expresado numéricamente por el reciproco de la pendiente (es la superficie que en los cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de cuneta y en terraplenes es la superficie que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente).

- **Partes complementarias**

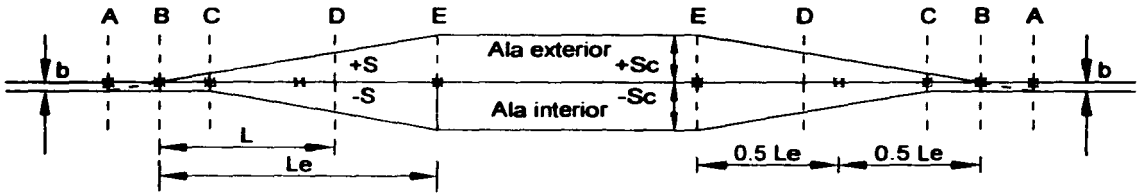
Son todos los elementos que ocurren ocasionalmente en la sección transversal y que tienen la finalidad de mejorar la operación y conservación del camino (guarniciones, bordillos, banquetas, etc.)

FIGURA 23 LOCALIZACIÓN RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

1.- CURVA CIRCULAR CON TRANSICIÓN MIXTA

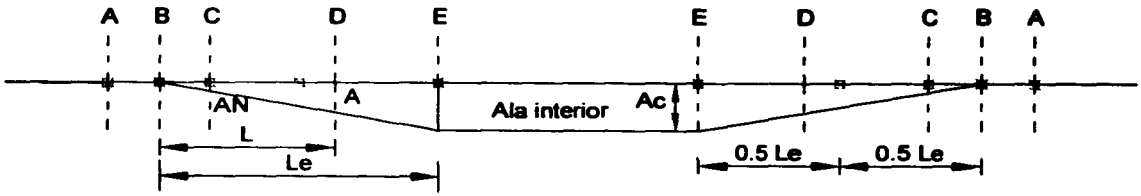
Se empleara en carreteras tipo "D" y "E", y en carreteras tipo "A", "B" y "C", cuando la sobreelevación de la curva sea menor de 7%

2.- VARIACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN



$N = (b \div Sc)\ Le \qquad S = (L \div Le)\ Sc$

3.- VARIACIÓN DE LA AMPLIACIÓN



$AN = (b \div Sc)\ Ac \qquad A = (L \div Le)\ Ac$

4.- SECCIONES TRANSVERSALES

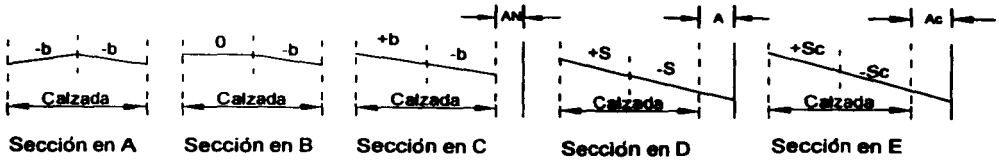
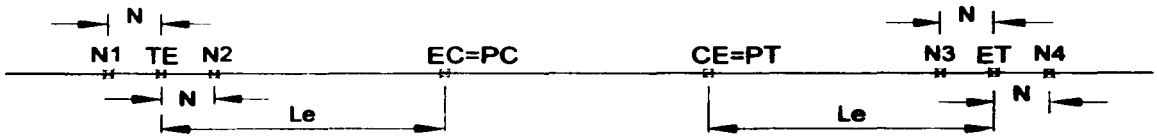


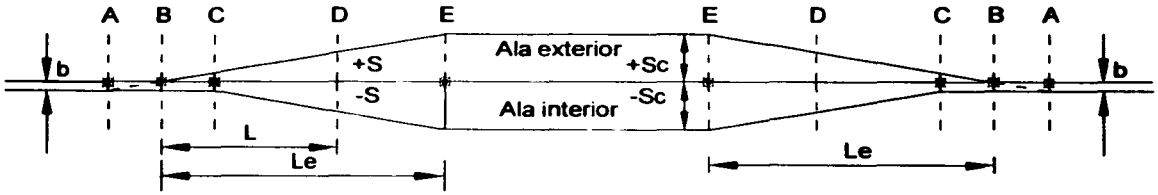
FIGURA 24 LOCALIZACIÓN RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

1.- CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL DETRANSICIÓN

Se empleara en carreteras tipo "A", "B" y "C", cuando la sobreelevación de la curva sea mayor o igual a 7%

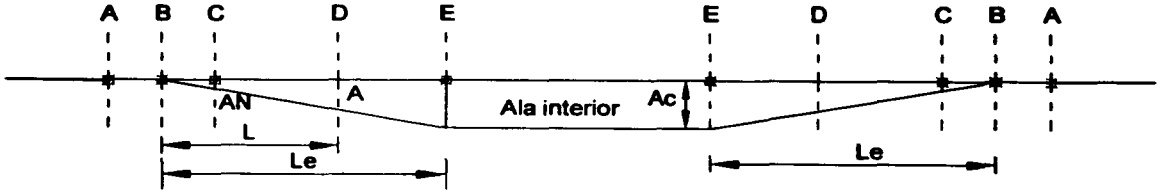


2.- VARIACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN



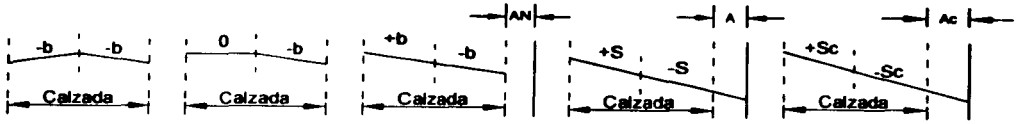
$N = (b \div Sc) Le$ $S = (L \div Le) Sc$

3.- VARIACIÓN DE LA AMPLIACIÓN



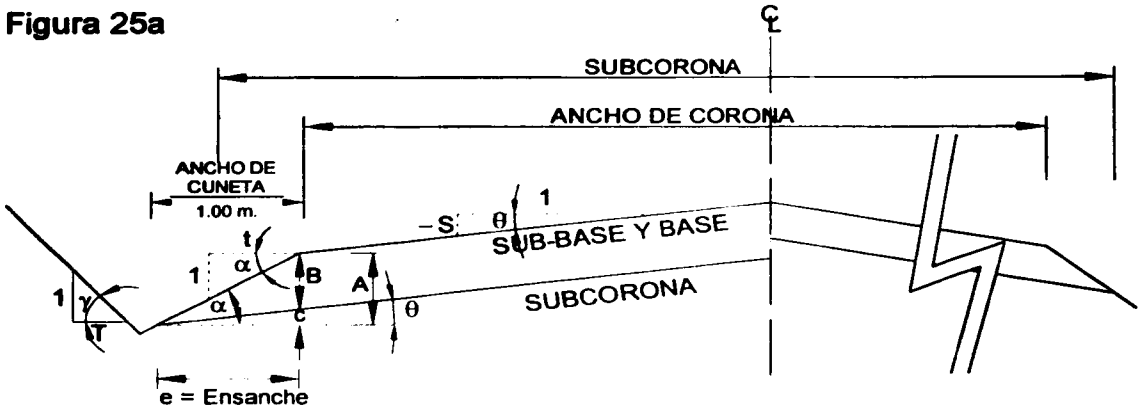
$AN = (b \div Sc) Ac$ $A = (L \div Le) Ac$

4.- SECCIONES TRANSVERSALES



Sección en A Sección en B Sección en C Sección en D Sección en E

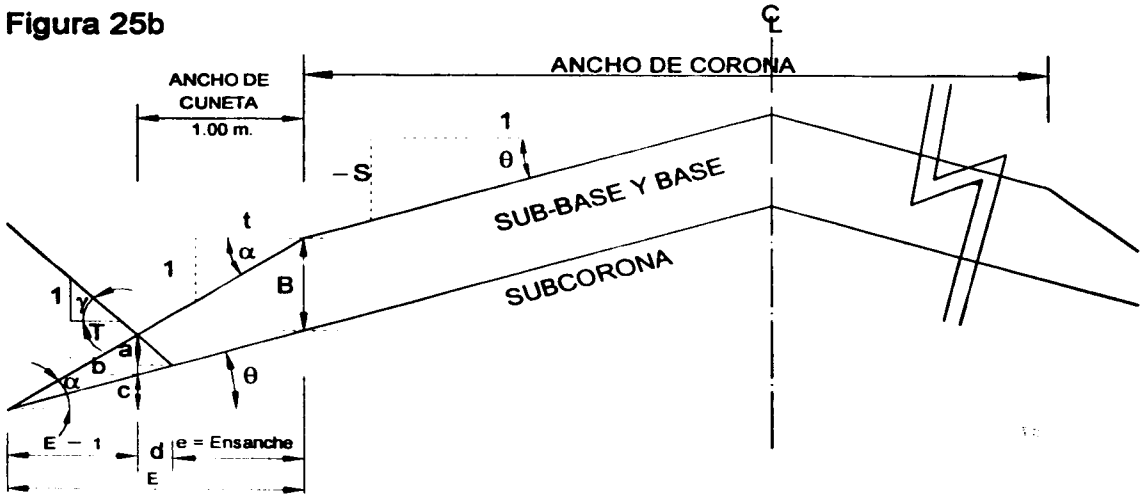
Figura 25a



$$e = \frac{B}{\frac{1}{t} + S}$$

e = Ensanche, en metros
B = Espesor de la base y subase, en metros.
t = Talud de la cuneta o terraplén, en metros.
S = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona, en decimales.

Figura 25b



$$e = \frac{\frac{1}{T} + \frac{1}{t} - B}{\frac{1}{T} - S}$$

e = Ensanche, en metros.
B = Espesor de la base y subase, en metros.
T = Talud del corte.
t = Talud de la cuneta o terraplén, en metros.
S = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona, en decimales.

FIGURA 25 ENSANCHE DE LA SUBCORONA

FIGURA 26 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "D" Y "E"

VELOCIDAD		30 km / hr			40 km / hr			50 km / hr			60 km / hr			70 km / hr		
Gc	Rc	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)
0° 30'	2 291.84	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.2	3.0	16	0.3	3.0	19	0.3	3.0	22
1° 00'	1 145.92	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.3	3.0	16	0.3	3.0	19	0.3	3.0	22
1° 30'	763.94	0.2	3.0	10	0.3	3.0	13	0.3	3.0	16	0.3	3.0	19	0.4	3.0	22
2° 00'	572.96	0.2	3.0	10	0.3	3.0	13	0.3	3.0	16	0.4	3.0	19	0.4	3.0	22
2° 30'	458.37	0.3	3.0	10	0.3	3.0	13	0.4	3.0	16	0.4	3.0	19	0.5	3.0	22
3° 00'	381.97	0.3	3.0	10	0.4	3.0	13	0.4	3.0	16	0.5	3.0	19	0.5	4.0	22
3° 30'	327.40	0.3	3.0	10	0.4	3.0	13	0.4	3.0	16	0.5	3.2	19	0.6	4.7	26
4° 00'	286.48	0.3	3.0	10	0.4	3.0	13	0.5	3.0	16	0.5	3.6	19	0.6	5.3	30
4° 30'	254.65	0.4	3.0	10	0.4	3.0	13	0.5	3.0	16	0.6	4.1	20	0.6	6.0	34
5° 00'	229.18	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.5	3.0	16	0.6	4.5	22	0.7	6.7	37
5° 30'	208.35	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.5	3.2	16	0.6	5.0	24	0.7	7.3	41
6° 00'	190.99	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	3.5	16	0.6	5.5	26	0.7	8.0	45
6° 30'	176.29	0.5	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	3.8	16	0.7	5.9	28	0.8	8.7	49
7° 00'	163.77	0.5	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	4.1	16	0.7	6.4	31	0.8	9.3	52
7° 30'	152.79	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	4.4	18	0.7	6.8	33	0.9	10.0	56
8° 00'	143.29	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	4.7	19	0.8	7.3	35			
8° 30'	134.81	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	5.0	20	0.8	7.7	37			
9° 00'	127.32	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	5.3	21	0.8	8.2	39			
9° 30'	120.62	0.6	3.0	10	0.7	3.2	13	0.7	5.5	22	0.9	8.6	41			
10° 00'	114.59	0.6	3.0	10	0.7	3.3	13	0.8	5.9	24	0.9	9.1	44			
11° 00'	104.14	0.6	3.0	10	0.7	3.6	13	0.8	6.5	26	0.9	10.0	48			
12° 00'	95.49	0.6	3.0	10	0.8	4.0	13	0.9	7.1	28						
13° 00'	88.15	0.7	3.0	10	0.8	4.3	14	0.9	7.6	31						
14° 00'	81.85	0.7	3.0	10	0.8	4.7	15	0.9	8.2	33						
15° 00'	76.39	0.7	3.0	10	0.9	5.0	16	1.0	8.8	35						
16° 00'	71.62	0.8	3.0	10	0.9	5.3	17	1.0	9.4	38						
17° 00'	67.41	0.8	3.0	10	0.9	5.6	18	1.1	10.0	40						
18° 00'	63.66	0.8	3.0	10	1.0	6.0	19									
19° 00'	60.31	0.9	3.2	10	1.0	6.3	20									
20° 00'	57.30	0.9	3.3	10	1.0	6.7	21									
22° 00'	52.09	1.0	3.7	10	1.1	7.3	23									
24° 00'	47.75	1.0	4.0	10	1.2	8.0	26									
26° 00'	44.07	1.1	4.3	10	1.3	8.7	28									
28° 00'	40.93	1.1	4.7	11	1.3	9.3	30									
30° 00'	38.20	1.2	5.0	12	1.4	10.0	32									
32° 00'	35.81	1.3	5.3	13												
34° 00'	33.70	1.3	5.7	14												
36° 00'	31.83	1.4	6.0	14												
38° 00'	30.16	1.5	6.3	15												
40° 00'	28.65	1.5	6.7	16												
42° 00'	27.28	1.6	7.0	17												
44° 00'	26.04	1.6	7.3	18												
46° 00'	24.91	1.7	7.7	18												
48° 00'	23.87	1.8	8.0	19												
50° 00'	22.92	1.8	8.3	20												
52° 00'	22.04	1.9	8.7	21												
54° 00'	21.22	1.9	9.0	22												
56° 00'	20.46	2.0	9.3	22												
58° 00'	19.71	2.0	9.7	23												
60° 00'	19.10	2.1	10.0	24												

Ac = AMPLIACIÓN DE LA CALZADA Y LA CORONA EN METROS
Sc = SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA EN PORCENTAJE
Le = LONGITUD DE LA TRANSICIÓN MIXTA EN METROS

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA									
			E					D				
TDPA		Ven/Día	HASTA 100					DE 100 A 500				
TERRENO	MONTAÑOSO											
	LOMERIO											
	PLANO											
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/hr	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA		°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5
CURVAS VERTICALES LONG. MÍN.		m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9	7				8	6			
PENDIENTE MÁXIMA		%	13	10	7			12	9	6		
ANCHO DE CALZADA		m	4.00					6.00				
ANCHO DE CORONA		m	4.00					6.00				
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	0.00					0.00				
BOMBEO		%	3					3				
SOBREELEVACIÓN MÁXIMA		%	10					10				

1 CUALQUIERA QUE SEA LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA SE DEBERÁ UTILIZAR TRANSICIÓN MIXTA
2 EN CARRETERAS TIPO "E" NO SE DARÁ LA AMPLIACIÓN POR CURVATURA A MENOS QUE SE PROYECTEN ENSANCHES EN LA CURVA HORIZONTAL
3 PARA GRADOS DE CURVA NO PREVISTOS EN ESTA TABLA LOS VALORES CORRESPONDIENTES PARA Ac, Le y Sc SE DEBERÁN OBTENER POR INTERPOLACIÓN LINEAL

FIGURA 27 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "C"

VELOCIDAD		40 km / hr			50 km / hr			60 km / hr			70 km / hr			80 km / hr			900 km / hr			100 km / hr		
Gc	Rc	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)
0° 15'	4 583.68	0.2	2.0	22	0.2	2.0	28	0.2	2.0	34	0.2	2.0	39	0.2	2.0	45	0.2	2.0	50	0.3	2.0	56
0° 30'	2 291.84	0.2	2.0	22	0.2	2.0	28	0.2	2.0	34	0.2	2.0	39	0.2	2.0	45	0.2	2.0	50	0.3	2.0	56
0° 45'	1 527.89	0.2	2.0	22	0.2	2.0	28	0.2	2.0	34	0.2	2.0	39	0.2	2.4	45	0.2	2.8	50	0.4	3.5	56
1° 00'	1 145.92	0.2	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.0	34	0.3	2.5	39	0.3	3.0	45	0.4	3.5	50	0.4	4.6	56
1° 15'	916.74	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.3	34	0.4	3.0	39	0.4	3.7	45	0.4	4.5	50	0.5	5.6	56
1° 30'	763.94	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.4	2.8	34	0.4	3.6	39	0.4	4.4	45	0.5	5.3	50	0.5	6.5	56
1° 45'	654.81	0.3	2.0	22	0.3	2.2	28	0.4	3.2	34	0.4	4.1	39	0.5	5.0	45	0.5	6.0	50	0.6	7.3	58
2° 00'	572.96	0.3	2.0	22	0.4	2.5	28	0.4	3.6	34	0.5	4.6	39	0.5	5.7	45	0.5	6.8	50	0.6	8.1	65
2° 15'	509.30	0.3	2.0	22	0.4	2.8	28	0.4	4.0	34	0.5	5.1	39	0.5	6.2	45	0.6	7.4	53	0.6	8.7	70
2° 30'	458.37	0.4	2.1	22	0.4	3.1	28	0.5	4.4	34	0.5	5.5	39	0.6	6.7	45	0.6	7.9	57	0.7	9.3	74
2° 45'	416.70	0.4	2.3	22	0.4	3.4	28	0.5	4.7	34	0.5	5.9	39	0.6	7.2	46	0.6	8.4	60	0.7	9.6	77
3° 00'	381.97	0.4	2.5	22	0.5	3.7	28	0.5	5.1	34	0.6	6.4	39	0.6	7.7	49	0.7	8.8	63	0.7	9.9	79
3° 15'	352.59	0.4	2.7	22	0.5	3.9	28	0.5	5.4	34	0.6	6.8	39	0.6	8.1	52	0.7	9.2	66	0.8	10.0	80
3° 30'	327.40	0.4	2.9	22	0.5	4.2	28	0.5	5.7	34	0.6	7.1	40	0.7	8.5	54	0.7	9.6	69			
3° 45'	305.58	0.5	3.1	22	0.5	4.4	28	0.6	6.0	34	0.6	7.5	42	0.7	8.8	56	0.7	9.8	71			
4° 00'	286.48	0.5	3.3	22	0.5	4.7	28	0.6	6.3	34	0.6	7.6	44	0.7	9.1	58	0.8	9.9	71			
4° 15'	269.83	0.5	3.4	22	0.6	4.9	28	0.6	6.6	34	0.7	8.1	45	0.7	9.4	60	0.8	10.0	72			
4° 30'	254.65	0.5	3.6	22	0.6	5.1	28	0.6	6.9	34	0.7	8.4	47	0.8	9.6	61						
4° 45'	241.25	0.5	3.8	22	0.6	5.4	28	0.6	7.1	34	0.7	8.7	49	0.8	9.8	63						
5° 00'	229.18	0.5	3.9	22	0.6	5.6	28	0.7	7.4	36	0.7	8.9	50	0.8	9.9	63						
5° 30'	208.35	0.6	4.2	22	0.6	6.0	28	0.7	7.8	37	0.8	9.3	52	0.9	10.0	64						
6° 00'	190.99	0.6	4.5	22	0.7	6.3	28	0.7	8.2	39	0.8	9.6	54									
6° 30'	176.29	0.6	4.8	22	0.7	6.7	28	0.8	8.6	41	0.9	9.8	55									
7° 00'	163.70	0.7	5.1	22	0.7	7.0	28	0.8	8.9	43	0.9	9.9	55									
7° 30'	152.79	0.7	5.3	22	0.8	7.3	29	0.9	9.1	44	0.9	10.0	56									
8° 00'	143.24	0.7	5.6	22	0.8	7.6	30	0.9	9.4	45												
8° 30'	134.81	0.8	5.8	22	0.8	7.9	32	0.9	9.6	46												
9° 00'	127.32	0.8	6.1	22	0.9	8.2	33	1.0	9.7	47												
9° 30'	120.62	0.8	6.3	22	0.9	8.4	34	1.0	9.8	47												
10° 00'	114.59	0.9	6.5	22	1.0	8.6	35	1.0	9.9	48												
11° 00'	104.17	0.9	6.9	22	1.0	9.0	36	1.1	10.0	48												
12° 00'	95.49	1.0	7.3	23	1.1	9.3	37															
13° 00'	88.15	1.0	7.6	24	1.1	9.6	38															
14° 00'	81.85	1.1	7.9	25	1.2	9.8	39															
15° 00'	76.39	1.1	8.2	26	1.2	9.9	40															
16° 00'	71.62	1.2	8.5	27	1.3	10.0	40															
17° 00'	67.41	1.2	8.7	28	1.4	10.0	40															
18° 00'	63.66	1.3	8.9	28																		
19° 00'	60.31	1.3	9.1	29																		
20° 00'	57.30	1.4	9.2	29																		
21° 00'	54.57	1.4	9.4	30																		
22° 00'	52.09	1.5	9.5	30																		
23° 00'	49.82	1.5	9.6	31																		
24° 00'	47.75	1.6	9.7	31																		
25° 00'	45.84	1.6	9.8	31																		
26° 00'	44.07	1.7	9.9	32																		
27° 00'	42.44	1.7	9.9	32																		
28° 00'	40.93	1.8	10.0	32																		
29° 00'	39.51	1.9	10.0	32																		
30° 00'	38.20	1.9	10.0	32																		

Ac = AMPLIACIÓN DE LA CALZADA Y LA CORONA EN METROS
Sc = SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA EN PORCENTAJE
Le = LONGITUD DE LA ESPIRAL DE TRANSICION O TRANSICION MIXTA, EN METROS

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA						
			C						
TOPA		Vehículo	DE 500 A 1500						
TERRENO	MONTAÑOSO								
	LOMERIO								
	PLANO								
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/hr	40	50	60	70	80	90	100
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA		°	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25
CURVAS VERTICALES (LONG. MIN.)		m	30	30	40	40	50	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA(1)		%	8		5				
PENDIENTE MÁXIMA		%	8		7		5		
ANCHO DE CALZADA		m	6.00						
ANCHO DE CORONA		m	7.00						
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	0.5						
BOMBEO		%	2						
SOBREELEVACIÓN MÁXIMA		%	10						

1 SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES INFERIOR A 7.00% SE DEBERÁ UTILIZAR TRANSICIÓN MIXTA
2 SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES IGUAL O MAYOR DE 7.00% SE DEBERÁ UTILIZAR ESPIRAL DE TRANSICIÓN
3 PARA GRADOS DE CURVA NO PREVISTOS EN ESTA TABLA, LOS VALORES CORRESPONDIENTES PARA Ac, Le y Sc SE DEBERÁN OBTENER POR INTERPOLACIÓN LINEAL

FIGURA 28 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "B" Y "A2"

VELOCIDAD		50 km / hr			60 km / hr			70 km / hr			80 km / hr			90 km / hr			100 km / hr			110 km / hr		
Gc	Rc	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)	Ac (m)	Sc (%)	Le (m)
0° 15'	4 583.88	0.0	2.0	28	0.0	2.0	34	0.0	2.0	39	0.0	2.0	45	0.0	2.0	50	0.0	2.0	56	0.0	2.0	62
0° 30'	2 291.84	0.0	2.0	28	0.0	2.0	34	0.2	2.0	39	0.2	2.0	45	0.2	2.0	50	0.2	2.3	56	0.2	2.7	62
0° 45'	1 527.89	0.2	2.0	28	0.2	2.0	34	0.2	2.0	39	0.2	2.3	45	0.3	2.8	50	0.3	3.4	56	0.3	4.0	62
1° 00'	1 145.92	0.2	2.0	28	0.2	2.0	34	0.2	2.5	39	0.3	3.0	45	0.3	3.6	50	0.3	4.5	56	0.3	5.2	62
1° 15'	916.74	0.2	2.0	28	0.2	2.3	34	0.3	3.0	39	0.3	3.7	45	0.4	4.5	50	0.4	5.5	56	0.4	6.3	62
1° 30'	763.94	0.2	2.0	28	0.3	2.8	34	0.3	3.5	39	0.3	4.4	45	0.4	5.3	50	0.4	6.4	56	0.4	7.3	64
1° 45'	654.81	0.3	2.2	28	0.3	3.2	34	0.3	4.1	39	0.4	5.0	45	0.4	6.1	50	0.4	7.3	58	0.5	8.1	71
2° 00'	572.96	0.3	2.5	28	0.3	3.6	34	0.3	4.6	39	0.4	5.7	45	0.4	6.7	50	0.5	8.1	65	0.5	8.9	78
2° 15'	509.30	0.3	2.8	28	0.4	4.0	34	0.4	5.1	39	0.4	6.2	45	0.5	7.3	53	0.5	8.7	70	0.6	9.4	83
2° 30'	458.37	0.3	3.1	28	0.4	4.4	34	0.4	5.5	39	0.5	6.8	45	0.5	7.9	57	0.6	9.2	74	0.6	9.8	86
2° 45'	416.70	0.3	3.4	28	0.4	4.7	34	0.4	6.0	39	0.5	7.3	47	0.5	8.4	60	0.6	9.6	77	0.6	10.0	88
3° 00'	381.97	0.4	3.7	28	0.4	5.1	34	0.5	6.4	39	0.5	7.7	49	0.6	8.8	63	0.6	9.9	79			
3° 15'	352.59	0.4	3.9	28	0.4	5.4	34	0.5	6.7	39	0.5	8.1	52	0.6	9.2	66	0.6	10.0	80			
3° 30'	327.40	0.4	4.0	28	0.5	5.7	34	0.5	7.1	40	0.6	8.5	54	0.6	9.6	69						
3° 45'	305.58	0.4	4.4	28	0.5	6.0	34	0.5	7.5	42	0.6	8.9	56	0.6	9.8	71						
4° 00'	286.48	0.4	4.7	28	0.5	6.3	34	0.5	7.8	44	0.6	9.1	58	0.7	9.9	71						
4° 15'	269.63	0.5	4.9	28	0.5	6.6	34	0.6	8.1	45	0.6	9.4	60	0.7	10.0	72						
4° 30'	254.65	0.5	5.1	28	0.5	6.9	34	0.6	8.4	47	0.7	9.6	61									
4° 45'	241.25	0.5	5.4	28	0.6	7.1	34	0.6	8.7	49	0.7	9.7	62									
5° 00'	229.18	0.5	5.6	28	0.6	7.4	36	0.6	8.9	50	0.7	9.9	63									
5° 30'	208.35	0.6	6.0	28	0.6	7.8	37	0.7	9.3	52	0.8	10.0	64									
6° 00'	190.99	0.6	6.3	28	0.7	8.2	39	0.7	9.6	54												
6° 30'	176.29	0.6	6.7	28	0.7	8.6	41	0.8	9.8	55												
7° 00'	163.70	0.6	7.0	28	0.7	8.9	43	0.8	9.9	55												
7° 30'	152.79	0.7	7.3	29	0.8	9.1	44	0.8	10.0	56												
8° 00'	143.24	0.7	7.6	30	0.8	9.4	45															
8° 30'	134.81	0.7	7.9	32	0.8	9.6	46															
9° 00'	127.32	0.8	8.2	33	0.9	9.7	47															
9° 30'	120.62	0.8	8.4	34	0.9	9.7	47															
10° 00'	114.59	0.8	8.6	34	0.9	9.9	48															
10° 30'	109.13	0.9	8.8	35	1.0	10.0	48															
11° 00'	104.17	0.9	9.0	36	1.0	10.0	48															
11° 30'	99.64	0.9	9.2	37																		
12° 00'	95.49	1.0	9.3	37																		
12° 30'	91.67	1.0	9.5	38																		
13° 00'	88.15	1.0	9.6	38																		
13° 30'	84.88	1.1	9.7	39																		
14° 00'	81.85	1.1	9.8	39																		
14° 30'	79.03	1.1	9.8	39																		
15° 00'	76.39	1.1	9.9	40																		
15° 30'	73.93	1.2	9.9	40																		
16° 00'	71.62	1.2	10.0	40																		
16° 30'	69.45	1.2	10.0	40																		
17° 00'	67.41	1.3	10.0	40																		

Ac = AMPLIACIÓN DE LA CALZADA Y LA CORONA EN METROS

Sc = SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA EN PORCENTAJE

Le = LONGITUD DE LA ESPIRAL DE TRANSICION O TRANSICION MIXTA EN METROS

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA									
			B							A2		
TDPA		vehículos	DE 1500 A 3000							MAS DE 3000		
TERRENO	MONTAÑOSO											
	LOMERIO											
	PLANO											
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/Hr	50	60	70	80	90	100	110	60	70	70
GRADO MAXIMO DE CURVATURA		°	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	7.5
CURVAS VERTICALES (LONG. MIN.)		m	30	40	40	50	50	60	60	40	40	40
PENDIENTE GOBERNADORA		%	5		4					4		3
PENDIENTE MÁXIMA		%	7		6		4			6		5
ANCHO DE CALZADA		m	7.00							7 m 2 carriles		
ANCHO DE CORONA		m	9.00							12 m 1 cuerpo		
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	1.00							2.5		
BOMBEO		%	2							2		
SOBREELEVACION MAXIMA		%	10							10		

1 - SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES INFERIOR A 7.00% SE DEBERA UTILIZAR TRANSICIÓN MIXTA

2 - SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES IGUAL O MAYOR DE 7.00% SE DEBERA UTILIZAR ESPIRAL DE TRANSICIÓN

3 - PARA GRADOS DE CURVA NO PREVISTOS EN ESTA TABLA LOS VALORES CORRESPONDIENTES PARA Ac, Le y Sc SE DEBERAN OBTENER POR INTERPOLACION LINEAL

FIGURA 29 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "A4" Y "A4S"

VELOCIDAD		70 km / hr					80 km / hr					90 km / hr					100 km / hr					110 km / hr				
Gc	Rc	Ac (m)		Sc (%)	Le (m)		Ac (m)		Sc (%)	Le (m)		Ac (m)		Sc (%)	Le (m)		Ac (m)		Sc (%)	Le (m)		Ac (m)		Sc (%)	Le (m)	
		A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4
5°15'	4 583.68	0.0	0.2	2.0	39	67	0.0	0.2	2.0	45	76	0.0	0.3	2.0	50	86	0.0	0.3	2.0	56	95	0.0	0.3	2.0	62	105
5°30'	2 291.84	0.2	0.2	2.0	39	67	0.2	0.3	2.0	45	76	0.2	0.4	2.0	50	86	0.2	0.4	2.3	56	95	0.2	0.5	2.7	62	105
5°45'	1 527.89	0.2	0.4	2.0	39	67	0.2	0.4	2.0	45	76	0.3	0.5	2.8	50	86	0.3	0.6	3.4	56	95	0.3	0.6	4.0	62	105
6°00'	1 145.92	0.2	0.5	2.5	39	67	0.3	0.5	2.0	45	76	0.3	0.6	3.6	50	86	0.3	0.7	4.5	56	95	0.3	0.7	5.2	62	105
6°15'	916.74	0.3	0.5	3.0	39	67	0.3	0.6	2.0	45	76	0.4	0.6	4.5	50	86	0.4	0.7	5.5	56	95	0.4	0.8	6.3	62	105
6°30'	763.94	0.3	0.6	3.5	39	67	0.3	0.6	2.0	45	76	0.4	0.7	5.3	50	86	0.4	0.8	6.4	56	95	0.4	0.9	7.3	64	109
6°45'	654.81	0.3	0.6	4.1	39	67	0.4	0.7	2.2	45	76	0.4	0.8	6.1	50	86	0.4	0.9	7.3	58	99	0.5	1.0	8.1	71	121
7°00'	572.96	0.3	0.7	4.6	39	67	0.4	0.8	2.5	45	76	0.4	0.9	6.7	50	86	0.5	0.9	8.1	65	110	0.5	1.0	8.9	78	133
7°15'	509.30	0.4	0.8	5.1	39	67	0.4	0.9	2.8	45	76	0.5	1.0	7.3	53	89	0.5	1.0	8.7	70	118	0.6	1.1	9.4	83	141
7°30'	458.37	0.4	0.8	5.5	39	67	0.5	0.9	3.1	45	76	0.5	1.0	7.9	57	97	0.6	1.1	9.2	74	125	0.6	1.2	9.8	86	147
7°45'	416.70	0.4	0.8	6.0	39	67	0.5	0.9	3.4	47	79	0.5	1.1	8.4	60	103	0.6	1.1	9.6	77	131	0.6	1.2	10.0	88	150
8°00'	381.97	0.5	0.9	6.4	39	67	0.5	1.0	3.7	49	84	0.6	1.1	8.8	63	108	0.6	1.2	9.9	79	135					
8°15'	352.59	0.5	0.9	6.7	39	67	0.5	1.1	3.9	52	88	0.6	1.2	9.2	66	113	0.6	1.3	10.0	80	136					
8°30'	327.40	0.5	1.0	7.1	40	68	0.6	1.1	4.2	54	92	0.6	1.2	9.6	69	118										
8°45'	305.58	0.5	1.1	7.5	42	71	0.6	1.2	4.4	56	96	0.6	1.3	9.8	71	120										
9°00'	286.48	0.5	1.1	7.8	44	74	0.6	1.2	4.7	58	99	0.7	1.3	9.9	71	121										
9°15'	269.63	0.6	1.1	8.1	45	77	0.6	1.3	4.9	60	102	0.7	1.4	10.0	72	122										
9°30'	254.65	0.6	1.2	8.4	47	80	0.7	1.3	5.1	61	104															
9°45'	241.25	0.6	1.2	8.7	49	83	0.7	1.4	5.4	62	106															
10°00'	229.18	0.6	1.3	8.9	50	85	0.7	1.4	5.6	63	108															
10°15'	218.27	0.6	1.3	9.1	51	87	0.8	1.4	5.8	63	108															
10°30'	207.38	0.6	1.4	9.3	52	89	0.8	1.5	6.0	64	109															
10°45'	199.26	0.7	1.4	9.5	53	90																				
11°00'	190.99	0.7	1.5	9.6	54	91																				
11°15'	183.35	0.7	1.5	9.7	54	92																				
11°30'	176.29	0.8	1.6	9.8	55	93																				
11°45'	169.77	0.8	1.6	9.9	55	94																				
12°00'	163.70	0.8	1.6	9.9	55	94																				
12°15'	158.06	0.8	1.6	10.0	56	95																				
12°30'	152.79	0.8	1.7	10.0	56	95																				

Ac = AMPLIACIÓN DE LA CALZADA Y LA CORONA EN METROS
Sc = SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA EN PORCENTAJE
Le = LONGITUD DE LA ESPIRAL DE TRANSICIÓN O TRANSICIÓN MIXTA, EN METROS

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA					
			A4			A4S		
TOPA		ver D-4	MAS DE 3000			MAS DE 3000		
TERRENO	MONTAÑOSO							
	LOMERIO							
	PLANO							
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/hr	80	80	90	100	100	110
GRADO MAXIMO DE CURVATURA		°	5.5	5.5	4.25	3.25	3.25	2.75
CURVAS VERTICALES LONG MIN		m	50	50	50	60	60	60
PENDIENTE GOBERNADORA		%	4	3		3		
PENDIENTE MAXIMA		%	6	5	4	5	4	
ANCHO DE CALZADA		m	2 X 7.00 m Cuatro carriles			2 X 7.00 m Cuatro carriles		
ANCHO DE CORONA		m	>= A 22.00 m Un cuerpo			2 X 11m Cuerpos separados		
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	3.00 m Exterior y 0.5 m Interior			3.00 m Exterior y 1.0 m Interior		
ANCHO DE LA FAJA SEPARADORA		m	>= 1.0			>= 8.0		
BOMBEO		%	2			2		
SOBREELEVACIÓN MAXIMA		%	10			10		

1 - SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES INFERIOR A 7.00% SE DEBERA UTILIZAR TRANSICIÓN MIXTA
2 - SI LA SOBREELEVACIÓN DE LA CURVA ES IGUAL O MAYOR DE 7.00% SE DEBERA UTILIZAR ESPIRAL DE TRANSICIÓN
3 - PARA GRADOS DE CURVA NO PREVISTOS EN ESTA TABLA LOS VALORES CORRESPONDIENTES PARA Ac, Le y Sc SE DEBERAN OBTENER POR INTERPOLACIÓN LINEAL

Cálculo de las sobreelevaciones, ampliaciones y sobreanchos de la curva siguiente:

Datos:

Tipo de camino para proyecto = Tipo "C"
Velocidad de proyecto (V) = 40 km/hr
Sobreelevación máxima (Smax) = 10%
Grado máximo de curvatura (Gmax) = 30°
Ancho de la corona en tangente (C) = 7.00 m
Espesor de la base mas riegos de sello (B) = 0.20 m

Bombeo (b) = 2%
Grado de la curva (G) = 11.00° izq
PC = 0+111.13
PT = 0+172.52
Talud del terraplén (t) = 1.5 : 1

Cálculos:

Con " G = 11.00° " y " V = 40 km/hr ", entramos a la figura 27 y obtenemos que
S = 6.9% ; como S<7.0% entonces se trata de una curva con transición mixta.
Le = 22.00 m
A = 0.90 m

Entonces:

N = (b ÷ S) Le = (2% ÷ 6.9%) 22.00 m = 6.38 m
TM = PC − (Le ÷ 2) = 0+111.13 − 11.00 = 0+100.13
MC = PC + (Le ÷ 2) = 0+111.13 + 11.00 = 0+122.13
CM = PT − (Le ÷ 2) = 0+172.52 − 11.00 = 0+161.52
MT = PT + (Le ÷ 2) = 0+172.52 + 11.00 = 0+183.52

N1 = TM − N = 0+100.13 − 6.38 = 0+093.75
N2 = TM + N = 0+100.13 + 6.38 = 0+106.51
N3 = MT − N = 0+183.52 6.38 = 0+177.14
N4 = MT + N = 0+183.52 + 6.38 = 0+189.90

DS = S ÷ Le = 6.9 ÷ 22.00 = 0.313636
DA = A ÷ Le = 0.9 ÷ 22.00 = 0.040909

La sobreelevación , ampliación y ensanche en la estación 0+120 será:

1.- Longitud de transición (L): 0+120.00 - 0+100.13 = 19.87 m

2.- Sobreelevación (L) (DS) = (19.87) (0.313636) = 6.23%
como la curva es izquierda la sobreelevación de este lado será -6.23% y del lado derecho será de 6.23%

3.- Ampliación (L) (DS) = (19.87) (0.040909) = 0.81m
como la curva es izquierda la ampliación solo se dará de este lado

4.- Ensanche lado derecho (e): e =B ÷ ((1 ÷ t) + S) = 0.20 ÷ ((1 ÷ 1.5) + 0.0623)
= 0.20 ÷ (0.6667 + 0.0623) = 0.20 ÷ 0.729 = 0.27 m

5.- Ensanche lado izquierdo (e): e =B y ((1 ÷ t) + S) = 0.20 ÷ ((1 ÷ 1.5) + (− 0.0623))
= 0.20 ÷ (0.6667 − 0.0623) = 0.20 ÷ 0.6044 = 0.33 m

6.- Semiancho para proyecto: = Ancho de corona en tangente (C) + Ampliación + Ensanche
del lado izquierdo será: 3.50 m + 0.81 m + 0.33 m = 4.64 m
del lado derecho será 3.5 m + 0.00 m + 0.27 m = 3.77 m

En la página 90, se muestra el formato que se utiliza para el registro de los cálculos, en la misma se asientan en su totalidad los correspondientes a esta curva.

SOBREELEVACIONES, AMPLIACIONES Y ENSANCHES DE LA SUBCORONA

CAMINO LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO IXMIQUILPAN, HGO.

V = 40 km/hr
Smax = 10%
Gmax = 30°
C = 7.00 m
b = 2%
B = 0.20 m

G = 11 00° izquierda
S = 6 9%
Le = 22.00 m
N = 6 38 m
A = 0.90 m
T_{CUNETA} = 3 : 1
$T_{TERRAPLÉN}$ = 1.5 : 1
T_{CORTE} = 0 5 : 1

TM = 0+100.13
MC = 0+122 13
CM = 0+161.52
MT = 0+183.52
PC = 0+111.13
PT = 0+172 52

DS = 0.313636
DA = 0.040909

HOJA No 1/2

ESTACIÓN	PUNTO DE LA TRANSICIÓN O CURVA	LONGITUD DE TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (m)		AMPLIACIÓN (m)		TALUD		ENSANCHE (m)		SEMIANCHO PARA PROYECTO (m)	
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO
0 + 093 75	N1	6 38	-2 00	-2 00								
0 + 100		0 13	-2 00	-0 04			1 5 : 1	1 5 : 1	0 31	0 30	3 81	3.80
0 + 100 13	TM	0 00	-2 00	0 00	0 00	0 00						
0 + 106 51	N2	6 38	-2 00	2 00	0 26	0 00						
0 + 111 13	PC	11 00	-3 45	3 45	0 45	0 00	1 5 : 1	1 5 : 1	0 32	0.29	4.27	3.79
0 + 113 80		13 67	-4 29	4 29	0 56	0 00	1 5 : 1	1 5 : 1	0 32	0.28	4.38	3.78
0 + 120		19 87	-6 23	6 23	0 81	0 00	1 5 : 1	1.5 : 1	0 33	0 27	4.64	3.77
0 + 122 13	MC	22 00	-6 90	6 90	0 90	0 00						
0 + 140			-6 90	6 90	0 90	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.33	0.27	4.73	3.77
0 + 160			-6 90	6 90	0 90	0 00	1 5 : 1	1.5 : 1	0.33	0.27	4.73	3.77
0 + 161 52	CM	22 00	-6 90	6 90	0 90	0.00						
0 + 172 52	PT	11 00	-3 45	3 45	0 45	0 00	1 5 : 1	1.5 : 1	0 32	0.29	4.27	3.79
0 + 177 14	N3	6 38	-2 00	2 00	0 26	0.00						
0 + 180		3.52	-2 00	1 10	0 14	0 00	1 5 : 1	1.5 : 1	0 31	0.30	3.95	3.80
0 + 183 52	MT	0.00	-2 00	0 00	0 00	0 00						
0 + 189 90	N4	6 38	-2 00	-2 00								

Cálculo de las sobreelevaciones, ampliaciones y sobreanchos de la curva siguiente:

Datos:

Tipo de camino para proyecto = Tipo "C"
Velocidad de proyecto (V) = 40 km/hr
Sobreelevación máxima (Smax) = 10%
Grado máximo de curvatura (Gmax) = 30°
Ancho de la corona en tangente (C) = 7.00 m
Espesor de la base mas riegos de sello (B) = 0.20 m

Bombeo (b) = 2%
Grado de la curva (G) = 16.50° der
PC = 0+259.46
PT = 0+302.73
Talud del terraplén (t) = 1.5 : 1
Talud de la cuneta (t) = 3 : 1

Cálculos:

Con " G = 16.50° " y " V = 40 km/hr ", entramos a la figura 27 y obtenemos que
S = 8.6% ; como S>7.0% entonces se trata de una curva con espiral de transición.
Le = 27.50 m
A = 1.20 m

Entonces:

N = (b ÷ S) Le = (2% ÷ 8.6%) 27.50 m = 6.40 m
TE = PC − Le = 0+259.46 − 27.5 = 0+231.96
EC = PC = 0+529.46
CE = PT = 0+302.73
ET = PT + Le = 0+302.73 + 27.50 = 0+330.23

N1 = TE − N = 0+231.96 − 6.40 = 0+225.56
N2 = TE + N = 0+231.96 + 6.40 = 0+238.36
N3 = ET − N = 0+330.23 − 6.40 = 0+323.83
N4 = ET + N = 0+330.23 + 6.40 = 0+336.63

DS = S ÷ Le = 8.6 ÷ 27.50 = 0.312727
DA = A ÷ Le = 1.2 ÷ 27.50 = 0.043636

La sobreelevación, ampliación y ensanche en la estación 0+320 será:

1.- Longitud de transición (L) 0+330.23 − 0+320.00 = 10.23 m

2.- Sobreelevación (L) (DS) = (10.23) (0.312727) = 3.20%
como la curva es derecha la sobreelevación de este lado será −3.20% y del lado izquierdo será de 3.20%

3.- Ampliación (L) (DS) = (10.23) (0.043636) = 0.45 m
como la curva es derecha la ampliación solo se dará de este lado

4.- Ensanche lado derecho (e) e = B ÷ ((1 ÷ t) + S) = 0.20 ÷ ((1 ÷ 3) + (− 0.032))
= 0.20 ÷ (0.333 - 0.032) = 0.20 ÷ 0.301 = 0.66 m

5.- Ensanche lado izquierdo (e): e = B ÷ ((1 ÷ t) + S) = 0.20 ÷ ((1 ÷ 1.5) + 0.032)
= 0.20 ÷ (0.6667 − 0.032) = 0.20 ÷ 0.6987 = 0.29 m

6.- Semiancho para proyecto: = Ancho de corona en tangente (C) + Ampliación + Ensanche
del lado izquierdo será: 3.50 m + 0.00 m + 0.29 m = 3.79 m
del lado derecho será: 3.5 m + 0.45 m + 0.66 m = 4.61 m

En la página 92, se muestra el resultado obtenido al calcular en su totalidad esta curva.

SOBREELEVACIONES, AMPLIACIONES Y ENSANCHES DE LA SUBCORONA

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO

V = 40 km/hr
Smax = 10%
Gmax = 30°
C = 7.00 m
b = 2%
B = 0.20 m

G = 16.50° derecha
S = 8.6%
Le = 27.50 m
N = 6.40 m
A = 1.20 m
T_{CUNETA} = 3 : 1
$T_{TERRAPLEN}$ = 1.5 : 1
T_{CORTE} = 0.5 : 1

TE = 0+231.96
EC = PC = 0+259.46
CE = PT = 0+302.73
ET = 0+330.23

DS = 0.312727
DA = 0.043636

HOJA No 2/2

ESTACIÓN	PUNTO DE LA TRANSICIÓN O CURVA	LONGITUD DE TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (m)		AMPLIACIÓN (m)		TALUD		ENSANCHE (m)		SEMIANCHO PARA PROYECTO (m)	
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO
0 + 225.56	N1	6.40	2.00	-2.00								
0 + 231.96	TE	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00						
0 + 238.36	N2	6.40	2.00	-2.00	0.00	0.28						
0 + 240		8.04	2.51	-2.51	0.00	0.35	1.5 : 1	1.5 : 1	0.29	0.31	3.79	4.16
0 + 259.46	EC = PC	27.50	8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 260			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 280			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 300			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 302.73	CE = PT	27.50	8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 320		10.23	3.20	-3.20	0.00	0.45	1.5 : 1	3 : 1	0.29	0.66	3.79	4.61
0 + 323.83	N3	6.40	2.00	-2.00	0.00	0.28						
0 + 330.23	ET	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00						
0 + 336.63	N4	6.40	-2.00	-2.00								

4.3.- DATOS DE CONSTRUCCIÓN

Se definen como datos de construcción a la información necesaria y suficiente para llevar a cavo la ejecución del proyecto ejecutivo. La información mínima a considerar es:

- **Del Alineamiento Horizontal:** La estación (kilometraje), punto de comienzo de la curva circular (PC), punto de terminación de la curvas circular (PT), grado de la curva (Gc), deflexión, longitud de la curva (Lc) y longitud de la tangente.

- **Del Alineamiento Vertical:** La elevación del terreno natural, la elevación de la subrasante, el espesor de corte o terraplén, el punto de comienzo de la curva vertical (PCV), el punto de intersección de la curva vertical (PTV), el punto de termino de la curva vertical (PTV), la pendiente de las tangentes verticales y los bancos de nivel.

- **De la Sección Transversal:** El hombro, el fondo de cuneta, el cero, el talud del corte o terraplén, la ampliación, la pendiente transversal y los volúmenes de obra.

- **Determinación de los datos que definen la sección transversal**

Los datos que definen la sección transversal son el hombro, el fondo de cuneta y el cero. La ubicación de todos estos puntos se hace con referencia a la elevación de la subrasante en el eje del camino, por lo tanto los ejes de referencia "x" y "y" tendrán su origen en ese punto. Así cada punto queda definido por una distancia horizontal "x" y una distancia vertical "y".
En la figura 30 se muestra la sección transversal de construcción en corte, la cual se localiza en el km 0+380, calculemos la información de los puntos que la definen:

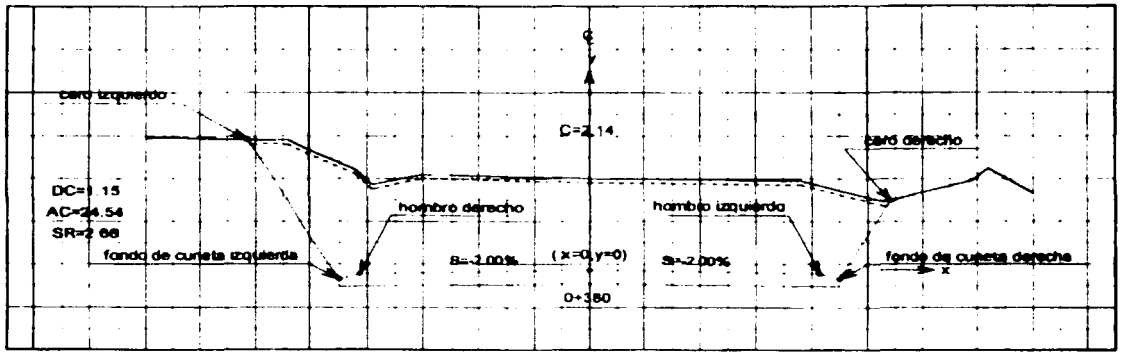


FIGURA 30 SECCIÓN TRANSVERSAL DE CONSTRUCCIÓN EN CORTE

Cálculos:

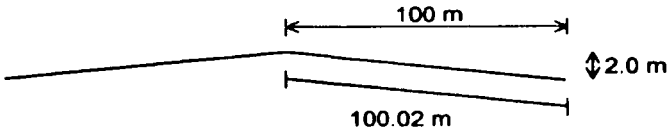
1.- Ensanche lado derecho (e): $e = B \div ((1 \div t) + S) = 0.20 \div ((1 \div 3) + (-0.02))$
$= 0.20 \div (0.333 - 0.02) = 0.20 \div 0.313 = 0.64$ m

2.- Ensanche lado izquierdo (e): $e = B \div ((1 \div t) + S) = 0.20 \div ((1 \div 3) + (-0.02))$
$= 0.20 \div (0.333 - 0.02) = 0.20 \div 0.313 = 0.64$ m

3.- Semiancho de la subcorona para proyecto:
Como la sección de construcción se localiza sobre una tangente, no tiene ampliación y la pendiente transversal es la del bombeo (-2%), por lo tanto el semiancho será del mismo valor tanto para el lado izquierdo como para el derecho y su valor es:

Semiancho = (ancho de calzada ÷ 2) + ensanche = (7.00 m ÷ 2) + 0.64 m = 3.5 m + 0.64 m
Semiancho = 4.14 m

4.- Cálculo de los datos del hombro izquierdo:
Sabemos que el bombeo es del 2%, por lo tanto en una distancia horizontal de 100 m tenemos un desnivel de 2 metros y la hipotenusa del triángulo tendrá un valor de 100.02 m como se ilustra en la figura siguiente:



por lo tanto para un semiancho de 4.14 m, el desnivel será:

$$\frac{-2}{100.02} = \frac{\text{desnivel}}{4.14}$$

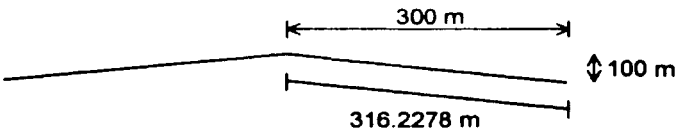
$$\text{desnivel} = \frac{(4.14\ \text{m})(-2)}{100.02} = -0.08\ \text{m}$$

La distancia horizontal para un semiancho de 4.14 m, será:

$$\frac{100}{2} = \frac{\text{distancia}}{0.08}$$

$$\text{distancia horizontal} = \frac{(100\ \text{m})(0.08)}{2} = 4.14\ \text{m}$$

5.- Cálculo de los datos del fondo de cuneta izquierdo:
Sabemos que la pendiente del talud de la cuneta es 1:3 es decir que en una distancia horizontal de 300 m se tiene una distancia vertical o desnivel de 100 m, y la hipotenusa del triángulo tendrá un valor de 316.23 m como se ilustra en la figura siguiente:



Para facilitar el cálculo de los datos que definen el fondo de la cuneta, los calculamos a partir de la rasante en el eje del camino, como la sección se encuentra en tangente, el semiancho de la corona es de 3.50 m entonces el desnivel en el cero de la corona es:

$$\text{desnivel del eje al hombro} = \frac{(3.50\ m)(-2)}{100.02} = -0.07\ m$$

$$\text{distancia del eje al hombro} = \frac{(100\ m)(0.07)}{2} = 3.50\ m$$

$$\text{distancia del hombro al fondo de cuneta} = 1.00\ m$$

$$\text{desnivel del hombro al fondo de cuneta} = \frac{(-100\ m)(1\ m)}{300\ m} = -0.33\ m$$

De esto anterior tenemos que a nivel de la rasante:

distancia del eje al fondo de cuneta = 3.5 m + 1.0 m = 4.5 m

desnivel al fondo de la cuneta (referenciado a la rasante) = − (0.07 + 0.33) = − 0.40 m

Como estos datos se deben referenciar a la subrasante, al desnivel le restamos el valor del espesor del pavimento, quedando finalmente:

desnivel = − (0.07 m + 0.33 m) + 0.20 m = − 0.20 m ✓
distancia horizontal = 3.5 m + 1.0 m = 4.50 m ✓

6.- Los datos así obtenidos se presentan en un formato como el ilustrado a continuación:

ESTACIÓN (km)	LADO IZQUIERDO				LADO IZQUIERDO			
	FONDO CUNETA		HOMBRO		FONDO CUNETA		HOMBRO	
kilometraje	distancia	/ desnivel	distancia	/ desnivel	distancia	/ desnivel	distancia	/ desnivel

entonces para el presente ejemplo tendremos

ESTACIÓN (km)	LADO IZQUIERDO				LADO IZQUIERDO			
	FONDO CUNETA		HOMBRO		FONDO CUNETA		HOMBRO	
0 + 380	4 50	/ 0 20	4 14	/ 0 08	4 14	/ 0 08	4 50	/ 0.20

7.- Una vez que se determinan todos los datos que definen la sección transversal y conocida toda la información que se integrara a los datos de construcción se plasma toda ella en un formato como el mostrado en las páginas 96 y 97.

DATOS DE CONSTRUCCIÓN

OBRA: LA PALMA - SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA - SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

ESTACIÓN	ELEVACIONES		ESPESORES		LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO			
KM	TERRENO	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN	TALUD	CERO	FONDO CUNETA	HOMBRO	HOMBRO	FONDO CUNETA	CERO	TALUD
0 + 000	499 34	499 14	-0 20	-	0 5 1	4 75 / 0 30	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	4 70 / 0 20	0.5:1
0 + 020	498 37	498 84	-	0 52	1 5 1	6 37 / -1 79	- / -0 20	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	4 48 / -0 52	1 5:1
0 + 040	498 35	498 54	-	0 19	3 1	4 50 / -0 20	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	4 11 / -0 27	3:1
0 + 047 40	498 47	498 43	-0 04	-	1 5 1	4 64 / 0 07	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	4 76 / 0 31	1.5:1
0 + 060	498 14	498 24	-	0 10	1 5 1	4 59 / -0 02	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 11 / 1 01	1.5:1
0 + 080	497 81	497 94	-	0 13	3 1	4 52 / -0 16	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	- / -	3:1
0 + 100	496 88	497 64	-	0 76	1 5 1	4 70 / -0 67	- / -	3 81 / -0 08	3 80 / 0 00	- / -	6 54 / -1 83	1.5:1
0 + 111 13	496 52	497 50	-	0 98	1 5 1	5 56 / -1 01	- / -	4 27 / -0 15	3 79 / 0 13	- / -	6 30 / -1 55	1.5:1
0 + 113 80	496 36	497 48	-	1 12	1 5 1	6 03 / -1 29	- / -	4 38 / -0 19	3 78 / 0 16	- / -	6 10 / -1 38	1 5:1
0 + 120	496 49	497 44	-	0 95	1 5 1	5 86 / -1 10	- / -	4 64 / -0 29	3 77 / 0 24	- / -	5 34 / -0 81	1 5:1
0 + 140	496 58	497 42	-	0 84	1 5 1	6 01 / -1 18	- / -	4 73 / -0 33	3 77 / 0 26	- / -	4 79 / -0 42	1 5:1
0 + 160	496 62	497 60	-	0 98	1 5 1	7 42 / -2 11	- / -	4 73 / -0 33	3 77 / 0 26	- / -	4 52 / -0 24	1 5:1
0 + 172 52	496 57	497 80	-	1 23	1 5 1	7 62 / -2 38	- / -	4 27 / -0 15	3 79 / 0 13	- / -	5 57 / -1 06	1 5:1
0 + 180	495 95	497 96	-	2 01	1 5 1	8 12 / -2 86	- / -	3 95 / -0 08	3 80 / 0 04	- / -	6 60 / -1 83	1.5:1
0 + 200	496 86	498 52	-	1 66	1 5 1	5 92 / -1 48	- / -	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	5 62 / -1 28	1 5:1
0 + 220	497 06	499 26	-	2 20	1 5 1	6 77 / -2 05	- / -	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	6 13 / -1 62	1 5:1
0 + 240	497 13	500 20	-	3 07	1 5 1	7 68 / -2 50	- / -	3 79 / 0 10	4 16 / -0 10	- / -	8 56 / -3 04	1 5:1
0 + 259 46	498 26	501 28	-	3 02	1 5 1	9 27 / -3 35	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	8 42 / -2 68	1 5:1
0 + 260	499 30	501 32	-	2 02	1 5 1	7 26 / -2 01	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	8 26 / -2 58	1.5:1
0 + 280	500 71	502 64	-	1 93	1 5 1	8 64 / -2 93	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	7 83 / -2 29	1 5:1
0 + 300	502 52	504 14	-	1 62	1 5 1	7 88 / -2 42	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	7 00 / -1 73	1 5:1
0 + 302 73	503 06	504 36	-	1 30	1 5 1	7 95 / -2 47	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	6 74 / -1 56	1 5:1
0 + 320	505 88	505 74	-0 14	-	1 5 1	4 65 / -0 46	- / -	3 79 / 0 12	4 61 / -0 15	4 95 / -0 26	5 00 / -0.17	1 5:1
0 + 340	508 54	507 34	-1 20	-	0 5 1	5 68 / 2 15	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 02 / 0 83	0 5:1
0 + 360	510 42	508 94	-1 48	-	0 5 1	5 96 / 2 71	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 07 / 0 94	0 5:1
0 + 361 40	510 80	509 05	-1 75	-	0 5 1	5 81 / 2 42	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 19 / 1 17	0 5:1
0 + 380	512 68	510 54	-2 14	-	0 5 1	6 13 / 3 05	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 41 / 1 63	0 5:1
0 + 400	513 60	512 14	-1 46	-	0 5 1	5 61 / 2 01	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 30 / 1 46	0.5:1

Página 97

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 1/1

AMPLIACIÓN		PENDIENTE TRANSVERSAL		VOLUMENES		ALINEAMIENTO		LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL
IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	CORTE	TERRAPLEN	HORIZONTAL	VERTICAL	
-	-	-2.00	-2.00			Longitud de la tangente = 111.13 m	-1.50%	B. N.-0 SOBRE ROCA. 18.00 m A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+000 ELEVACIÓN= 500.000 m
-	-	-2.00	-2.00	44	70		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	2	12		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	12	1		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	39	0		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	47	1		-1.50%	
-	-	-2.00	-0.04	14	77		PCV	
0.45	-	-3.45	3.45	0	95	PC		
0.56	-	-4.29	4.29	0	28	Gc=11.00° Def=33.7667° Lc=61.39 m		
0.81	-	-6.23	6.23	0	61			
0.90	-	-6.90	6.90	0	158			
0.90	-	-6.90	6.90	0	161			
0.45	-	-3.45	3.45	0	141	PT		
-	-	-2.00	1.10	0	138	Longitud de la tangente = 86.94 m		
-	-	-2.00	-2.00	0	392		PIV	
-	-	-2.00	-2.00	0	387			
-	0.35	2.51	-2.51	0	600			
-	1.20	8.60	-8.60	0	747	PC		
-	1.20	8.60	-8.60	0	18	Gc=16.5°d Def=35.70° Lc=43.27m		
-	1.20	8.60	-8.60	0	532			
-	1.20	8.60	-8.60	0	480		PTV	
-	1.20	8.60	-8.60	0	50	PT	8.00%	
-	0.45	3.20	-3.20	10	140	Longitud de la tangente = 195.80 m	8.00%	B. N.-1 SOBRE RAÍZ DE MEZQUITE. 25.00 m A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+320 ELEVACIÓN= 507.452 m
-	-	-2.00	-2.00	142	7		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	279	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	23	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	396	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	413	0		PCV	

Página 96

CAPÍTULO 5 PROYECTO DE LA SUBRASANTE Y MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS

5.1 PROYECTO DE LA SUBRASANTE

5.2 CÁLCULO DE VOLÚMENES

5.3 MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS

5.- PROYECTO DE LA SUBRASANTE Y MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS

5.1.- PROYECTO DE LA SUBRASANTE

Al iniciarse el análisis de la subrasante en un tramo cualquiera se deberán considerar, el alineamiento vertical, el perfil longitudinal, las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima requerida para dar cabida a las estructuras. La subrasante económica es aquella que ocasiona los menores costos durante la construcción, operación y conservación de un camino una vez que este es abierto al tránsito; de esto el costo de la construcción es el que de manera significativa en el costo total. Bajo este aspecto, para el proyecto de la subrasante económica debemos tomar en cuenta lo siguiente:

a).- La subrasante deberá cumplir con las Especificaciones de Proyecto Geométrico, que le correspondan.

b).- El alineamiento horizontal al momento del análisis, deberá ser el definitivo.

c).- La subrasante a proyectar deberá permitir el alojo de las alcantarillas, puentes, pasos a desnivel y su elevación deberá garantizar el no deterioro de las terracerías o el pavimento ante la ocurrencia de inundaciones, humedad excesiva, etc.

- **Elementos que definen el proyecto de la subrasante.**

Los elementos que definen el proyecto de la subrasante económica son:

Condiciones topográficas.
De acuerdo a su configuración se consideran tres tipos de terreno:

- Terreno plano.
Es aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula. En este tipo de terrenos el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, en este tipo de configuración la compensación de las terracerías se presenta excepcionalmente, como consecuencia los terraplenes se forman con materiales producto de prestamos ya sean laterales o de banco.

- Terreno lomerío.
Es aquel cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión , cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor del 45%. En este tipo de terrenos para el proyecto de la subrasante se combinan las pendientes especificadas, dando como resultado un alineamiento vertical ondulado, propiciando esto el aprovechamiento del material producto de los cortes para la formación de los terraplenes.

- Terreno montañoso.
Es aquel que presenta accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra, con pendientes transversales mayores del 45%. En este tipo de terrenos para el proyecto de la subrasante frecuentemente se emplean las especificaciones máximas, tanto para el alineamiento horizontal como vertical, propiciando esto la presencia en el diagrama de masas de una serie de desperdicios ininterrumpidos por pequeños tramos compensados.

Condiciones geotécnicas.
La calidad de los materiales que se encuentran en la zona donde se localiza el camino, es un factor muy importante para lograr el proyecto de la subrasante económica.
Por la dificultad que ofrecen para su movimiento, las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes clasifica a los materiales de terraceria como "A", "B" o "C".

- Material "A".
Es el material blando o suelto que puede ser movido eficientemente con escrepa jalada con tractor de orugas de hasta 110 caballos de potencia, se consideran también como material "A" los suelos poco o nada cementados con partículas de hasta 3". Algunos materiales comúnmente clasificados en este grupo son: los suelos agrícolas, los limos y las arenas. La clasificación de este tipo de material se representa por 100-0-0, correspondiendo la primera cifra al material "A", la segunda al material "B" y la tercera al material "C".

- Material "B".
Es el material que por su dificultad de extracción, puede ser movido eficientemente por un tractor de orugas de hasta 160 caballos de potencia, se consideran también como material "B" las piedras sueltas mayores de 7.5 centímetros y menores de 75 centímetros. Algunos materiales comúnmente clasificados en este grupo son: Rocas alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates. La clasificación de este tipo de material se representa por 0-100-0.

- Material "C".
Es el material que por su dificultad de extracción, puede ser movido mediante el empleo de explosivos, se consideran también como material "C" las piedras sueltas mayores de 75 centímetros. Algunos materiales comúnmente clasificados en este grupo son: Rocas basálticas, areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas. La clasificación de este tipo de material se representa por 0-0-100.
Si un corte que se va a clasificar, esta formado por material "C" alternado en capas con otros de menor clasificación, y están dispuestas de tal manera que no pueden ser atacadas eficientemente de forma aislada y si la proporción del material "C" represente por lo menos un 75% del volumen total, el conjunto se considerara como material "C". En caso de que las capas de los materiales se pueda atacar con eficiencia de manera aislada, los distintos volúmenes se clasificaran por separado.

Por el tratamiento que recibirán los materiales al ser utilizados en la formación de los terraplenes, las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes los clasifica como compactables y no compactables.

- Material compactable.
Un material se considera compactable cuando su compactación es controlable por alguna de las pruebas de laboratorio usuales en la técnica S.O.P.

- Material no compactable.
Un material se considera no compactable cuando su compactación no es controlable por alguna de las pruebas de laboratorio usuales en la técnica S.O.P. Este tipo de material generalmente es producto de las excavaciones en cortes y cuando se emplea en la formación de terraplenes se le aplica un bandeado con el propósito de lograr un mejor acomodo de los fragmentos. Dentro de este grupo se consideran los materiales clasificados como "C" y aquellos clasificados como "B" debido a los altos porcentajes de fragmentos medianos y grandes.

Para el proyecto de la subrasante es indispensable conocer las propiedades de los materiales que intervendrán en la formación de las terracerías, los datos relativos a su clasificación para fines de presupuesto y el tratamiento a darles.

- **Subrasante mínima.**

La elevación mínima de la subrasante, esta sujeta a puntos determinados como:

Obras menores
Para lograr la economía deseada, es necesario considerar la elevación mínima que garantice el buen funcionamiento de las obras de las alcantarillas. Esto es determinante sobre todo en terrenos planos ya que en el caso de terrenos considerados como lomerío o montañoso generalmente hay espacio vertical suficiente para dar cabida a las obras menores.
La elevación de la subrasante esta en función de las características propias de la alcantarilla y de la sección de construcción como la elevación de desplante, la pendiente según el eje de la obra, el colchón mínimo, el ángulo de esviajamiento, la altura de la obra hasta su coronamiento y el ancho de la semicorona.

Puentes
Aún cuando la elevación de la subrasante en los cruces de corrientes que hacen necesaria la construcción de puentes, se conocerá hasta que la estructura se haya proyectado, es necesario considerar los elementos que intervienen en la definición de la elevación mínima, con el objeto de que el proyecto del alineamiento vertical se aproxime en lo posible a la elevación requerida. Para lograr lo anterior es necesario conocer lo siguiente:

- elevación de el nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Sobreelevación de las aguas, ocasionada por el estrechamiento del puente en el cauce.
- Espacio libre vertical necesario para dar paso a los cuerpos flotantes.
- Peralte de la superestructura.

Zonas de inundación
El paso de un camino por zonas de inundación obliga a que la elevación de la subrasante este como mínimo un metro arriba del nivel de aguas máximas extraordinarias.

Intersecciones
Los cruces que un camino tiene con otras vías de comunicación terrestre, ya sea en proyecto o existentes, dan lugar a intersecciones que pueden ser a nivel o desnivel, mismas que deberán considerarse al proyectar la subrasante.

- **Costo de las terracerías.**

La proyección de la subrasante económica en la construcción de las terracerías, depende de:
Costos unitarios
- Excavacion en corte
- Excavación en terraplén
- Compactación en el terraplén del material de corte.
- Compactación en el terraplén del material de préstamo.
- Sobre acarreo del material de corte a terraplén.
- Sobre acarreo del material de corte a desperdicio.
- Sobre acarreo del material de préstamo a terraplén.

Costo del terreno afectado para préstamo, desmonte y despalme, dividido entre el volumen de terracerías extraído del mismo.

Coeficientes de variabilidad volumétrica.
- De los materiales producto de cortes.
- De los materiales producto de préstamos.

Relaciones.
- Entre la variación de los volúmenes de corte y terraplén, al mover la subrasante de su posición original
- Entre los costos unitarios de terraplén formado con material producto de corte y con material producto de préstamo.
- Entre los costos que significa el acarreo del material de corte para formar el terraplén y su compactación en este y el que significa la extracción del material de corte y su acarreo para desperdiciarlo.

Distancia económica de sobre acarreo.
El empleo del material producto de los cortes en la formación de los terraplenes, esta condicionado tanto a la calidad del material como a la distancia hasta la que es económico su transporte. Esta distancia esta dada por la ecuación:

$$DME = \frac{(Pp + ad) - Pc}{Psa} + AL$$

En donde:

DME = Distancia máxima de sobre acarreo económico.
Pp = Precio unitario de terraplén formado con material producto préstamo.
ad = Costo unitario de sobre acarreo del material de corte que se desperdiciara.
Pc = Precio unitario de la compactación en el terraplén, del material producto del corte.
AL = Acarreo libre del material cuyo costo esta incluido en el precio de excavación.
Psa = Precio unitario del sobre acarreo del material producto del corte.

5.2.- CÁLCULO DE VOLÚMENES

Para calcular los volúmenes de tierra con la aproximación requerida, es necesario obtener la elevación de la subrasante tanto en las estaciones cerradas como en aquellas intermedias que presentan cambios en la pendiente transversal del terreno, así mismo es necesario calcular la elevación de la subrasante en aquellos puntos de las curvas horizontales en que la sección transversal sufre cambios a causa de sobreelevación o ampliación.
Obtenida la sobreelevación de la subrasante para cada una de las secciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente y que esta dado por la diferencia de elevaciones de la subrasante y el terreno natural. Este espesor puede ser de corte, lo cual ocurre si la elevación de la subrasante es inferior a la elevación del terreno natural y de terraplén si la elevación de la subrasante es superior a la del terreno natural.
El cálculo de los volúmenes se hace basándose en las áreas medidas en las secciones transversales y los movimientos de los materiales se analiza mediante un diagrama llamado de curva.

- **Secciones de construcción.**

Se llama así a la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos propios del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que forman las terracerías. En al figura 31 se muestra una sección tipo en terraplén. y en la figura 32 se muestra una sección tipo en corte.

FIGURA 31 SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE UN TERRAPLÉN EN TANGENTE

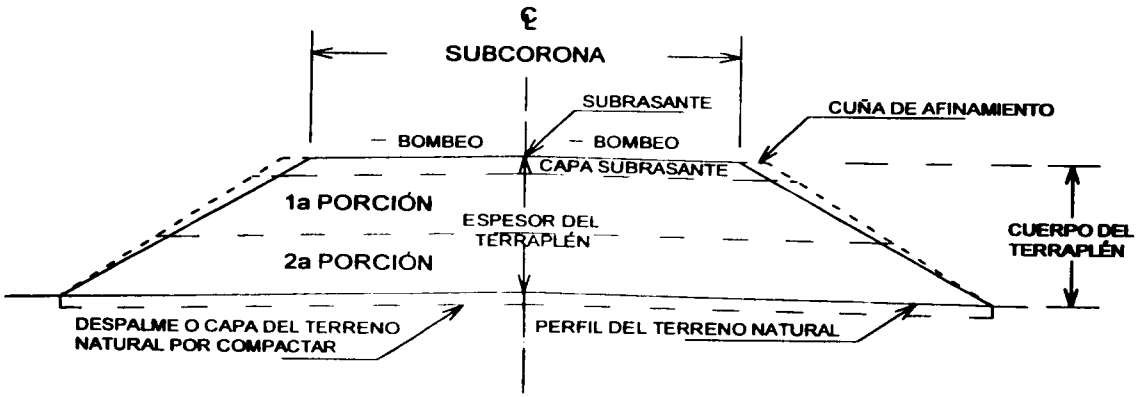
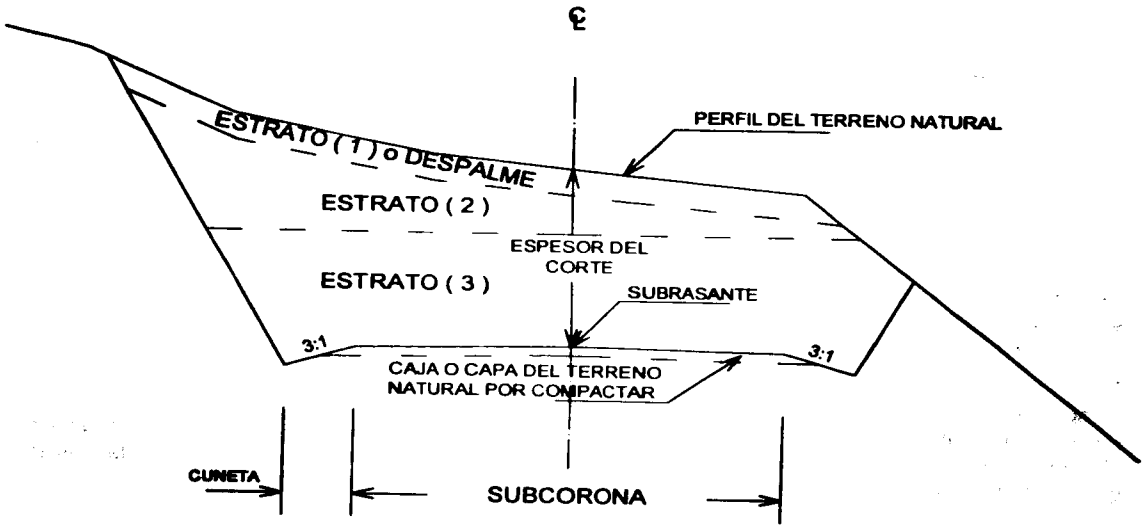


FIGURA 32 SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE UN CORTE EN TANGENTE



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

Los propios del diseño geométrico.

1.- Espesor de corte o terraplén.
2.- Ancho de corona.
3.- Ancho de calzada.
4.- Ancho de acotamiento
5.- Pendiente transversal.
6.- Ampliación en curvas.
7.- Longitud de transición.
8.- Espesor de pavimento.
9.- Ancho de subcorona.
10.- Talud del corte o terraplén.
11.- Dimensión de las cunetas.

Los impuestos por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

- Despalme.

Es la remoción de la capa superficial del terreno natural, que por sus características no se utiliza en la construcción del camino. Esta actividad se realiza tanto en las zonas de corte, en las áreas destinadas al desplante de terraplenes o en las zonas de préstamo. En las figuras 31 y 32, se ilustra la ubicación del despalme.

- Compactación del terreno natural.

Es la que se da al material del terreno sobre el que se desplantara un terraplén o al que quede debajo de la subcorona, o de la capa subrasante en un corte. También se aplica a terracerías que serán ampliadas. Generalmente el grado de compactación que se aplica es del 90%. En las figuras 31 y 32 , se ilustra la ubicación de la superficie por compactar.

- Escalón de liga.

Es el que se forma en el área de desplante de un terraplén y se emplea cuando la pendiente transversal del terreno es mayor de 25%, con el fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén, vea la figura 33. También se proyecta en ampliaciones o reconstrucciones de caminos existentes, cuando la distancia horizontal "d" entre taludes es menor que el ancho del equipo de construcción, por lo cual se tendrá que recortar el terraplén existente, hasta alcanzar el ancho "l" (ancho del equipo de compactación) necesario, vea la ilustración de la figura 34.

- Cuerpo del terraplén.

Es la parte del terraplén que queda abajo de la subcorona. Esta formado por una o mas porciones según sea la elevación del terraplén, las caracteristicas de los materiales y el tratamiento que se les de. En la figura 31 se muestran los elementos que integran el terraplén.

- Capa subrasante.

Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén, su espesor mínimo es de 30 centímetros y deberá estar formada por suelos seleccionados de tal forma que soporte las cargas que le transmita el pavimento. En la figura 31, se ilustra la ubicación de la subrasante.

FIGURA 33 SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN EN BALCON DE UN CAMINO NUEVO

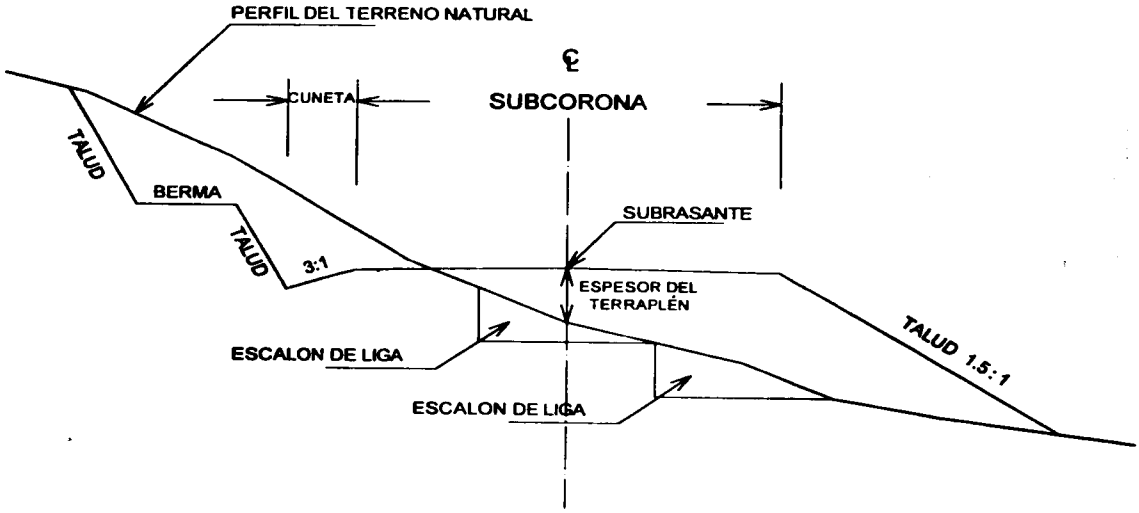
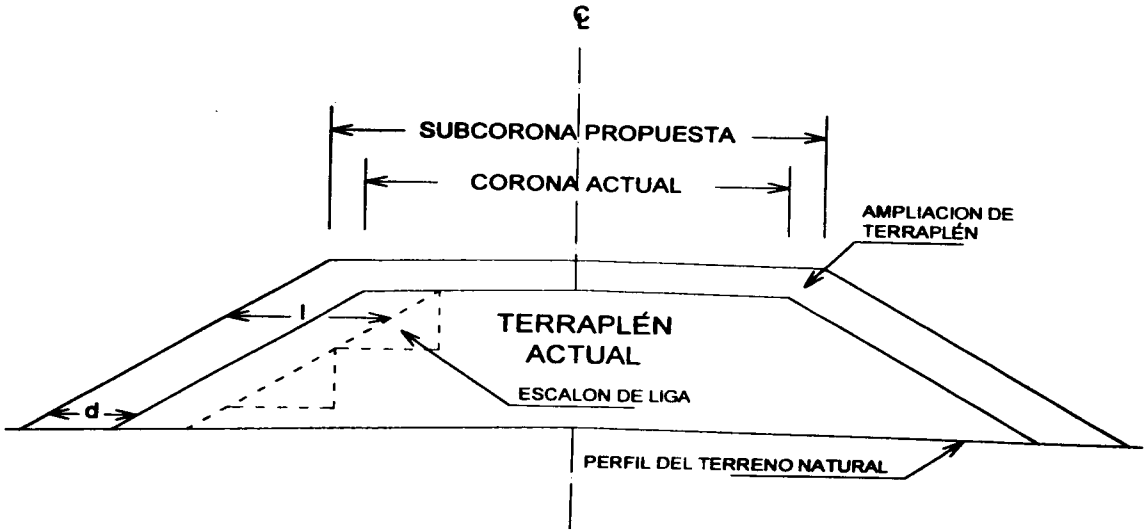


FIGURA 34 SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN EN TERRAPLÉN DE UN CAMINO EXISTENTE



- Cuña de afinamiento.
Es el incremento lateral que se da al talud de un terraplén, para lograr la compactación requerida en las capas inferiores de el. Es de forma triangular como se ilustra en la figura 31, por lo general de 20 centímetros de ancho en la parte superior y al ancho de le subcorona, y termina en la línea de ceros del talud. Esta cuña debe recortarse en el afinamiento final.

- Muro de retención.
Son estructuras que se emplean cundo el talud proyectado del terraplén, no llega al terreno natural, la ubicación y altura de estos se determinara de un estudio económico. En la figura 35 se ilustra la ubicación de un muro de retensión.

- Berma.
En un terraplén esta formada por el material que se adiciona a su talud, con el propósito de darle mayor estabilidad al terraplén, en la figura 36, se ilustra su localización. En un corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de retener en el material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del canino, en la figura 35, se ilustra la ubicación de estas.

- Estratos en corte.
Se designa así alas diferentes capas que forman un corte, siendo cada una de ellas de material distinto a las otras. En la figura 33 se muestra una sección en corte, en donde se observa lo siguiente:

1 - Capa superficial del terreno o estrato (1).
Generalmente esta formado por materiales finos, si es de calidad pude ser aprovechado para la formación del terraplén, en caso contrario forma el denominado despalme.

2.- Estrato (2) y estrato (3).
Están formados por materiales adecuados para la formación de las terracerías, pero sus características son distintas.

- Caja en corte.
Es la excavación de material que se realiza debajo de la subcorona, con el fin de extraer el material que es inadecuado para la formación de la capa subrasante. Este material debe ser sustituido por otro de características apropiadas. En la figura 32 se ilustra la ubicación de esta.

- **Determinación de las áreas.**

Es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén, para estar en condiciones de elaborar el presupuesto y efectuar su pago una vez que sean ejecutados. Para lograr lo anterior, es necesario calcular el área de las distintas de cada una de las porciones que forman la sección transversal.
Los procedimientos empleados comúnmente para este fin son:

1.- Método analítico.

2.- Método gráfico.

FIGURA 35

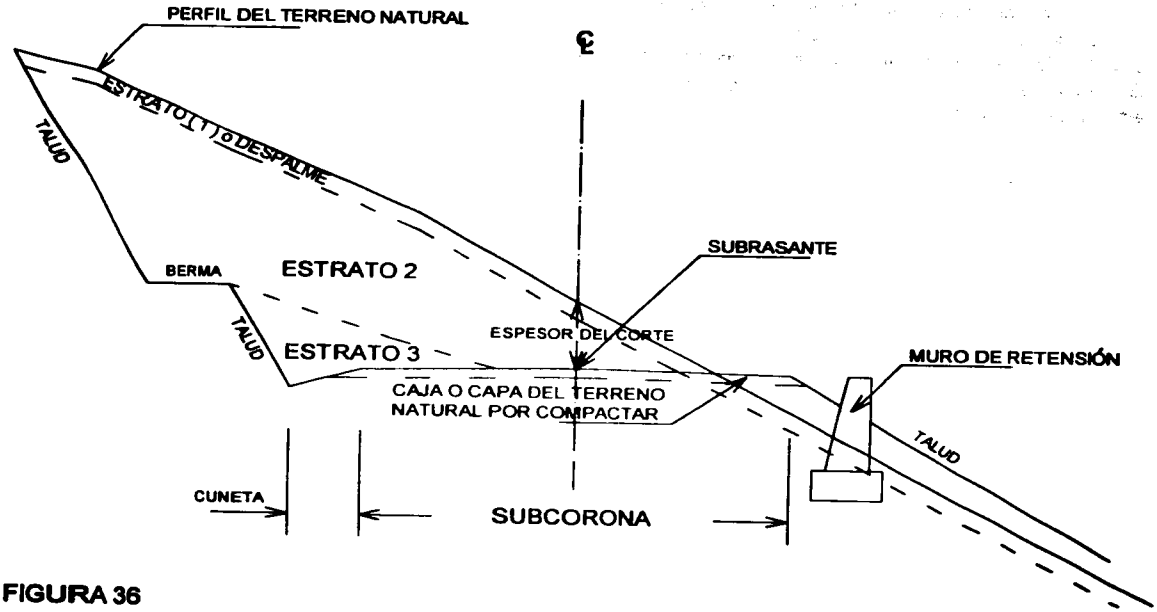
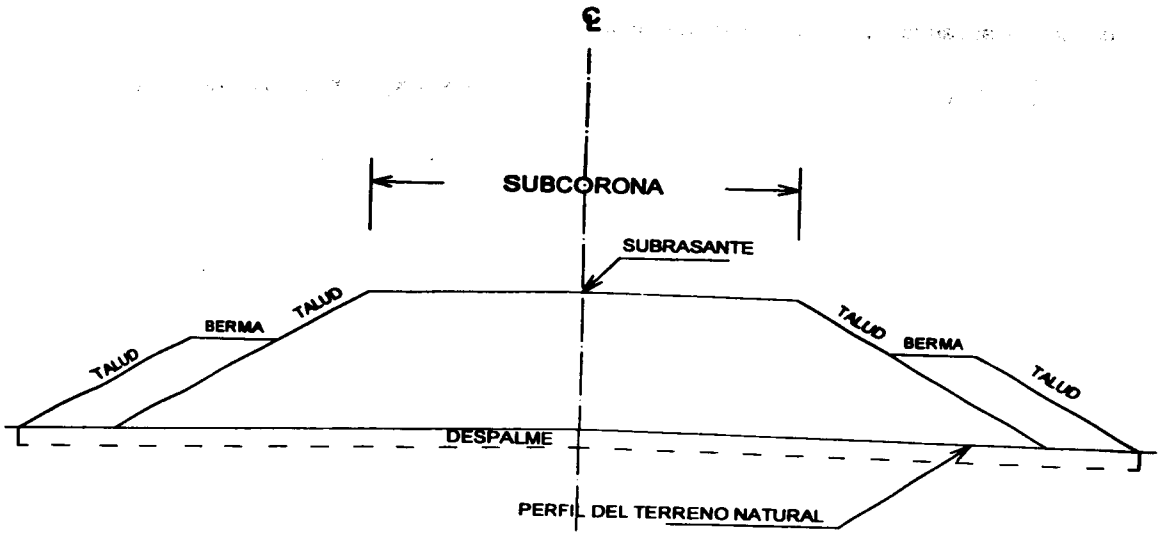


FIGURA 36



Método analítico (por coordenadas).

Este método se basa en la descomposición de la sección, en figuras regulares, obtenidas al trazar líneas verticales por los puntos de quiebre del terreno y de la sección de construcción. Si consideramos una sección en corte como la de la figura 37 referida a un sistema de ejes cartesianos, el área de las sección, es la suma de las áreas de los trapecios: A 1 2 D A, D 2 3 E D y E 3 4 H E, menos la suma de las áreas de los trapecios A 1 9 B A, B 9 8 C B, C 8 7 E C, E 7 6 F E, F 6 5 G F, y G 5 4 H G. Como el área de un trapecio es la semisuma de las bases por la altura, entonces tenemos:

$$A= \frac{(Y_2+Y_1)}{2}(X_2-X_1)+\frac{(Y_3+Y_2)}{2}(X_3-X_2)+\frac{(Y_4+Y_3)}{2}(X_4-X_3)$$

$$-\frac{(Y_9+Y_1)}{2}(X_9-X_1)-\frac{(Y_8+Y_9)}{2}(X_8-X_9)-\frac{(Y_7+Y_8)}{2}(X_7-X_8)$$

$$-\frac{(Y_6+Y_7)}{2}(X_6-X_7)-\frac{(Y_5+Y_6)}{2}(X_5-X_6)-\frac{(Y_4+Y_5)}{2}(X_4-X_5)$$

$$A= \frac{1}{2}\Big\{ \underline{Y_2X_2} - Y_2X_1 + Y_1X_2 - \underline{Y_1X_1} + \underline{Y_3X_3} - Y_3X_2 + Y_2X_3 - \underline{Y_2X_2} + \underline{Y_4X_4} - Y_4X_3 +$$

$$Y_3X_4 - \underline{Y_3X_3} - \underline{Y_9X_9} + Y_9X_1 - Y_1X_9 + \underline{Y_1X_1} - \underline{Y_8X_8} + Y_8X_9 - Y_9X_8 + \underline{Y_9X_9} -$$

$$\underline{Y_7X_7} + Y_7X_8 - Y_8X_7 + \underline{Y_8X_8} - \underline{Y_6X_6} + Y_6X_7 - Y_7X_6 + \underline{Y_7X_7} - \underline{Y_5X_5} + Y_5X_6 -$$

$$Y_6X_5 + \underline{Y_6X_6} - \underline{Y_4X_4} + Y_4X_5 - Y_5X_4 + \underline{Y_5X_5}\Big\}$$

Ordenando y sacando las "Y" como factor, tenemos:

$$A= \frac{1}{2}\Big\{ Y_1(X_2-X_9)+Y_2(X_3-X_1)+Y_3(X_4-X_2)+Y_4(X_5-X_3)+Y_5(X_6-X_4)+$$

$$Y_6(X_7-X_5)+Y_7(X_8-X_6)+Y_8(X_9-X_7)+Y_9(X_1-X_8)\Big\}$$

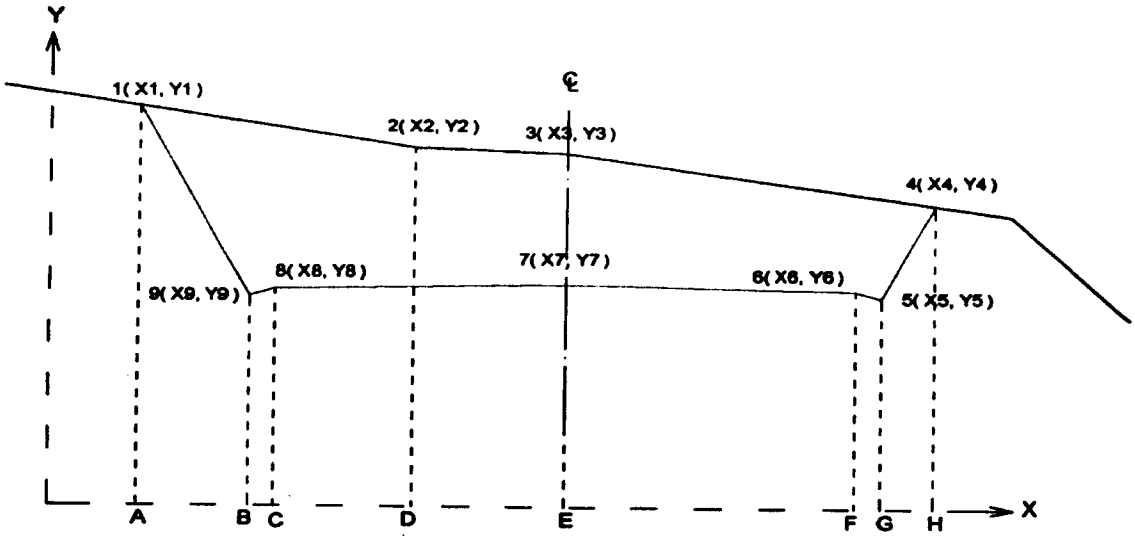
Para el caso de un polígono de " n " vértices la expresión será:

$$\text{ÁREA}= \frac{1}{2}\Big\{ Y_1(X_2-X_9)+Y_2(X_3-X_1)+Y_3(X_4-X_2)+Y_4(X_5-X_3)+Y_5(X_6-X_4)+$$

$$Y_6(X_7-X_5)+Y_7(X_8-X_6)+\ .\ .\ .\ .\ +Y_{n-1}(X_n-X_{n-2})+Y_n(X_1-X_{n-1})\Big\}$$

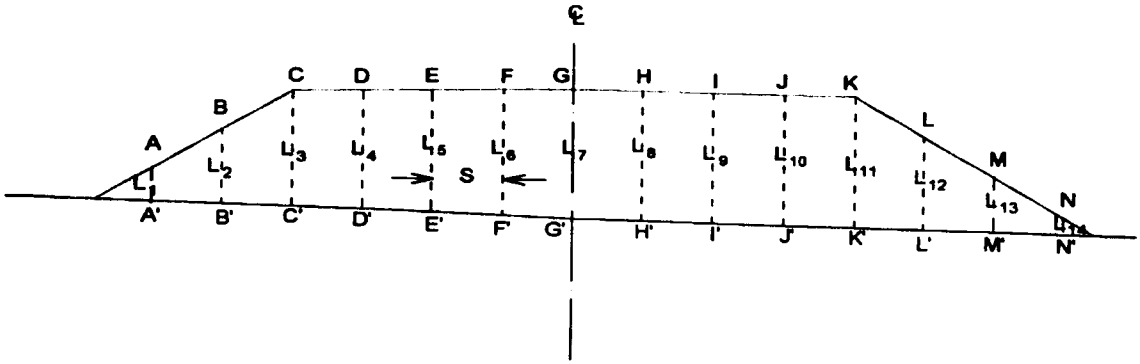
En la figura 39, se ejemplifica el cálculo del área de corte por este método.

FIGURA 37 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS POR EL MÉTODO ANALÍTICO



$$\text{ÁREA}=\frac{1}{2}\Big[Y_1(X_2-X_9)+Y_2(X_3-X_1)+Y_3(X_4-X_2)+Y_4(X_5-X_3)+Y_5(X_6-X_4)+$$
$$Y_6(X_7-X_5)+Y_7(X_8-X_6)+\ .\ .\ .\ .\ +Y_{n-1}(X_n-X_{n-2})+Y_n(X_1-X_{n-1})\Big]$$

FIGURA 38 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS POR EL MÉTODO GRÁFICO



$$\text{ÁREA}= S\left[\sum_{i=1}^{n} L_i\right]$$

Método gráfico.

En la figura 38 se muestra una sección en terraplén, dividida en trapecios y dos triángulos extremos, mediante líneas verticales: A-A', B-B', C-C', etc. Y una separación constante "S".
El área de la sección es igual a la suma de las áreas parciales, entonces tenemos:

$$A= \left(\frac{a}{2}\right) S + \left(\frac{a+b}{2}\right) S + \left(\frac{b+c}{2}\right) S + \left(\frac{c+d}{2}\right) S + \left(\frac{d+e}{2}\right) S + \left(\frac{e+f}{2}\right) S +$$

$$\left(\frac{f+g}{2}\right) S + \left(\frac{g+h}{2}\right) S + \left(\frac{h+i}{2}\right) S + \left(\frac{i+j}{2}\right) S + \left(\frac{j+k}{2}\right) S + \left(\frac{k+l}{2}\right) S +$$

$$\left(\frac{l+m}{2}\right) S + \left(\frac{m+n}{2}\right) S$$

Como "S" es constante, entonces:

$$A= S \left\{ \left(\frac{L_1}{2}\right) + \left(\frac{L_1+L_2}{2}\right) + \left(\frac{L_2+L_3}{2}\right) + \left(\frac{L_3+L_4}{2}\right) + \left(\frac{L_4+L_5}{2}\right) + \left(\frac{L_5+L_6}{2}\right) + \left(\frac{L_6+L_7}{2}\right) + \left(\frac{L_7+L_8}{2}\right) + \right.$$

$$\left. \left(\frac{L_8+L_9}{2}\right) + \left(\frac{L_9+L_{10}}{2}\right) + \left(\frac{L_{10}+L_{11}}{2}\right) + \left(\frac{L_{11}+L_{12}}{2}\right) + \left(\frac{L_{12}+L_{13}}{2}\right) + \left(\frac{L_{13}+L_{14}}{2}\right) + \left(\frac{L_{14}}{2}\right) \right\}$$

$$A= S \left\{ \left(\frac{2L_1}{2}\right) + \left(\frac{2L_2}{2}\right) + \left(\frac{2L_3}{2}\right) + \left(\frac{2L_4}{2}\right) + \left(\frac{2L_5}{2}\right) + \left(\frac{2L_6}{2}\right) + \left(\frac{2L_7}{2}\right) + \left(\frac{2L_8}{2}\right) + \left(\frac{2L_9}{2}\right) + \left(\frac{2L_{10}}{2}\right) + \right.$$

$$\left. \left(\frac{2L_{11}}{2}\right) + \left(\frac{2L_{12}}{2}\right) + \left(\frac{2L_{13}}{2}\right) + \left(\frac{2L_{14}}{2}\right) \right\}$$

Finalmente:

$$\text{ÁREA}= S \quad (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 + L_{10} + L_{11} + L_{12} + L_{13} + L_{14})$$

y para " n " líneas verticales tenemos:

$$\text{ÁREA}= S \left(\sum_{i=1}^{n} L_i \right)$$

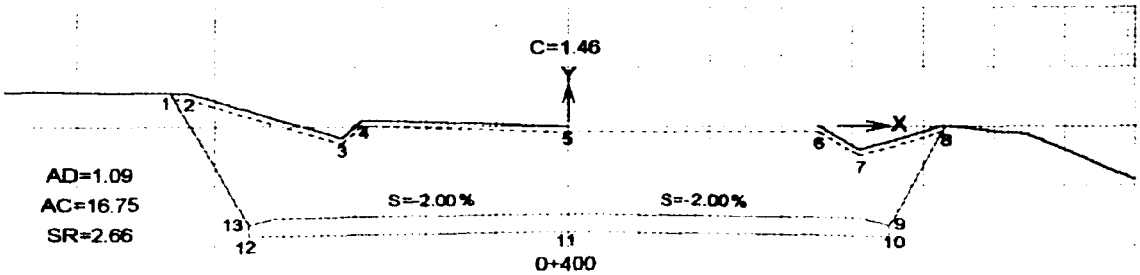
En la figura 40, se ejemplifica el cálculo del área de corte por este método.

Para que esta expresión sea exacta es necesario que las líneas verticales coincidan en todos los casos con los puntos de cambio de pendiente del terreno, con los ceros, hombros y centro de línea de la sección, sin embargo es muy difícil que esto suceda, Por lo que el error que se origina esta en función de la equidistancia "S", siendo menor conforme esta sea mas pequeña.
La aplicación de este método consiste en acumular las distancias A-A', B-B', C-C', D-D' E-E', F-F', G-G', H-H', I-I', J-J', K-K', L-L', M-M' y N-N', marcándolas en tiras de papel; una ves efectuado lo anterior en toda la sección, se determina la longitud total y se multiplica por la equidistancia "S", obteniendo como resultado el área de la sección.

- **Volúmenes de obra.**

Efectuado el cálculo de las áreas de las secciones de construcción, se procede a calcular los volúmenes de tierras. Para esto consideramos que el camino esta formado por una serie de prismas tanto en corte como en terraplén, cada uno de estos prismas esta limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes de la subcorona y del terreno natural.

FIGURA 39 DETERMINACIÓN DEL ÁREA POR EL MÉTODO ANALÍTICO



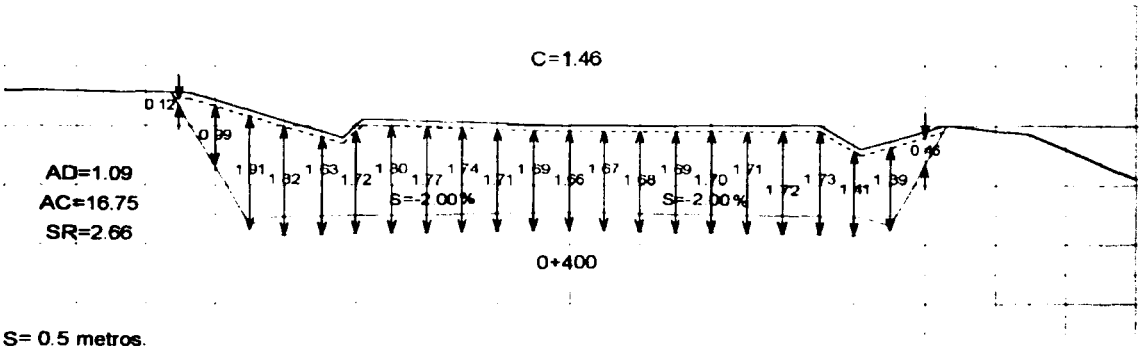
PUNTO	X	Y	PUNTO	X	Y	PUNTO	X	Y	PUNTO	X	Y
1	- 5.56	0.45	4	- 2.90	0.00	7	4.10	- 0.50	10	4.50	-1.85
2	- 5.35	0.45	5	0.00	- 0.10	8	5.28	- 0.11	11	0.00	- 1.76
3	- 3.20	- 0.30	6	3.50	-0.10	9	4.50	- 1.66	12	- 4.50	- 1.85
									13	- 4.50	- 1.68

$$\text{ÁREA}=\frac{1}{2}\left[\begin{array}{l}0.45\,(-5.35 - -4.50) + 0.45\,(-3.20 - -5.56) + -0.30\,(-2.90 - -5.35) + 0.00\,(0.00 - -3.20) + -0.10 \\ (3.50 - -2.90) + -0.10\,(4.10 - 0.00) + -0.50\,(5.28 - 3.50) + -0.11\,(4.50 - 4.10) + -1.66\,(4.50 - \\ 5.28) + -1.85\,(0.00 - 4.50) + -1.76\,(-4.50 - 4.50) + -1.85\,(-4.50 - 0.00) + -1.66\,(-5.56 - -4.50)\end{array}\right]$$

ÁREA=0.50 (-0.38 +1.06 -0.74 + 0.00 -0.64 -0.41 -0.89 -0.04 +1.29 +8.33 +15.84 +8.33 +1.76)

ÁREA=0.50 (33.5)= 16.75 m^2

FIGURA 40 DETERMINACIÓN DEL ÁREA POR EL MÉTODO GRÁFICO



S= 0.5 metros.

$$\text{ÁREA}= S\left[\sum_{i=1}^{n} L_i\right]$$

$$\text{ÁREA}=0.5\left[\begin{array}{l}0.12 + 0.99 + 1.91 + 1.82 + 1.63 + 1.72 + 1.80 + 1.77 + 1.74 + 1.71 + 1.69 + 1.66 + 1.67 + \\ 1.68 + 1.69 + 1.70 + 1.71 + 1.72 + 1.73 + 1.41 + 1.39 + 0.46\end{array}\right]$$

ÁREA=0.5 (33.72)

ÁREA= 16.86 m^2

Fórmula del prismoide.

Esta expresión se emplea para calcular el volumen de un prismoide, para determinarla basémonos en la figura 41. Los triángulos no son iguales ni semejantes por lo que si una de las superficies laterales es plana, las otras dos serán alabeadas.

De la figura deducimos que:

$$A_1 = \frac{1}{2}\ (b_1)(h_1) \qquad A_2 = \frac{1}{2}\ (b_2)(h_2)$$

$$A_x = \frac{1}{2}\ (b_x)(h_x)$$

Pero:

$$b_x = b_1 + (b_2 - b_1)\frac{X}{L} \qquad h_x = h_1 + (h_2 - h_1)\frac{X}{L}$$

Por lo tanto:

$$A_x = \frac{1}{2}\left\{ (b_x)(h_x) + \left[(b_1)(h_2) - (b_1)(h_1) + (b_2)(h_1) - (b_1)(h_1)\right] \frac{X}{L} + \left[(b_2)(h_2) - (b_2)(h_1) - (b_1)(h_2) + (b_1)(h_1)\right] \frac{X^2}{L^2} \right\}$$

El volumen del prismoide es entonces:

$$V = \int_0^L (Ax)(dx)$$

Sustituyendo el valor de A_x, integrando y simplificando, tenemos:

$$V = \frac{L}{2}\left\{ b_1 \left[\frac{h_2}{6} + \frac{h_1}{3}\right] + b_2 \left[\frac{h_2}{3} + \frac{h_1}{6}\right] \right\}$$

$$V = \frac{L}{6}\left\{ \frac{(b_1)(h_1)}{2} + \frac{b_1}{2}(h_1 + h_2) + \frac{b_2}{2}(h_1 + h_2) + \frac{(b_2)(h_2)}{2} \right\}$$

$$V = \frac{L}{6}\left\{ \frac{(b_1)(h_1)}{2} + 4\ \frac{\frac{(b_1)(b_2)}{2} \quad \frac{(h_1)(h_2)}{2}}{2} + \frac{(b_2)(h_2)}{2} \right\}$$

Pero: $\dfrac{(b_1)(b_2)}{2}$ y $\dfrac{(h_1)(h_2)}{2}$

Son la base y la altura media de un triángulo que se encuentra a la mitad de la longitud "L" considerada; si llamamos Am al área de ese triángulo, entonces tendremos:

$$V = \frac{L}{6}\left[(A_1 + (4)(A_m) + A_2 \right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Conocida como la fórmula del prismoide.

Si convenimos que:

$$A_m = \frac{(A_1 + A_2)}{2}$$

Sustituyendo su valor en (1), tenemos:

$$V = \frac{L}{6}\left\{ (A_1) + 4\left[\frac{(A_1 + A_2)}{2}\right] + (A_2) \right\}$$

$$V = \frac{L}{6}\left\{ (A_1) + (2)(A_1) + (2)(A_2) + (A_2) \right\}$$

$$V = \frac{L}{6}\left\{ 3\left[(A_1) + (A_2) \right] \right\}$$

$$V = \frac{L}{2}\left[(A_1) + (A_2) \right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Conocida como **fórmula de las áreas medias.**

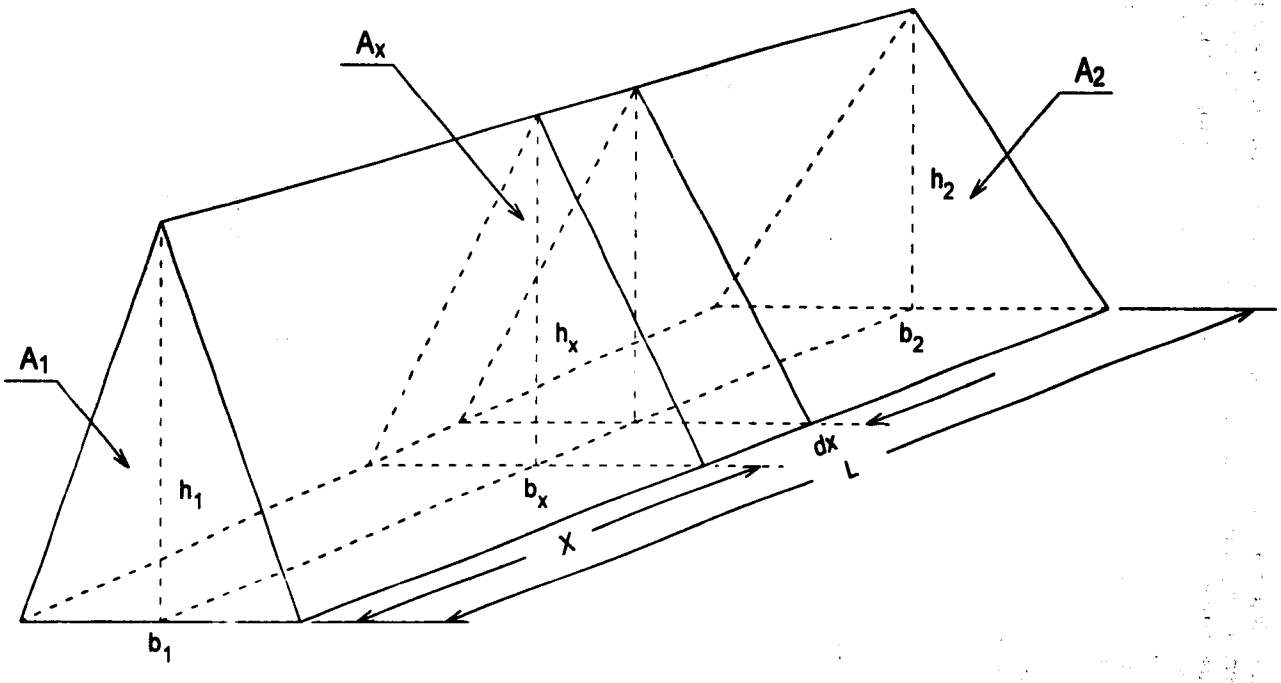
Así pues, el volumen de material ya sea en corte o en terraplén comprendido entre dos secciones, se calculara tomando la suma de las áreas extremas, multiplicada por la mitad de la distancia que las separa. Al calcular el volumen deberán considerarse el mayo numero de secciones posibles, comúnmente se consideran las correspondientes a estaciones cerradas de 20 metros, las de los puntos principales de las curvas del alineamiento horizontal y las de aquellos puntos donde ocurren cambios significativos tanto en la pendiente longitudinal como transversal del terreno.

- **Coeficiente de variación volumétrica.**

El material ya sea producto de cortes o de prestamos, que se emplea para la formación de los terraplenes, sufre un cambio de volumen al pasar de su estado natural al estrato correspondiente en el terraplén, es indispensable conocer este cambio para determinar de manera correcta los volúmenes y los movimientos de tierras.

El coeficiente de variación volumétrica se define como la relación que existe entre el volumen del material en determinadas condiciones de acomodo respecto al que tenia en la condición considerada como inicial y su valor se obtiene mediante la relación de los pesos volumétricos respectivos. Estos coeficientes se expresan en decimales, no tienen unidades y se aplican a volúmenes que forman bancos, préstamos, almacenes, etc., con el objeto de calcular volúmenes compactos (en el banco o en la capa construida) o sueltos (acarreos), así como abundamientos o reducciones de material ocasionado por el movimiento de los materiales en las diferentes etapas de una obra.

FIGURA 41 VOLUMEN DE UN PRISMA TRIÁNGULAR



$$\text{VOLUMEN} = \frac{L}{2}\left[A_1 + A_2\right]$$

El coeficiente será mayor que la unidad, cuando un metro cúbico de terraplén pueda construirse con un volumen menor de material, obtenido del corte o del préstamo. Por el contrario el coeficiente será menor que la unidad, cuando el volumen de corte o préstamo, requerido para formar un metro cúbico de terraplén sea mayor.
Como se aprecia en la figura 31, el terraplén se forma de una o mas porciones, las que pueden tener diferente grado de compactación. Para el material producto de corte que se empleara en la construcción del terraplén, el coeficiente de variación volumétrica se considera para cada estrato en el corte, es proporcional al volumen de las porciones del terraplén; así tenemos que si el cuerpo del terraplén se constituye de dos porciones de igual volumen, el coeficiente empleado será el promedio de los correspondientes a los grados de compactación considerados para cada una de las porciones.
Si el terraplén se forma de material producto de préstamo, se aplica el coeficiente de variación volumétrica correspondiente a cada una de las porciones, según el grado de compactación recomendado.
Para el caso de los acarreos, como los precios unitarios están en función del material a mover en su estado natural, se calculan de la siguiente manera:
Si el material a mover proviene de un solo estrato, se divide el volumen del material entre su coeficiente de variación volumétrica. Si el material a mover proviene de dos o mas estratos, deberá entonces determinarse el coeficiente medio de variación volumétrica para cada acarreo o sea el resultado de dividir la suma de los volúmenes compactados en el terraplén entre la suma de los volúmenes respectivos, medidos en la excavación

Coeficiente de variación volumétrica de estado natural a estado suelto, también llamado Coeficiente de Abundamiento.

Es la relación de volumen del material en estado suelto, respectó al que presentaba dicho material en su estado natural y su valor se obtiene mediante la relación entre el peso volumétrico seco del material en su estado natural y el peso volumétrico seco del mismo material en estado suelto. Su valor se calcula mediante la fórmula:

$$C_{ns} = \frac{\gamma_{dn}}{\gamma_{ds}}$$

C_{ns}= Coeficiente de variación volumétrica del material de estado natural a estado suelto (abundamiento)

γ_{dn}= Peso volumétrico seco del material en su estado natural o peso volumétrico del lugar, en kg/m^3

γ_{ds}= Peso volumétrico seco suelto del material, en kg/m^3

Coeficiente de variación volumétrica de estado natural a estado compacto en la capa.

Es la relación de volumen del material compactado en el lugar, respectó al que presentaba dicho material en su estado natural y su valor se obtiene mediante la relación entre el peso volumétrico seco del material en su estado natural y el peso volumétrico seco del mismo material compactado en el lugar. Su valor se calcula mediante la fórmula:

$$C_{nc} = \frac{\gamma_{dn}}{\gamma_{dc}}$$

C_{nc}= Coeficiente de variación volumétrica del material de estado natural a estado compacto en el lugar.

γ_{dn}= Peso volumétrico seco del material en su estado natural o peso volumétrico del lugar, en kg/m^3

γ_{dc}= Peso volumétrico seco del material compactado en el lugar o peso volumétrico del material al grado de compactación requerido, en kg/m^3

Coeficiente de variación volumétrica de estado suelto a estado compacto en la capa, también llamado Coeficiente de Reducción.

Es la relación del volumen del material en esta ultima condición, respecto a su estado suelto, su valor se obtiene mediante la relación entre el peso volumétrico del material e n estado suelto y el peso volumétrico del mismo material compactado en el lugar, el estado suelto se considera en almacenamientos, en los vehículos de transporte, en el camellon o bajo cualquier condición en la que el material, después de haber sido removido de su estado natural o de habérsele aplicado un tratamiento, no haya sido sometido a un proceso de compactación. Su valor se calcula mediante la fórmula:

$$C_{sc} = \frac{\gamma_{ds}}{\gamma_{dc}}$$

C_{sc}= Coeficiente de variación volumétrica del material de estado natural a estado suelto a estado compactado en el lugar.

γ_{ds}= Peso volumétrico seco suelto del material, en kg/m^3

γ_{dc}= Peso volumétrico seco del material compactado en el lugar o peso volumétrico del material al grado de compactación requerido, en kg/m^3

Coeficiente de variación volumétrica de estado compacto en el lugar a estado suelto.

Es la relación del volumen del material en estado suelto, respecto al que presentaba dicho material en su estado compactado en el lugar, su valor se obtiene mediante la relación entre el peso volumétrico seco del material en su estado compactado y el peso volumétrico seco del mismo material en estado seco y suelto. Su valor se calcula mediante la fórmula:

$$C_{cs} = \frac{\gamma_{dc}}{\gamma_{ds}}$$

C_{sc}= Coeficiente de variación volumétrica del material de estado natural a estado suelto a estado compactado en el lugar.

γ_{dc}= Peso volumétrico seco del material compactado en el lugar o peso volumétrico del material al grado de compactación requerido, en kg/m^3

γ_{ds}= Peso volumétrico seco suelto del material, en kg/m^3

- **Grado de compactación.**

Tiene por objeto determinar el grado de acomodo de las partículas en su estado natural o bien de las partículas de un material pétreo que forma parte de una estructura, ya sea que esta se encuentre en proceso o terminada. Su valor se obtiene mediante la fórmula:

$$G_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} 100$$

G_c= Grado de compactación del material, en porciento.

γ_d= Peso volumétrico del material seco en el lugar, en kg/m^3

γ_{dmax}= Peso volumétrico seco máximo del material, en kg/m^3

- **Ordenadas de la curva masa**

La ordenada de la curva masa en una estación determinada es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y de corte, afectando estos últimos por su coeficiente de variación volumétrica, considerando los volúmenes desde un origen hasta la estación en cuestión, se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos. Estas ordenadas se utilizan para dibujar el diagrama de masas en un sistema de coordenadas rectangulares.
Cuando el material producto de los cortes, no es apropiado en su totalidad para la formación del terraplén o no alcanza para su formación, se deben calcular ordenadas de curva masa para cada una de las porciones del terraplén que tengan diferente fuente de procedencia.

- **Registro de cálculo**

En las paginas 120 y 121, se presentan los registros de cálculo, para las terracerías (despalme, cortes, terraplenes y subrasante). No debemos olvidar la relación que existe entre los diferentes datos que nos conducen a las ordenadas del diagrama de masas, por lo que es recomendable su verificación constante a fin de evitar la propagación de errores.

5.3.- MOVIMIENTOS DE TERRACERIAS

Los volúmenes ya sean de corte o de préstamo, deben ser transportados para la formación de los terraplenes, cuando parte de los volúmenes de corte deban desperdiciarse, se transportaran a lugares apropiados. Para determinar el costo mínimo de estos movimientos se emplea el diagrama de masas, que es la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa.

- **Propiedades del diagrama de masas.**

Consideremos la figura 42, en ella se representa el diagrama de masas " A B C D E F G ", de los volúmenes de terracerías a mover, al ubicar la subrasante " a c e g " en el perfil " a b c d e f g " del terreno.
Las principales propiedades del diagrama de masas son:

- Entre los límites de una excavación, el diagrama crece de izquierda a derecha y decrece en el mismo sentido cuando hay terraplén. Así las líneas " A B C " y " E F G " son ascendentes, por derivarse de los volúmenes de corte de " a b c " y " e f g ", mientras que la línea " C D E " en descendente por corresponder al terraplén " c d e ".

- En las estaciones donde hay cambio de excavación a terraplén (líneas de paso), en el diagrama se presentara un máximo. Por el contrario en las estaciones donde hay cambio de terraplén a corte, en el diagrama se presentara un mínimo.
En la figura 42, los puntos " A " y " E " son mínimos y corresponden a los puntos " a " y " e " del terreno que son extremos de tramos en terraplén. Mientras que los puntos " C " y " G " son máximos y corresponde a los extremos de los cortes " a b c " y " e f g ".

- Cualquier línea horizontal que corte al diagrama de masas, marcara puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir que entre ellos el volumen de corte es igual al volumen de terraplén. Esta línea horizontal se llama compensadora y la distancia entre dos puntos consecutivos se denomina abertura del diagrama y es la distancia máxima de acarreo al transportar el material del corte al terraplén.

CURVA MASA DE TERRACERÍAS (CORTES Y TERRAPLENES)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

HOJA No. 1/1

ESTACIÓN		ELEVACIONES		ESPESORES		ÁREAS		A_1+A_2		SEMI-DIST	VOLUMEN		FACTOR REDUC	VOLUMEN REDUCIDO		SUMA VOLÚMENES		ORDENADA DE CURVA MASA
	(Km.)	TERRENO	SUB'RAS	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP		CORTE	TERRAP		CORTE	TERRAP.	CORTE (+)	TERR. (-)	
	0 + 000	499 34	499 14	-0 20		4 37	0											5,000
	0 + 020	498 32	498 84		0 52	0	7 01	4 37	7 01	10 00	44	70	0 95	42	70		-28	4,972
	0 + 040	498 35	498 54		0 19	0 22	0 17	0 22	7 18	10 00	2	72	0 95	2	72		-70	4,902
	0 + 047 40	498 47	498 43	-0 04		2 91	0	3 13	0 17	3 70	12	1	0 95	11	1	10		4,912
	0 + 060	498 14	498 24		0 10	3 24	0	6 15	0	6 30	39	0	0 95	37	0	37		4,949
	0 + 080	497 81	497 94		0 13	1 43	0 10	4 67	0 10	10 00	47	1	0 95	45	1	44		4,993
	0 + 100	496 88	497 64		0 76	0	7 59	1 43	7 69	10 00	14	77	0 95	13	77		-64	4,929
PC	0 + 111 13	496 52	497 50		0 98	0	9 43	0	17 02	5 56	0	95	0 95	0	95		-95	4,834
	0 + 113 80	496 36	497 48		1 12	0	11 24	0	20 67	1 34	0	28	0 95	0	28		-28	4,806
	0 + 120	496 49	497 44		0 95	0	8 59	0	19 83	3 10	0	61	0 95	0	61		-61	4,745
	0 + 140	496 58	497 42		0 84	0	7 24	0	15 83	10 00	0	158	0 95	0	158		-158	4,587
	0 + 160	496 62	497 60		0 98	0	8 90	0	16 14	10 00	0	161	0 95	0	161		-161	4,426
PT	0 + 172 52	496 57	497 80		1 23	0	13 65	0	22 55	6 26	0	141	0 95	0	141		-141	4,285
	0 + 180	495 95	497 96		2 01	0	23 19	0	36 84	3 74	0	138	0 95	0	138		-138	4,147
	0 + 200	496 86	498 52		1 66	0	16 05	0	39 24	10 00	0	392	0 95	0	392		-392	3,755
	0 + 220	497 06	499 26		2 20	0	22 60	0	38 65	10 00	0	387	0 95	0	387		-387	3,368
	0 + 240	497 13	500 20		3 07	0	37 37	0	59 97	10 00	0	600	0 95	0	600		-600	2,768
PC	0 + 259 46	498 26	501 28		3 02	0	39 41	0	76 78	9 73	0	747	0 95	0	747		-747	2,021
	0 + 260	499 30	501 32		2 02	0	25 76	0	65 17	0 27	0	18	0 95	0	18		-18	2,003
	0 + 280	500 71	502 64		1 93	0	27 42	0	53 18	10 00	0	532	0 95	0	532		-532	1,471
	0 + 300	502 52	504 14		1 62	0	20 58	0	48 00	10 00	0	480	0 95	0	480		-480	991
PT	0 + 302 73	503 06	504 36		1 30	0	15 59	0	36 17	1 37	0	50	0 95	0	50		-50	941
	0 + 320	505 88	505 74	-0 14		1 11	0 68	1 11	16 27	8 63	10	140	0 95	10	140		-130	811
	0 + 340	508 54	507 34	-1 20		13 79	0	14 90	0 68	10 00	149	7	0 95	142	7	135		946
	0 + 360	510 42	508 94	-1 48		15 57	0	29 36	0	10 00	294	0	0 95	279	0	279		1,225
	0 + 361 40	510 80	509 05	-1 75		18 06	0	33 63	0	0 70	24	0	0 95	23	0	23		1,248
										DE ESTA HOJA:	635	4,356		604	4,356	528	-4,280	
										ACUMULADO:	635	4,356		604	4,356	528	-4,280	

CURVA MASA DE TERRACERÍAS (DESPALME Y SUBRASANTE)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

HOJA No 1/1

ESTACIÓN (Km.)	DIST. ENTRE EST.	DESPALME (ESPESOR=10 Cm.)				SUBRASANTE (ESPESOR=30 Cm.)			
		AREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM. (m^3)	AREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM. (m^3)
0 + 000		0.94				2.66			
0 + 020	10.00	1.11	2.05	21	21	2.42	5.08	51	51
0 + 040	10.00	0.88	1.99	20	41	2.52	4.94	49	100
0 + 047.40	3.70	0.93	1.81	7	48	2.66	5.18	19	119
0 + 060	6.30	0.97	1.90	12	60	2.66	5.32	34	153
0 + 080	10.00	0.91	1.88	19	79	2.66	5.32	53	206
0 + 100	10.00	1.15	2.06	21	100	2.42	5.08	51	257
PC 0 + 111.13	5.56	1.05	2.20	12	112	2.55	4.97	28	285
0 + 113.80	1.34	1.21	2.26	3	115	2.58	5.13	7	292
0 + 120	3.10	1.12	2.33	7	122	2.66	5.24	16	308
0 + 140	10.00	1.08	2.20	22	144	2.69	5.35	54	362
0 + 160	10.00	1.19	2.27	23	167	2.69	5.38	54	416
PT 0 + 172.52	6.26	1.32	2.51	16	183	2.55	5.24	33	449
0 + 180	3.74	1.47	2.79	10	193	2.45	5.00	19	468
0 + 200	10.00	1.15	2.62	26	219	2.42	4.87	49	517
0 + 220	10.00	1.29	2.44	24	243	2.42	4.84	48	565
0 + 240	10.00	1.62	2.91	29	272	2.52	4.94	49	614
PC 0 + 259.46	9.73	1.65	3.27	32	304	2.78	5.30	52	666
0 + 260	0.27	1.55	3.20	1	305	2.78	5.56	2	668
0 + 280	10.00	1.65	3.20	32	337	2.78	5.56	56	724
0 + 300	10.00	1.49	3.14	31	368	2.78	5.56	56	780
PT 0 + 302.73	1.37	1.47	2.96	4	372	2.78	5.56	8	788
0 + 320	8.63	0.94	2.41	21	393	2.67	5.45	47	835
0 + 340	10.00	1.06	2.00	20	413	2.66	5.33	53	888
0 + 360	10.00	1.16	2.22	22	435	2.66	5.32	53	941
0 + 361.40	0.70	1.09	2.25	2	437	2.66	5.32	4	945
			DE ESTA HOJA:	437				945	
			ACUMULADO:	437				945	

En la figura 42, la línea " B " y " D " es una compensadora, ya que la línea " B C " representa el volumen de corte " b c b' " que es igual al volumen del terraplén " c d d', representado por la línea" C D " en el diagrama. La abertura " B D ", es ala distancia máxima de acarreo al transportar el volumen de corte " b c b' " al terraplén " c d d' ".

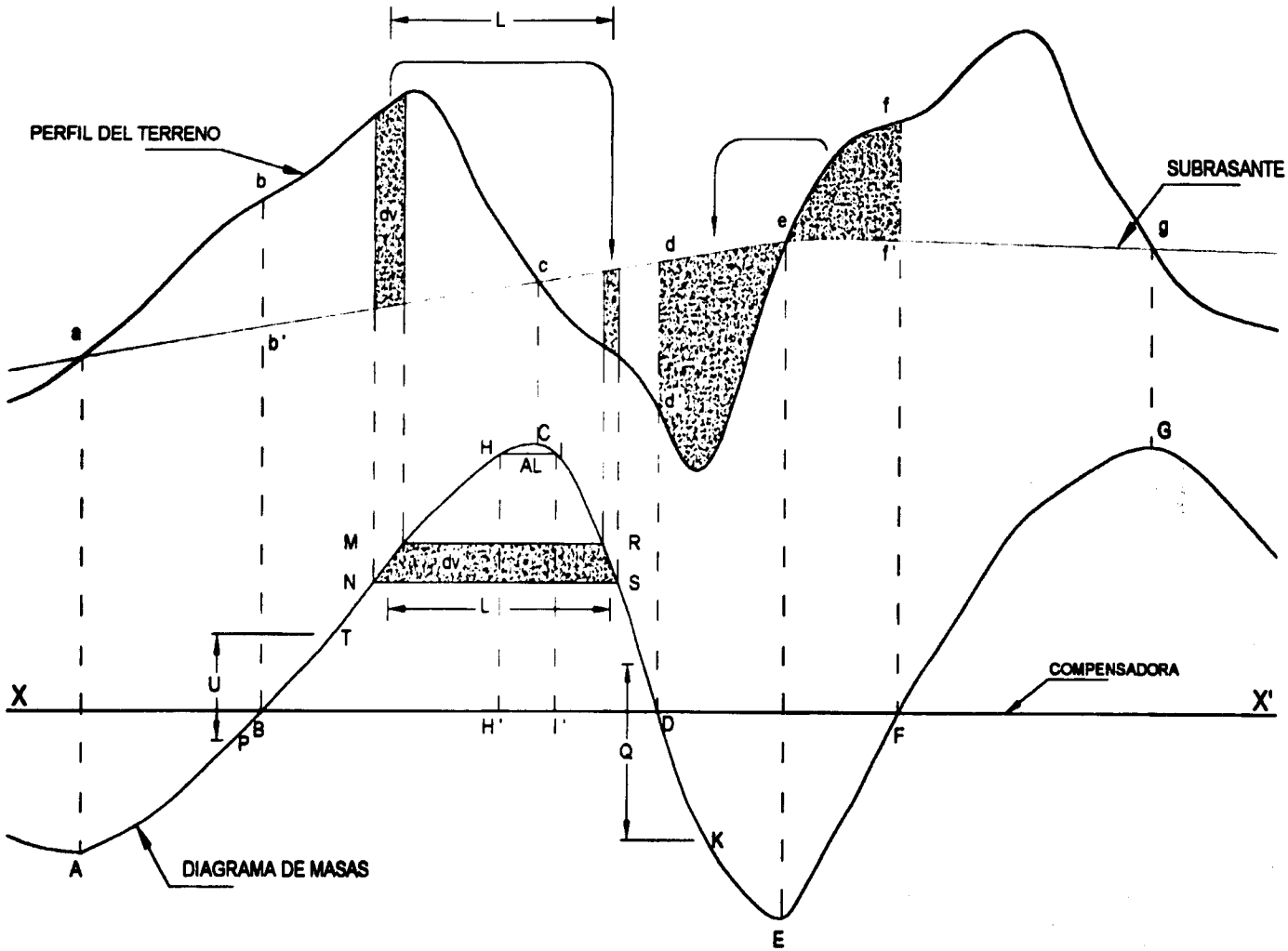
- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representara el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
En la figura 42, la diferencia de ordenadas entre los puntos " P " y " T ", representa un volumen " U " que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte (positivos) y todos los volúmenes de terraplén (negativos) que se encuentran comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos. La diferencia de ordenadas entre " P " y " T " es " U "; como " T " queda arriba de " P ", indica que en el tramo el volumen de corte es mayor al del terraplén y por lo tanto habrá un excedente de material de corte. Considerando el caso de los puntos " J " y " K ", el punto " K " queda abajo del punto " J " por lo tanto la diferencia de ordenadas " Q " indica que el volumen del terraplén es mayor al volumen de corte por lo que habrá un volumen de terraplén excedente.

- Cuando el diagrama de masas queda encima de la línea horizontal compensadora, los acarreos (movimientos) del material se harán hacia delante y cuando el diagrama de masas quede por debajo de la línea horizontal compensadora, los acarreos (movimientos) se harán hacia atrás.
En la figura 42, el contorno cerrado " B C D B " del diagrama de masas indica un movimiento de material hacia delante por estar arriba de la línea compensadora " X X' ", ya que el volumen " B C " del corte " b c b' " será llevado al terraplén " c d d' " que esta adelante. En tanto el contorno cerrado " D E F D " queda abajo de la línea compensadora " X X " lo que indica un movimiento de material hacia atrás, ya que el volumen " E F " del corte " e f f' " será llevado al terraplén " d e d' " mediante un acarreo cuyo sentido es hacia atrás.

- El área comprendida entre el diagrama de masas y una línea horizontal compensadora cualquiera que esta sea, es el producto de un volumen por una distancia y representa al volumen por la longitud media de acarreo.
En la figura 42, si en el corte " b c b' " se toma un volumen elemental " dv ", representado en el diagrama de masas por el segmento " M N " y que será transportado a una distancia " L ", para ser colocado en el segmento " R S " del terraplén, el acarreo elemental será " (dv) (L) que es precisamente el área del trapecio elemental " M N S R "; por lo tanto la suma de todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área del contorno cerrado " B C D B ", que representara el acarreo total. De esta manera si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y una línea horizontal compensadora, bastara con determinar su área, para que considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.

Al estudiar un tramo pueden trazarse varias líneas horizontales compensadoras, según resulte el diagrama de masas, y entre una y otra quedaran tramos sin compensación. En estos tramos, si el diagrama de masas asciende habrá un volumen de excavación excedente que no se empleara para la formación de terraplenes o sea un desperdicio; si el diagrama de masas desciende habrá un faltante de material para completar la formación del terraplén el cual no se puede obtener de la excavación, en este caso deberá traerse el material faltante de otro lado o sea de un préstamo.

FIGURA 42 PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASAS



- **Determinación de los acarreos.**

  Análisis de los acarreos basándose en el diagrama de masas.

Acarreo libre.

Es la distancia máxima a la que puede ser transportado un material estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación y debe ser la distancia mínima requerida por el equipo de construcción que realiza la extracción, carga y descarga del material.

Por convención, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes considera una distancia de acarreo libre de 20 metros, y se representa por una línea horizontal que se ubica en la zona inmediata a los máximos y los mínimos del diagrama de masas.

Las expresiones que determinan las estaciones que limitan el acarreo libre, se determinan mediante a continuación.

Del diagrama de masas de la figura 43, se conocen las coordenadas de las estaciones 1, 2 y 3 así como el acarreo libre " AL " que estará compuesto por " a " y " b ". De acuerdo a la propiedad No.6 de la curva masa, el volumen de terraplén entre las estaciones 1 y 2 es " Q " y el volumen de corte entre las estaciones 2 y 3 es " U ".

La pendiente de la línea correspondiente al terraplén es:

$$P_t = \frac{Q}{\text{Distancia entre estaciones 1 y 2}} = \frac{941 - 811}{0+320 - 0+302.73} = \frac{130}{17.27} = 7.5275\%$$

y la pendiente de la línea correspondiente al corte es:

$$P_c = \frac{U}{\text{Distancia entre estaciones 2 y 3}} = \frac{946 - 811}{0+340 - 0+320} = \frac{135}{20} = 6.7500\%$$

Sabemos también que la ordenada del punto " 4 " es igual a la ordenada del punto " 5 ", por lo tanto en el tramo comprendido entre ellos dos, el volumen de corte será igual al volumen de terraplén, entonces:

$$OCM\ 4 = OCM\ 5$$

como: $OCM\ 4 = OCM\ 2 + (a)(P_t)$ y $OCM\ 5 = OCM\ 2 + (b)(P_c)$

tenemos que: $OCM\ 2 + (a)(P_t) = OCM\ 2 + (b)(P_c)$ . . . . . (1)

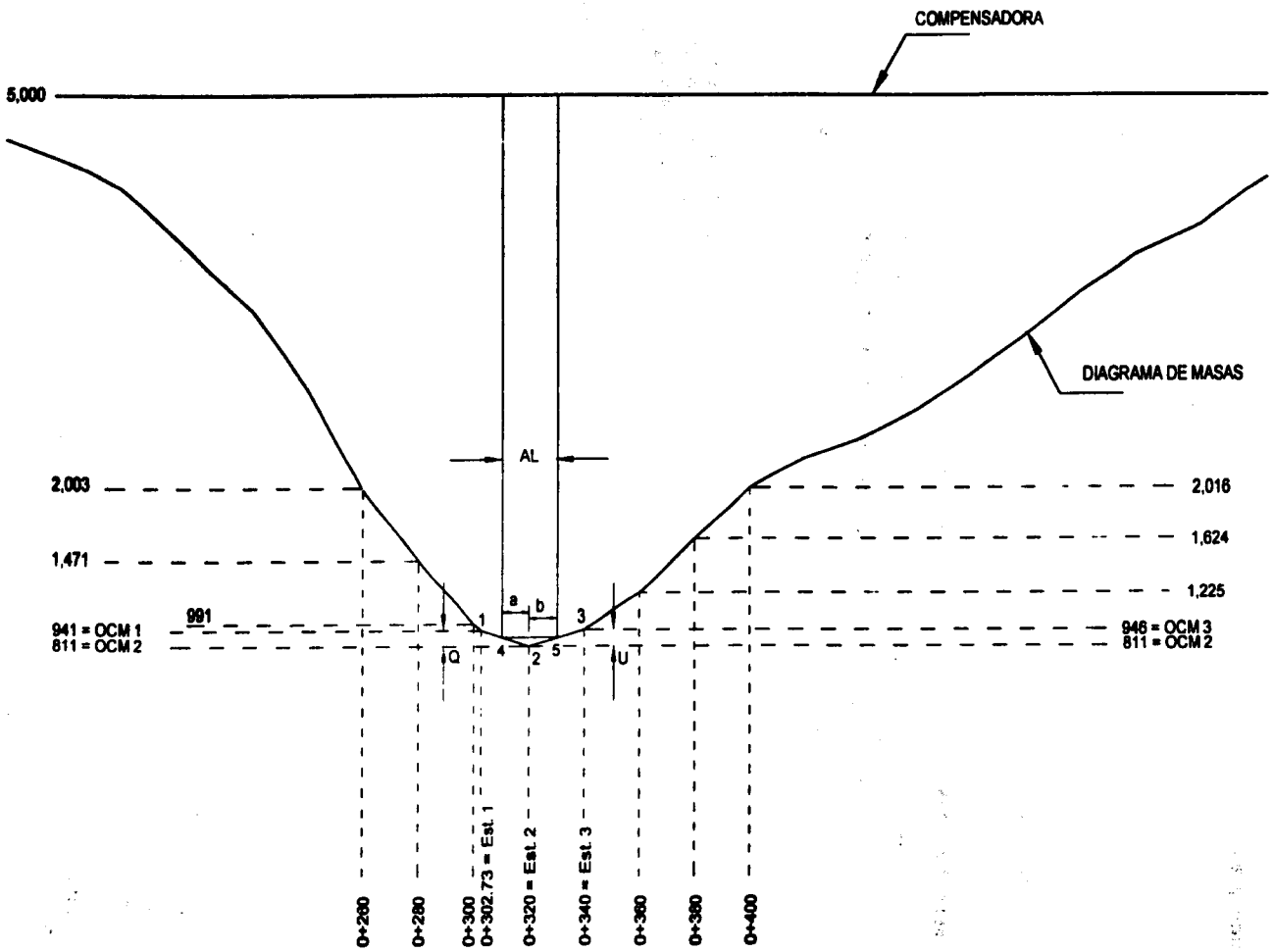
ecuación de la cual solo se desconocen los valores de " a " y " b ", pero como AL = a + b; entonces:

$$b = AL - a$$

sustituyendo este valor de " b " en (1), se tiene:

$$\underline{OCM\ 2} + (a)(P_t) = \underline{OCM\ 2} + (AL - a)(P_c)$$
$$(a)(P_t) = (AL)(P_c) - (a)(P_c)$$
$$(a)(P_t) + (a)(P_c) = (AL)(P_c)$$
$$(a)(P_c + P_t) = (AL)(P_c)$$

FIGURA 43 ACARREO LIBRE



$$a = \frac{(AL)(P_c)}{(P_c + P_t)}$$

Si consideramos que el acarreo libre " AL " es de 20 metros, entonces:

$$a = \frac{(20)(P_c)}{(P_c + P_t)}$$

$$a = \frac{(20)(6.75)}{6.7500 + 7.5275} = \frac{135}{14.2775} = 9.46 \text{ m}$$

y como:

$$b = AL - a \qquad b = 20 - a$$

$$b = 20 - 9.46 = 10.54 \text{ m.}$$

y por lo tanto las estaciones que limitan el acarreo libre serán:

Estación 4 = Estación 2 − 9.46 = 0+320 − 9.46 = 0+310.54

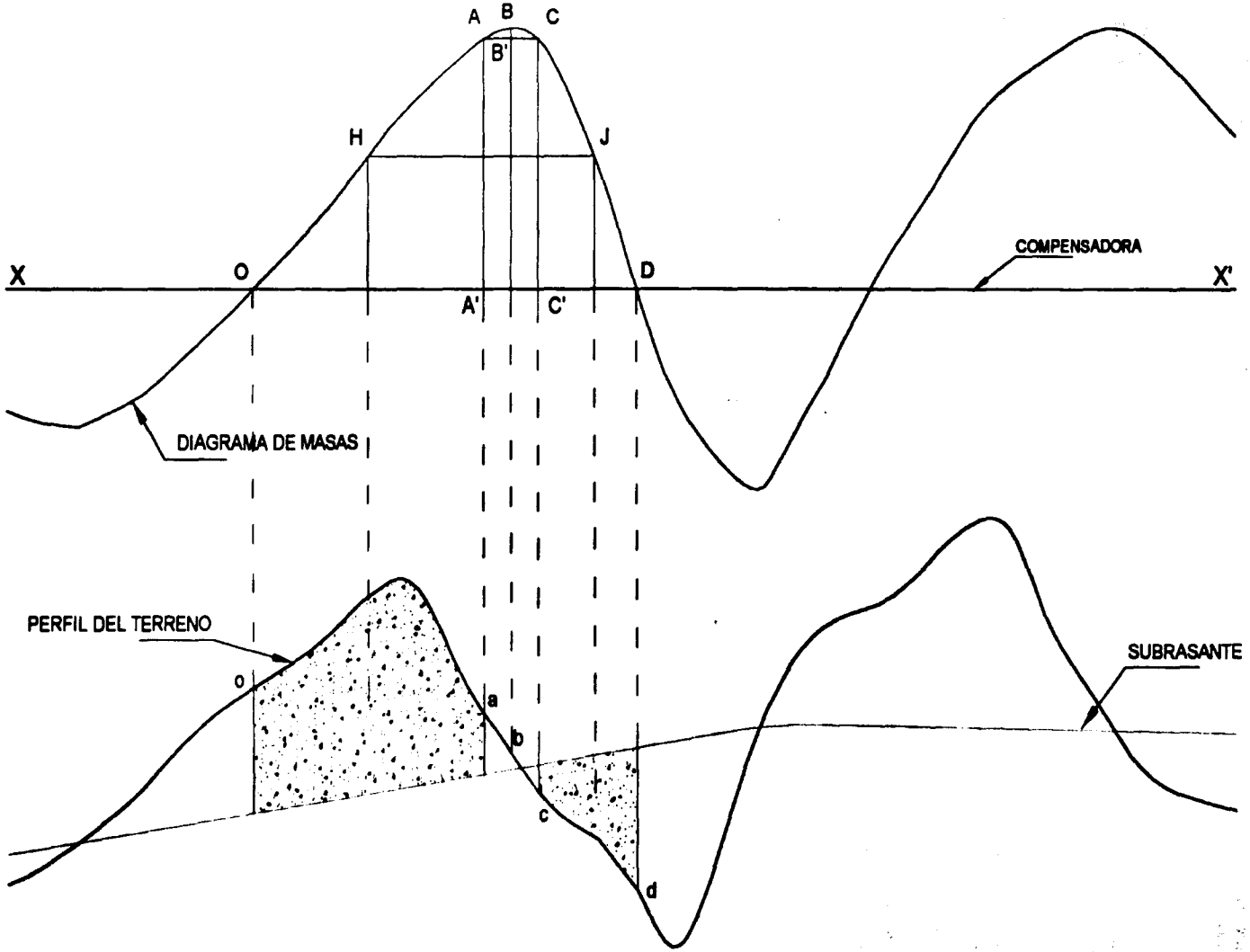
Estación 5 = Estación 2 + 10.54 = 0+320 + 10.54 = 0+330.54

OCM 0+310.54 = OCM 0+330.54 = OCM 0+320 + (b) (P_c) = 811 + (10.54) (6.75) = **882**

Distancia media de sobreacarreo.

Para cuantificar los movimientos de terracerías es necesario establecer la distancia de sobreacarreo y la posición del volumen que hay que transportar mas allá del limite establecido por el acarreo libre.
Hagamos referencia a la figura 44, la distancia de acarreo libre es la horizontal que corta al diagrama de masas en los puntos " A " y " C ", con longitud de 20 metros. El material por encima de la horizontal " A-C ", es el que se transportara sin costo adicional. El volumen de este material esta dado por la diferencia de ordenadas entre la horizontal " A-C " y punto " B " y es una medida del volumen entre " a " y " b ", que se empleara para formar el terraplén entre " b " y " c ".
Consideremos ahora el volumen sobre la línea compensadora " O-D ", con el corte de " o " a " b" se formara el terraplén de " b " a " d ". Como el volumen de material que queda por encima de la compensadora " A-C ", esta incluido en el limite de acarreo libre, el volumen comprendido entre las líneas " O-D " y " A-C " que se mide por la ordenada " A-'A " esta sujeta a un transporte adicional o sobreacarreo
La distancia media de sobreacarreo entre el corte " o " y " a ", y el terraplén a formar entre " c " y " d ", es igual a la distancia entre los centros de gravedad del corte y terraplén respectivo. Si trazamos una vertical por esos centros de gravedad y la prolongamos hasta cortar el diagrama de masas, entonces tenemos los puntos " H " y "J ".
Por lo tanto , la distancia media del sobreacarreo estará dada por la longitud de la horizontal " H-J " menos la distancia de acarreo libre " A-C "
La distancia media de sobreacarreo la obtenemos con base en la propiedad No.6 del diagrama de masas que dice que las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama de masas y una línea compensadora, representan el monto de los acarreos, es decir, un volumen por una distancia, Si dividimos el área de estas figuras entre la diferencia de ordenadas de " A-A' " de las mismas, obtendremos como resultado una distancia, a la cual si le restamos el acarreo libre, obtendremos como resultado la distancia media de sobreacarreo.
Si dividimos el área del contorno cerrado " OACDO ", entre la diferencia de ordenadas de " A-A' ", tenemos como resultado la distancia " H-J " a la cual restaremos la distancia de acarreo libre de " A-C ", entonces tenemos como resultado la distancia media de sobreacarreo.

FIGURA 44 DISTANCIA MEDIA DE SOBREACARREO



Cuando la distancia de sobreacarreo se determine en base al diagrama de masas, este se medirá de acuerdo a una de las tres formas siguientes:

- Sobreacarreo, hasta cinco estaciones de veinte (20) metros, es decir, hasta cien (100) metros contados a partir del termino del acarreo libre. La unidad de medida será la estación y se aproximara a una decimal.

- Sobreacarreo, hasta cinco hectómetros, es decir, hasta quinientos (500) metros contados a partir del termino del acarreo libre. La unidad de medida será el hectómetro con aproximación a una decimal. Consideremos el diagrama de masas mostrado en la figura 45, tendremos:

En la pagina 126 determinamos las estaciones que limitan el acarreo libre y sus ordenadas:
ordenada de la compensadora = 5,000
ordenada que limita el acarreo libre = 882
estaciones que limitan el acarreo libre: 0+310.54 y 0+330.54

el volumen de sobracarreo será = 5,000 – 882 = 4,118 m^3

de la figura, tenemos que el área sombreada, es = 1' 070, 745.76 m^2

por lo tanto la distancia total de acarreo será: $\dfrac{1'\ 072,\ 745.76\ m^2}{4,118\ m^3} = 260.02\ m$

descontando a esta la distancia de acarreo libre, tenemos la distancia media de sobreacarreo (Dm) que será:

Dm = 260.02 m – 20 m = 240.02 m = 2.4 hectómetros

y por lo tanto el volumen sobreacarreado será:

$$\text{sobreacareo primer hectómetro} = \frac{\text{volumen de sobreacarreo}}{\text{coeficiente de variación volumétrica}} \times 1\ hm$$

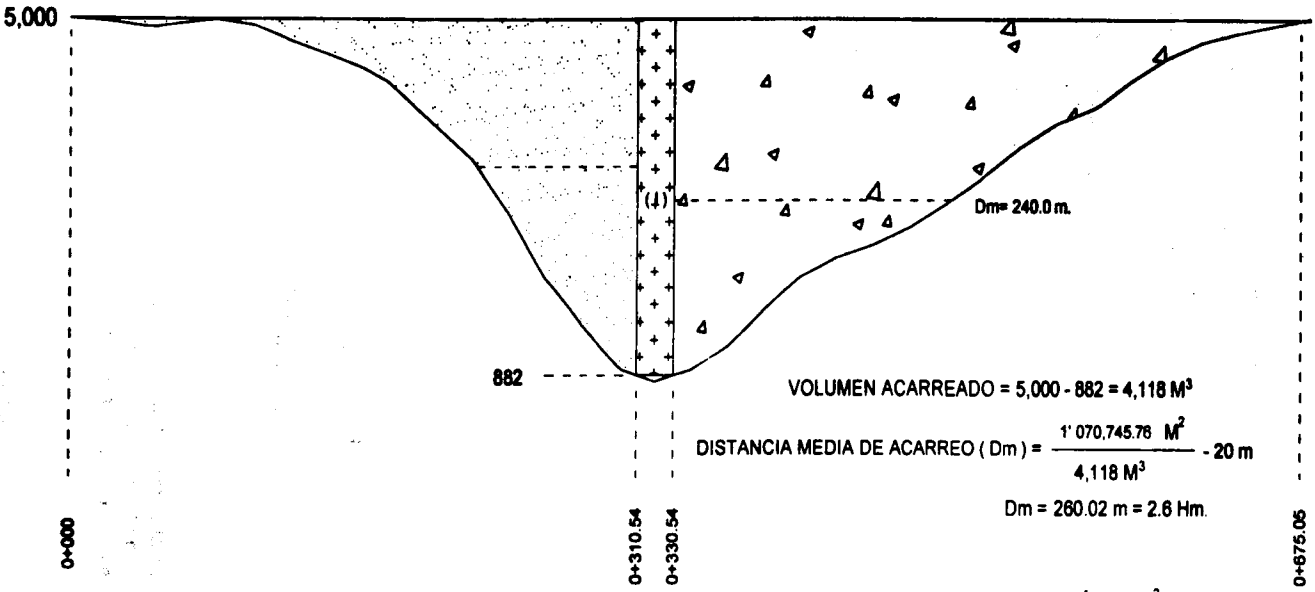
$$\textbf{sobreacareo primer hectómetro} = \frac{4,118\ m^3}{0.95} \times 1\ hm = 4,335\ m^3 - 1^{er}\ hm$$

$$\text{sobreacareo hectómetros subsecuentes} = (4,335\ m^3)\ (2.4\ hm - 1\ hm)$$

$$\textbf{sobreacareo hectómetros subsecuentes} = (4,335\ m^3)\ (1.4\ hm) = 6,069\ m^3 - hm\ Subs.$$

- Sobreacarreo, a mas de cinco hectómetros (mas de 500 metros) y hasta veinte hectómetros (hasta dos (2) kilómetros) contados a partir del termino del acarreo libre. La unidad de medida será el hectómetro y se dividirá en los primeros cinco hectómetros y los hectómetros adicionales a los primeros cinco, con aproximación a una decimal.

FIGURA 45



VOLUMEN ACARREADO = 5,000 - 882 = 4,118 M^3

DISTANCIA MEDIA DE ACARREO (Dm) = $\frac{1'\,070{,}745.76\ M^2}{4{,}118\ M^3}$ - 20 m

Dm = 260.02 m = 2.6 Hm.

CONTORNO	ÁREA M^2
	362,215.50
	82,364.45
	626,165.81
	1' 070,745.76

(I).- Sobre acarreo atras= $\frac{4{,}118}{0.95}$ X 1.0 Hm. = 4,335 m^3 -1er Hm.

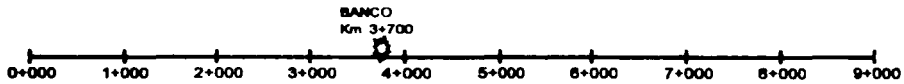
4,335 m^3 X 1.4 Hm. = 6,069 m^3 - Hm. Subs.

El sobreacarreo de los materiales cuando son producto de excavaciones de préstamo lateral, no se medirá.

Sobreacarreo de materiales producto de préstamos de banco.

Los sobraacarreos para materiales que proceden de bancos, se cuantifican a partir del termino del acarreo libre, considerando como unidad de medida será el kilómetro, considerando las fracciones como kilómetro cerrado. La distancia se divide en primer kilómetro y kilómetros subsecuentes.
Aquí se pueden presentar dos casos:

- Que el banco se localice sobre el camino en que se utilizara el material producto del préstamo.
El siguiente croquis muestra un banco de préstamo de material, localizado sobre el camino en que se empleara el préstamo y se localiza en el kilómetro 3+700 del lado izquierdo. Entonces determinamos los acarreos de la siguiente manera:



1.- Primero determinamos las distancias de acarreo a partir de la ubicación del banco de préstamo (Km. 3+700) y el volumen correspondiente a cada subtramo, tenemos entonces:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA
Km	Km	(M^3)	(Km)
0+000	0+700	420	4
0+700	1+700	530	3
1+700	2+700	430	2
2+700	3+700	680	1
3+700	4+700	590	1
4+700	5+700	570	2
5+700	6+700	600	3
6+700	7+700	320	4
7+700	8+700	270	5
8+700	9+000	90	6
	SUMA:	4,500	

2.- Cualquiera que sea la ubicación del banco de préstamo, el material será acarreado por lo menos un kilómetro, entonces si descontamos la distancia (determinada en el punto 1) de acarreo para el primer kilómetro obtendremos la distancia de acarreo para los kilómetros subsecuentes:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA	DISTANCIA
km	km	(m^3)	(1er km)	(km Subs.)
0+000	0+700	420	1	3
0+700	1+700	530	1	2
1+700	2+700	430	1	1
2+700	3+700	680	1	0
3+700	4+700	590	1	0
4+700	5+700	570	1	1
5+700	6+700	600	1	2
6+700	7+700	320	1	3
7+700	8+700	270	1	4
8+700	9+000	90	1	5
SUMA		4,500		

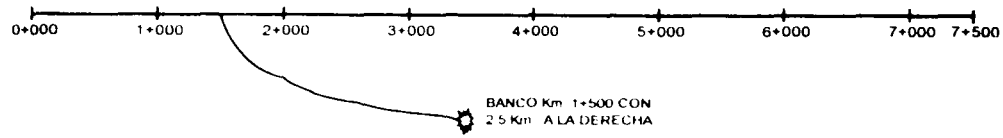
3.- Finalmente los acarreos tanto para el primer kilómetro como para los subsecuentes lo obtenemos al multiplicar respectivamente la distancia para el primer kilómetro y kilómetros subsecuentes por el volumen correspondiente a cada subtramo, entonces:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA	DISTANCIA	ACARREO	ACARREO
km	km	(m^3)	(1er km)	(km Subs.)	(1er km)	(km Subs.)
0+000	0+700	420	1	3	420	1,260
0+700	1+700	530	1	2	530	1,060
1+700	2+700	430	1	1	430	430
2+700	3+700	680	1	0	680	0
3+700	4+700	590	1	0	590	0
4+700	5+700	570	1	1	570	570
5+700	6+700	600	1	2	600	1,200
6+700	7+700	320	1	3	320	960
7+700	8+700	270	1	4	270	1,080
8+700	9+000	90	1	5	90	450
SUMA		4,500			4,500	7,010

Obteniendo finalmente: **Acarreo primer kilómetro = 4,500 m^3**
Acarreo kilómetros subsecuentes = 7,010 m^3- km

- **Que** el banco se localice alejado del camino en que se utilizara el material producto del préstamo.

El siguiente croquis muestra un banco de préstamo de material, localizado 2.5 kilómetros a la derecha del kilómetros 1+500 del camino en que se empleara el préstamo. Entonces determinamos los acarreos de la siguiente manera



1.- Primero determinamos las distancias de acarreo a partir de la ubicación del banco de préstamo (Km. 1+500 con 2.5 kilómetros a la derecha) y el volumen correspondiente a cada subtramo, tenemos entonces:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA
km	km	(m^3)	(km)
0+000	1+000	580	4
1+000	1+500	620	3
1+500	2+000	530	3
2+000	3+000	380	4
3+000	4+000	240	5
4+000	5+000	160	6
5+000	6+000	620	7
6+000	7+000	950	8
7+000	7+500	450	9
SUMA:		4,530	

2.- Cualquiera que sea la ubicación del banco de préstamo, el material será acarreado por lo menos un kilómetro, entonces si descontamos la distancia (determinada en el punto 1) de acarreo para el primer kilómetro obtendremos la distancia de acarreo para los kilómetros subsecuentes:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA	DISTANCIA
km	km	(m^3)	(1er km)	(km Subs)
0+000	1+000	580	1	3
1+000	1+500	620	1	2
1+500	2+000	530	1	2
2+000	3+000	380	1	3
3+000	4+000	240	1	4
4+000	5+000	160	1	5
5+000	6+000	620	1	6
6+000	7+000	950	1	7
7+000	7+500	450	1	8
SUMA		4,530		

3.- Finalmente los acarreos tanto para el primer kilómetro como para los subsecuentes lo obtenemos al multiplicar respectivamente la distancia para el primer kilómetro y kilómetros subsecuentes por el volumen correspondiente a cada subtramo, entonces:

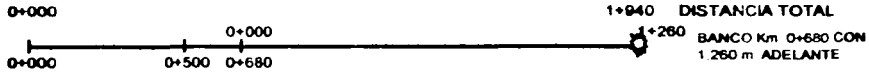
TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA	DISTANCIA	ACARREO	ACARREO
km	km	(M^3)	(1er km)	(km Subs)	(1er km)	(km Subs)
0+000	1+000	580	1	3	580	1,740
1+000	1+500	620	1	2	620	1,240
1+500	2+000	530	1	2	530	1,060
2+000	3+000	380	1	3	380	1,140
3+000	4+000	240	1	4	240	960
4+000	5+000	160	1	5	160	800
5+000	6+000	620	1	6	620	3,720
6+000	7+000	950	1	7	950	6,650
7+000	7+500	450	1	8	450	3,600
SUMA:		4,530			4,530	20,910

Obteniendo finalmente: **Acarreo primer kilómetro = 4,530 m^3**

Acarreo kilómetros subsecuentes = 20,910 m^3 - km

- **Acarreos del material petreo con el que se formara la capa subrasante.**

Para el ejemplo de aplicación el banco de material pétreo que se utilizara para la formación de la capa subrasante se localiza 1,260 metros adelante del km 0+680, por lo tanto los acarreos del mismo serán:



De las páginas 157 y 158, tenemos que el volumen de subrasante del km 0+000 al km 0+680 es igual a 1.821 m^3. Entonces:

TRAMO		VOLUMEN	DISTANCIA	DISTANCIA	DISTANCIA	ACARREO	ACARREO
km	km	(m^3)	(km)	(1er km)	(km Subs)	(1er km)	(km Subs.)
1+940	0+940	0	1	1	0	0	0
0+940	0+680	0	2	1	1	0	0
0+680	0+000	1821	2	1	1	1,821	1,821
SUMA:		1,821				1,821	1,821

Por lo tanto:

Los acarreos para el primer kilómetro serán: 1,821 m^3

Los acarreos para los kilómetros subsecuentes serán: 1,821 m^3-km

CAPÍTULO 6 PRESENTACIÓN DE PLANOS

6.1 TAMAÑO

6.2 CONTENIDO

6.- PRESENTACIÓN DE PLANOS

Para que los planos cumplan con su función en la ejecución de los proyectos, deberán tener una adecuada presentación. Son dos los aspectos fundamentales a considerar al elaborar un plano; el tamaño y el contenido.

6.1.- TAMAÑO

Las dimensiones del plano deben ser tales, que permitan se fácil manejabilidad al momento de ejecutar la obra

- **Planta Topográfica**

Por lo general, el proyecto de un camino se presenta en tramos de longitud igual a 5.00 kilómetros, en papel albanene, en un plano que por su tamaño se denomina doble carta (56 centímetros de ancho total, los márgenes superior, inferior y derecho serán de 1.5 centímetros y el margen izquierdo será de 4 centímetros). La escala del dibujo que se emplea comúnmente es:

Vertical 1:1000
Horizontal 1:1000
La longitud del plano será la necesaria para presentar la información que corresponda a tramos de 5.00 kilómetros.

- **Perfil de Construcción Estimativo**

Este plano se presenta al igual que para la planta en tramos que contengan la información correspondiente a 5.00 kilómetros, en papel milimétrico, en un plano que por su tamaño se denomina doble carta (56 centímetros de ancho total, los márgenes superior, inferior y derecho serán de 1.5 centímetros y el margen izquierdo será de 4 centímetros). Las escalas del dibujo que se emplean comúnmente son:

Vertical 1:200
Horizontal 1:2000
La longitud del plano será la necesaria para presentar la información que corresponda a tramos de 5.00 kilómetros.

- **Secciones de Construcción**

Este plano se presenta al igual que para la planta en tramos que contengan la información correspondiente a 5.00 kilómetros, en papel milimétrico, en un plano que por su tamaño se denomina doble carta (56 centímetros de ancho total, los márgenes superior, inferior y derecho serán de 1.5 centímetros y el margen izquierdo será de 4 centímetros). Las escalas del dibujo que se emplean comúnmente son:

Vertical 1:100
Horizontal 1:100
La longitud del plano será la necesaria para presentar la información que corresponda a tramos de 5.00 kilómetros.

6.2.- CONTENIDO

Es fundamental especificar claramente los datos que contendrá cada plano, ya que de ello dependerá la correcta ejecución de la obra, así como la operación y conservación de la misma, los datos mínimos requeridos para cada plano se adicionan en un cuadro al principio de este y son:

PLANTA TOPOGRÁFICA

CAMINO:
TRAMO:
SUB-TRAMO:
DE ESTACIÓN: A ESTACIÓN:

PROPUSO

REVISO

APROBÓ

Vo. Bo.

DATOS DE PROYECTO

TIPO DE CAMINO:
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO:

CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS		UNIDAD
	DEL TRAMO	EN ESTE PLANO	
VELOCIDAD			Km. / Hrs.
CURVATURA MÁXIMA			°
ANCHO DE SUBCORONA (TERRACERÍAS)			Mts.
ANCHO DE CORONA (REVESTIMIENTO)			Mts.
PENDIENTE GOBERNADORA			%
PENDIENTE MÁXIMA			%

ESCALA { HORIZONTAL 1 : 1000
VERTICAL 1 : 1000

EL PLANO DE LA PLANTA TOPOGRÁFICA CONTENDRÁ:

1.- Cuadro de datos generales
Será de color negro.

2.- Datos para el proyecto
Serán de color negro.

3.- Escala
comunmente se emplea 1:1000, aunque tambien se llegan a utilizar escalas 1:500 y 1:2000. Serán de color negro.

4.- Orientación
Magnética, astronómica y declinación. Serán de color negro.

5.- Cuadricula de coordenadas
Con sus ordenadas y abscisas. Serán de color negro.

6.- Trazo preliminar
Coordenadas, estaciones, deflexiones en los puntos de inflexión, longitudes de las tangentes, rumbos astronómicos, anotaciones a cada centena de metros y marcas a cada 20 metros. Serán de color negro.

7.- Detalles topográficos
Caminos, vías de ferrocarril, teléfonos, telégrafos, cercas, bardas, casas, calles, etc.. Serán de color negro.

Curvas de nivel, paso de estas curvas por la preliminar. Serán de color sepia.

Arroyos y canales. Serán de color azul.

8.- Trazo definitivo
Coordenadas de "PI", "PC", "PT" y "PST". Serán de color negro.

Datos de tangentes:
Longitudes, rumbos, estaciones, PST. Serán de color rojo.

Datos de curvas:
Puntos de inflexión (PI), Deflexiones (Δ), grados (Gc), radios (Rc), subtangentes (ST), longitudes (Lc), PC, PT y PSC. Serán de color rojo.

Datos comunes:
Anotaciones a cada centena de metros, marcas a cada 20 metros, dirección a los extremos del tramo, etc.. Serán de color rojo.

Pasos de las curvas de nivel:
Por el trazo definitivo. Serán de color sepia

Referencias de los puntos:
PST, PC, PI y PT. Serán de color negro.

PERFIL ESTIMATIVO DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO:
TRAMO:
SUB-TRAMO:
DE ESTACIÓN: A ESTACIÓN:

PROPUSO	REVISO
APROBÓ	Vo Bo

DATOS DE PROYECTO

TIPO DE CAMINO:
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO:

CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO	CARACTERÍSTICAS EN ESTE PLANO	UNIDAD
VELOCIDAD			Km. / Hra.
CURVATURA MÁXIMA			°
ANCHO DE SUBCORONA (TERRACERÍAS)			Mts
ANCHO DE CORONA (REVESTIMIENTO)			Mts
PENDIENTE GOBERNADORA			%
PENDIENTE MÁXIMA			%

ESCALA DEL PERFIL { HORIZONTAL 1 2000 / VERTICAL 1 . 200 }

ESCALA DE LA CURVA MASA { HORIZONTAL 1 2000 / VERTICAL 1 VARIABLE }

CANTIDADES DE OBRA

TERRACERÍAS

DESPALME		M^3
CORTES	MAT "A"	M^3
	MAT "B"	M^3
	MAT "C"	M^3
DESPERDICIO		M^3
SOBREACARREOS		
A) DISTANCIAS HASTA DE 100 m.		M^3-Est.
B) DISTANCIAS HASTA DE 500 m.		
1 - PRIMER HECTÓMETRO		M^3
2 - HECTÓMETROS EXCEDENTES		M^3-Hm.
C) PARA PRÉSTAMO DE BANCO		
1 - PRIMER KILÓMETRO		M^3
2 - KILÓMETROS SUBSECUENTES		M^3-Km.
PRÉSTAMO	MAT "A"	M^3
	MAT "B"	M^3
	MAT "C"	M^3

OBRAS DE DRENAJE

EXCAVACIÓN	MAT "A"	M^3
	MAT "B"	M^3
	MAT "C"	M^3
MAMPOSTERÍA DE	3a	M^3
	2a	M^3
CONCRETO HIDRÁULICO DE	F'c= 100 Kg/m2	M^3
	F'c= 150 Kg/m2	M^3
	F'c= 200 Kg/m2	M^3
FIERRO DE REFUERZO		TON.
ACERO ESTRUCTURAL		TON.
TUBO DE LAMINA DE	Φ= 90 cm.	m.
	Φ= 105 cm.	m.
	Φ= 120cm.	m.

EL PLANO DEL PERFIL ESTIMATIVO DE CONSTRUCCIÓN CONTENDRÁ:

1.- Datos para el proyecto
Serán de color negro.

2.- Cuadro de datos generales
Será de color negro.

3.- Cuadro de:

Cadenamientos, elevaciones del terreno, espesores de corte, volúmenes de corte, ordenadas de la curva masa. Serán de color negro.

Elevaciones de rasante, espesores de terraplén y volúmenes de terraplén. Serán de color rojo.

4.- Perfil
Perfil del terreno con sus escalas horizontal y vertical, estaciones, elevaciones y bancos de nivel. Serán de color negro.

Perfil de la subrasante. Será de color rojo.

Obras de drenaje. Serán de color azul.

5.-Curva masa:
Clasificación de los cortes, coeficientes de abundamiento de cortes y prestamos, escala horizontal y vertical y estaciones. Serán de color negro.

Ordenadas, prestamos, sobreacarreos y igualdades de curva masa. Serán de color sepia.

6.-Datos del alineamiento horizontal
Datos de tangentes
Longitudes, rumbos, estaciones, PST Serán de color rojo.

Datos de curvas
Puntos de inflexión (PI), Deflexiones (Δ), grados (Gc), radios (Rc), subtangentes (ST), longitudes (Lc), PC, PT y PSC. Serán de color rojo.

Datos comunes
Dirección a los extremos del tramo, etc.. Serán de color rojo.

Cantidades de obra
De terracerías y obras de drenaje. Serán de color negro.

SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO:
TRAMO:
SUB-TRAMO:
DE ESTACIÓN: A ESTACIÓN:

PROPUSO

REVISO

APROBÓ

Vo. Bo.

DATOS DE PROYECTO

TIPO DE CAMINO:
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO:

CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS		UNIDAD
	DEL TRAMO	EN ESTE PLANO	
VELOCIDAD			Km. / Hra.
CURVATURA MÁXIMA			°
ANCHO DE SUBCORONA (TERRACERÍAS)			Mts.
ANCHO DE CORONA (REVESTIMIENTO)			Mts.
PENDIENTE GOBERNADORA			%
PENDIENTE MÁXIMA			%

ESCALA: { HORIZONTAL 1 : 100
VERTICAL 1 : 100

EL PLANO DE LAS SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN CONTENDRÁ:

1.- Datos para el proyecto
Serán de color negro.

2.- Cuadro de datos generales
Será de color negro.

3.- Escala
Horizontal 1:100 y vertical 1:100. Serán de color negro.

4.- Eje del camino
Será de color negro.

5.- Estaciones
Será de color negro.

6.- Secciones transversales del terreno
Será de color negro.

7.- Espesores de corte o terraplén
Será de color negro.

8.- Ancho de la subcorona en tangente
Será de color negro.

9.- Bombeo en tangente
Será de color negro.

10.- Sobreelevación en curva y transición
Será de color negro.

11.- Ancho y profundidad de la cuneta
Será de color negro.

12.- Taludes de los cortes
Será de color negro.

13.- Taludes de los terraplenes
Será de color negro.

14.- Sección transversal del camino
Será de color rojo.

15.- Áreas de corte y terraplén
Será de color negro.

CAPÍTULO 7 EJEMPLO DE APLICACIÓN

7.1.- LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES DEL EJEMPLO DE APLICACIÓN

EXPLICACIÓN DEL MAPA

DIVISIÓN TERRITORIAL

LIMITE ESTATAL

LIMITE MUNICIPAL

SUBSECTOR CARRETERO

FEDERAL LIBRE Y CUOTA

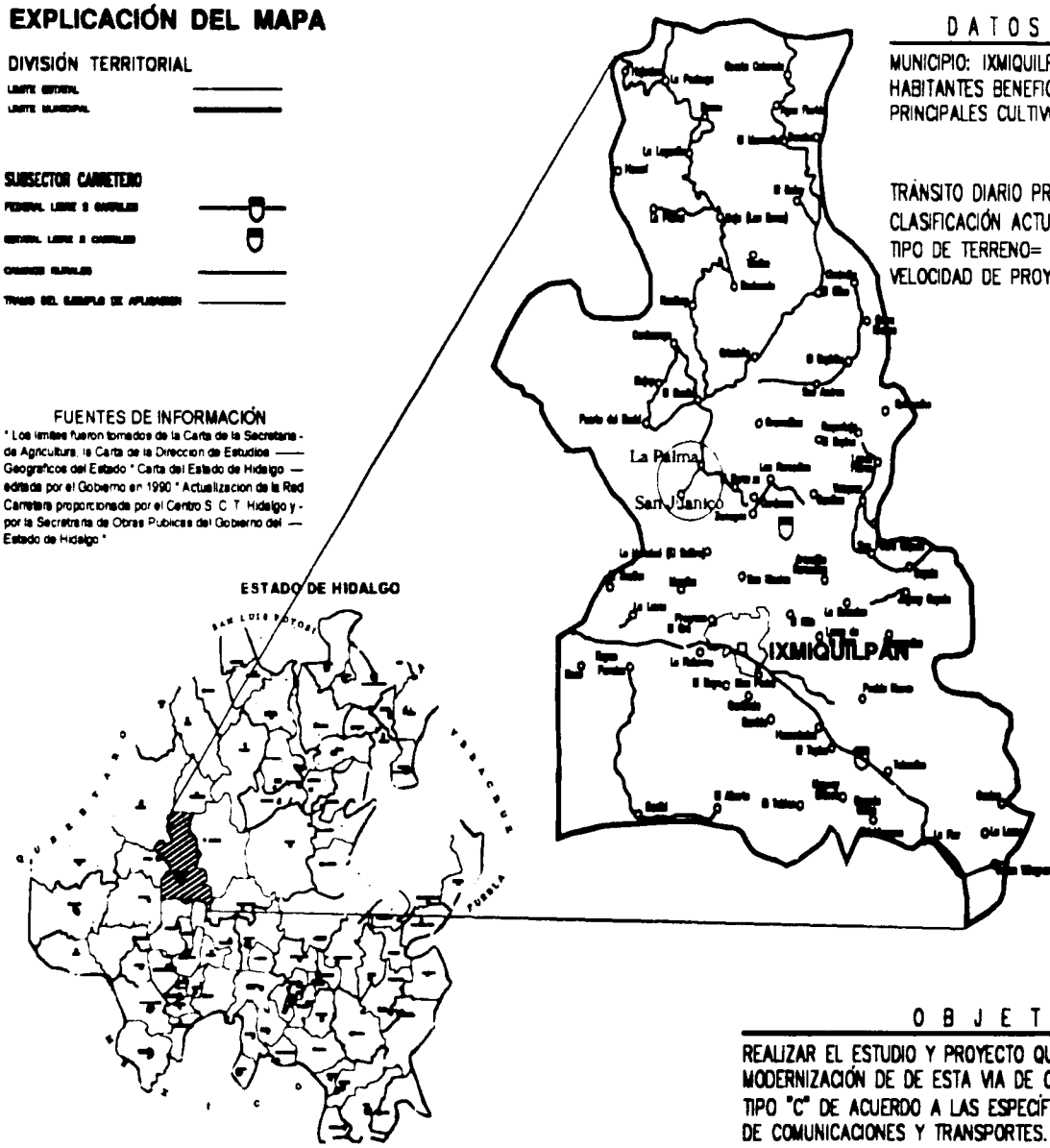
ESTATAL LIBRE Y CUOTA

CAMINOS RURALES

TRAMO DEL EJEMPLO DE APLICACIÓN

FUENTES DE INFORMACIÓN

* Los limites fueron tomados de la Carta de la Secretaria de Agricultura, la Carta de la Direccion de Estudios Geograficos del Estado * Carta del Estado de Hidalgo editada por el Gobierno en 1990 * Actualizacion de la Red Carretera proporcionada por el Centro S. C. T. Hidalgo y por la Secretaria de Obras Publicas del Gobierno del Estado de Hidalgo *



DATOS GENERALES

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN,HIDALGO
HABITANTES BENEFICIADOS= 2,178
PRINCIPALES CULTIVOS: MAÍZ, ALFALFA, LECHUGA,- FRIJOL, COLIFLOR, CEBOLLA CALABAZA, JITOMATE
TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA)= 611
CLASIFICACIÓN ACTUAL DEL CAMINO: TIPO "E"
TIPO DE TERRENO= MONTAÑOSO
VELOCIDAD DE PROYECTO= 40 KM/HRA

OBJETIVO

REALIZAR EL ESTUDIO Y PROYECTO QUE PERMITA EN UN FUTURO LA MODERNIZACIÓN DE DE ESTA VIA DE COMUNICACIÓN A UN CAMINO - TIPO "C" DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

7.2.- REGISTRO DE TRAZO

OBRA: LA PALMA - SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA - SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS
FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 1/1

PUNTO VISADO (CADENAMIENTO)	CUERDA (m)	DEFLEXIÓN GRADOS	DEFLEXIÓN MINUTOS	DEFLEXIÓN SEGUNDOS	DATOS DE LA CURVA	OBSERVACIONES
0 + 680						
0 + 660						
0 + 640					△ = 55° 42' 00" Izquierda	
0 + 620					PI = 0 + 534 15	
0 + 600					△ = 55 7000 ° Izquierda	
0 + 580					Gc = 17.00°	
PT=0 + 564 06	65 53	27	51	00	Rc = 67.41 m	
0 + 560	61 47	26	07	29	ST = 35 62 m	CURVA No. 3 (PC = 0+498.53 a PT =
0 + 540	41 47	17	37	29	Lc = 65 53 m	0+564.06)
0 + 520	21 47	9	07	29	PC = 498 53 m	
0 + 500	1 47	0	37	29	PT = 564 06 m	
PC=0 + 498 53	0 00	0	00	00	D/m = 25 5 minutos	
0 + 480						
0 + 460						
0 + 440						
0 + 420						
0 + 400						
0 + 380						
0 + 361 40						
0 + 360						
0 + 340						
0 + 320						
PT=0 + 302.73	43 27	17	51	0		
0 + 300	40 54	16	43	22		
0 + 280	20 54	8	28	22	△ = 35° 42' 00" Derecha	
0 + 260	0 54	0	13	22	PI = 0 + 281 82	
PC=0 + 259 46	0 00	0	00	00	△ = 35 7000 ° Derecha	
0 + 240					Gc = 16 50°	
0 + 220					Rc = 69 45 m	CURVA No. 2 (PC = 0+259.46 a PT =
0 + 200					ST = 22 36 m	0+302 73)
0 + 180					Lc = 43 27 m	
PT=0 + 172 52	61 39	16	53	0	PC = 259 46 m	
0 + 160	47 87	13	26	21	PT = 302 73 m	
0 + 140	28 87	7	56	21	D/m = 24 75 minutos	
0 + 120	8 87	2	26	21		
0 + 113 80	2 67	0	44	3	△ = 33° 46' 00" Izquierda	
PC=0 + 111 13	0 00	0	00	00	PI = 0 + 142 75	
0 + 100					△ = 33 7667 ° Izquierda	
0 + 080					Gc = 11 00°	
0 + 060					Rc = 104 17 m	CURVA No. 1 (PC = 0+111 13 a PT =
0 + 047.40					ST = 31 62 m	0+172 52)
0 + 040					Lc = 61 39 m	
0 + 020					PC = 111 13 m	
0 + 000					PT = 172 52 m	
					D/m = 16 5 minutos	

7.3.- REGISTRO DE NIVEL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001 **HOJA No. 1/2**

PUNTO VISADO (km)	(+)	⅄	(−)	(L. I.)	ELEVACIONES	BANCOS DE NIVEL
B. N.-0	0.339	500.339			500.000	
0 + 000				1.00	499.34	B. N.-0 SOBRE ROCA, 18.00 METROS A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+000
0 + 020				2.02	498.32	
0 + 040				1.99	498.35	
0 + 047.40				1.87	498.47	ELEVACIÓN = 500.000 m
0 + 060				2.20	498.14	
0 + 080				2.53	497.81	
P. L.	0.728	498.604	2.463		497.876	
0 + 100				1.72	496.88	
PC 0 + 111.13				2.08	496.52	
0 + 113.80				2.24	496.36	
0 + 120				2.11	496.49	
0 + 140				2.02	496.58	
0 + 160				1.98	496.62	
PT 0 + 172.52				2.03	496.57	
0 + 180				2.65	495.95	
0 + 200				1.74	496.86	
0 + 220				1.54	497.06	
0 + 240				1.47	497.13	
P. L.	3.840	500.899	1.545		497.06	
PC 0 + 259.46				2.64	498.26	
0 + 260				1.60	499.30	
0 + 280				0.19	500.71	
P. L.	3.570	503.916	0.553		500.346	
0 + 300				1.40	502.52	B. N.-1 SOBRE RAÍZ DE MEZQUITE, 25.00 METROS A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+320
PT 0 + 302.73				0.86	503.06	
P. L.	3.801	504.515	3.202		500.714	
P. L.	3.903	508.005	0.413		504.102	ELEVACIÓN = 507.452 m
0 + 320				2.13	505.88	
B. N.-1			0.553		507.452	
SUMA (+)	16.181	SUMA ( )	8.729			

COMPROBACIÓN ARITMÉTICA

+ SUMA (+)	+ 16.181	ELEVACIÓN B. N.-1		−	507.452
SUMA (−)	− 8.729	ELEVACIÓN B. N.-0			500.000
DESNIVEL=	7.452				7.452

B. N.-1	3.860	511.312			507.452	
0 + 340				2.77	508.54	
0 + 360				0.89	510.42	

REGISTRO DE NIVEL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 2/2

PUNTO VISADO (Km.)	(+)	⅄	(−)	(L.I.)	ELEVACIONES	BANCOS DE NIVEL
0 + 361.40				0.51	510.80	
P. L.	3.870	514.877	0.305		511.007	
0 + 380				2.20	512.680	
0 + 400				1.28	513.60	
0 + 420				0.70	514.18	
P. L.	3.875	518.246	0.506		514.371	
0 + 440				2.57	515.68	
0 + 460				1.05	517.20	
P. L.	3.520	521.553	0.213		518.033	
0 + 480				3.05	518.50	
PC 0 + 498.53				2.49	519.06	
0 + 500				2.10	519.45	
0 + 520				1.89	519.66	
0 + 540				1.73	519.82	
0 + 560				1.78	519.77	
PT 0 + 564.06				0.93	520.62	
0 + 580				0.80	520.75	
0 + 600				0.84	520.71	B. N.-2 SOBRE TRONCO DE PIRÚ, 17.00 METROS A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+680
0 + 620				1.12	520.43	
0 + 640				1.57	519.98	ELEVACIÓN = 519.300 m
0 + 660				1.13	520.42	
0 680				1.25	520.30	
B. N.-2			2.253		519.300	
SUMA (+)	15.125	SUMA (−)	− 3.277			

COMPROBACIÓN ARITMÉTICA

+ SUMA (+)	15.125	− ELEVACIÓN B. N.-2	519.300
SUMA (−)	+ − 3.277	ELEVACIÓN B. N.-1	507.452
DESNIVEL=	11.848		11.848

7.4.- REGISTRO DE SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO NATURAL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS
FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 1/2

LADO IZQUIERDO						CADENAMIENTO (C L)	LADO DERECHO					
				0.10 / 7.00 +	0.10 / 3.00 +	0+000	- 0.00 / 8.20					
		1.60 / 8.00	1.30 / 6.70 -	1.00 / 3.80 -	0.20 / 1.50 -	0+020	+ 0.00 / 6.30	0.30 / 7.40 -	0.20 / 8.00			
	0.70 / 8.00	+ 0.50 / 6.10	+ 0.10 / 4.30	0.20 / 3.40 -	0.10 / 2.20 +	0+040	- 0.10 / 4.90	0.20 / 6.30 -	0.10 / 7.60 -	0.90 / 9.00		
		1.35 / 8.00	+ 0.60 / 6.60	+ 0.15 / 5.15	0.15 / 4.30 +	0+047.40	- 0.10 / 3.50	+ 0.15 / 4.00	+ 0.30 / 4.70	1.30 / 8.00		
		0.35 / 8.00	+ 0.10 / 7.15	0.10 / 6.70 -	0.10 / 6.00 +	0+060	+ 0.00 / 1.35	+ 0.45 / 3.30	+ 1.20 / 4.50	+ 0.75 / 7.70	1.00 / 8.00	
		0.15 / 8.00	+ 0.25 / 7.50	0.20 / 7.10 -	0.05 / 6.50 -	0+080	- 0.20 / 1.45	+ 0.55 / 3.25	2.05 / 8.00			
		0.40 / 8.00	+ 0.00 / 7.45	+ 0.20 / 6.30	0.10 / 5.35 +	0+100	- 0.05 / 1.70	0.20 / 2.40 -	0.05 / 3.40 -	1.05 / 5.75	1.10 / 8.00	
		1.15 / 8.00	0.10 / 6.00 -	+ 0.10 / 5.30	0.15 / 4.60 +	PC= 0+111.13	+ 0.00 / 2.55	0.15 / 3.60 -	0.50 / 5.80 -	0.80 / 8.00		
		0.25 / 8.00	0.15 / 6.45 -	0.20 / 5.10 -	0.10 / 4.00 +	0+113.80	- 0.10 / 4.40	0.40 / 7.50 -	0.45 / 8.00			
	0.25 / 8.00	+ 0.10 / 6.25	+ 0.25 / 5.70	0.20 / 5.20 -	0.15 / 3.70 +	0+120	- 0.05 / 3.30	+ 0.15 / 5.40	+ 0.80 / 7.80	0.30 / 8.50 -		
			0.80 / 8.00	0.50 / 7.20	0.10 / 4.25 -	0+140	+ 0.20 / 4.30	+ 1.00 / 6.10	+ 2.10 / 7.15	+ 2.50 / 8.00		
			1.50 / 9.50	1.35 / 8.00 -	0.00 / 4.35 +	0+160	+ 0.15 / 3.00	+ 0.25 / 4.20	+ 2.60 / 5.70	+ 2.90 / 7.80	+ 2.40 / 8.00	
	0.80 / 8.50	1.20 / 7.50 -	0.90 / 6.30 -	0.95 / 5.00 -	0.05 / 4.50 -	PT= 0+172.52	+ 0.25 / 8.00					
			0.80 / 10.00	0.90 / 6.20 -	0.10 / 5.50 -	0+180	+ 0.10 / 5.00	+ 0.25 / 8.00				
		0.30 / 8.00	+ 0.30 / 6.60	+ 0.20 / 3.80	0.00 / 0.30 +	0+200	+ 0.10 / 3.80	0.20 / 4.00 -	0.15 / 4.50	+ 0.70 / 6.30	+ 0.35 / 8.00	
0.55 / 8.00	+ 0.15 / 7.20	+ 0.15 / 5.80	+ 0.20 / 4.75	0.20 / 4.10 -	0.05 / 3.65 -	0+220	+ 0.20 / 4.00	0.20 / 4.65 -	+ 1.25 / 7.40	0.15 / 8.00 -		
1.00 / 9.00	+ 0.80 / 8.00	+ 0.30 / 7.30	+ 0.20 / 5.30	+ 0.15 / 4.50	0.05 / 3.50 +	0+240	+ 0.10 / 3.90	0.25 / 4.00 -	0.20 / 4.50	+ 0.50 / 7.00	0.10 / 9.00 -	0.10 / 10.00
0.35 / 11.00	0.35 / 10.00 -	0.30 / 8.50 -	0.20 / 5.60	+ 0.30 / 4.00	0.10 / 3.00 +	PC= 0+259.46	+ 0.05 / 3.50	+ 0.00 / 4.60	+ 0.40 / 7.70	+ 0.20 / 10.00		
		0.10 / 10.00	+ 0.00 / 6.90	+ 0.40 / 6.00	0.05 / 4.90 -	0+260	- 0.05 / 2.40	0.30 / 3.30 -	0.35 / 4.00 -	0.20 / 4.60 -	0.30 / 6.70 -	0.85 / 10.00
1.05 / 11.00	1.05 / 10.00 -	0.90 / 6.20 -	0.50 / 4.00 -	0.60 / 3.20 -	0.10 / 1.80 -	0+280	- 0.05 / 5.50	0.45 / 6.50 -	0.30 / 7.40 -	0.55 / 9.15 -	0.30 / 10.00	
	0.80 / 10.00	0.80 / 7.10 -	0.30 / 4.20 -	0.50 / 3.40 -	0.10 / 2.40 -	0+300	+ 0.05 / 4.70	0.30 / 6.40 -	+ 0.20 / 8.00			
0.85 / 10.00	1.10 / 9.60 -	1.20 / 7.20 -	0.00 / 4.50 -	+ 0.30 / 3.70	0.15 / 2.40 +	PT= 0+302.73	+ 0.05 / 4.00	0.35 / 6.30 -	0.15 / 7.30 -	2.30 / 10.00		

REGISTRO DE SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO NATURAL

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS
FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 2/2

LADO IZQUIERDO							CADENAMIENTO (C L)	LADO DERECHO				
1.35/10.00 +	0.85/8.00 +	0.90/6.15 +	0.50/5.60 +	0.30/5.00 -	0.35/4.00 -	0.05/3.35 -	0+320	+ 0.15/4.50 -	0.30/5.75 -	0.15/7.20 -	2.30/10.00	—
—	—	—	1.80/10.00 +	1.40/6.10 +	0.30/4.50 -	0.00/3.00 +	0+340	+ 0.10/4.00 -	0.45/5.20 -	0.15/6.20 +	0.50/7.10 -	0.15/10.00
—	—	1.60/8.00 +	1.20/5.80 +	0.20/5.20 -	0.45/4.40 -	0.05/3.50 -	0+360	- 0.10/3.80 -	0.50/4.75 -	0.55/5.20 +	0.30/7.00 -	0.15/8.00
—	—	1.50/8.00 +	1.40/6.70 +	0.00/5.00 +	0.40/4.90 -	0.40/3.60 -	0+361.40	+ 0.00/3.90 -	0.60/5.10 -	0.10/6.90 +	0.45/7.40 +	0.15/8.00
—	—	0.95/8.00 +	0.90/5.40 +	0.20/4.20 +	0.15/3.90 -	0.10/3.00 +	0+380	- 0.05/3.80 -	0.55/5.30 -	0.05/6.90 +	0.25/7.20 -	0.35/8.00
—	—	—	0.60/8.00 +	0.55/5.35 +	0.20/3.20 -	0.10/2.90 +	0+400	+ 0.00/3.50 -	0.40/4.10 +	0.00/5.30 -	0.15/6.50 -	0.90/8.00
—	—	0.60/8.00 +	0.35/6.50 +	0.45/5.40 +	0.15/4.20 -	0.10/3.50 +	0+420	+ 0.10/2.90 -	0.40/4.30 +	0.15/5.50 -	0.20/6.80 -	1.05/8.00
—	—	—	0.80/8.00 +	0.35/6.50 +	0.40/5.10 -	0.10/4.00 +	0+440	+ 0.10/2.60 -	0.40/4.40 -	0.55/5.80 -	1.50/8.00	—
—	—	—	—	0.80/8.00 +	0.20/5.50 +	0.40/4.15 +	0+460	- 0.05/2.50 -	0.40/5.15 -	0.80/6.70 -	1.50/8.00	—
—	0.85/8.00 +	0.80/7.20 +	0.30/6.10 +	0.15/5.50 -	0.20/5.20 -	0.10/4.25 +	0+480	- 0.05/2.25 -	0.40/3.80 -	0.60/5.10 -	0.55/5.90 -	1.50/8.00
—	—	—	0.85/8.00 +	0.60/7.00 +	0.05/5.35 +	0.10/4.35 +	PC= 0+498.53	- 0.05/2.30 -	0.40/3.80 -	0.40/4.90 -	1.70/8.00	—
—	—	0.85/8.00 +	0.65/7.10 +	0.60/6.20 +	0.25/5.10 -	0.00/4.25 +	0+500	+ 0.05/2.50 -	0.40/4.10 -	0.45/4.70 -	0.80/6.10 -	1.50/8.00
—	—	—	0.80/8.00 +	0.60/6.80 +	0.20/4.90 -	0.10/4.00 +	0+520	+ 0.00/2.75 -	0.30/3.60 -	0.25/4.50 -	1.75/8.00	—
—	—	0.80/8.00 +	0.70/6.00 +	0.65/5.00 +	0.25/3.50 -	2.00/2.75 +	0+540	- 0.20/6.00 -	0.60/7.30 -	1.10/8.00	—	—
—	—	—	—	—	—	0.10/8.00 +	0+560	- 0.80/1.75 -	0.60/8.40	—	—	—
—	—	—	—	—	0.50/8.00 -	0.25/6.70 -	PT= 0+564.06	- 0.15/4.20 -	0.10/7.60 +	0.25/8.50	—	—
—	—	—	—	—	0.50/8.00 -	0.25/6.75 -	0+580	- 0.05/5.00 +	0.00/8.00	—	—	—
—	—	1.40/8.00 -	1.20/6.50 -	0.65/5.20 -	0.55/3.75 -	0.00/2.50 +	0+600	+ 0.00/4.20 -	0.20/5.30 +	0.15/6.30 +	0.05/8.00	—
—	—	—	0.65/8.00 -	0.40/5.20 -	0.50/4.10 -	0.00/3.25 +	0+620	- 0.15/3.90 -	0.40/4.00 +	0.10/5.00 +	0.00/6.10 +	0.10/8.00
—	—	—	0.25/8.00 -	0.20/6.50 -	0.35/5.40 -	0.00/4.30 +	0+640	- 0.05/3.40 -	0.30/4.50 -	0.10/5.10 +	0.15/8.00	—
—	—	—	0.60/8.00 -	0.30/5.50 -	0.50/5.10 -	0.05/4.00 +	0+660	- 0.25/3.50 -	0.30/4.20 +	0.00/4.65 -	0.20/5.60 +	0.00/8.00
—	—	—	—	0.65/8.00 -	0.55/4.60 -	0.20/3.40 +	0+680	- 0.10/3.50 -	0.30/4.20 -	0.25/4.60 +	0.10/5.30 -	0.05/8.00

7.5.- REGISTRO PARA EL CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO | **CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO**

TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO | **REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ** | **FECHA: 21/11/2001**

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO. | **APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS** | **HOJA No. 1/1**

ESTACIÓN (KM)	n	n^2	COTAS SOBRE LA 1ª SUBRASANTE	$y = (D - L^2)n^2$	COTAS		ESPESORES		DATOS DE LA CURVA
					DE LA CURVA	DEL TERRENO	CORTE	TERRAPLÉN	
0 + 100	0.00	0.00	497.64	0.00	497.64	496.88		0.76	
0 + 111.13	0.56	0.31	497.47	0.03	497.50	496.52		0.98	
0 + 113.80	0.69	0.48	497.43	0.05	497.48	496.36		1.12	P.C.V.= 0 + 100
0 + 120	1.00	1.00	497.34	0.10	497.44	496.49		0.95	P.I.V.= 0 + 200
0 + 140	2.00	4.00	497.04	0.38	497.42	496.58		0.84	P.T.V.= 0 + 300
0 + 160	3.00	9.00	496.74	0.86	497.60	496.62		0.98	LONGITUD DE LA CURVA (EN COLUMPIO)= 200 metros
0 + 172.52	3.63	13.18	496.55	1.25	497.80	496.57		1.23	PENDIENTE DE ENTRADA= -1.50 %
0 + 180	4.00	16.00	496.44	1.52	497.96	495.95		2.01	PENDIENTE DE SALIDA= 8.00 %
0 + 200	5.00	25.00	496.14	2.38	498.52	496.86		1.66	ELEVACIÓN P.C.V.= 497.640
0 + 220	6.00	36.00	495.84	3.42	499.26	497.06		2.20	D= 9.50
0 + 240	7.00	49.00	495.54	4.66	500.20	497.13		3.07	L^2= 100
0 + 259.46	7.97	63.52	495.25	6.03	501.28	498.26		3.02	
0 + 260	8.00	64.00	495.24	6.08	501.32	499.3		2.02	
0 + 280	9.00	81.00	494.94	7.70	502.64	500.71		1.93	
0 + 300	10.00	100.00	494.64	9.50	504.14	502.52		1.62	

ESTACIÓN (KM)	n	n^2	COTAS SOBRE LA 1ª SUBRASANTE	$y = (D - L^2)n^2$	COTAS		ESPESORES		DATOS DE LA CURVA
					DE LA CURVA	DEL TERRENO	CORTE	TERRAPLÉN	
0 + 400	0.00	0.00	512.14	0.00	512.14	513.60	-1.46		
0 + 420	1.00	1.00	513.74	-0.09	513.65	514.18	-0.53		P.C.V.= 0 + 400
0 + 440	2.00	4.00	515.34	-0.36	514.98	515.68	-0.70		P.I.V.= 0 + 480
0 + 460	3.00	9.00	516.94	-0.81	516.13	517.20	-1.07		P.T.V.= 0 + 560
0 + 480	4.00	16.00	518.54	-1.44	517.10	518.50	-1.40		LONGITUD DE LA CURVA (EN CRESTA)= 160 metros
0 + 498.53	4.93	24.30	520.02	-2.19	517.83	519.06	-1.23		PENDIENTE DE ENTRADA= 8.00 %
0 + 500	5.00	25.00	520.14	-2.26	517.88	519.45	-1.57		PENDIENTE DE SALIDA= 0.78 %
0 + 520	6.00	36.00	521.74	-3.25	518.49	519.66	-1.17		ELEVACIÓN P.C.V.= 512.140
0 + 540	7.00	49.00	523.34	-4.42	518.92	519.82	-0.90		D= -5.78
0 + 560	8.00	64.00	524.94	-5.78	519.16	519.77	-0.61		L^2= 64

7.6.- COORDENADAS DEL TRAZO

OBRA: LA PALMA - SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA - SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 1/2

ORIGEN DE LA PROYECCIÓN	PUNTO	PROYECCIONES (m)				COORDENADAS	
		E	-W	N	-S	X	Y
ORIGEN = km 0+000	ORIGEN = 0+000					1,000.00	1,000.00
" "	PC = 0+111 13	10.55		110.63		1,010 55	1,110.62
" "	PI = 0+142 75	13 55		142.11		1,013.55	1,142.11
PI = 0+142 75	PT = 0+172 52		15.00	27 84		998.55	1,169.95
" "	PC = 0+259 46		56.24	104.37		957.31	1,246.48
" "	PI = 0+281 82		66.85	124.06		946.70	1,266.17
PI = 0+281.82	PT = 0+302 73	2.87		22.17		949.57	1,288.34
" "	PC = 0+498 53	28.03		216.35		974.73	1,482.52
" "	PI = 0+534 15	32.61		251.68		979.31	1,517.85
PI = 0+534 15	PT = 0+564 06		26.60	23.69		952.71	1,541.54
" "	FINAL = 0+680		113.19	100.79		866.12	1,618.64

7.7.- CURVA MASA DE TERRACERÍAS (CORTES Y TERRAPLENES)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 1/2

	ESTACIÓN	ELEVACIONES		ESPESORES		ÁREAS		$A_1 + A_2$			VOLUMEN			VOLUMEN REDUCIDO		SUMA VOLÚMENES		ORDENADA DE CURVA MASA
	(Km.)	TERRENO	SUBRAS	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	DIST.	CORTE	TERRAP	FACTOR REDUC.	CORTE	TERRAP	CORTE (+)	TERR (-)	
	0 + 000	499.34	499.14	-0.20		4.37	0											5,000
	0 + 020	498.32	498.84		0.52	0	7.01	4.37	7.01	10.00	44	70	0.95	42	70		-28	4,972
	0 + 040	498.35	498.54		0.19	0.22	0.17	0.22	7.18	10.00	2	72	0.95	2	72		-70	4,902
	0 + 047.40	498.47	498.43	-0.04		2.91	0	3.13	0.17	3.70	12	1	0.95	11	1	10		4,912
	0 + 060	498.14	498.24		0.10	3.24	0	6.15	0	6.30	39	0	0.95	37	0	37		4,949
	0 + 080	497.81	497.94		0.13	1.43	0.10	4.67	0.10	10.00	47	1	0.95	45	1	44		4,993
	0 + 100	496.88	497.64		0.76	0	7.59	1.43	7.69	10.00	14	77	0.95	13	77		-64	4,929
PC	0 + 111.13	496.52	497.50		0.98	0	9.43	0	17.02	5.56	0	95	0.95	0	95		-95	4,834
	0 + 113.80	496.36	497.48		1.12	0	11.24	0	20.67	1.34	0	28	0.95	0	28		-28	4,806
	0 + 120	496.49	497.44		0.95	0	8.59	0	19.83	3.10	0	61	0.95	0	61		-61	4,745
	0 + 140	496.58	497.42		0.84	0	7.24	0	15.83	10.00	0	158	0.95	0	158		-158	4,587
	0 + 160	496.62	497.60		0.98	0	8.90	0	16.14	10.00	0	161	0.95	0	161		-161	4,426
PT	0 + 172.52	496.57	497.80		1.23	0	13.65	0	22.55	6.26	0	141	0.95	0	141		-141	4,285
	0 + 180	495.95	497.96		2.01	0	23.19	0	36.84	3.74	0	138	0.95	0	138		-138	4,147
	0 + 200	496.86	498.52		1.66	0	16.05	0	39.24	10.00	0	392	0.95	0	392		-392	3,755
	0 + 220	497.06	499.26		2.20	0	22.60	0	38.65	10.00	0	387	0.95	0	387		-387	3,368
	0 + 240	497.13	500.20		3.07	0	37.37	0	59.97	10.00	0	600	0.95	0	600		-600	2,768
PC	0 + 259.46	498.26	501.28		3.02	0	39.41	0	76.78	9.73	0	747	0.95	0	747		-747	2,021
	0 + 260	499.30	501.32		2.02	0	25.76	0	65.17	0.27	0	18	0.95	0	18		-18	2,003
	0 + 280	500.71	502.64		1.93	0	27.42	0	53.18	10.00	0	532	0.95	0	532		-532	1,471
	0 + 300	502.52	504.14		1.62	0	20.58	0	48.00	10.00	0	480	0.95	0	480		-480	991
PT	0 + 302.73	503.06	504.36		1.30	0	15.59	0	36.17	1.37	0	50	0.95	0	50		-50	941
	0 + 320	505.88	505.74	-0.14		1.11	0.68	1.11	16.27	8.63	10	140	0.95	10	140		-130	811
	0 + 340	508.54	507.34	-1.20		13.79	0	14.90	0.68	10.00	149	7	0.95	142	7	135		946
	0 + 360	510.42	508.94	-1.48		15.57	0	29.36	0	10.00	294	0	0.95	279	0	279		1,225
	0 + 361.40	510.80	509.05	-1.75		18.06	0	33.63	0	0.70	24	0	0.95	23	0	23		1,248
									DE ESTA HOJA:		635	4,356		604	4,356	528	-4,280	
									ACUMULADO:		635	4,356		604	4,356	528	-4,280	

CURVA MASA DE TERRACERÍAS (CORTES Y TERRAPLENES)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 2/2

ESTACIÓN		ELEVACIONES		ESPESORES		ÁREAS		A_1 - A_2			VOLUMEN			VOLUMEN REDUCIDO		SUMA VOLÚMENES		ORDENADA DE CURVA MASA
	(Km.)	TERRENO	SUBRAS	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	SEMI DIST	CORTE	TERRAP	FACTOR REDUC.	CORTE	TERRAP	CORTE (+)	TERR. (-)	
	0 + 361 40	510 80	509 05	-1 75		18 06	0											1,248
	0 + 380	512 68	510 54	-2 14		24 54	0	42 60	0	9 30	396	0	0 95	376	0	376		1,624
	0 + 400	513 60	512 14	-1 46		16 75	0	41 29	0	10 00	413	0	0 95	392	0	392		2,016
	0 + 420	514 18	513 65	-0 53		7 14	0	23 89	0	10 00	239	0	0 95	227	0	227		2,243
	0 + 440	515 68	514 98	-0 70		8 65	0	15 79	0	10 00	158	0	0 95	150	0	150		2,393
	0 + 460	517 20	516 13	-1 07		13 08	0	21 73	0	10 00	217	0	0 95	206	0	206		2,599
	0 + 480	518 50	517 10	-1 40		15 27	0	28 35	0	10 00	284	0	0 95	270	0	270		2,869
PC	0 + 498 53	519 06	517 83	-1 23		15 75	0	31 02	0	9 26	287	0	0 95	273	0	273		3,142
	0 + 500	519 45	517 88	-1 57		19 91	0	35 66	0	0 74	26	0	0 95	25	0	25		3,167
	0 + 520	519 66	518 49	-1 17		15 33	0	35 24	0	10 00	352	0	0 95	334	0	334		3,501
	0 + 540	519 82	518 92	-0 90		13 22	0	28 55	0	10 00	286	0	0 95	272	0	272		3,773
	0 + 560	519 77	519 16	-0 61		7 16	0 86	20 38	0 86	10 00	204	9	0 95	194	9	185		3,958
PT	0 + 564 06	520 62	519 19	-1 43		17 15	0	24 31	0 86	2 03	49	2	0 95	47	2	45		4,003
	0 + 580	520 75	519 32	-1 43		15 97	0	33 12	0	7 97	264	0	0 95	251	0	251		4,254
	0 + 600	520 71	519 47	-1 24		13 09	0	29 06	0	10 00	291	0	0 95	276	0	276		4,530
	0 + 620	520 43	519 63	-0 80		7 78	0	20 87	0	10 00	209	0	0 95	199	0	199		4,729
	0 + 640	519 98	519 78	-0 20		3 73	0	11 51	0	10 00	115	0	0 95	109	0	109		4,838
	0 + 660	520 42	519 94	-0 48		6 00	0	9 73	0	10 00	97	0	0 95	92	0	92		4,930
	0 + 680	520 30	520 10	-0 20		3.79	0	9 79	0	10 00	98	0	0 95	93	0	93		5,023
										DE ESTA HOJA:	3,985	11		3,786	11	3,775	0	
										ACUMULADO:	4,620	4,367		4,390	4,367	4,303	-4,280	

CURVA MASA DE TERRACERÍAS (DESPALME Y SUBRASANTE)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 1/2

ESTACIÓN		DIST. SEMI	DESPALME (ESPESOR=10 CENTÍMETROS)				SUBRASANTE (ESPESOR=30 CENTÍMETROS)			
	(Km.)		ÁREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM. (m^3)	ÁREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM. (m^3)
	0 + 000		0.94				2.66			
	0 + 020	10.00	1.11	2.05	21	21	2.42	5.08	51	51
	0 + 040	10.00	0.88	1.99	20	41	2.52	4.94	49	100
	0 + 047.40	3.70	0.93	1.81	7	48	2.66	5.18	19	119
	0 + 060	6.30	0.97	1.90	12	60	2.66	5.32	34	153
	0 + 080	10.00	0.91	1.88	19	79	2.66	5.32	53	206
	0 + 100	10.00	1.15	2.06	21	100	2.42	5.08	51	257
PC	0 + 111.13	5.56	1.05	2.20	12	112	2.55	4.97	28	285
	0 + 113.80	1.34	1.21	2.26	3	115	2.58	5.13	7	292
	0 + 120	3.10	1.12	2.33	7	122	2.66	5.24	16	308
	0 + 140	10.00	1.08	2.20	22	144	2.69	5.35	54	362
	0 + 160	10.00	1.19	2.27	23	167	2.69	5.38	54	416
PT	0 + 172.52	6.26	1.32	2.51	16	183	2.55	5.24	33	449
	0 + 180	3.74	1.47	2.79	10	193	2.45	5.00	19	468
	0 + 200	10.00	1.15	2.62	26	219	2.42	4.87	49	517
	0 + 220	10.00	1.29	2.44	24	243	2.42	4.84	48	565
	0 + 240	10.00	1.62	2.91	29	272	2.52	4.94	49	614
PC	0 + 259.46	9.73	1.65	3.27	32	304	2.78	5.30	52	666
	0 + 260	0.27	1.55	3.20	1	305	2.78	5.56	2	668
	0 + 280	10.00	1.65	3.20	32	337	2.78	5.56	56	724
	0 + 300	10.00	1.49	3.14	31	368	2.78	5.56	56	780
PT	0 + 302.73	1.37	1.47	2.96	4	372	2.78	5.56	8	788
	0 + 320	8.63	0.94	2.41	21	393	2.67	5.45	47	835
	0 + 340	10.00	1.06	2.00	20	413	2.66	5.33	53	888
	0 + 360	10.00	1.16	2.22	22	435	2.66	5.32	53	941
	0 + 361.40	0.70	1.09	2.25	2	437	2.66	5.32	4	945
				DE ESTA HOJA:	437				945	
				ACUMULADO:	437				945	

CURVA MASA DE TERRACERÍAS (DESPALME Y SUBRASANTE)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMIN FIGUEROA MONTELONGO

REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ

APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 2/2

ESTACIÓN (Km.)		DIST. SEMI	DESPALME (ESPESOR=10 CENTÍMETROS.)				SUBRASANTE (ESPESOR=30 CENTÍMETROS)			
			AREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM (m^3)	AREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	VOL. ACUM. (m^3)
	0 + 361 40		1 09			437	2 66			945
	0 + 380	9 30	1 15	2 24	21	458	2 66	5 32	49	994
	0 + 400	10 00	1 09	2 24	22	480	2 66	5 32	53	1,047
	0 + 420	10 00	0 97	2 06	21	501	2 66	5 32	53	1,100
	0 + 440	10 00	0 95	1.92	19	520	2 66	5 32	53	1,153
	0 + 460	10 00	1 02	1.97	20	540	2 66	5 32	53	1,206
	0 + 480	10 00	1 07	2 09	21	561	2 77	5.43	54	1,260
PC	0 + 498 53	9 26	1 16	2 23	21	582	3 00	5 77	53	1,313
	0 + 500	0 74	1 20	2 36	2	584	3 00	6 00	4	1,317
	0 + 520	10 00	1 15	2 35	24	608	3 00	6.00	60	1,377
	0 + 540	10 00	1 15	2 30	23	631	3 00	6 00	60	1,437
	0 + 560	10 00	1 07	2.22	22	653	2 89	5 89	59	1,496
PT	0 + 564 06	2 03	1 16	2 23	5	658	3 00	5 89	12	1,508
	0 + 580	7 97	1 09	2.25	18	676	2 80	5.80	46	1,554
	0 + 600	10 00	1 00	2.09	21	697	2 66	5.46	55	1,609
	0 + 620	10 00	0 98	1.98	20	717	2.66	5 32	53	1,662
	0 + 640	10 00	0 92	1.90	19	736	2.66	5.32	53	1,715
	0 + 660	10 00	0.95	1 87	19	755	2.66	5 32	53	1,768
	0 + 680	10 00	0.91	1.86	19	774	2.66	5 32	53	1,821

DE ESTA HOJA: 337 876

ACUMULADO: 774 1,821

CURVA MASA DE PAVIMENTOS (BASE, ASFALTOS Y PETREOS PARA DOS RIEGOS DE SELLO)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO

REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ

APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 1/2

ESTACIÓN	DIST. SEMI	BASE HIDRÁULICA (ESPESOR=15 CENTÍMETROS)			ANCHO DE CALZADA	SUMA ANCHOS DE CALZADA	ÁREA TRATADA	ASFALTOS (LITROS)			PÉTREOS (LITROS)	
								IMPREGNACIÓN	1er RIEGO	2do RIEGO	1er RIEGO	2do RIEGO
(Km.)		ÁREA (m^2)	A_1+A_2 (m^2)	VOLUMEN (m^3)	(m)	(m)	(m^2)	(1.6 Lts/m^2)	(1.83 Lts/m^2)	(1.83 Lts/m^2)	(12 Lts/m^2)	(10 Lts/m^2)
0 + 000		1.53			7.00							
0 + 020	10.00	1.46	2.99	30	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 040	10.00	1.50	2.96	30	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 047.40	3.70	1.53	3.03	11	7.00	14.00	51.80	77.70	94.79	94.79	621.60	518.00
0 + 060	6.30	1.53	3.06	19	7.00	14.00	88.20	132.30	161.41	161.41	1,058.40	882.00
0 + 080	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 100	10.00	1.46	2.99	30	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
PC=0 + 111.13	5.56	1.55	3.01	17	7.45	14.45	80.34	120.51	147.02	147.02	964.08	803.40
0 + 113.80	1.34	1.57	3.12	4	7.56	15.01	20.11	30.17	36.80	36.80	241.32	201.10
0 + 120	3.10	1.62	3.19	10	7.81	15.37	47.65	71.48	87.20	87.20	571.80	476.50
0 + 140	10.00	1.64	3.26	33	7.90	15.71	157.10	235.65	287.49	287.49	1,885.20	1,571.00
0 + 160	10.00	1.64	3.28	33	7.90	15.80	158.00	237.00	289.14	289.14	1,896.00	1,580.00
PT=0 + 172.52	6.26	1.55	3.19	20	7.45	15.35	96.09	144.14	175.84	175.84	1,153.08	960.90
0 + 180	3.74	1.49	3.04	11	7.14	14.59	54.57	81.86	99.86	99.86	654.84	545.70
0 + 200	10.00	1.46	2.95	30	7.00	14.14	141.40	212.10	258.76	258.76	1,696.80	1,414.00
0 + 220	10.00	1.46	2.92	29	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 240	10.00	1.53	2.99	30	7.35	14.35	143.50	215.25	262.61	262.61	1,722.00	1,435.00
PC=0 + 259.46	9.73	1.70	3.23	31	8.20	15.55	151.30	226.95	276.88	276.88	1,815.60	1,513.00
0 + 260	0.27	1.70	3.40	1	8.20	16.40	4.43	6.65	8.11	8.11	53.16	44.30
0 + 280	10.00	1.70	3.40	34	8.20	16.40	164.00	246.00	300.12	300.12	1,968.00	1,640.00
0 + 300	10.00	1.70	3.40	34	8.20	16.40	164.00	246.00	300.12	300.12	1,968.00	1,640.00
PT=0 + 302.73	1.37	1.70	3.40	5	8.20	16.40	22.47	33.71	41.12	41.12	269.64	224.70
0 + 320	8.63	1.59	3.29	28	7.45	15.65	135.06	202.59	247.16	247.16	1,620.72	1,350.60
0 + 340	10.00	1.53	3.12	31	7.00	14.45	144.50	216.75	264.44	264.44	1,734.00	1,445.00
0 + 360	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 361.40	0.70	1.53	3.06	2	7.00	14.00	9.80	14.70	17.93	17.93	117.60	98.00
		DE ESTA HOJA:		565				4,011.51	4,894.00	4,894.00	32,091.84	26,743.20
		ACUMULADO:		565				4,011.51	4,894.00	4,894.00	32,091.84	26,743.20

CURVA MASA DE PAVIMENTOS (BASE, ASFALTOS Y PÉTREOS PARA DOS RIEGOS DE SELLO)

OBRA: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 2/2

ESTACIÓN (Km)	DIST. SUB.	BASE HIDRÁULICA (ESPESOR=15 CENTÍMETROS) AREA (m²)	A_1+A_2 (m²)	VOLUMEN (m³)	ANCHO DE CALZADA (m)	SUMA ANCHOS DE CALZADA (m)	AREA TRATADA (m²)	ASFALTOS (LITROS) IMPREGNACIÓN (1.5 Lts/m²)	1er RIEGO (1.83 Lts/m²)	2do RIEGO (1.83 Lts/m²)	PÉTREOS (LITROS) 1er RIEGO (12 Lts/m²)	2do RIEGO (10 Lts/m²)
0 + 361.40		1.53			7.00							
0 + 380	9.30	1.53	3.06	28	7.00	14.00	130.20	195.30	238.27	238.27	1,562.40	1,302.00
0 + 400	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 420	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 440	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 460	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 480	10.00	1.60	3.13	31	7.41	14.41	144.10	216.15	263.70	263.70	1,729.20	1,441.00
PC=0 + 498.53	9.26	1.77	3.37	31	8.20	15.61	144.55	216.83	264.53	264.53	1,734.60	1,445.50
0 + 500	0.74	1.77	3.54	3	8.20	16.40	12.14	18.21	22.22	22.22	145.68	121.40
0 + 520	10.00	1.77	3.54	35	8.20	16.40	164.00	246.00	300.12	300.12	1,968.00	1,640.00
0 + 540	10.00	1.77	3.54	35	8.20	16.40	164.00	246.00	300.12	300.12	1,968.00	1,640.00
0 + 560	10.00	1.74	3.51	35	8.20	16.40	164.00	246.00	300.12	300.12	1,968.00	1,640.00
PT=0 + 564.06	2.03	1.77	3.51	7	8.20	16.40	33.29	49.94	60.92	60.92	399.48	332.90
0 + 580	7.97	1.63	3.40	27	7.52	15.72	125.29	187.94	229.28	229.28	1,503.48	1,252.90
0 + 600	10.00	1.53	3.16	32	7.00	14.52	145.20	217.80	265.72	265.72	1,742.40	1,452.00
0 + 620	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 640	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 660	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
0 + 680	10.00	1.53	3.06	31	7.00	14.00	140.00	210.00	256.20	256.20	1,680.00	1,400.00
		DE ESTA HOJA		512				3,520.17	4,294.60	4,294.60	28,161.24	23,467.70
		ACUMULADO		1,077				7,531.68	9,188.60	9,188.60	60,253.08	50,210.90

NOTA: RIEGO DE IMPREGNACIÓN EMULSIÓN CATIONICA RL-2K, RIEGOS DE LIGA: EMULSIÓN CATIONICA (RR-2K), PRIMER RIEGO DE SELLO: MATERIAL PÉTREO No. 2, SEGUNDO RIEGO DE SELLO MATERIAL PÉTREO No 3-B

7.8.- DATOS PARA EL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

V = 40 km/hr
Smax = 10%
Gmax = 30°
C = 7.00 m
b = 2%
B = 0.20 m

G = 11.00° izquierda
S = 6.9%
Le = 22.00 m
N = 6.38 m
A = 0.90 m
T_{CUNETA} = 3 : 1
$T_{TERRAPLÉN}$ = 1.5 : 1
T_{CORTE} = 0.5 : 1

TM = 0+100.13
MC = 0+122.13
CM = 0+161.52
MT = 0+183.52
PC = 0+111.13
PT = 0+172.52

DS = 0.313636
DA = 0.040909

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 1/3

ESTACIÓN	PUNTO DE LA TRANSICIÓN O CURVA	LONGITUD DE TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (m)		AMPLIACIÓN (m)		TALUD		ENSANCHE (m)		SEMIANCHO PARA PROYECTO (m)	
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO
0 + 093.75	N1	6.38	-2.00	-2.00								
0 + 100		0.13	-2.00	-0.04			1.5 : 1	1.5 : 1	0.31	0.30	3.81	3.80
0 + 100.13	TM	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00						
0 + 106.51	N2	6.38	-2.00	2.00	0.26	0.00						
0 + 111.13	PC	11.00	-3.45	3.45	0.45	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.32	0.29	4.27	3.79
0 + 113.80		13.67	-4.29	4.29	0.56	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.32	0.28	4.38	3.78
0 + 120		19.87	-6.23	6.23	0.81	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.33	0.27	4.64	3.77
0 + 122.13	MC	22.00	-6.90	6.90	0.90	0.00						
0 + 140			-6.90	6.90	0.90	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.33	0.27	4.73	3.77
0 + 160			-6.90	6.90	0.90	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.33	0.27	4.73	3.77
0 + 161.52	CM	22.00	-6.90	6.90	0.90	0.00						
0 + 172.52	PT	11.00	-3.45	3.45	0.45	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.32	0.29	4.27	3.79
0 + 177.14	N3	6.38	-2.00	2.00	0.26	0.00						
0 + 180		3.52	-2.00	1.10	0.14	0.00	1.5 : 1	1.5 : 1	0.31	0.30	3.95	3.80
0 + 183.52	MT	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00						
0 + 189.90	N4	6.38	-2.00	-2.00								

DATOS PARA EL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

V = 40 km/hr
Smax = 10%
Gmax = 30°
C = 7.00 m
b = 2%
B = 0.20 m

G = 16.50° derecha
S = 8.6%
Le = 27.50 m
N = 6.40 m
A = 1.20 m
T_{CUNETA} = 3 : 1
$T_{TERRAPLÉN}$ = 1.5 : 1
T_{CORTE} = 0.5 : 1

TE = 0+231.96
EC = PC = 0+259.46
CE = PT = 0+302.73
ET = 0+330.23

DS = 0.312727
DA = 0.043636

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 2/3

ESTACIÓN	PUNTO DE LA TRANSICIÓN O CURVA	LONGITUD DE TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (m)		AMPLIACIÓN (m)		TALUD		ENSANCHE (m)		SEMIANCHO PARA PROYECTO (m)	
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO
0 + 225.56	N1	6.40	2.00	-2.00								
0 + 231.96	TE	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00						
0 + 238.36	N2	6.40	2.00	-2.00	0.00	0.28						
0 + 240		8.04	2.51	-2.51	0.00	0.35	1.5 : 1	1.5 : 1	0.29	0.31	3.79	4.16
0 + 259.46	EC = PC	27.50	8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 260			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 280			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 300			8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 302.73	CE = PT	27.50	8.60	-8.60	0.00	1.20	1.5 : 1	1.5 : 1	0.27	0.34	3.77	5.04
0 + 320		10.23	3.20	-3.20	0.00	0.45	1.5 : 1	3 : 1	0.29	0.66	3.79	4.61
0 + 323.83	N3	6.40	2.00	-2.00	0.00	0.28						
0 + 330.23	ET	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00						
0 + 336.63	N4	6.40	-2.00	-2.00								

DATOS PARA EL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

V = 40 km/hr
Smax = 10%
Gmax = 30°
C = 7.00 m
b = 2%
B = 0.20 m

G = 17.00° izquierda
S = 8.7%
Le = 28.00 m
N = 6.44 m
A = 1.20 m
T_{CUNETA} = 3 : 1
$T_{TERRAPLÉN}$ = 1.5 : 1
T_{CORTE} = 0.5 : 1

TE = 0+470.53
EC = PC = 0+498.53
CE = PT = 0+564.06
ET = 0+592.06

DS = 0.310714
DA = 0.042857

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO
REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ
APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001
HOJA No. 3/3

ESTACIÓN	PUNTO DE LA TRANSICIÓN O CURVA	LONGITUD DE TRANSICIÓN (m)	SOBREELEVACIÓN (m)		AMPLIACIÓN (m)		TALUD		ENSANCHE (m)		SEMIANCHO PARA PROYECTO (m)	
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO
0 + 464.09	N1	6.44	-2.00	-2.00								
0 + 470.53	TE	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00						
0 + 476.97	N2	6.44	-2.00	2.00	0.28	0.00						
0 + 480		9.47	-2.94	2.94	0.41	0.00	3 : 1	3 : 1	0.66	0.55	4.57	4.05
0 + 498.53	EC = PC	28.00	-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	3 : 1	0.81	0.48	5.51	3.98
0 + 500			-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	3 : 1	0.81	0.48	5.51	3.98
0 + 520			-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	3 : 1	0.81	0.48	5.51	3.98
0 + 540			-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	3 : 1	0.81	0.48	5.51	3.98
0 + 560			-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	1.5 : 1	0.81	0.27	5.51	3.77
0 + 564.06	CE = PT	28.00	-8.70	8.70	1.20	0.00	3 : 1	3 : 1	0.81	0.48	5.51	3.98
0 + 580		12.06	-3.75	3.75	0.52	0.00	3 : 1	3 : 1	0.68	0.54	4.70	4.04
0 + 585.62	N3	6.44	-2.00	2.00	0.28	0.00						
0 + 592.06	ET	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00						
0 + 598.5	N4	6.44	-2.00	-2.00								

7.9.- DATOS DE CONSTRUCCIÓN

OBRA: LA PALMA - SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA - SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

ESTACIÓN	ELEVACIONES		ESPESORES		LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO			
KM	TERR NAT	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLÉN	TALUD	CERO	FONDO CUNETA	HOMBRO	HOMBRO	FONDO CUNETA	CERO	TALUD
0 + 000	499 34	499 14	-0 20	-	0 5 1	4 75 / 0 30	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	4 70 / 0 20	0.5:1
0 + 020	498 32	498 84	-	0 52	1 5 1	6 37 / -1 79	- / -0 20	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	4 48 / -0 52	1 5:1
0 + 040	498 35	498 54	-	0 19	3 1	4 50 / -0 20	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	4 11 / -0 27	3:1
0 + 047 40	498 47	498 43	-0 04	-	1 5 1	4 64 / 0 07	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	4 76 / 0 31	1 5:1
0 + 060	498 14	498 24	-	0 10	1 5 1	4 59 / -0 02	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 11 / 1 01	1 5:1
0 + 080	497 81	497 94	-	0 13	3 1	4 52 / -0 16	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	- / -	3:1
0 + 100	496 88	497 64	-	0 76	1 5 1	4 70 / -0 67	- / -	3 81 / -0 08	3 80 / 0 00	- / -	6 54 / -1 83	1 5:1
0 + 111 13	496 52	497 50	-	0 98	1 5 1	5 56 / -1 01	- / -	4 27 / -0 15	3 79 / 0 13	- / -	6 30 / -1 55	1.5:1
0 + 113 80	496 36	497 48	-	1 12	1 5 1	6 03 / -1 29	- / -	4 38 / -0 19	3 78 / 0 16	- / -	6 10 / -1 38	1.5:1
0 + 120	496 49	497 44	-	0 95	1 5 1	5 86 / -1 10	- / -	4 64 / -0 29	3 77 / 0 24	- / -	5 34 / -0 81	1.5:1
0 + 140	496 58	497 42	-	0 84	1 5 1	6 01 / -1 18	- / -	4 73 / -0 33	3 77 / 0 26	- / -	4 79 / -0 42	1.5:1
0 + 160	496 62	497 60	-	0 98	1 5 1	7 42 / -2 11	- / -	4 73 / -0 33	3 77 / 0 26	- / -	4 52 / -0 24	1.5:1
0 + 172 52	496 57	497 80	-	1 23	1 5 1	7 62 / -2 38	- / -	4 27 / -0 15	3 79 / 0 13	- / -	5 57 / -1 06	1.5:1
0 + 180	495 95	497 96	-	2 01	1 5 1	8 12 / -2 86	- / -	3 95 / -0 08	3 80 / 0 04	- / -	6 60 / -1 83	1 5:1
0 + 200	496 86	498 52	-	1 66	1 5 1	5 92 / -1 48	- / -	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	5 62 / -1 28	1.5:1
0 + 220	497 06	499 26	-	2 20	1 5 1	6 77 / -2 05	- / -	3 81 / -0 08	3 81 / -0 08	- / -	6 13 / -1 62	1.5:1
0 + 240	497 13	500 20	-	3 07	1 5 1	7 68 / -2 50	- / -	3 79 / 0 10	4 16 / -0 10	- / -	8 56 / -3 04	1.5:1
0 + 259 46	498 26	501 28	-	3 02	1 5 1	9 27 / -3 35	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	8 42 / -2 68	1.5:1
0 + 260	499 30	501 32	-	2 02	1 5 1	7 26 / -2 01	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	8.26 / -2 58	1.5:1
0 + 280	500 71	502 64	-	1 93	1 5 1	8 64 / -2 93	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	7 83 / -2 29	1.5:1
0 + 300	502 52	504 14	-	1 62	1 5 1	7 88 / -2 42	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	7 00 / -1 73	1 5:1
0 + 302 73	503 06	504 36	-	1 30	1 5 1	7 95 / -2 47	- / -	3 77 / 0 32	5 04 / -0 43	- / -	6 74 / -1 56	1.5:1
0 + 320	505 88	505 74	-0 14	-	1 5 1	4 65 / -0 46	- / -	3 79 / 0 12	4 61 / -0 15	4 95 / -0 26	5 00 / -0 17	1 5:1
0 + 340	508 54	507 34	-1 20	-	0 5 1	5 68 / 2 15	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 02 / 0 83	0.5:1
0 + 360	510 42	508 94	-1 48	-	0 5 1	5 96 / 2 71	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 07 / 0 94	0.5:1
0 + 361 40	510 80	509 05	-1 75	-	0 5 1	5 81 / 2 42	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 19 / 1 17	0.5:1
0 + 380	512 68	510 54	-2 14	-	0 5 1	6 13 / 3 05	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 41 / 1 63	0.5:1
0 + 400	513 60	512 14	-1 46	-	0 5 1	5 61 / 2 01	4 50 / -0 20	4 14 / -0 08	4 14 / -0 08	4 50 / -0 20	5 30 / 1 46	0 5:1

Página 165

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO

REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ

APROBÓ: ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 1/2

AMPLIACIÓN		PENDIENTE TRANSVERSAL		VOLUMENES		ALINEAMIENTO		LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL
IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	CORTE	TERRAPLÉN	HORIZONTAL	VERTICAL	
-	-	-2.00	-2.00			Longitud de la tangente = 111.13 m	-1.50%	B. N.-0 SOBRE ROCA. 18.00 m A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+000 ELEVACIÓN= 500.000 m
-	-	-2.00	-2.00	44	70		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	2	72		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	12	1		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	39	0		-1.50%	
-	-	-2.00	-2.00	47	1		-1.50%	
-	-	-2.00	-0.04	14	77		PCV	
0.45	-	-3.45	3.45	0	95	PC		
0.56	-	-4.29	4.29	0	28	Gc=11.00° Def=33.7667° Lc=61.39 m		
0.81	-	-6.23	6.23	0	61			
0.90	-	-6.90	6.90	0	158			
0.90	-	-6.90	6.90	0	161			
0.45	-	-3.45	3.45	0	141	PT		
-	-	-2.00	1.10	0	138	Longitud de la tangente = 86.94 m		
-	-	-2.00	-2.00	0	392		PIV	
-	-	-2.00	-2.00	0	387			
-	0.35	2.51	-2.51	0	600			
-	1.20	8.60	-8.60	0	747	PC		
-	1.20	8.60	-8.60	0	18	Gc=16.5°d Def=35.70° Lc=43.27 m		
-	1.20	8.60	-8.60	0	532			
-	1.20	8.60	-8.60	0	480		PTV	
-	1.20	8.60	-8.60	0	50	PT	8.00%	
-	0.45	3.20	-3.20	10	140	Longitud de la tangente = 195.80 m	8.00%	B. N.-1 SOBRE RAÍZ DE MEZQUITE, 25.00 m A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+320 ELEVACIÓN= 507.452 m
-	-	-2.00	-2.00	149	7		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	294	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	24	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	396	0		8.00%	
-	-	-2.00	-2.00	413	0		PCV	

Página 164

DATOS DE CONSTRUCCIÓN

OBRA: LA PALMA - SAN JUANICO

TRAMO: LA PALMA - SAN JUANICO

MUNICIPIO: IXMIQUILPAN, HGO.

ESTACIÓN	ELEVACIONES		ESPESORES		LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO			
Km.	TERR. NAT.	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLÉN	TALUD	CERO	FONDO CUNETA	HOMBRO	HOMBRO	FONDO CUNETA	CERO	TALUD
0 + 420	514.18	513.65	-0.53	-	0.5:1	4.99 / 0.8	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.78 / 0.35	0.5:1
0 + 440	515.68	514.98	-0.70	-	0.5:1	4.82 / 0.4	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.73 / 0.26	0.5:1
0 + 460	517.20	516.13	-1.07	-	0.5:1	5.25 / 1.31	4.5 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.95 / 0.70	0.5:1
0 + 480	518.50	517.10	-1.40	-	0.5:1	5.80 / 1.53	4.91 / -0.24	4.57 / -0.13	4.05 / 0.12	4.50 / -0.03	4.93 / 0.83	0.5:1
0 + 498.53	519.06	517.83	-1.23	-	0.5:1	6.86 / 1.78	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.98 / 0.34	4.50 / 0.17	4.83 / 0.83	0.5:1
0 + 500	519.45	517.88	-1.57	-	0.5:1	7.10 / 2.22	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.98 / 0.34	4.50 / 0.17	4.95 / 1.06	0.5:1
0 + 520	519.66	518.49	-1.17	-	0.5:1	6.86 / 1.78	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.98 / 0.34	4.50 / 0.17	4.81 / 0.79	0.5:1
0 + 540	519.82	518.92	-0.90	-	0.5:1	6.79 / 1.64	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.98 / 0.34	4.50 / 0.17	4.79 / 0.74	0.5:1
0 + 560	519.77	519.16	-0.61	-	0.5:1	6.32 / 0.69	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.77 / 0.33	- / -	4.41 / -0.11	1.5:1
0 + 564.06	520.62	519.19	-1.43	-	0.5:1	6.56 / 1.18	5.70 / -0.54	5.51 / -0.48	3.98 / 0.34	4.50 / 0.17	5.06 / 1.29	0.5:1
0 + 580	520.75	519.32	-1.43	-	0.5:1	5.77 / 1.22	5.02 / -0.28	4.70 / -0.18	4.04 / 0.15	4.50 / 0.00	5.19 / 1.38	0.5:1
0 + 600	520.71	519.47	-1.24	-	0.5:1	4.91 / 0.61	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	5.14 / 1.07	0.5:1
0 + 620	520.43	519.63	-0.80	-	0.5:1	4.78 / 0.36	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	5.05 / 0.90	0.5:1
0 + 640	519.98	519.78	-0.20	-	0.5:1	4.65 / 0.09	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.56 / -0.08	0.5:1
0 + 660	520.42	519.94	-0.48	-	0.5:1	4.69 / 0.18	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.82 / 0.44	0.5:1
0 + 680	520.30	520.10	-0.20	-	3:1	4.50 / -0.30	4.50 / -0.20	4.14 / -0.08	4.14 / -0.08	4.50 / -0.20	4.58 / -0.05	0.5:1

Página 167

CALCULÓ: JOSÉ BENJAMÍN FIGUEROA MONTELONGO

REVISÓ: EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZÁLEZ

APROBÓ ING. HÉCTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS

FECHA: 21/11/2001

HOJA No. 2/2

AMPLIACIÓN		PENDIENTE TRANSVERSAL		VOLUMENES		ALINEAMIENTO		LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE NIVEL
IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	CORTE	TERRAPLÉN	HORIZONTAL	VERTICAL	
-	-	-2.00	-2.00	239	0			
-	-	-2.00	-2.00	158	0			
-	-	-2.00	-2.00	217	0			
0.41	-	-2.94	2.94	284	0		PIV	
1.20	-	-8.70	-8.70	287	0	PC		
1.20	-	-8.70	-8.70	26	0	Gc=17.00° Def=55.70° Lc=43.27 m		
1.20	-	-8.70	-8.70	352	0			
1.20	-	-8.70	-8.70	286	0			
1.20	-	-8.70	-8.70	204	9		PTV	
1.20	-	-8.70	-8.70	49	2	PT	0.78%	
0.52	-	-3.75	3.75	264	0	Longitud de la tangente = 115.94 m	0.78%	
-	-	-2.00	-2.00	291	0		0.78%	
-	-	-2.00	-2.00	209	0		0.78%	
-	-	-2.00	-2.00	115	0		0.78%	
-	-	-2.00	-2.00	97	0		0.78%	
-	-	-2.00	-2.00	98	0			B. N.-2 SOBRE TRONCO DE PIRU, 17.00 m A LA DERECHA DE LA ESTACIÓN 0+680 ELEVACIÓN= 519.300 m

Página 166

7.10.- PLANTA TOPOGRÁFICA

CAMINO LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO LA PALMA-SAN JUANICO
ORIGEN LA PALMA
DE ESTACIÓN 0+000 A ESTACIÓN 0+080

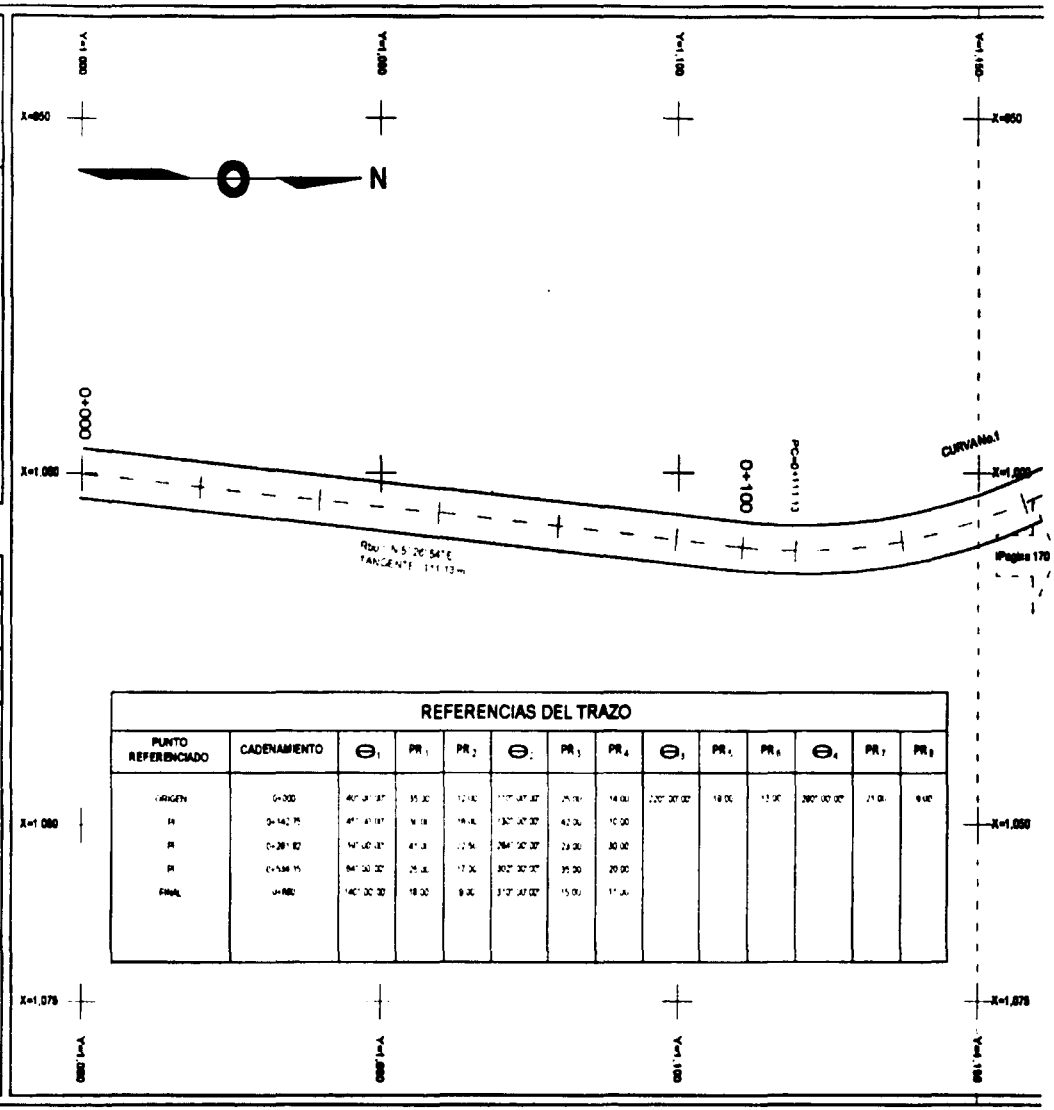
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
APROBÓ	Vo. Bo.
[illegible]	[illegible]

DATOS DE PROYECTO

TIPO DE CARRETERA "C"
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO MONTAÑOSO

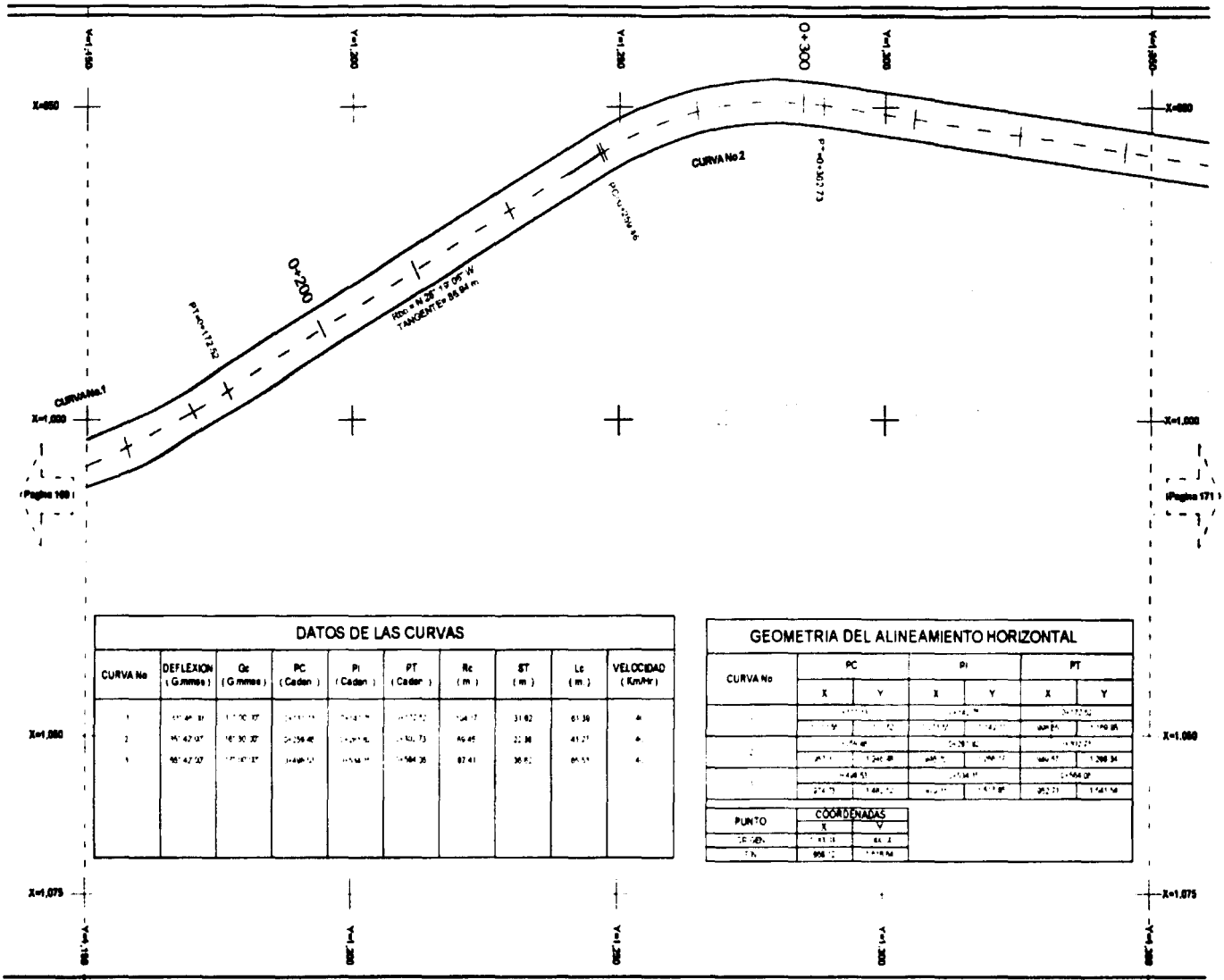
CONCEPTO	CARACTERISTICAS		UNIDAD
	[illegible]	[illegible]	
VELOCIDAD	40	40	[illegible]
CURVATURA MAXIMA	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	Metros
[illegible]	[illegible]	[illegible]	Metros
PENDIENTE MÁXIMA	8.00	8.00	%

ESCALA HORIZONTAL 1 1000
ESCALA VERTICAL 1 1000



REFERENCIAS DEL TRAZO

PUNTO REFERENCIADO	CADENAMIENTO	Θ_1	PR_1	PR_2	Θ_2	PR_3	PR_4	Θ_3	PR_5	PR_6	Θ_4	PR_7	PR_8
ORIGEN	0+000	[illegible]	35.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	14.00	120° 00' 00"	18.00	13.00	280° 00' 00"	21.00	9.00
PI	0+142.75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	130° 00' 00"	42.00	10.00						
PI	0+281.82	[illegible]	[illegible]	[illegible]	284° 00' 00"	23.00	30.00						
PI	0+534.15	84° 00' 00"	25.00	17.00	302° 00' 00"	35.00	20.00						
FINAL	0+680	140° 00' 00"	18.00	9.00	312° 00' 00"	15.00	11.00						



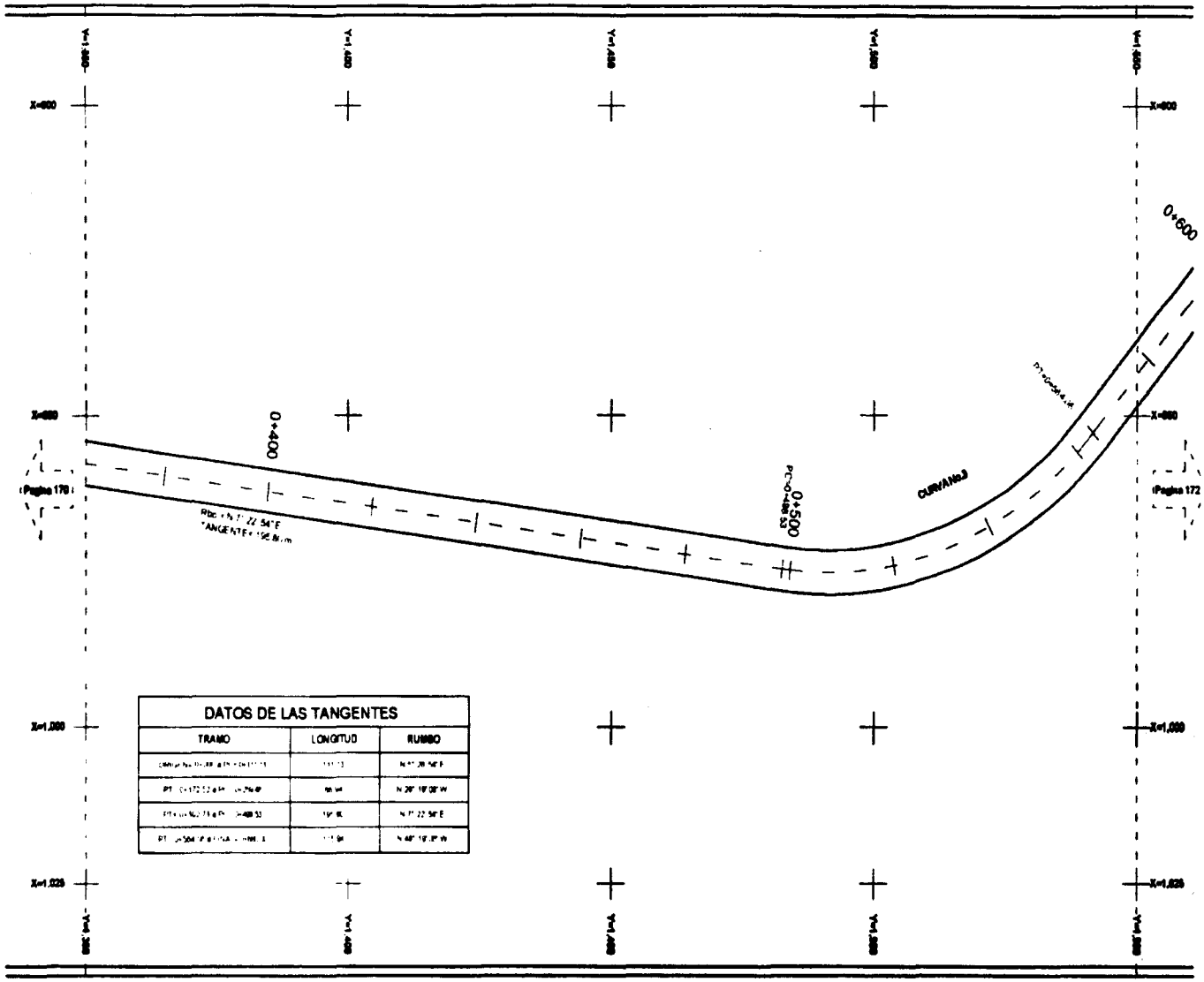
DATOS DE LAS CURVAS

CURVA No	DEFLEXION (G.mmss)	Gc (G mmss)	PC (Cadenamiento)	PI (Cadenamiento)	PT (Cadenamiento)	Rc (m)	ST (m)	Lc (m)	VELOCIDAD (Km/Hr)
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	31.02	61.38	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	46.45	22.38	41.27	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	87.41	36.82	65.53	[illegible]

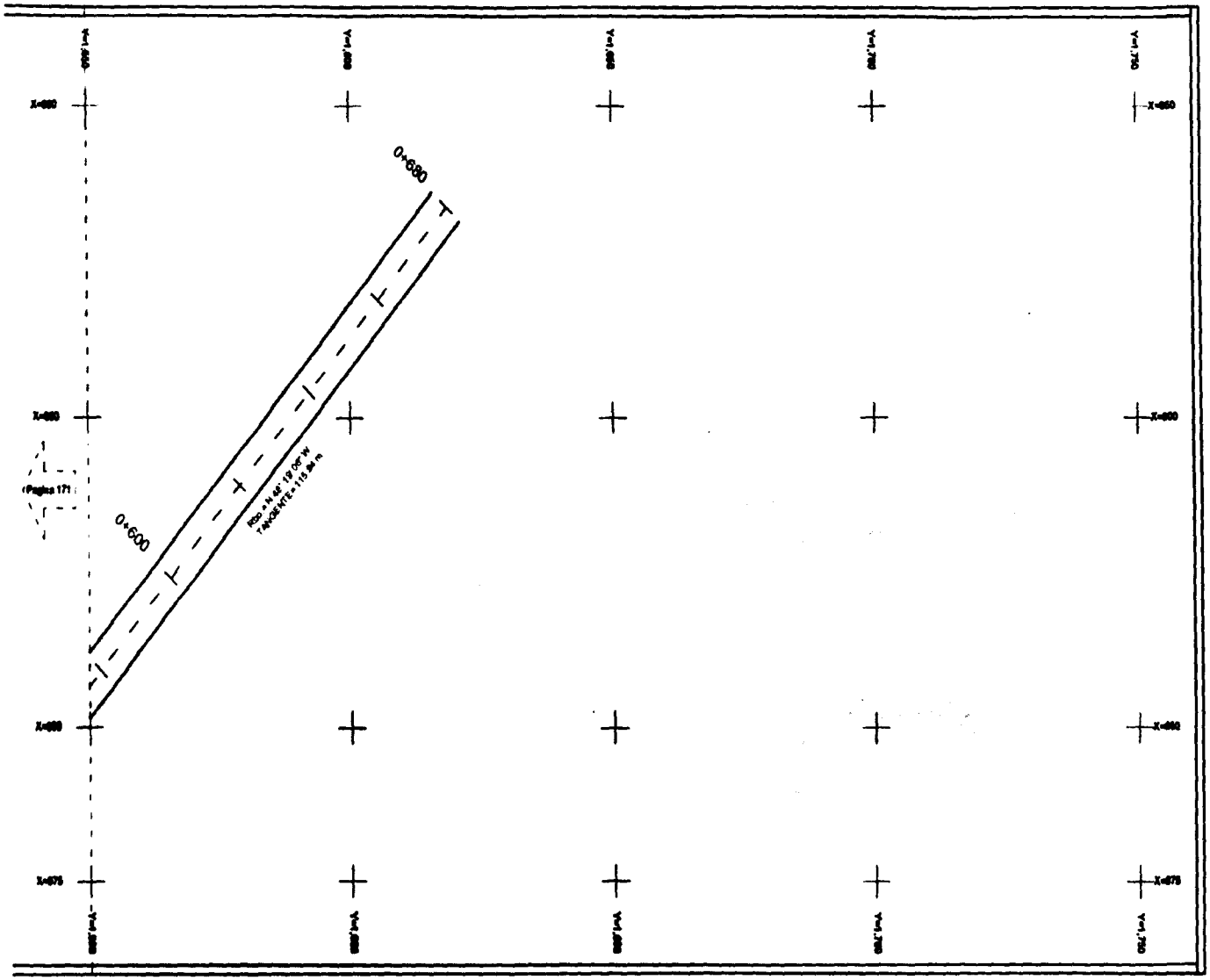
GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CURVA No	PC		PI		PT	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	[illegible]		[illegible]		[illegible]	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]		[illegible]		[illegible]	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]		[illegible]		[illegible]	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]



DATOS DE LAS TANGENTES		
TRAMO	LONGITUD	RUMBO
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	N 29° 19' 08" W
[illegible]	[illegible]	N 7° 22' 54" E
[illegible]	[illegible]	N 48° 19' 08" W


Y=1,500
Y=1,550
Y=1,600
Y=1,650
Y=1,700
X=650
X=675
0+600
0+680
(Page 171)

7.11.- SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
ORIGEN: LA PALMA
DE ESTACION 0+000 A ESTACION 0+000

APROBO

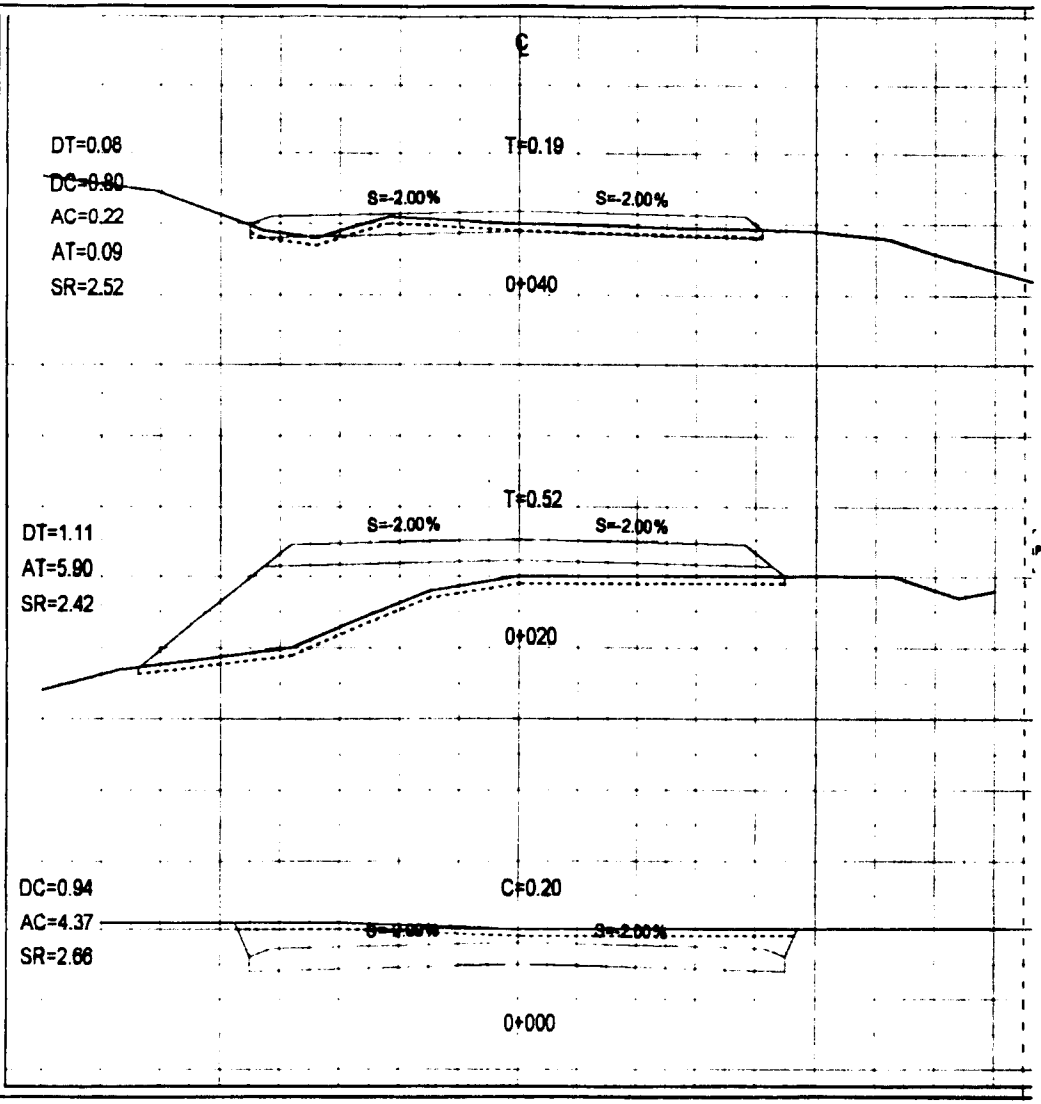
V.º B.º

DATOS DE PROYECTO

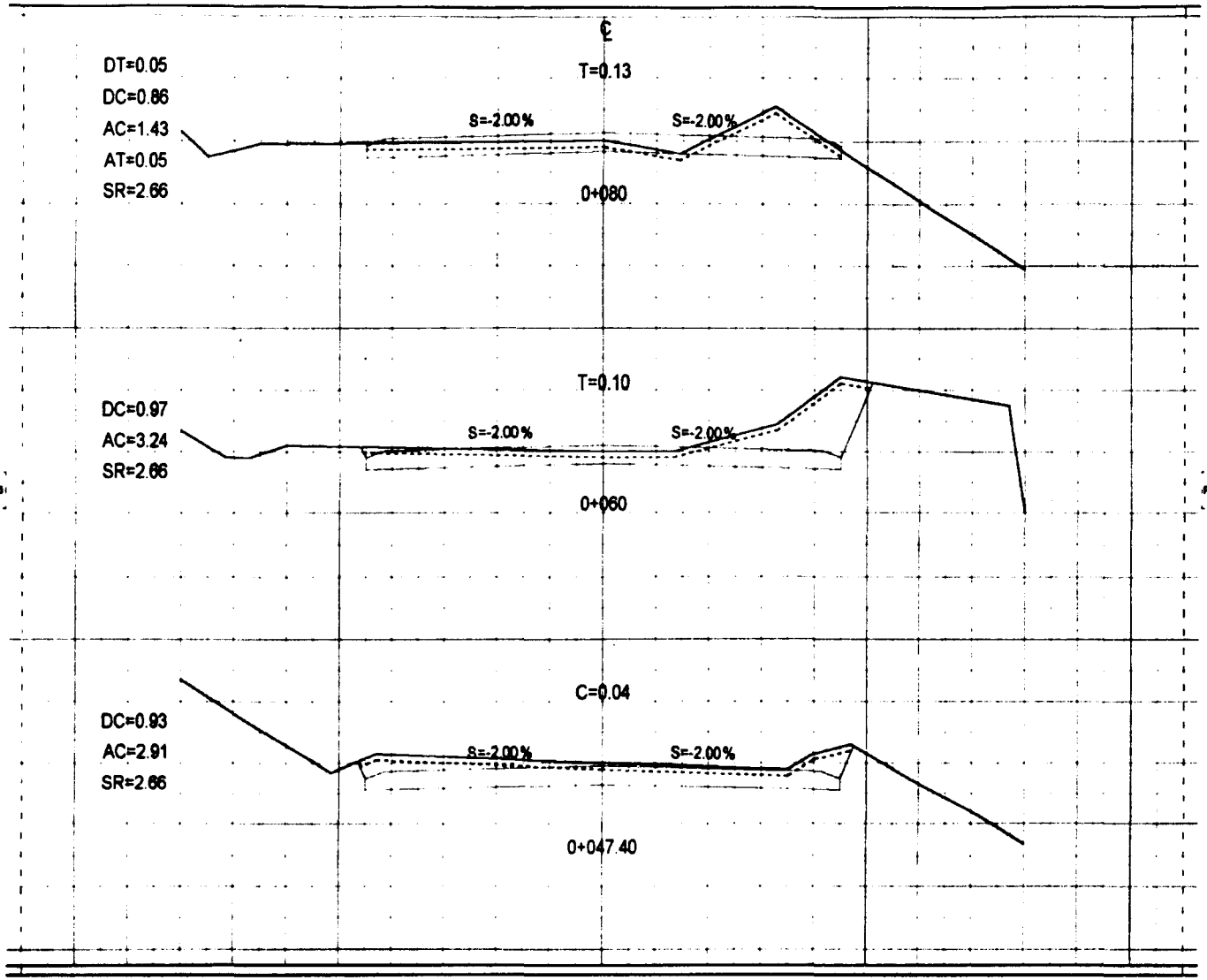
TIPO DE CARRETERA: "C"
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO: MONTAÑOSO

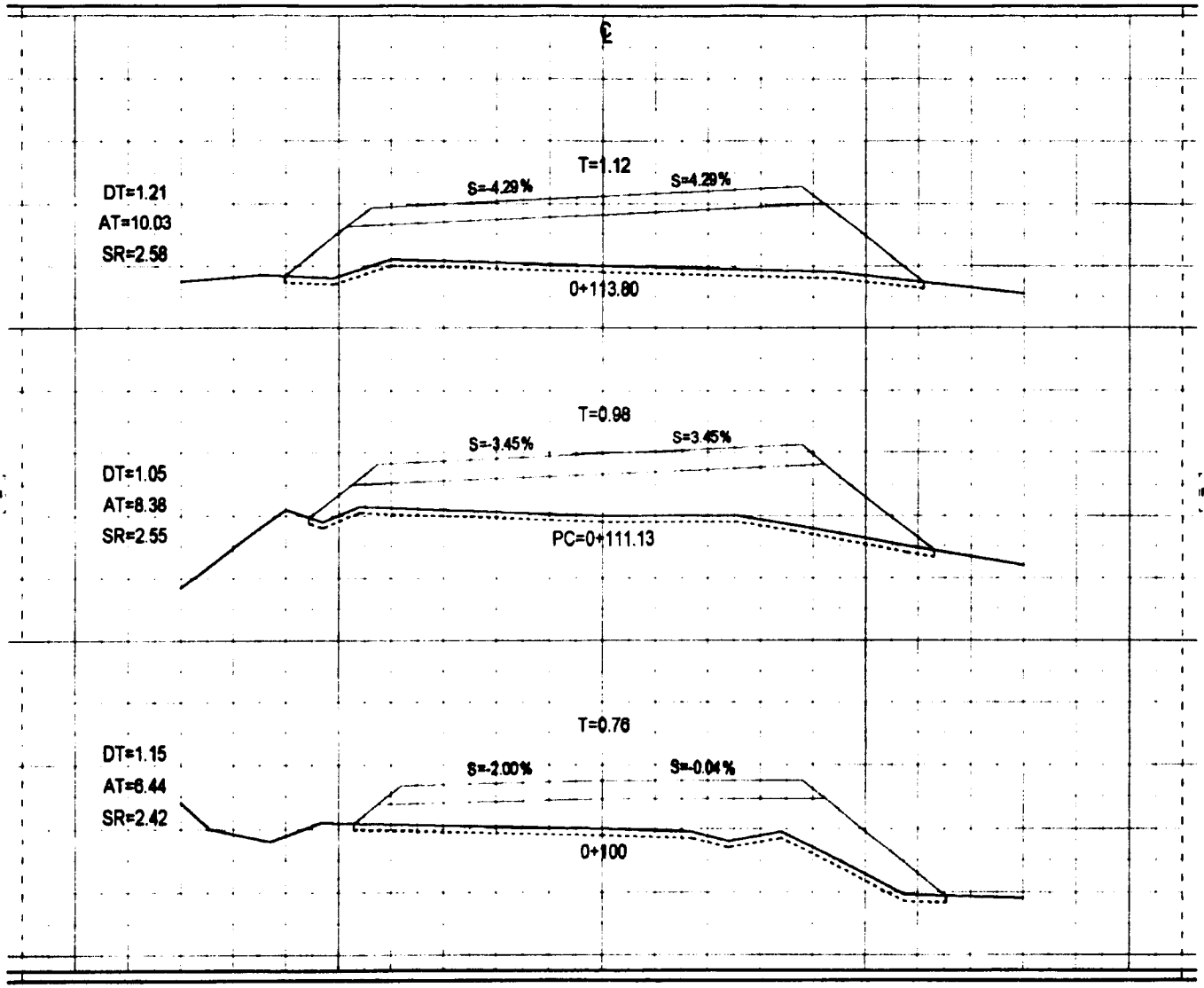
CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS		UNIDAD
	[illegible]	DE ESTE PLANO	
VELOCIDAD	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ANCHO DE CARRETERA (EN TERRAPLEN) TANGENTE	[illegible]	[illegible]	Metros
ANCHO DE CARRETERA (EN CORTE) TANGENTE	[illegible]	[illegible]	Metros
ANCHO DE CORONA	[illegible]	[illegible]	Metros
ANCHO DE CORONA	[illegible]	[illegible]	Metros
TALUD EN CORTE	[illegible]	[illegible]	
TALUD EN TERRAPLEN	[illegible]	[illegible]	
PENDIENTE	[illegible]	[illegible]	%
ANCHO DE CUNETA	[illegible]	[illegible]	Metros
PENDIENTE MAXIMA	[illegible]	[illegible]	Metros
ESPESOR DE LA BASE	[illegible]	[illegible]	Metros

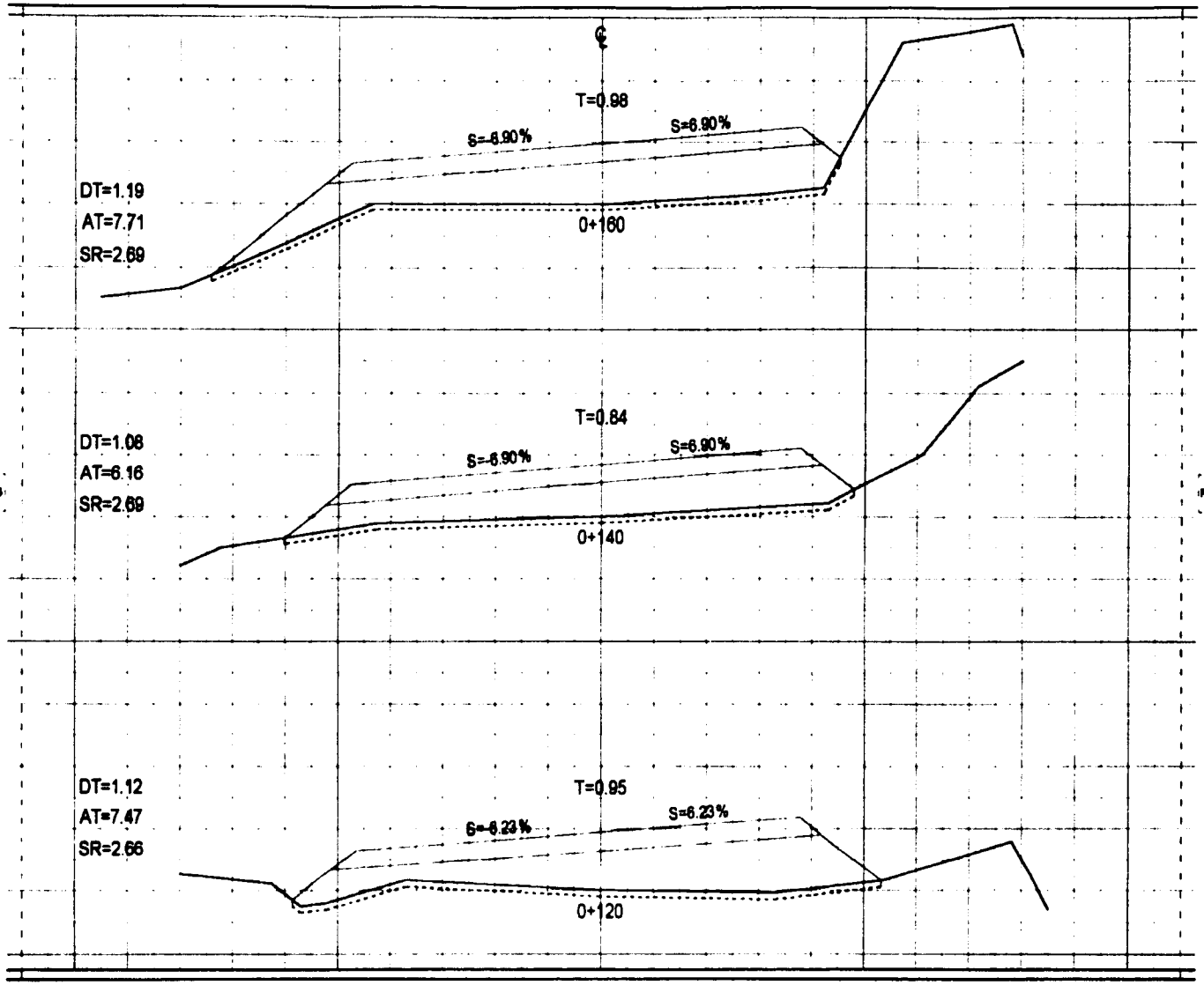
ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100

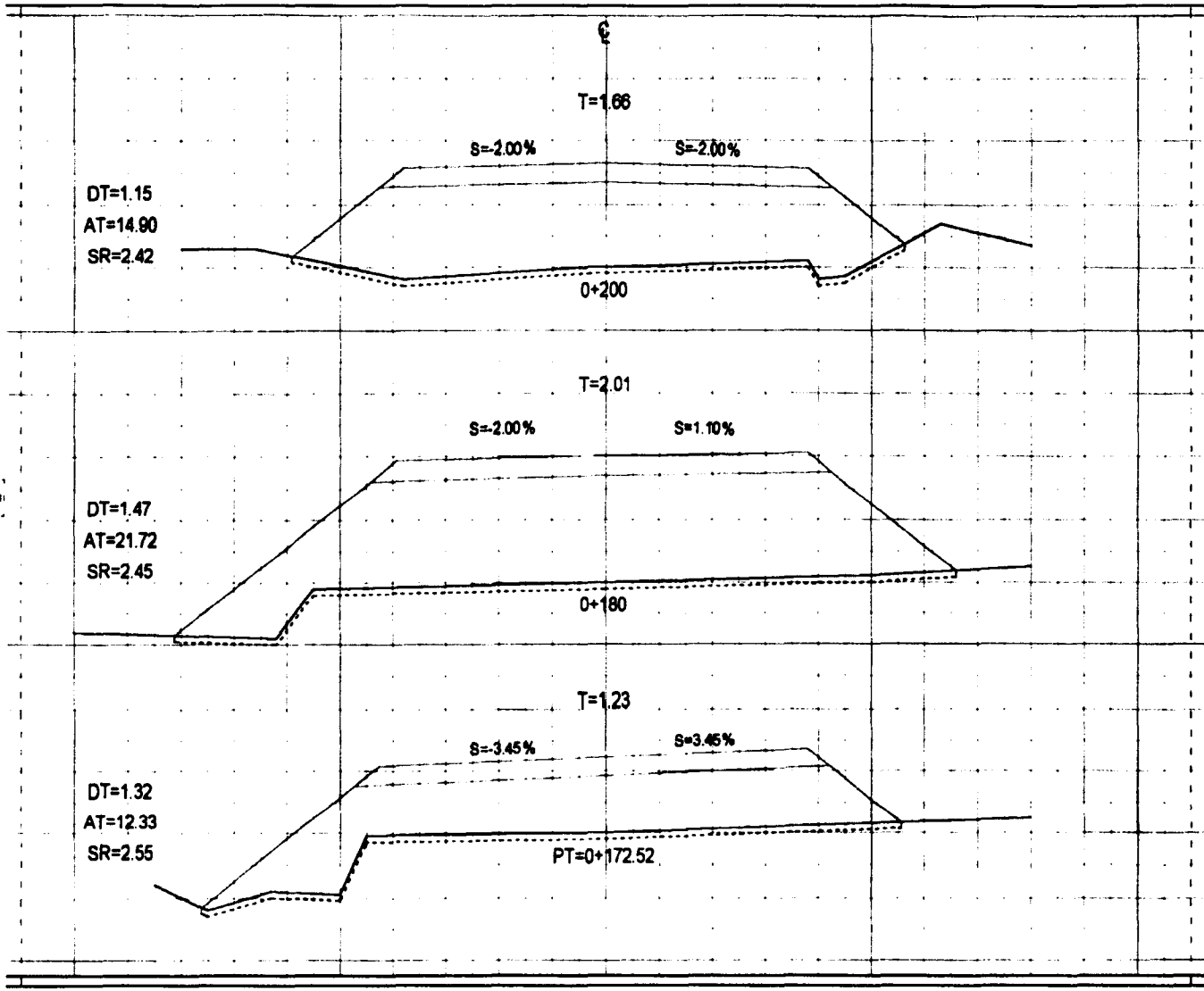


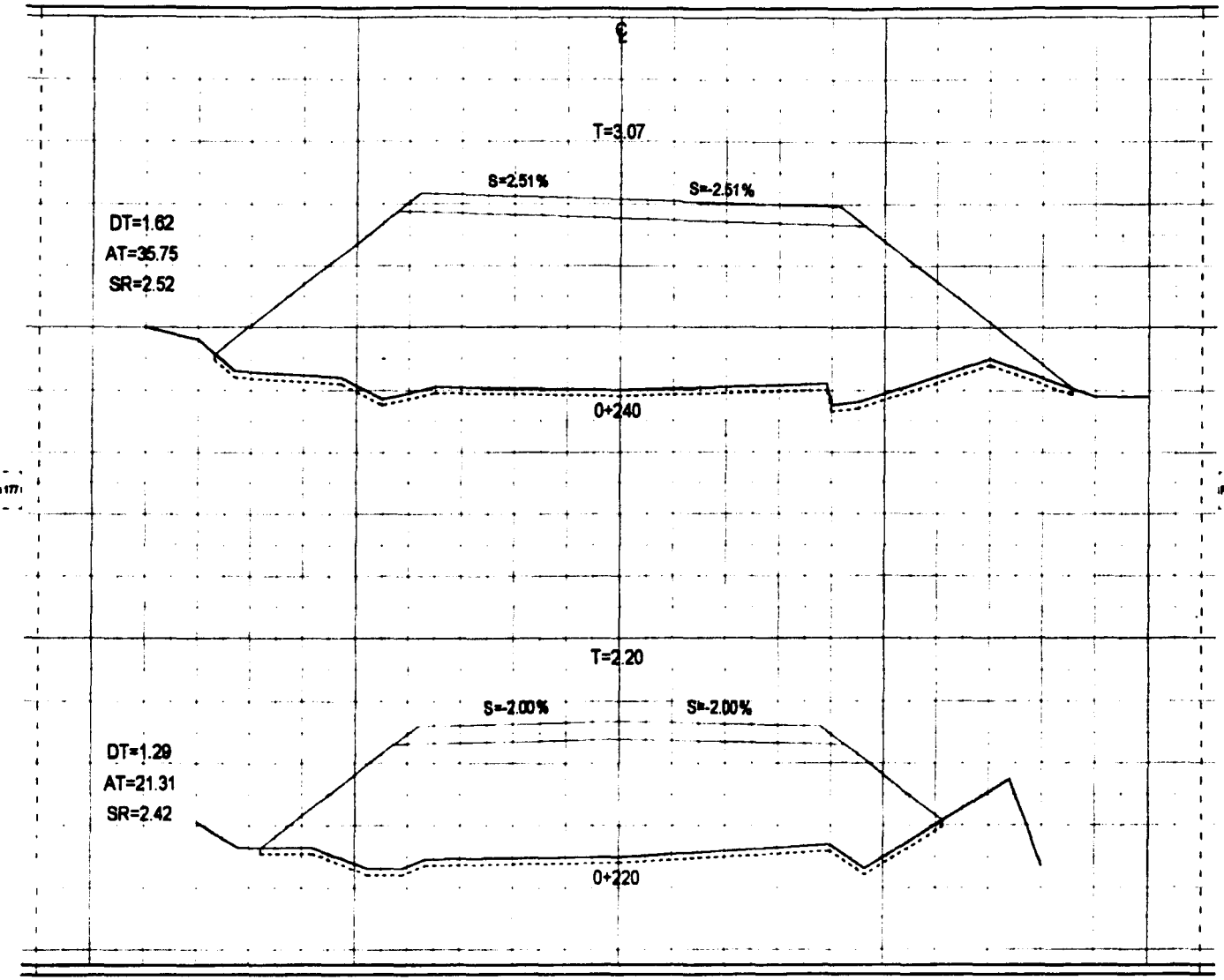
(Pagina 174)

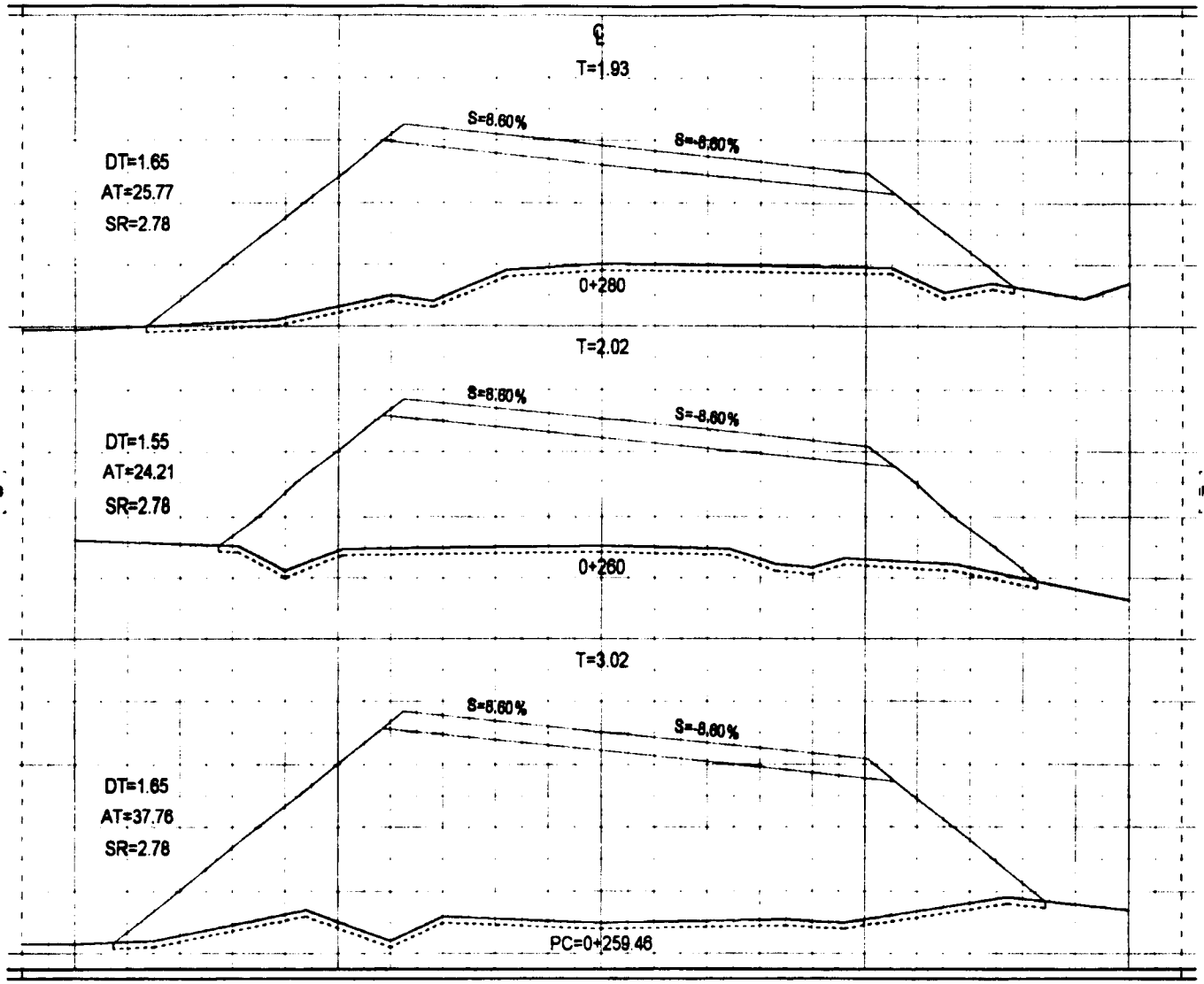

℄
DT=0.05
DC=0.86
AC=1.43
AT=0.05
SR=2.66
T=0.13
S=-2.00%
S=-2.00%
0+080
T=0.10
DC=0.97
AC=3.24
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+060
C=0.04
DC=0.93
AC=2.91
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+047.40


℄
T=1.12
S=-4.29%
S=4.29%
DT=1.21
AT=10.03
SR=2.58
0+113.80
T=0.98
S=-3.45%
S=3.45%
DT=1.05
AT=8.38
SR=2.55
PC=0+111.13
T=0.76
S=-2.00%
S=-0.04%
DT=1.15
AT=6.44
SR=2.42
0+100


℄
T=0.98
S=-6.90%
S=6.90%
DT=1.19
AT=7.71
SR=2.69
0+160
T=0.84
S=-6.90%
S=6.90%
DT=1.08
AT=6.16
SR=2.69
0+140
T=0.95
S=-6.23%
S=6.23%
DT=1.12
AT=7.47
SR=2.66
0+120

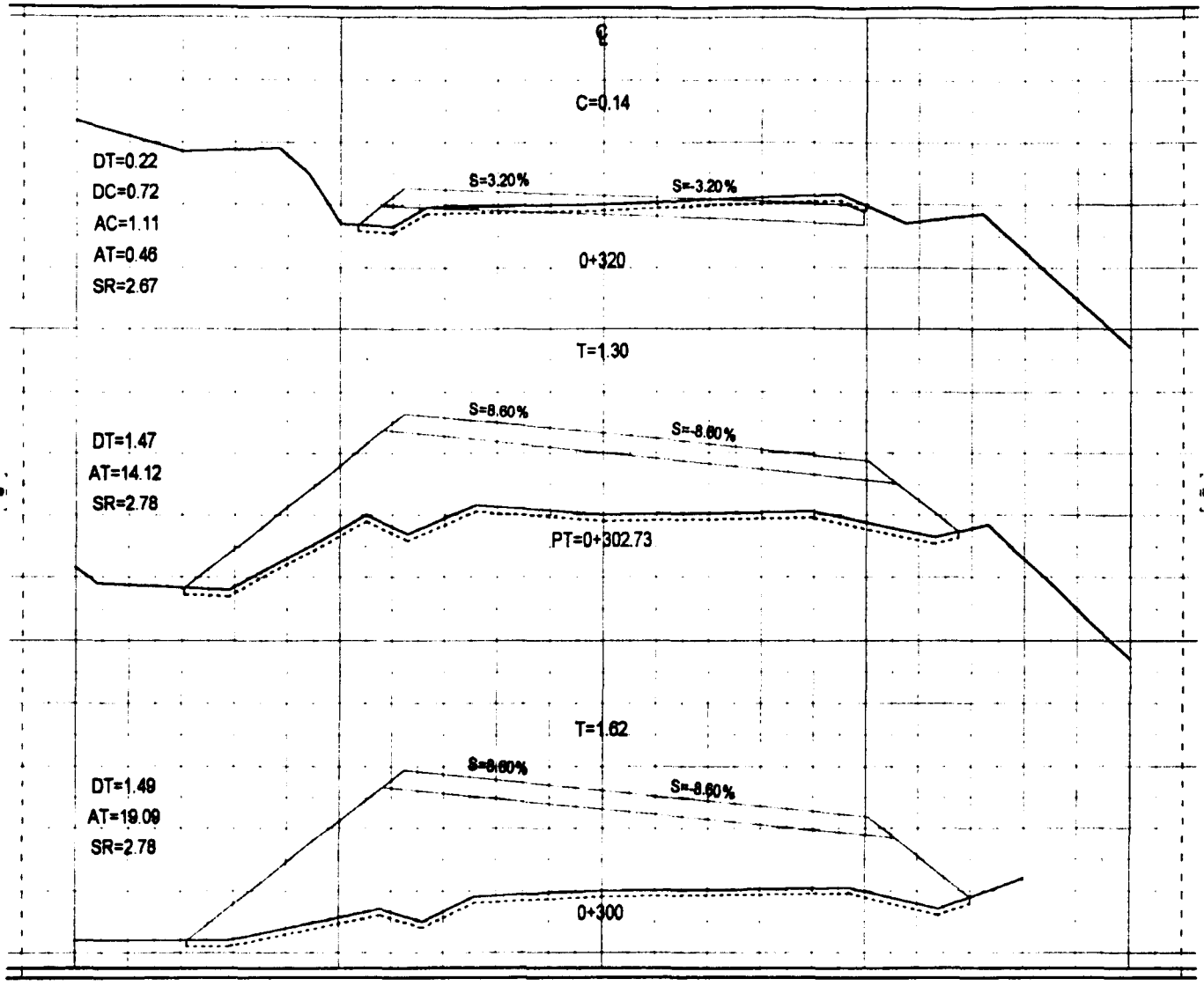

℄
T=1.66
S=-2.00%
S=-2.00%
DT=1.15
AT=14.90
SR=2.42
0+200
T=2.01
S=-2.00%
S=1.10%
DT=1.47
AT=21.72
SR=2.45
0+180
T=1.23
S=-3.45%
S=3.45%
DT=1.32
AT=12.33
SR=2.55
PT=0+172.52

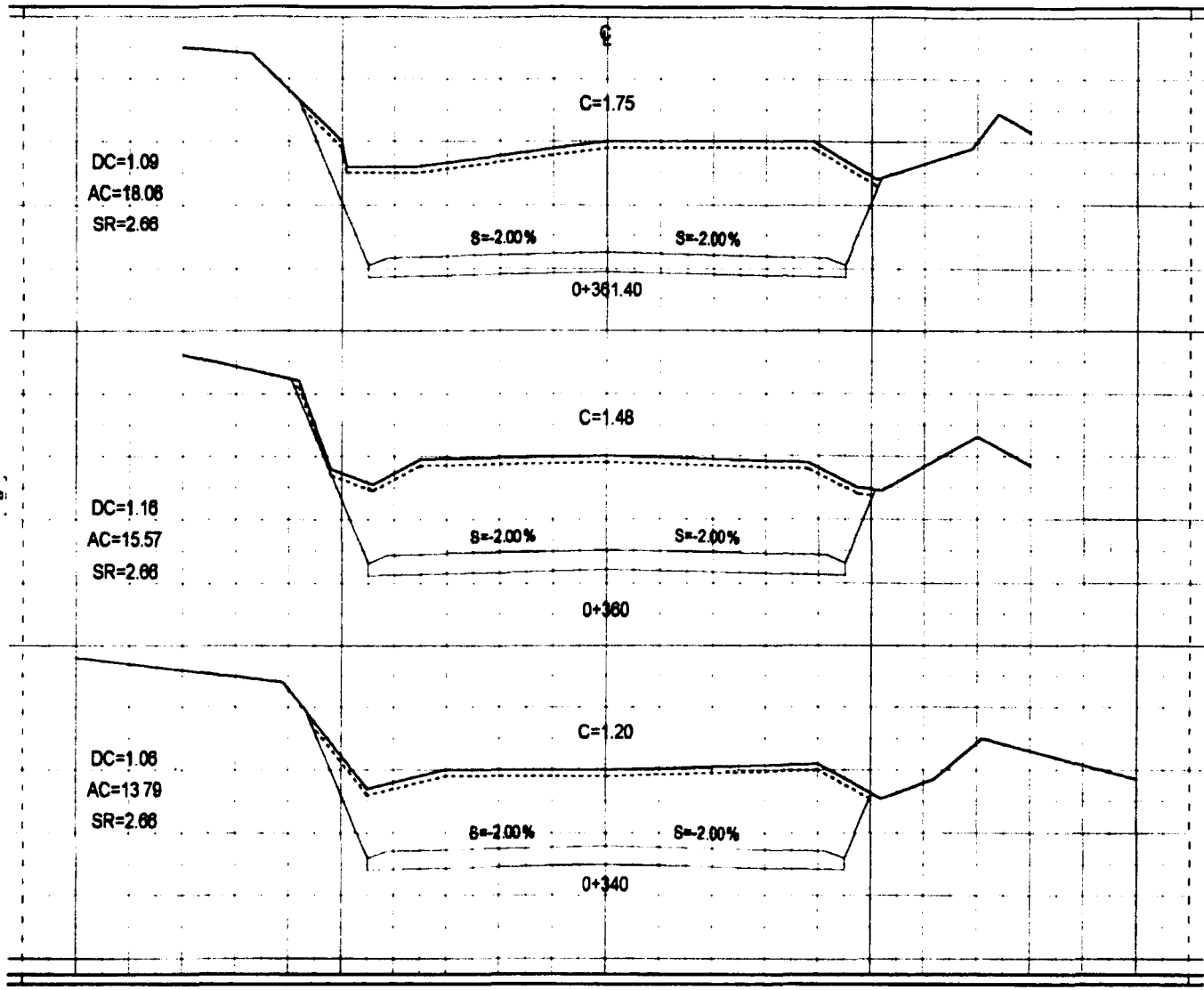

℄
T=3.07
S=2.51%
S=-2.51%
DT=1.62
AT=35.75
SR=2.52
0+240
T=2.20
S=-2.00%
S=-2.00%
DT=1.29
AT=21.31
SR=2.42
0+220

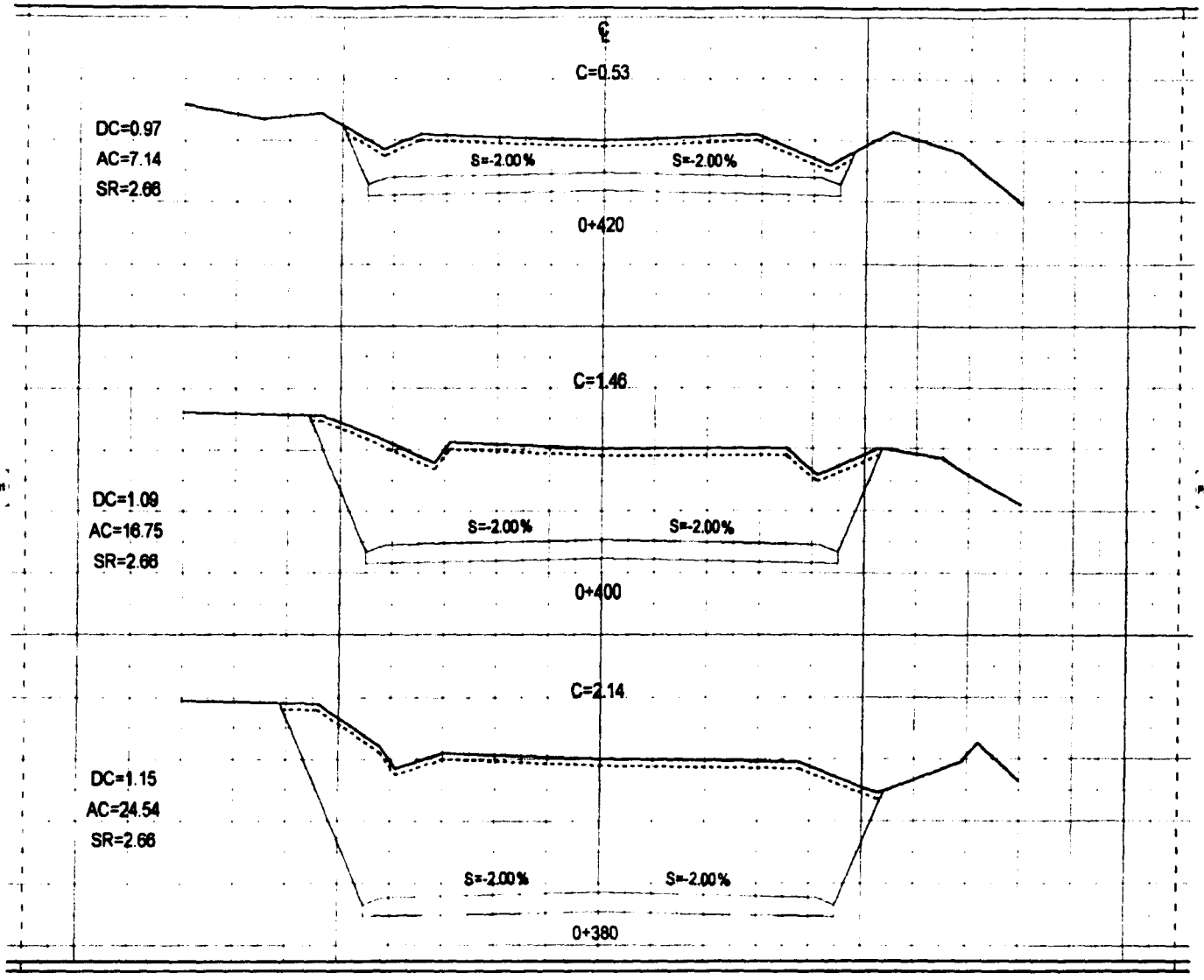


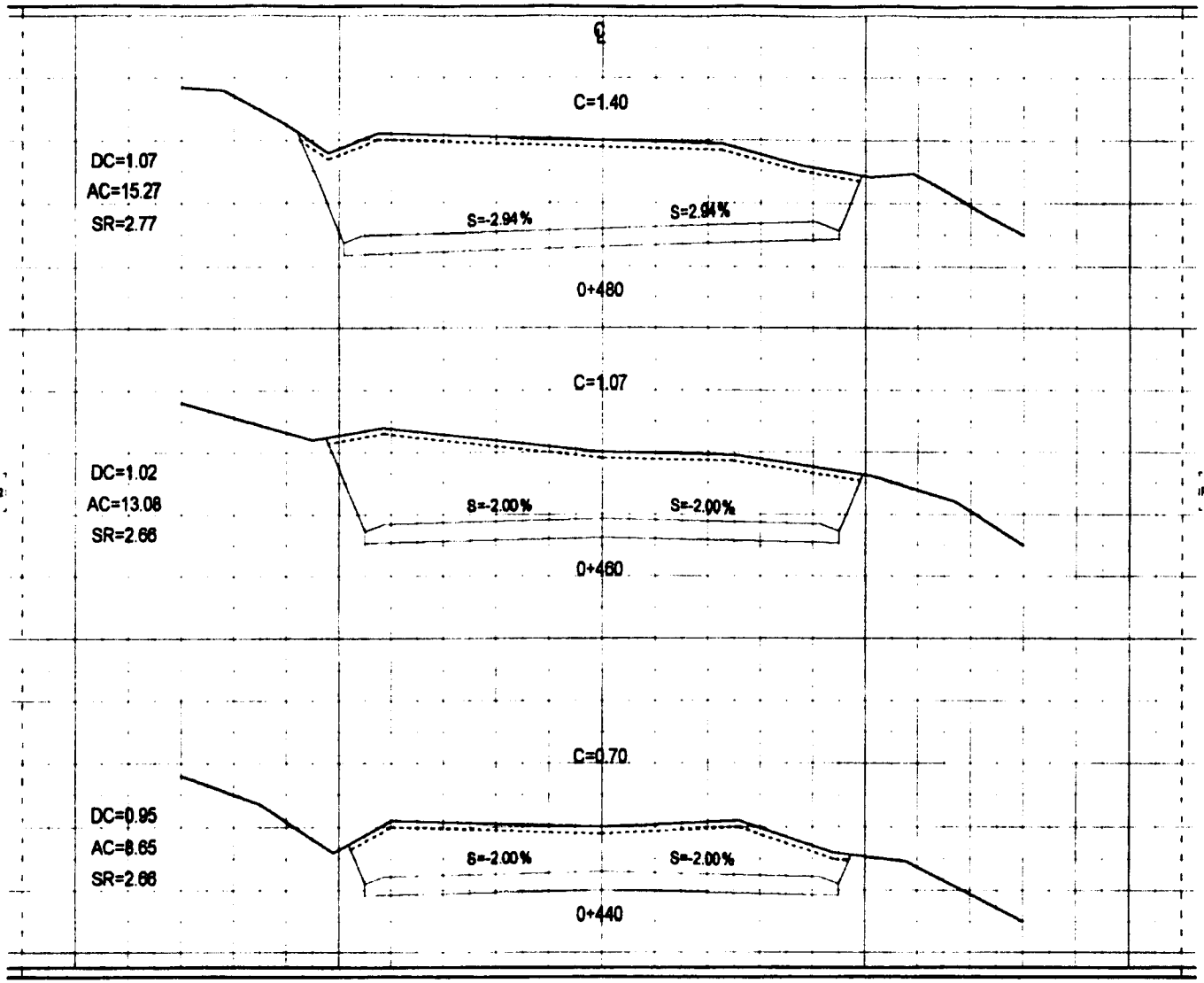
Pagina 178

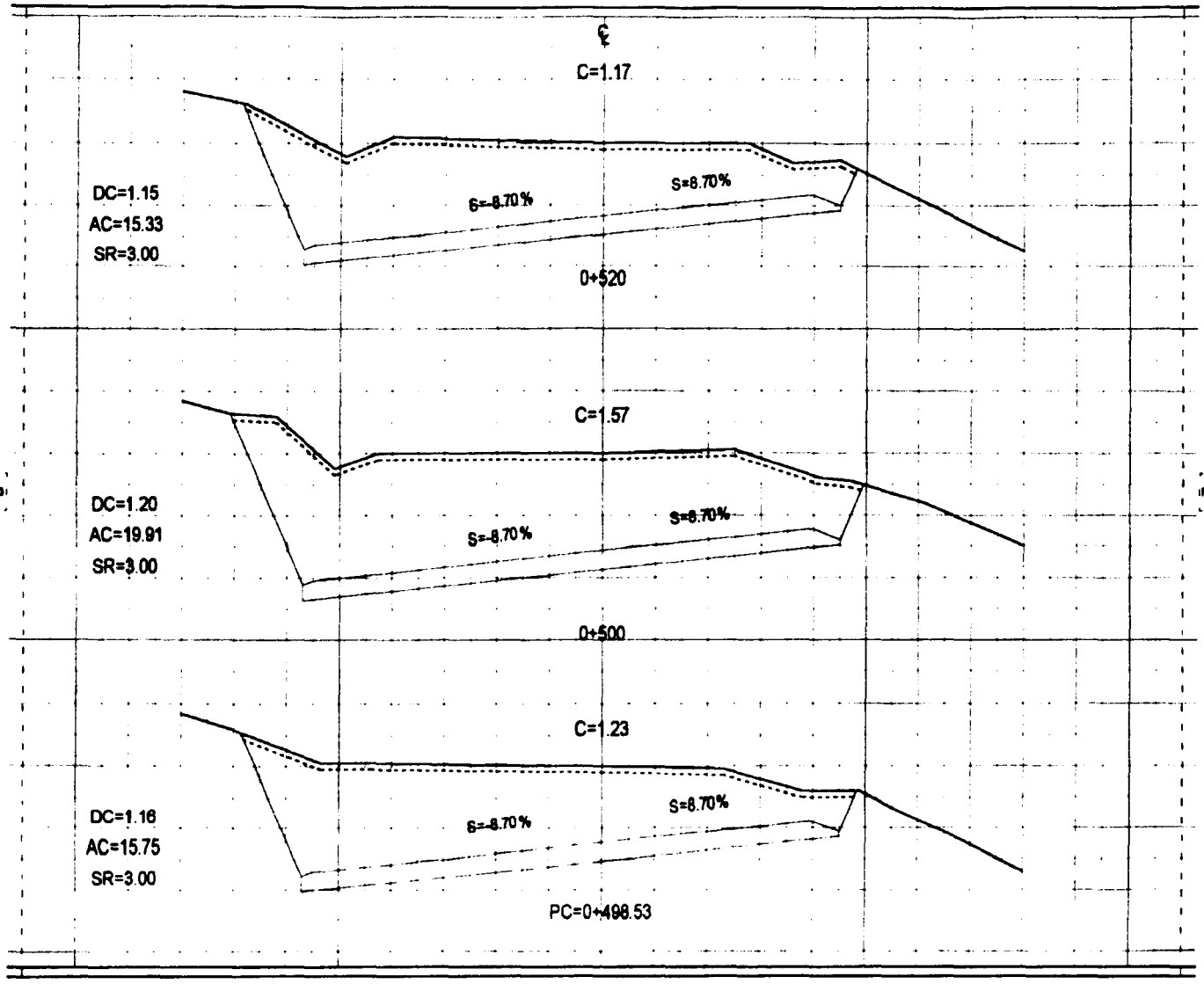
Pagina 180

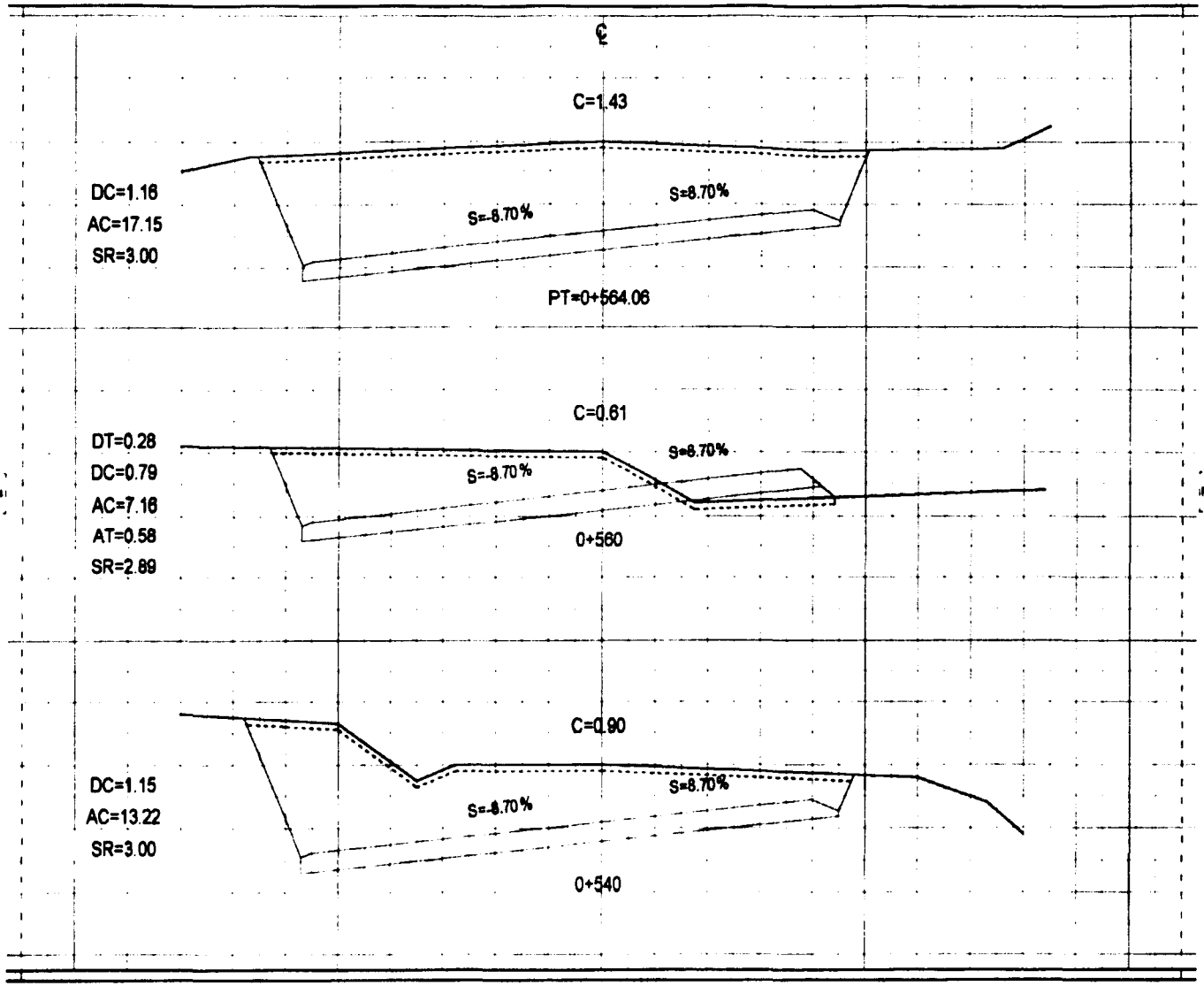

C=0.14
DT=0.22
DC=0.72
AC=1.11
AT=0.46
SR=2.67
S=3.20%
S=-3.20%
0+320
T=1.30
DT=1.47
AT=14.12
SR=2.78
S=8.60%
S=-8.60%
PT=0+302.73
T=1.62
DT=1.49
AT=19.09
SR=2.78
S=8.60%
S=-8.60%
0+300

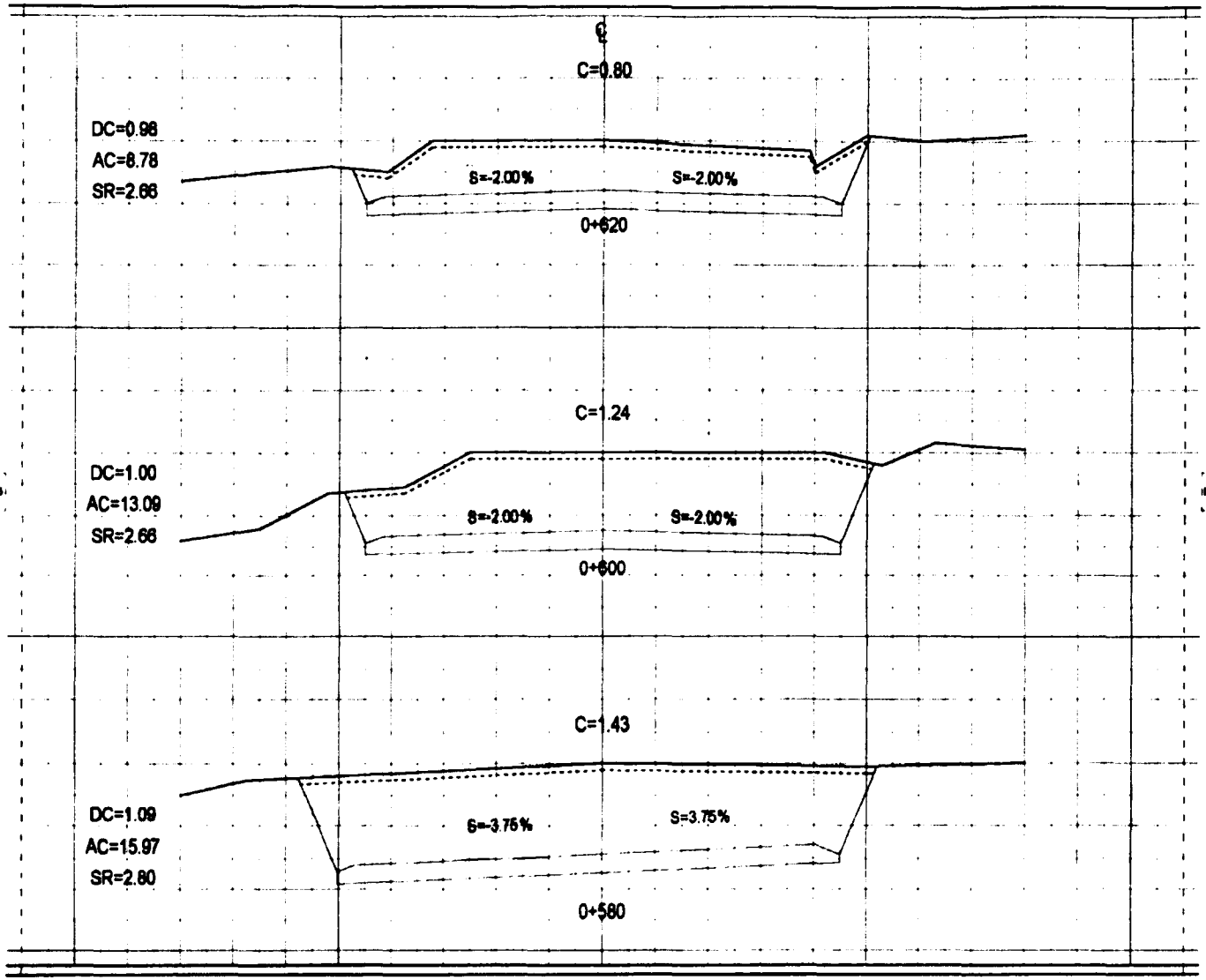

℄
C=1.75
DC=1.09
AC=18.06
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+361.40
C=1.48
DC=1.16
AC=15.57
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+360
C=1.20
DC=1.06
AC=13.79
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+340

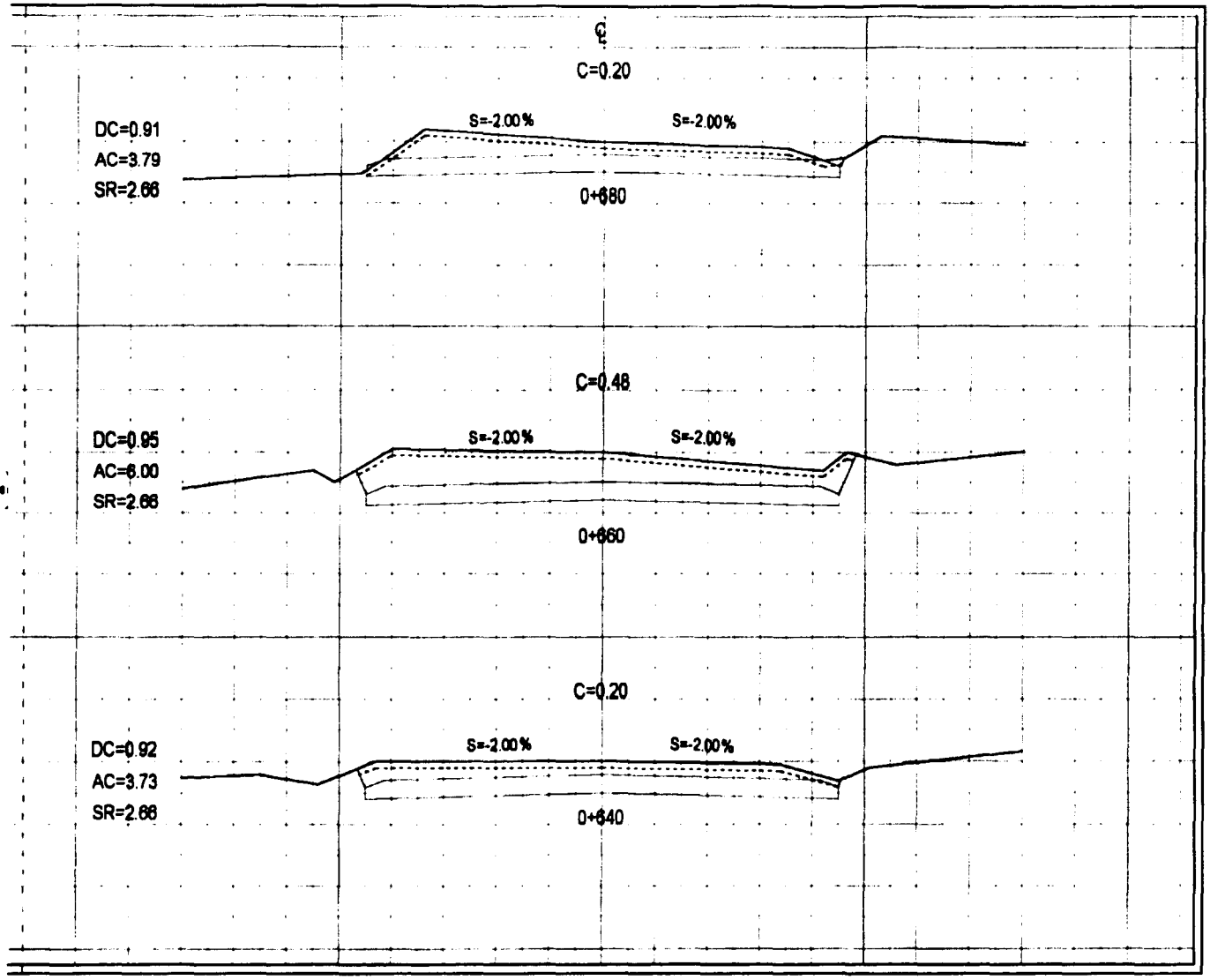

℄
C=0.53
DC=0.97
AC=7.14
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+420
C=1.46
DC=1.09
AC=16.75
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+400
C=2.14
DC=1.15
AC=24.54
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+380


C=1.40
DC=1.07
AC=15.27
SR=2.77
S=-2.94%
S=2.94%
0+480
C=1.07
DC=1.02
AC=13.08
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+460
C=0.70
DC=0.95
AC=8.65
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+440


℄
C=1.17
DC=1.15
AC=15.33
SR=3.00
S=-8.70%
S=8.70%
0+520
C=1.57
DC=1.20
AC=19.91
SR=3.00
S=-8.70%
S=8.70%
0+500
C=1.23
DC=1.16
AC=15.75
SR=3.00
S=-8.70%
S=8.70%
PC=0+498.53


℄
C=1.43
DC=1.16
AC=17.15
SR=3.00
S=-8.70%
S=8.70%
PT=0+564.06
C=0.61
DT=0.28
DC=0.79
AC=7.16
AT=0.58
SR=2.89
S=-8.70%
S=8.70%
0+560
C=0.90
DC=1.15
AC=13.22
SR=3.00
S=-8.70%
S=8.70%
0+540


C=0.80
DC=0.98
AC=8.78
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+620
C=1.24
DC=1.00
AC=13.09
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+600
C=1.43
DC=1.09
AC=15.97
SR=2.80
S=-3.75%
S=3.75%
0+580


℄
C=0.20
DC=0.91
AC=3.79
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+680
C=0.48
DC=0.95
AC=6.00
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+660
C=0.20
DC=0.92
AC=3.73
SR=2.66
S=-2.00%
S=-2.00%
0+640

7.12 - PERFIL ESTIMATIVO DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO: LA PALMA-SAN JUANICO
TRAMO: LA PALMA-SAN JUANICO
ORIGEN: LA PALMA
DE ESTACIÓN 0+000 A ESTACIÓN 0+680

[illegible]	REVISÓ
[illegible]	EDGAR FELIPE ZARAGOZA GONZALEZ
APROBÓ	Vo. Bo.
[illegible]	[illegible]

DATOS DE PROYECTO

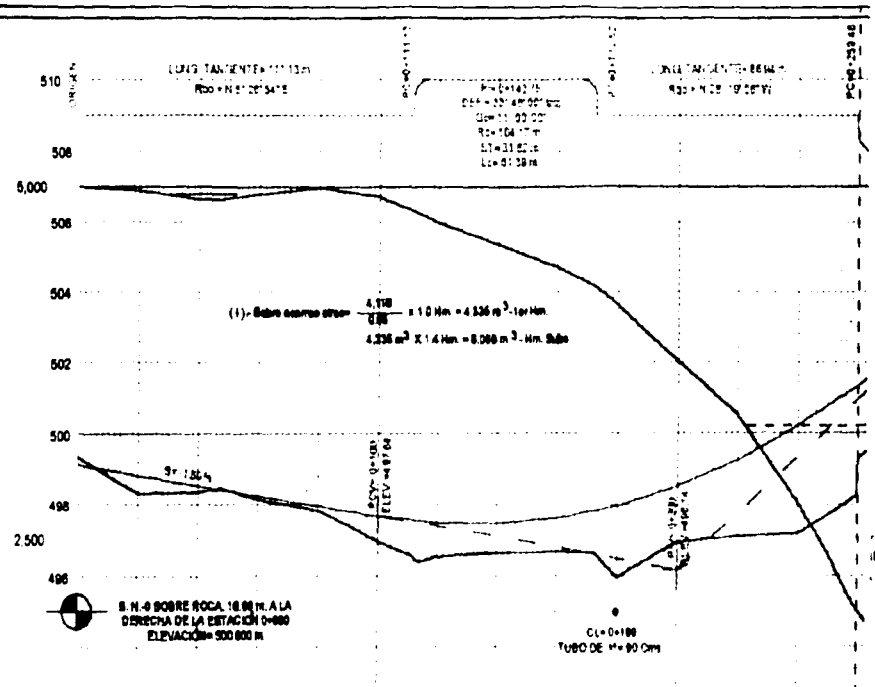
TIPO DE CARRETERA "C"
CONFIGURACIÓN DEL TERRENO: MONTAÑOSO

CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS		UNIDAD
	[illegible]	DE ESTE PLANO	
VELOCIDAD	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible] MAXIMA	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ANCHO DE SUBLIMINA EN TERRAPLEN TANGENTE	[illegible]	[illegible]	METROS
ANCHO DE SUBLIMINA EN CORTE Y TANGENTE	[illegible]	[illegible]	METROS
ANCHO DE CORONA	[illegible]	[illegible]	METROS
PENDIENTE MAXIMA	[illegible]	[illegible]	%
[illegible] DE LA BASE	[illegible]	[illegible]	METROS

ESCALA DEL PERFIL: HORIZONTAL [illegible] / VERTICAL [illegible]
ESCALA DE LA CURVA MASA: HORIZONTAL [illegible] / VERTICAL [illegible]

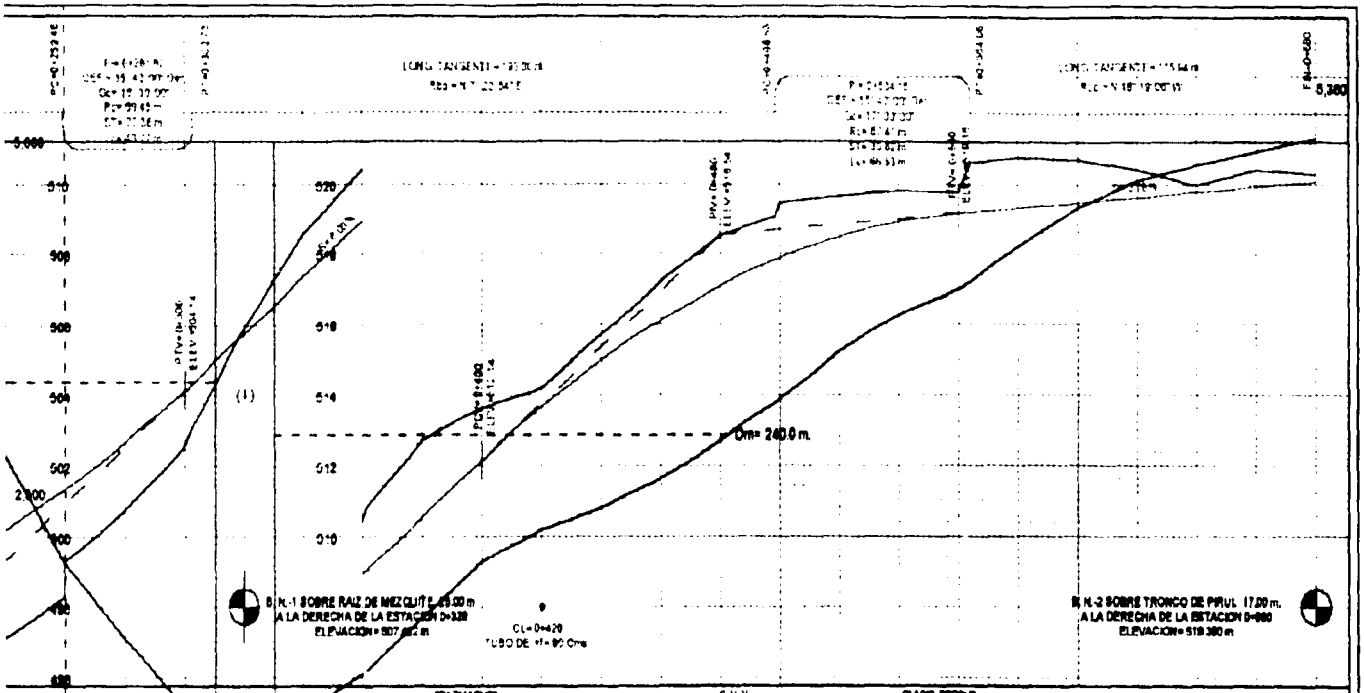
CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS		OBRAS DE DRENAJE	
[illegible]	[illegible] m³	EXCAVACIÓN: MATERIAL "A"	[illegible] m³
CORTES: MATERIAL "A"	[illegible] m³	EXCAVACIÓN: MATERIAL "B"	[illegible] m³
MATERIAL "B"	[illegible] m³	EXCAVACIÓN: MATERIAL "C"	[illegible] m³
MATERIAL "C"	[illegible] m³		
[illegible]	[illegible] m³	MAMPOSTERIA DE TERCERA	[illegible] m³
[illegible] ACARREOS			
ALIVIANAMIENTOS HASTA DE 100 m	[illegible] m³	[illegible] MAMPOSTERIA DE 0 - 60 C.m	[illegible] m
ALIVIANAMIENTOS HASTA DE 300 m			
1.- PRIMER HECTOMETRO	[illegible] m³		
2.- HECTOMETROS SUBSECUENTES	[illegible] m³/hm		
FALTA PRÉSTAMO DE BANCO			
1.- PRIMER HECTOMETRO	[illegible] m³		
2.- HECTOMETROS SUBSECUENTES	[illegible] m³/hm		
PRÉSTAMO: MATERIAL "A"	0 m³		
MATERIAL "B"	[illegible] m³		
MATERIAL "C"	0 m³		



CLASIFICACIÓN GEOTECNICA Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA	ESTRATO	ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL (SUCS)
	1	0.10	REVESTIMIENTO ACTUAL: ARENA LIMOSA CON GRAVA Y FRAGMENTOS AISLADOS CHICOS SECA Y MEDIANAMENTE COMPACTADA (SM-GP)
	2	INDEFINIDO	ARENA FINA LIMOSA COLOR BLANCUZCA SECA MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA (SM)

ORDENADAS DE LA CURVA MASA	5.000	4.977	4.902	4.849	4.903	4.929	4.745	4.587	4.428	4.147	3.756	3.388	2.788	2.003
VOLUMEN: TERRAPLÉN							[illegible]	5	[illegible]	[illegible]	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]
VOLUMEN: CORTE		44	7	51	47	14	0	0	0	0	0	0	0	0
ESPESOR: TERRAPLÉN			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ESPESOR: CORTE	0.20													
ELEVACIÓN: SUBRASANTE	[illegible]	3	3	[illegible]	3	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ELEVACIÓN: TERRENO	498.34	498.32	498.30	498.14	497.91	498.66	498.48	498.38	498.62	498.95	498.88	497.58	497.13	498.30
CADENAMIENTO	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260



2.003	1.471	991	811	849	1.225	1.624	2.018	2.243	2.383	2.469	2.680	3.187	3.501	3.773	3.898	4.254	4.530	4.729	4.838	4.830	5.023		
0	0	0	10	149	264	420	413	239	188	217	284	313	362	288	204	313	281	209	115	87	88		
			0.14	1.20	1.49	2.14	1.46	0.53	0.70	1.07	1.40	1.57	1.17	0.90	0.81	1.43	1.24	0.80	0.20	0.48	0.20		
499.38	500.71	502.52	505.88	508.54	510.42	512.88	513.60	514.18	515.88	517.20	518.50	519.45	519.88	519.82	519.77	520.75	520.71	520.43	519.88	520.42	520.30		
0+280	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360	0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+480	0+500	0+520	0+540	0+560	0+580	0+600	0+620	0+640	0+660	0+680		

CONCLUSIONES

Las especificaciones de American Association of State Highway and Transportation Oficials (AASHTO), adoptadas por México son aplicables, sin embargo en nuestro país existe el problema de insuficiencia presupuestal, situación que dificulta la estricta aplicación de las mismas. Por ello es común, que muchas de las carreteras que construyen, sobre todo del tipo " C " y " E ", se ejecuten sin apego a normatividad alguna, lo cual a fin de cuentas da como resultado obras de mala calidad e inseguras ya que los aspectos mas afectados son la calidad de los materiales de construccion, el alineamiento vertical y el alineamiento horizontal.

En cuanto a los métodos para determinar las áreas en las secciones transversales de construcción, el método analítico es utilizado para determinar volúmenes de obra definitivos, esto debido a su precisión. En tanto que el método gráfico, por su facilidad de aplicación se emplea para determinar volúmenes preliminares, sobre todo en aquellos casos en que se requiere una cuantificación inmediata de los volúmenes.

En la actualidad existe software, que facilita considerablemente la obtención de la información relativa al proyecto geométrico de carreteras, sin embargo es recomendable verificar y entender su funcionalidad ya que frecuentemente se presentan errores.

Actualmente la tecnología permite la impresión de los planos por medio de trazadores (plotter), como consecuencia se permite la presentación de los planos en papel con un ancho de 90 centímetros. De igual forma es común que se solicite la presentación de la planta topográfica y la planta del señalamiento a una escala menor, esto con el fin de facilitar su apreciación.

El proceso constructivo consistirá en lo siguiente:

Se despalmará la superficie actual del terreno natural, en el ancho requerido según los datos de construcción, el material así obtenido se desperdiciara.

La superficie descubierta al efectuar el despalme se compactara al 95% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO estándar.

Sobre la superficie descubierta y compactada al 95%, se construirá una capa subrasante con en espesor de 30 centímetros, empleando material pétreo de banco, con tamaño máximo de 3", y compactada con la humedad optima al 100% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO estándar.

Encima de la capa subrasante se construirá la capa de base hidráulica de 20 centímetros de espesor, empleando material pétreo de banco con tamaño máximo de 1½", y compactada con la humedad optima al 100% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO modificada.

Una vez que la base hidráulica se encuentra compactada, se procede a aplicar en su superficie un riego de impregnación empleando una emulsión cationica RL-2K, en una dosificación de 1.5 litros por metro cuadrado.

Inmediatamente después de aplicar el riego de impregnación y si la carretera se abre inmediatamente al tránsito, se aplicará un riego de poreo con arena en una proporción de 5.0 litros por metro cuadrado, en caso contrario no se aplicará el poreo pero se dejará reposar la superficie impregnada por un periodo no menor a 48 horas antes de permitir el tránsito en ella.

Encima del riego de impregnación, se aplicará un primer riego de liga, empleando emulsión cationica RR-2K, con una dosificación de 1.83 litros por metro cuadrado.

Arriba del primer riego de liga se aplicará un primer riego de sello con material pétreo No.2, con una dosificación de 12 litros por metro cuadrado.

Sobre el primer riego sello, se aplicará un segundo riego de liga, empleando emulsión cationica RR-2K, con una dosificación de 1.83 litros por metro cuadrado.

Finalmente, sobre el segundo riego de liga se aplicará un segundo riego de sello con material pétreo No.3-B, con una dosificación de 10 litros por metro cuadrado. Quedando así lista la superficie de rodamiento para el tránsito vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

Carlos Crespo Villalaz. Vías de Comunicación, Editorial Limusa, México, 1992, 2a Edición.

Félix Orozco Froylan. Volúmenes y Acarreos para Pavimentos, México, 1998.

Fernando García Márquez. Curso Básico de Topografía, Árbol Editorial, Colombia, 1994, Cuarta reimpresión.

Fernando García Márquez. Topografía Aplicada, Árbol Editorial, Colombia, 2000, Segunda reimpresión.

Ignacio de Corral, Manuel de Villena. Topografía de obras. Alfaomega Grupo Editor, México, 1999.

Miguel Montes de Oca. Topografía, Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. de C. V., México, 1981, 4a. Edición.

Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas Grisales. Ingeniería de Tránsito. Alfaomega Grupo Editor, Colombia. 2000, 7a. Edición.

Secretaría de Comunicaciones y transportes. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Editado por la Subsecretaria de Infraestructura, México, 1991, Cuarta reimpresión.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Manual de Proyecto Geométrico de Caminos Rurales, Editado por la Subsecretaría de Infraestructura, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Criterios de Aplicación de los Asfaltos en Trabajos de Pavimentación, Editado por la Subsecretaría de Infraestructura, México, 1990.