

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"Optimización del Cálculo de Curva de Masas  
Utilizando una Computadora Personal"**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**Ingeniero Topógrafo y Geodesta**

**p r e s e n t a :**

**LEOVIGILDO BARRERA MATILDE**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-285

Señor LEOVIGILDO BARRERA MATILDE,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Antonio Hernández Navarro, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"OPTIMIZACION DEL CALCULO DE CURVA DE MASAS UTILIZANDO  
UNA COMPUTADORA PERSONAL"

1. Introducción.
2. Panorama de la computación en México.
3. Elementos para el proyecto geométrico de carreteras.
4. Cálculo de curva de masas por el método tradicional.
5. Cálculo de curva de masas por procedimiento electrónico.
6. Conclusiones y recomendaciones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 29 de noviembre de 1985  
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

## I N D I C E

	PAGINA
LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE DIAGRAMAS DE FLUJO Y LISTADO DE PROGRAMAS	III
1. INTRODUCCION	1
2. PANORAMA DE LA COMPUTACION EN MEXICO	3
2.1 Tipos de computadoras	4
2.2 Computación en México	6
3. ELEMENTOS PARA EL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	11
3.1 Proyecto de la subrasante	11
3.2 Sección transversal	19
4. CALCULO DE CURVA DE MASAS POR EL METODO TRADICIONAL	44
4.1 Cálculo de subrasante y espesores	46
4.2 Cálculo de sobreelevaciones y ampliaciones	52
4.3 Proyecto del seccionamiento de construcción	62
4.4 Determinación de áreas	67
4.5 Cálculo de volúmenes	74
4.6 Cubicación y cálculo de la curva de masas	79
4.7 Ejemplo por el método tradicional	81
5. CALCULO DE CURVA DE MASAS POR PROCEDIMIENTO ELECTRONICO	92
5.1 Modelo de computadora personal	93
5.2 Programa principal	96
5.3 Datos del seccionamiento transversal del terreno	102
5.4 Datos del alineamiento vertical	108
5.5 Datos de ampliaciones y sobreelevaciones	112
5.6 Datos de suelos	116
5.7 Datos de control	122
5.8 Cálculo del alineamiento vertical	128

5.9 Cálculo de la geometría del seccionamiento de construcción	132
5.10 Cálculo de áreas, volúmenes y OCM	144
5.11 Prueba del programa	158
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>167</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

L I S T A D E T A B L A S

	PAGINA
TABLA 1. Embarques mundiales de computadoras realizados por los productores de E.E.U.U.	7
TABLA 2. México: número acumulativo y valor de computadoras <u>ins</u> taladas por los sectores usuarios de 1977 a 1982.	9
TABLA 3. Bombeo de la corona	26
TABLA 4. Informe de estudio geotécnico	43
TABLA 5. Clasificación y características de las carreteras.	48
TABLA 6. Cálculo de la curva vertical	51
TABLA 7. Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para <u>ca</u> rreteras tipos E y D	58
TABLA 8. Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para <u>ca</u> rreteras tipo C	59
TABLA 9. Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para <u>ca</u> rreteras tipos B y A ( A2 )	60
TABLA 10. Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para <u>ca</u> rreteras tipo A ( A4S y A4 )	61
TABLA 11. Ancho de cunetas en subrasante	66

L I S T A D E F I G U R A S

	PAGINA
FIGURA 1. México: el mercado de computadoras y equipo periférico.	8
FIGURA 2. Sección transversal típica conteniendo los elementos - del grupo A.	21
FIGURA 3. Sección transversal típica conteniendo algunos elementos del grupo B.	22
FIGURA 4. Sección transversal típica conteniendo algunos elementos del grupo B.	23
FIGURA 5. Curva de transición de bombeo a sobreelevación ( Simple )	28
FIGURA 6. Curva de transición de bombeo a sobreelevación ( compuesta ).	30
FIGURA 7. Ensanche de la subcorona en terraplén.	33
FIGURA 8. Cuneta provisional en cortes	36
FIGURA 9. Proyecto de escalones de liga por pendiente transversal del terreno menor a la del talu del terraplén.	39
FIGURA 10. Escalones por reconstrucción de terracerías existentes.	39
FIGURA 11. Muro de retención y berma en corte	41
FIGURA 12. Berma en terraplén.	41
FIGURA 13. Proyecto de la subrasante en el perfil.	46
FIGURA 14. Cálculo de subrasante y curva de masas.	49
FIGURA 15. Curva vertical en cresta.	52
FIGURA 16. Desarrollo de la sobreelevación y ampliación.	53
FIGURA 17. Curva de transición de bombeo a sobreelevación.	55

	PAGINA
FIGURA 18. Datos para el proyecto de secciones.	57
FIGURA 19. Sección de construcción en terraplén.	62
FIGURA 20. Sección de construcción en corte.	63
FIGURA 21. Ancho de cunetas en subrasante.	65
FIGURA 22. Sección tipo de áreas	66
FIGURA 23. Area de la sección por el método analítico.	68
FIGURA 24. Area de la sección por método gráfico	70
FIGURA 25. Planímetro polar	72
FIGURA 26. Volumen de un prismoide triangular.	75
FIGURA 27. Descomposición de un prismoide en prismoides triangulares	78
FIGURA 28. Computadora personal CANON CX-1	94
FIGURA 29. Area máxima del disco utilizada en la carga de datos.	96
FIGURA 30. Sección transversal	102
FIGURA 31. Estratos geológicos	116
FIGURA 32. Sección tipo 1 ( en terraplén )	133
FIGURA 33. Sección tipo 2 ( en corte )	134
FIGURA 34. Sección tipo 1 y sus variantes más frecuentes de proyecto.	145
FIGURA 35. Sección tipo 2 y sus variantes más frecuentes de proyecto.	146



	PAGINA
FIGURA 18. Datos para el proyecto de secciones.	57
FIGURA 19. Sección de construcción en terraplén.	62
FIGURA 20. Sección de construcción en corte.	63
FIGURA 21. Ancho de cunetas en subrasante.	65
FIGURA 22. Sección tipo de áreas	66
FIGURA 23. Area de la sección por el método analítico.	68
FIGURA 24. Area de la sección por método gráfico	70
FIGURA 25. Planímetro polar	72
FIGURA 26. Volumen de un prismoide triangular.	75
FIGURA 27. Descomposición de un prismoide en prismoides triangulares	78
FIGURA 28. Computadora personal CANON CX-1	94
FIGURA 29. Area máxima del disco utilizada en la carga de datos.	96
FIGURA 30. Sección transversal	102
FIGURA 31. Estratos geológicos	116
FIGURA 32. Sección tipo 1 ( en terraplén )	133
FIGURA 33. Sección tipo 2 ( en corte )	134
FIGURA 34. Sección tipo 1 y sus variantes más frecuentes de proyecto.	145
FIGURA 35. Sección tipo 2 y sus variantes más frecuentes de proyecto.	146

LISTA DE DIAGRAMAS DE FLUJO Y LISTADOS DE  
PROGRAMAS

	PAGINA
1. Programa principal	100
2. Datos del seccionamiento	106
3. Datos del alineamiento vertical	110
4. Datos de sobreelevaciones y ampliaciones	114
5. Datos de suelos	120
6. Datos de control	126
7. Cálculo del alineamiento vertical	130
8. Cálculo de la geometría	140
9. Cálculo de áreas, volúmenes y OCM	153

## 1. INTRODUCCION

La creciente aplicación de las computadoras electrónicas al proyecto de vías terrestres en los últimos años, ha dado por resultado la necesidad de perfeccionar los sistemas existentes, modificándolos y ampliándolos de acuerdo con la experiencia obtenida a fin de lograr más flexibilidad y mayores alcances en el proyecto.

Pero tal aplicación se funda en razones obvias, ya que en los últimos años, se ha presentado una rápida evolución en el campo de la computación.

Cabe recordar, que hasta la década de los 70, la aplicación de la computación para resolver el cálculo de la curva de masas, se apoyaba en las medianas y grandes computadoras. Actualmente dicha aplicación se ha extendido a las computadoras personales.

Si se hace un poco de historia, se tiene que el "programa" para calcular la curva de masas fue creado por primera vez en la SOP (Secretaría de Obras Públicas), en 1964. El estudio y documentación del mismo, tardó tres años aproximadamente, para ser procesado en un sistema IBM 3/60 de 32 KB, en lenguaje FORTRAN y utilizando tarjetas para el acceso de datos. En la actualidad, dicho proceso se logra utilizando pequeñas computadoras, que pueden manejar con facilidad gran cantidad de datos, utilizando una pantalla para el acceso de los mismos y que permiten programarlas en otros lenguajes.

A lo anterior, se debe agregar que dicho "programa" también se ha venido modificando; esto debido a los cambios o modificaciones que se le han hecho a las especificaciones del proyecto geométrico de vías terrestres, o a las necesidades de resolución de casos especiales de proyecto.

Entonces, independientemente de cual sea el campo de acción del Ingeniero Topógrafo y Geodesta, y en razón de tener más participación en el área de la computación

se presenta una solución más al cálculo de la curva de masas. Ahora en base a un nuevo planteamiento matemático para la obtención de resultados satisfactorios.

El intento es optimizar el programa existente, recurriendo a computadoras personales y a la simplificación de fórmulas para agilizar el proceso.

Lo anterior marcará el inicio de la aplicación de computadoras personales a problemas, que por su magnitud en cuanto al manejo de datos, no había sido posible. Pero lo más importante es que la Ingeniería Topográfica y Geodésica, está teniendo cada vez, más participación en el campo de la computación electrónica, involucrando computadoras en cálculos numéricos que de ésta área se derivan, y que por su gran trascendencia hacen factible su empleo.

## 2. PANORAMA DE LA COMPUTACION EN MEXICO

La tecnología del procesamiento automatizado de la información por medio de computadoras, ha recorrido un largo camino en su breve historia e indudablemente tiene aún mucho por andar.

Tratar de explicar el área de la informática, actualmente en plena evolución y ebullición, implica el riesgo enorme de obtener una visión parcial y sesgada de lo que viene sucediendo. Predecir el futuro en una situación tan cambiante es igualmente riesgoso. Sin embargo, no se busca precisión absoluta, sino simplemente marcar tendencias, las que evaluadas en forma continua, nos permitan prepararnos mejor para un cambio, lo cual es menos riesgoso que adoptar una actitud estática como único criterio de percepción de lo que sucede en el área.

Existen muchas evidencias de que el área de la informática se encuentra en plena ebullición, baste recordar que hace diez años no existían las computadoras personales, y se espera que dentro de cinco años haya más de 35 millones de equipos -- instalados como tales y muchos millones más escondidas dentro de una infinidad de aplicaciones e instrumentos.

La etapa que se vive está considerada, sin temor a equivocarse, como la revolución tecnológica del siglo XX, puesto que por sus características alterará sensiblemente la calidad y el estilo de vida. En este sentido no existe prácticamente disciplina del conocimiento humano que no sea beneficiada por el uso de una computadora, y esto se funda en varias razones.

En primer lugar, en que el mundo se mueve cada vez más sobre la base de la información, y la computadora es un eficiente almacenador, recuperador y manipulador de información, y toda disciplina humana requiere de estos servicios en forma creciente.

En segundo lugar, porque la cantidad de información que se genera es enorme; se dice que en dos horas de cada uno de los días contemporáneos se produce más información que en todo el siglo de Pericles.

La tecnología computacional está generando poco a poco esquemas más eficientes y económicos para el almacenamiento de información.

De esto se puede decir que las computadoras están acercando al ser humano consigo mismo a través de la tecnología de redes de computadoras, es decir, el uso de la computación se está volviendo masivo.

En resumen, el fenómeno que se está dando en computación es de avances tecnológicos concatenados; antes que la tecnología empiece a estabilizarse, surge aquella

que la desplaza, por lo cual el crecimiento es aún más acelerado.

Con el fin de hacer más comprensible el tema, se hace necesaria una descripción breve de los diferentes tipos de computadoras que se conocen y las diferencias de unas con respecto a otras, de acuerdo a su tamaño y capacidad de información que manejan.

## 2.1 Tipos de Computadoras

De entre la gran variedad de computadoras, muy frecuentemente se les ha clasificado en tres categorías:

MACRO

MINI y

MICRO

Tomándose en cuenta la capacidad de almacenamiento de información, de intercomunicación y su costo, lo cual es muy relativo.

Sin embargo, con el aumento de las capacidades relativas, tanto de las mini como de las microcomputadoras, viene manifestándose una tendencia hacia éstas mismas ya que los costos de memoria han venido reduciéndose y su capacidad de almacenamiento se ha incrementado sensiblemente.

Las Macrocomputadoras.- Comúnmente suele llamarseles computadora central, pero en términos generales, se dice que son computadoras de mayor capacidad de proceso y almacenamiento de datos, que resuelven problemas complejos y de grandes dimensiones, tienen facilidad de intercomunicación entre ellas mismas o con otras de menor capacidad ( minis y microcomputadoras ), formando así una red de intercomunicación compleja. El equipo periférico es bastante amplio como también su costo.

Las terminales o estaciones de trabajo de la computadora central que forman la red de intercomunicación, se usan para introducirle y obtener de ella información.

En cuanto a los lenguajes que utilizan como compiladores, estos son muy variados y pueden ser desde los más sencillos hasta los más complejos ( aunque prácticamente no existe lenguaje complejo ), éstos son: BASIC, FORTRAN, COBOL, PASCAL, etc.

Por otro lado, esta variedad de lenguajes, en cuanto a su aplicación, tienen

un uso diferente, es decir, algunos lenguajes están enfocados a aplicaciones administrativas, en los que se hace más fácil referencia a nombres de personas, empresas, productos o lugares geográficos. Otros lenguajes están enfocados a aplicaciones científicas o numéricas y otros a la combinación de los dos anteriores, lo cual hace más versátiles a dichas computadoras.

Las Minicomputadoras.- Estos sistemas son "mini" únicamente en relación a los grandes sistemas de computadoras centrales. Las minis son también sistemas poderosos y sofisticados que tienen un grado elevado de memoria y de poder de cómputo. A diferencia de las microcomputadoras, no se pueden colocar encima de un escritorio. En lo que respecta a lenguajes se puede referir a las macrocomputadoras.

Las Microcomputadoras.- Son sistemas de cómputo más pequeño, más lento y menos poderoso que una minicomputadora, pero suficientemente sofisticado como para incluir su propio CPU (unidad central de proceso) o "cerebro", memoria, interfase y fuente de energía. "Memoria" se refiere a la habilidad que tiene la computadora para mantener o almacenar información que pueda reconocer la máquina e "interfase" se refiere a la interacción del sistema de computación con un equipo periférico. Generalmente estas computadoras no requieren de instalaciones especiales ni de grandes áreas para colocarlas.

Con respecto al lenguaje en las microcomputadoras, se ha implantado el BASIC principalmente, por considerarse como un lenguaje para principiantes y aunque se dice que es el lenguaje más simple que existe para programar computadoras, no es tan simple como se cree puesto que su estructura se asemeja a la de otros lenguajes más sofisticados. Actualmente éstas computadoras ofrecen posibilidades para programarlas en otros lenguajes como PASCAL, FORTRAN, etc.

Hay más de 800 variantes de microcomputadoras y existen más de 300 empresas dedicadas a su fabricación (Hewlett Packard, IBM, APPLE, etc.) y de manera general se puede decir que tienen un precio que oscila entre los 100 y 12,000 dólares o más, dependiendo de su capacidad y equipo en general.

Ahora, tomando en cuenta la clasificación de computadoras antes descrita y considerando además las adaptaciones libres que van adquiriendo conforme evolucionan; actualmente se puede particularizar tanto el concepto de "computadoras", como el de "computadoras personales". Pretendiendo hacer más notable

lo referente a computadoras personales, que día con día van adquiriendo más importancia.

En cuanto a "computadoras", concebidas como sistemas de computación desarrollados; su definición puede ser cualquiera de las antes descritas (macro, mini y microcomputadoras). Pero, la computadora personal, en su definición más simple, no es más que una máquina, de reducidas dimensiones y precio moderado, cuyo cerebro está regido o controlado por un circuito integrado programable: un microprocesador, cuya función es la de efectuar cálculos específicos previamente programados. La distinción entre las computadoras personales y las "computadoras", estriba precisamente en su objetivo: son equipos destinados al tratamiento de información gobernados por un usuario individual. Característica que afecta a su campo de explotación, el cual es individualizado y no multiusuario. Existen una gran variedad y están especializados para realizar diversas actividades, que pueden ser desde los juegos de video, hasta la gestión completa de las tareas administrativas de una pequeña o mediana empresa.

La computadora personal, es pues una máquina diseñada para prestar una colaboración inapreciable, capaz de resolver una gran variedad de aplicaciones que hasta el momento no se han puesto en práctica por el poco conocimiento que se tiene de las mismas.

Estadísticamente y apoyados en la tabla 1, podrá darse cuenta que viene manifestándose una marcada tendencia hacia las microcomputadoras de 1975 a 1985 a nivel mundial. Por otra parte, en la misma tabla 1, se aprecia que en 1980 nacen las computadoras personales como parte integrante de las microcomputadoras.

En resumen, se puede decir que el costo de operación de las computadoras se ha mejorado en un 30% cada año durante los últimos diez años y se espera que ésta cifra sea mantenida o se mejore en ésta década.

## 2.2 Computación en México

En México la situación se ilustra en la figura 1, en donde puede apreciarse que la tendencia es similar a lo que se ha comentado a nivel mundial.

De 1977 a 1982, las micro crecen en un 400% mientras que las demás lo hacen en un 275% y el mercado en general en un 280%.

Como se ve en la tabla 2, el equipo que se ha instalado desde 1977 hasta 1982,



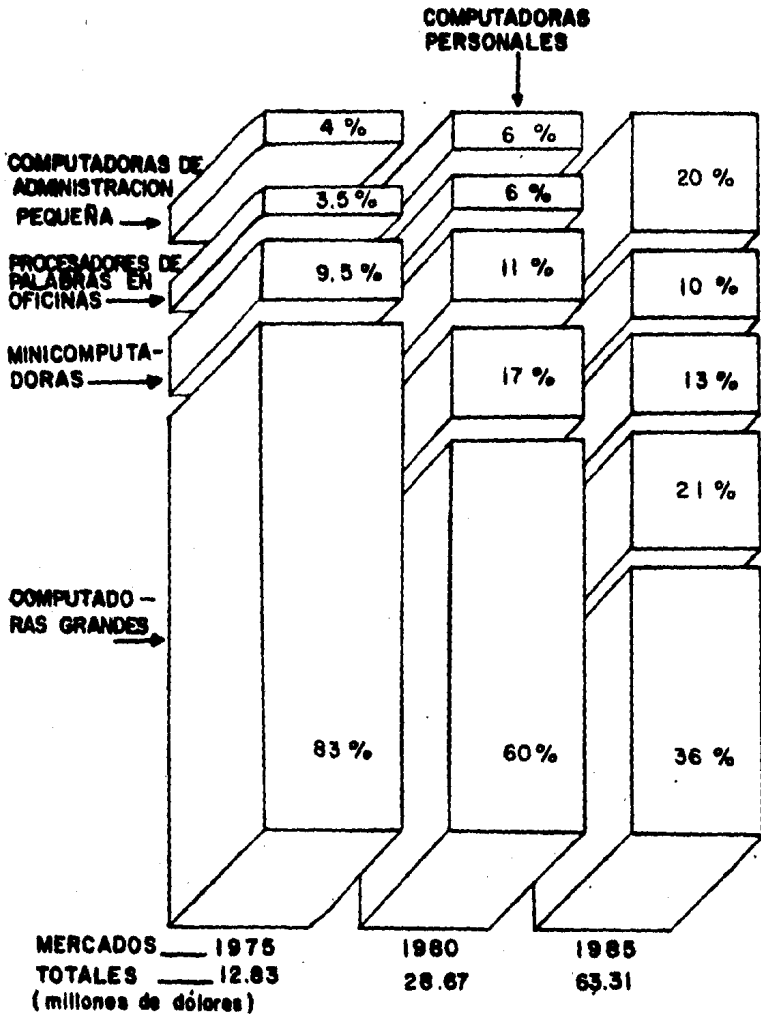


Tabla I. EMBARQUES MUNDIALES REALIZADOS POR LOS PRODUCTORES DE EE.UU.

( Ciencia y Desarrollo, No 54, 1984 )

México: El mercado de computadoras y equipo periférico.

1977 y 1982

( millones de dólares )

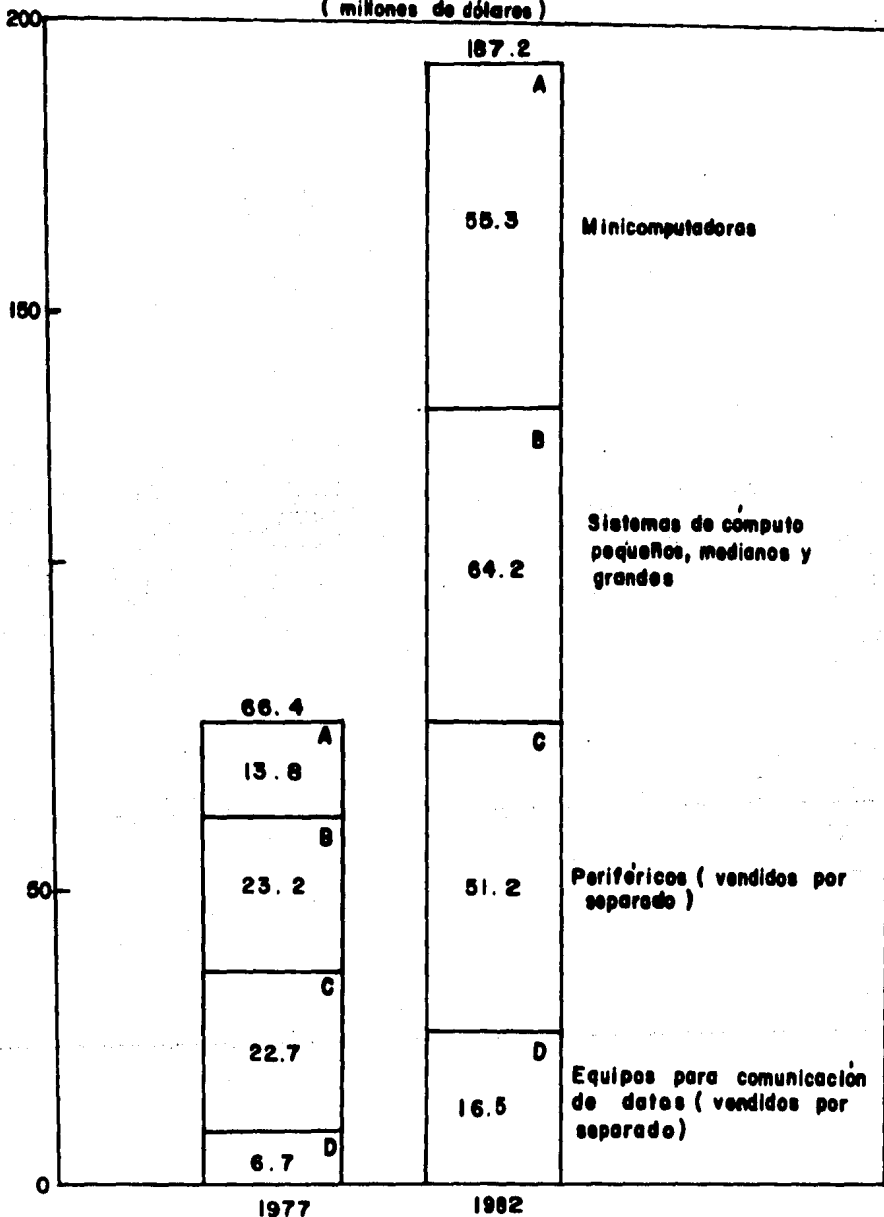


Tabla 2

-- 9 --

México: número acumulativo y valor de computadoras instaladas por los sectores usuarios mayores desde 31 de diciembre de 1977 a 1982

	microcomputadoras		computadoras chicas		computadoras medianas		computadoras grandes	
	número de unidades (\$ millones)	valor (\$ millones)	número de unidades (\$ millones)	valor (\$ millones)	número de unidades (\$ millones)	valor (\$ millones)	número de unidades (\$ millones)	valor (\$ millones)
Gobierno	59	2.2	67	7.9	24	12.2	6	12.9
Producción	847	31.6	348	41.2	127	64.7	15	32.2
Sector bancario	474	17.6	116	13.8	49	24.9	12	25.7
Seguros	21	.8	3	.4	4	2.0	1	2.2
Manufactureras	425	15.8	63	7.4	24	12.1	3	6.4
Transporte	15	.6	12	1.4	4	2.0	2	4.3
Utilidades	46	1.7	2	.2	5	2.5	2	4.3
Comunicaciones	85	3.2	6	.7	4	2.0	2	4.3
Salubridad	22	.8	17	2.0	7	3.5	1	2.1
Educación e Investigación	106	3.9	34	3.9	11	5.6	2	4.3
Editorial e impresos	16	.6	2	.2	2	1.0	--	--
Servicios	310	11.5	81	9.7	18	9.5	4	8.1
Otros	4	.2	--	--	--	--	--	--
Total	2,430	90.5	751	88.8	279	142.0	50	106.8

medido en número de unidades, es de micros principalmente, aunque si se consi  
dera en dólares, las grandes computadoras siguen llevándose la mayor parte.

Es interesante observar que en 1984 la relación entre las grandes computado--  
ras y las micro era de 1 a 53 en el sector educativo; de 1 a 142 en el comer-  
cial; de 1 a 40 en el bancario y de 1 a 10 en el gubernamental. Es probable  
que ahora estas relaciones sean más favorables a las micro. Si tomamos a 1982  
como referencia, tenemos que a pesar de haber sido un mal año para México y -  
en especial para las importaciones, el impacto del área de cómputo en la eco  
nomía nacional fue de casi diez mil millones de pesos, como podrá observarse  
en la tabla 2.

La importancia relativa de éste factor y su peso en la balanza de cambios, a-  
sí como otros factores, provocaron que el gobierno instituyera a partir de ju-  
nio de 1984, un programa de integración nacional en el cual se estableció que  
se debe empezar a fabricar en México el equipo de cómputo. De acuerdo con es  
te plan, las mini y micro deberán fabricarse en nuestro país por empresas --  
transnacionales ( HP, IBM, etc. ) invitadas a establecerse aquí, para tal efec-  
to; el área de micro se reservará a empresas mayoritariamente mexicanas.

Puede afirmarse finalmente que estamos y seguiremos en la revolución tecnoló-  
gica del siglo XX, todavía en etapa de crecimiento. La tecnología tiene aún  
muchas sorpresas que darnos y el ser humano muchas necesidades. Es fecha en  
que todavía no percibimos los alcances últimos de esta revolución.

La construcción de equipo tiene mucho que dar todavía en los próximos años; -  
en todas las áreas prácticamente, se predice que se obtendrá un sensible in-  
cremento de capacidad a menor costo, lo que ocasionará hondos efectos en las  
microcomputadoras y en las redes de computadoras.

Por otra parte, el desarrollo de los programas tiene mucho camino por reco--  
rrer todavía. En programación de sistemas se espera recorrer un difícil cam  
ino hacia los estándares requeridos, la programación de aplicaciones seguirá -  
desarrollándose extensamente y se pondrá énfasis en su uso masivo y simplifi-  
cado.

En este sentido, las empresas mexicanas afrontan un reto difícil en el área -  
de información y sólo tendrán éxito aquellas que logren establecer canales de  
distribución eficientes y que sean capaces de adaptarse rápidamente al cambio  
tecnológico.

### 3. ELEMENTOS PARA EL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS

El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de un camino, está gobernado por los movimientos de terracerías. Esto implica una serie de estudios que permitan tener la certeza de que los movimientos a realizar sean los más económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

La subrasante a la que corresponden los movimientos de terracerías más económicos, se le conoce como subrasante económica.

En este capítulo se dan los lineamientos que el proyectista debe seguir para obtener la subrasante que corresponde a un proyecto económico.

#### 3.1 Proyecto de la Subrasante

Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo se deben analizar el a lineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del tramo, los datos relativos a la calidad de materiales y la elevación mí nima que se requiere para dar cabida a las estructuras. Todo esto como re gla general, pudiendo presentarse casos especiales en donde la subrasante - se fije desde un principio, a una determinada altura y conservarla así duran te todo un tramo, debido a que bien puede tratarse de un camino existente, el cual se pretende ampliar lateralmente o de un camino costero, que se re quiere proyectar a una elevación determinada en terraplén.

Para lograr que el proyecto de la subrasante sea de lo más económico, hay - que tomar en cuenta que:

- La subrasante debe cumplir con las especificaciones de proyecto geométrico dadas.
- En general, el alineamiento horizontal es definitivo, pues todos los problemas inherentes a él han sido previstos en la fase de anteproyecto. Sin embargo habrá casos en que se requiera modificarlo localmente.
- La subrasante a proyectar debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades perjudiciales a las terracerías o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

De acuerdo con lo anterior, se considera que los elementos que definen el proyecto de la subrasante económica, son los siguientes:

- A) Condiciones topográficas
- B) Condiciones geotécnicas
- C) Subrasante mínima
- D) Costo de las terracerías

A) Condiciones Topográficas: De acuerdo con su configuración, se consideran los siguientes tipos de terreno: Plano, Lomerío y Montañoso.

Se estima que la definición de estos tres conceptos debe estar íntimamente ligada con las características que cada uno de ellos imprime al proyecto, tanto en los alineamientos horizontal y vertical como en el diseño de la sección de construcción.

Se considera terreno plano, aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula. Como lomerío se considera al terreno cuyo perfil longitudinal presenta en su sección, cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor de 25°. Como montañoso, se considera al terreno que ofrece pendientes transversales mayores de 25°, caracterizado por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra.

En terreno plano el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, sensiblemente paralelo al terreno, con la altura suficiente para quedar a salvo de la humedad propia del suelo y de los escurrimientos y laminas en él, así como para dar cabida a las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel. En este tipo de configuración, la compensación longitudinal o transversal de las terracerías se presenta excepcionalmente; como consecuencia, los terraplenes estarán formados con material producto de préstamo, ya sea lateral o de banco. El proyecto de tramos con visibilidad de rebase, generalmente no presenta ninguna dificultad, tanto por lo que respecta al alineamiento horizontal como al vertical.

En un terreno considerado como lomerío, el proyectista estudiará la subrasante combinando las pendientes especificadas, obteniendo un alineamiento vertical ondulado, que en general permitirá aprovechar el material producto de las cortes, para formar los terraplenes contiguos.

El proyecto de la subrasante a base de contrapendientes, la compensación

longitudinal de las terracerías en tramos de longitud considerable, el hecho de no representar problemas, deja el espacio vertical necesario para alojar las alcantarillas, los pasos a desnivel y puentes, son características de este tipo de terreno. Asimismo, cuando se requiere considerar la distancia de visibilidad de rebase en el proyecto de alineamiento vertical, se ocasiona un incremento en el volumen de tierras a mover.

En terreno montañoso, como consecuencia de la configuración topográfica, la formación de las terracerías se obtiene mediante la excavación de grandes volúmenes; el proyecto de la subrasante, queda generalmente condicionada a la pendiente transversal del terreno y el análisis de las secciones transversales en zonas críticas o en balcón. Cuando a causa de la excesiva pendiente transversal del terreno haya necesidad de alojar en firme la corona del camino, la elevación de la subrasante debe estudiarse considerando la construcción de muros de contención o de viaductos, con el objeto de obtener el menor costo del tramo.

En ocasiones, el proyecto de un túnel, puede ser la solución conveniente.

Son características del terreno montañoso, el empleo frecuente de las especificaciones máximas, tanto en el alineamiento horizontal como en el vertical, la facilidad de disponer del espacio libre para dar cabida a alcantarillas y puentes, la presencia en el diagrama de masas de una serie de desperdicios - interrumpidos por pequeños tramos compensados, la frecuencia de zonas críticas, los grandes volúmenes de tierra a mover, la necesidad de proyectar alcantarillas de alivio y el alto costo de construcción resultante si se quiere considerar en el proyecto la distancia de visibilidad de rebase.

Dada la íntima liga que existe entre los alineamientos horizontal y vertical en todos los casos antes descritos, especialmente en el último, es necesario que al proyectar el alineamiento horizontal, se tomen en cuenta los problemas que afectan el estudio económico de la subrasante.

**B) Condiciones Geotécnicas:** La calidad de los materiales que se encuentran en la zona en donde se localiza el camino, es factor importante para lograr el proyecto de la subrasante económica, ya que además del empleo que tendrán en la formación de las terracerías, servirán de apoyo al camino. La elevación de la subrasante, está limitada en ocasiones por la capacidad de carga del suelo que servirá de base al camino.

Un suelo se clasifica como material A, cuando puede ser atacado con facilidad

mediante pico, pala de mano, escropea o pala mecánica de cualquier capacidad; además, se considera como material A, los suelos poco o nada cementados, -- con partículas hasta de 7.5 cms (Manual Proy. Geom. de Carreteras, SOP, -- 1976).

Como material B, el que requiere ser atacado mediante arado o explosivos ligeros, considerándose además como material B, las piedras sueltas mayores - de 7.5 y menores de 75.0 cms.

Finalmente, el material C, es el que solamente puede ser atacado mediante - explosivos, requiriendo para su remoción el uso de pala mecánica de gran capacidad, ( Manual Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

Un material se considera compactable, cuando es posible controlar su compactación por alguna de las pruebas de laboratorios usuales en la técnica S.O.P. En caso contrario, se considera no compactable, aún cuando se reconozca que estos materiales puedan ser sujetos a un proceso de compactación en el cam--po.

Al material llamado no compactable, generalmente producto de los cortes y - excepcionalmente obtenido de los préstamos, se le aplica el tratamiento de bandeado al emplearse en la formación de los terraplenes, tratamiento que - tiene por objeto lograr un mejor acomodo de los fragmentos, reduciendo los vacíos u oquedades mediante el empleo del equipo de construcción adecuado. Dentro de este grupo, quedan incluidos los materiales clasificados como C, y aquellos cuya clasificación B es debida a la presencia de fragmentos me--dianos y grandes.

Para el proyecto de la subrasante, se deben conocer principalmente las pro--piedades de los materiales que intervienen en la formación de las terrace--rías, los datos relativos a su clasificación para fines de presupuesto y el tratamiento a darles.

C) Subrasante Mínima: La elevación correspondiente a puntos determinados del camino, a los que el estudio de la subrasante económica debe sujetarse, de--fine en esos puntos el proyecto de la subrasante mínima. Los elementos que fijan estas elevaciones mínimas son:

- I. Obras Menores
- II. Puentes
- III. Zonas de Inundación
- IV. Intersecciones



I. Obras Menores: Para lograr la economía deseada y no alterar el buen funcionamiento del drenaje, es necesario que el estudio de la subrasante -- respete la elevación mínima que requiere el proyecto de las alcantarillas. Esto es determinante en terrenos planos, pues en terrenos considerados como de lomerío y montañoso, solamente en casos aislados habría -- que tomar en cuenta la elevación mínima, ya que el proyecto de la subrasante estará obligada por las condiciones que este tipo de configuración topográfica impone y generalmente habrá espacio vertical suficiente para dar cabida a obras menores.

La metodología para encontrar la elevación a la cual debe sujetarse la subrasante, está en función de las características propias de las alcantarillas y de la sección de construcción, principalmente la elevación del desplante, la pendiente según el eje de la obra, el colchón mínimo, el ángulo de esviajamiento, la altura de la obra hasta su coronamiento, el ancho de semicorona y las pendientes longitudinal y transversal de la obra.

II. Puentes: Aún cuando en los cruces de corrientes que hacen necesaria la construcción de puentes, la elevación definitiva de la subrasante, no se rá conocida hasta que se proyecte la estructura, es necesario tomar en consideración los elementos que intervienen para definir la elevación mínima, con el objeto de que el proyecto del alineamiento vertical se aproxime lo más posible a la cota que se requiere. Para lograr lo anterior, se debe contar con los siguientes datos:

- Elevación del nivel de aguas máximas extraordinarias, ( NAME ).
- Sobreelevación de las aguas ocasionada por el estrechamiento que origina el puente en el cauce.
- Espacio libre vertical necesario para dar paso a cuerpos flotantes.
- Resalte de la superestructura.

La suma de los valores de estos elementos, determina la elevación mínima de rasante necesaria para alojar el puente, de la cual habrá que deducir el espesor de pavimento para obtener la elevación de la subrasante.

En caminos de poco tránsito localizados en zonas donde las avenidas máximas extraordinarias se presentan con poca frecuencia y duración, el pro-

yecto de vados suele suplir al de puentes. La elección del tipo de obra está supeditada al régimen de la corriente, así como al estudio comparativo de costos de las alternativas que se presenten.

III. Zonas de Inundación: El paso de un camino por zonas de inundación, obliga a guardar cierta elevación de la subrasante que se fija de acuerdo -- con el nivel de aguas máximas extraordinarias, con la sobreelevación de las aguas, producida por el obstáculo que a su paso presentará el camino y con la necesidad de asegurar la estabilidad de las terracerías y del pavimento.

En estos casos se recomienda que la elevación de la subrasante sea como mínimo un metro arriba del nivel de aguas máximas extraordinarias, estando el dato preciso en función de las características de la zona inundable.

IV. Intersecciones: Los cruces que un camino tiene con otras vías de comunicación terrestre, ya sean en proyecto o existentes, dan lugar a intersecciones que pueden ser a nivel o a desnivel. En este caso el proyecto de la subrasante, deberá considerar la vía terrestre que se cruce.

En las intersecciones a desnivel, se hará un estudio económico para determinar si conviene que sea inferior o superior el paso del camino que se está proyectando.

Para fijar la elevación de la subrasante económica, se sigue una metodología semejante a la ya explicada para el caso de obras menores, tomando en consideración además, para el caso de los entronques, que deberán estudiarse los enlaces con los caminos que originan el cruce.

D) Costo de las Terracerías: La posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima de la construcción de las terracerías, depende de los siguientes conceptos:

- Costos unitarios:

Excavación en corte.

Excavación en préstamo.

Compactación en el terraplén del material de corte.

Compactación en el terraplén del material de préstamo.

Sobreacarreo del material de corte a terraplén.

Sobreacarreo del material de corte o desperficio.

Sobreacarreo del material de préstamo a terraplén.

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

- Coeficientes de variabilidad volumétrica:

Del material de corte.

Del material de préstamo.

- Relaciones:

Entre la variación de los volúmenes de corte y terra-  
plén, al mover la subrasante de su posición original.

Entre los costos unitarios de terraplén formado con ma-  
terial producto de corte y con material obtenido de -  
préstamo.

Entre los costos que significa el acarreo del material  
de corte para formar el terraplén y su compactación en  
éste y el que significa la extracción del material de  
corte y el acarreo para desperdiciarlo.

- Distancia económica de sobreacarreo:

El empleo del material producto de corte en la formación  
de terraplenes, está condicionado tanto a la calidad del  
material como a la distancia hasta la que es económica-  
mente posible para su transporte. Esta distancia está  
dada por la ecuación:

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

en donde:

DME = Distancia máxima de sobreacarreo económico.

ad = Costo unitario de sobreacarreos del material de corte de desperdicio.

Pc = Precio unitario de la compactación en el terraplén del material producto del corte.

AL = Acarreo libre del material, cuyo costo está incluido en el precio de excavación.

Pp = Costo unitario de terraplén formado con material producto de préstamo.

Psa = Precio unitario del sobreacarreos del material de corte.

En este caso, lo correspondiente a movimientos de terracerías y diagrama de masas representa un estudio bastante amplio, el cual no es posible explicarlo detalladamente y se encuentra fuera de tema, por lo tanto podemos pasar al siguiente subtema.

### 3.2 Sección Transversal. -

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 formarán las terracerías.

Se entiende como sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste, como un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir las dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de -- construcción, pueden separarse en dos grupos claramente definidos:

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

Los elementos que integran el grupo A son los siguientes:

- A.1 Espesor de corte o terraplén
- A.2 Corona
- A.3 Calzada
- A.4 Acotamiento
- A.5 Pendiente transversal
- A.6 Ampliación en curvas
- A.7 Pavimento
- A.8 Subcorona
- A.9 Taludes
- A.10 Cunetas y contracunetas

Los elementos que integran el grupo B son los siguientes:

- B.1 Despalme
- B.2 Compactación del terreno natural

- B.3 Escalones de liga
- B.4 Cuerpo de terraplén
- B.5 Capa subrasante
- B.6 Cuña de afinamiento
- B.7 Muro de retención
- B.8 Berna
- B.9 Estratos en corte
- B.10 Caja en corte

Tomando en cuenta que todos éstos elementos son la base para el cálculo de la curva de masas, se procederá a explicar detalladamente la definición y objetivo de cada uno de ellos, con la finalidad de poder entender la lógica que más adelante se aplicará en la computadora para realizar dicho cálculo.

Con respecto a la definición de términos, conviene aclarar que no se formularán definiciones de términos cuyo significado o interpretación son suficientemente conocidos, precisos y claros, ni de aquellos que tienen adaptaciones libres. Para tal explicación se recurrirá a tablas, figuras y fórmulas, haciendo énfasis en aquellos que requieren de mayor información y que son fundamentales en el cálculo de la curva de masas.

A continuación, de manera general se muestran los elementos correspondientes al grupo A y al B respectivamente. La figura 2 muestra los elementos del grupo A, y las figuras 3 y 4, muestran los elementos del grupo B, los cuales se definen posteriormente.

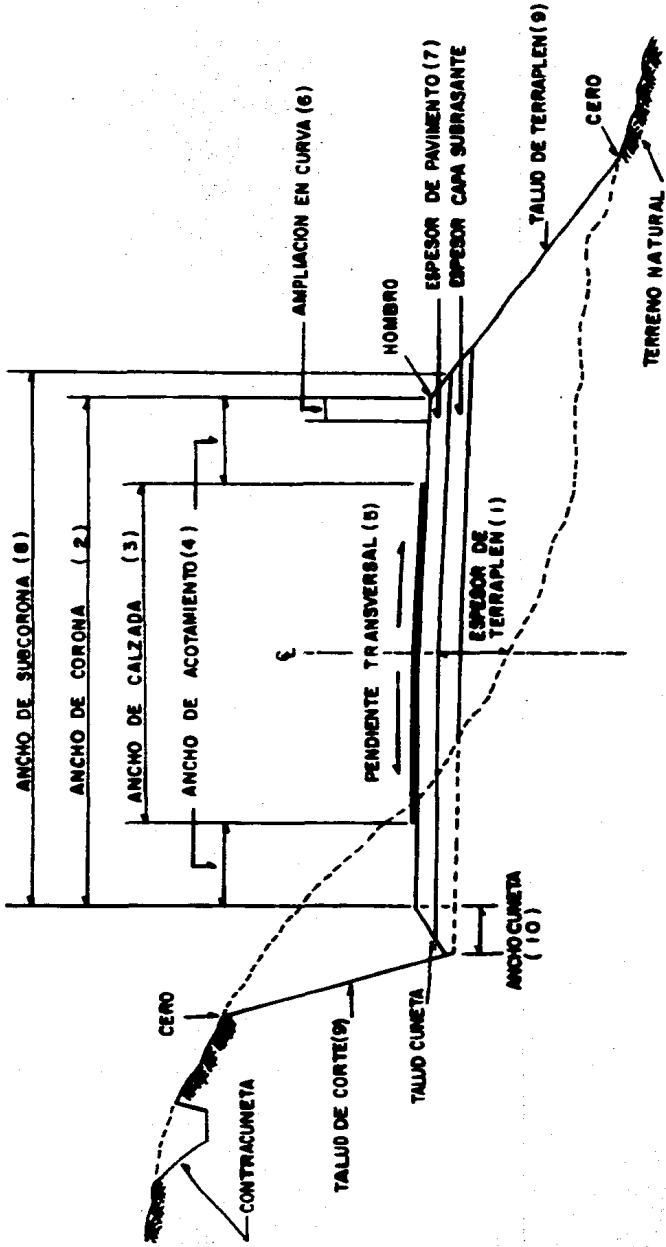


Figura 2. SECCION TRANSVERSAL TIPICA CONTENIENDO LOS ELEMENTOS DEL GRUPO A

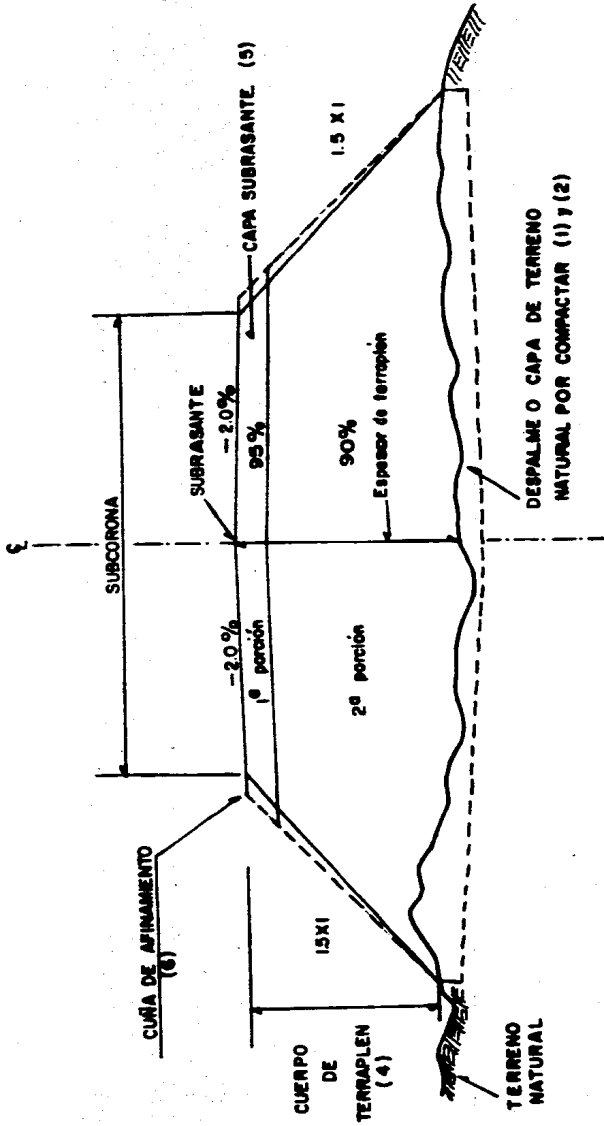


Figura 3. SECCION TRANSVERSAL TIPICA CONTENENDO ALGUNOS ELEMENTOS DEL GRUPO B.



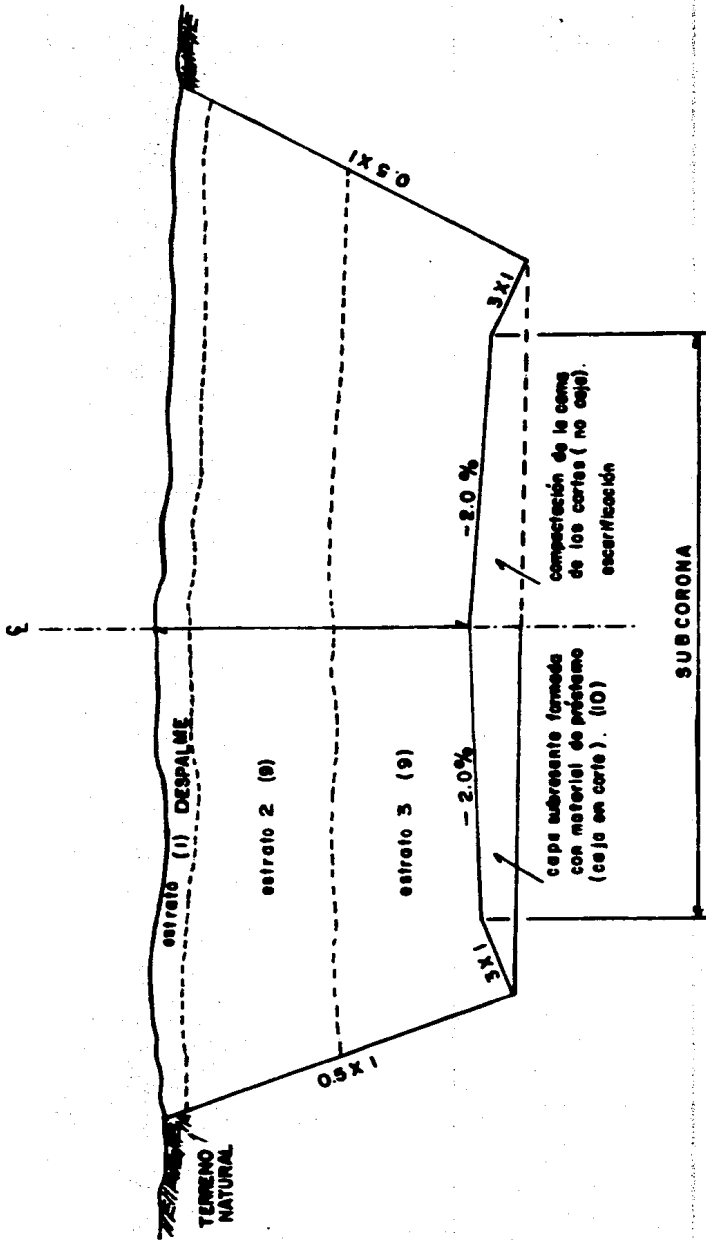


figura 4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA CONTENIENDO ALGUNOS ELEMENTOS DEL GRUPO B

DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS CORRESPONDIENTES  
AL GRUPO A

- A.1 Espesor de corte o terraplén. - Es un valor numérico que nos indica la profundidad o altura que hay entre la subcorona y el terreno natural, obtenido de hacer la diferencia entre las elevaciones de la subrasante y el terreno natural, en un punto determinado sobre el eje del trazo del camino ( véase figura 2 ).
- A.2 Corona. - Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sea entre las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o entre los interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos -- que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.  
Entiéndase por rasante a la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representado por un punto ( fig. 2 ).
- A.3 Calzada. - La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. ( fig. 2 ).  
El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Los anchos de carril en zonas urbanas pueden -- ser de: 2.75 m; 3.05 m. y 3.65 m. y normalmente se proyectan dos, cuatro o más carriles. En el caso de caminos rurales los anchos son variados, pero generalmente se proyectan caminos de un carril para las -- dos direcciones de tránsito, con un ancho usual de 4.50 m; ( Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, 1976 ).  
Actualmente, gran cantidad de los caminos rurales se están reconstruyendo dándoles un ancho de corona mayor.  
Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho -- mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, -- por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada res--

pecto al ancho en tangente. A este sobreancho se le llama ampliación, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona. Esto se verá en ampliación en curvas.

- A.4 Acotamientos. - Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendida entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino; su finalidad es proteger a la calzada contra la humedad y erosiones; proporcionan un ancho adicional fuera de la calzada, mejoran la visibilidad en las curvas y son posibles lugares de estacionamiento momentáneo.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar ( véase figura 2 ).

- A.5 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 ( fig. 2 ).

A.5.1 Bombeo

A.5.2 Sobreelevación

A.5.3 Transición del bombeo a la sobreelevación

- A.5.1 Bombeo. - El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado, será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad. Este bombeo se acostumbra a expresarse en porciento, por ejemplo el bombeo más usual tanto para carreteras como para ferrocarriles, es el de dos por ciento ( 2% ). En la siguiente tabla se dan los valores guía para emplearse en el proyecto en función del tipo de superficie de rodamiento, ( Manual Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

	TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO	BOMBEO (en decimales)
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con extendedores mecánicos.	0.01 a 0.02
Buena	Superficie de mezcla asfáltica tendida -- con motoconformadora. Carpeta de riesgos.	0.015 a 0.03
Regular a Mala	Superficie de tierra o grava.	0.02 a 0.04

Tabla 3. BOMBEO DE LA CORONA

A.5.2. Sobreelevación. - La 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 la siguiente, ( Manual de Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - M$$

en donde:

- S = Sobreelevación, en valor absoluto
- V = Velocidad del vehículo, en km/h.
- R = Radio de la curva en m.
- M = Coeficiente de fricción lateral

Con la expresión anterior puede calcularse la sobreelevación necesaria para que no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad dada; sin embargo, algunos problemas relacionados con la -

construcción, operación y conservación de la carretera, han mostrado la necesidad de fijar una sobreelevación máxima de 12% en aquellos lugares en donde no existen heladas ni nevadas y el porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínimo; se usa 10% en los lugares en donde sin haber nieve o hielo se tiene un gran porcentaje de vehículos pesados; se usa 8% en zonas en donde las heladas o nevadas son frecuentes y finalmente, se usa 6% en zonas urbanas, (Manual de Proy. Geom. de Carretera, SOP, 1976).

Debe tomarse en cuenta que la sobreelevación máxima estará siempre en función del grado máximo y viceversa. Para esto existen tablas y figuras que muestran los valores correspondientes para cada tipo de carreteras, grado de curvatura y velocidad. Pero con el objeto de no perderse en explicaciones y detalles innecesarios, únicamente me limitaré a decir que para obtener una determinada sobreelevación en una curva, basta con recurrir a tablas de cálculo, en donde vienen tabulados estos datos para diferentes tipos de carreteras, tomando como argumento la velocidad de proyecto y el grado de curvatura. Un procedimiento ilustrativo se podrá observar más adelante, cuando se pase al cálculo de sobreelevación y ampliación.

A.5.3 Transición del Bombeo a la Sobreelevación.- En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de una corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva, este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la transición mixta o de la espiral de transición.

En el caso de la espiral de transición, su longitud debe ser tal, -- que permita hacer adecuadamente el cambio de pendientes transversales. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse -

dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva que de con sobreelevación completa.

La consideración anterior, limita la longitud mínima de la tangente entre dos curvas circulares consecutivas de sentido contrario que no tengan espirales de transición; esa longitud debe ser igual a la semisuma de las longitudes de transición de las dos curvas.

La longitud mínima de transición para dar la sobreelevación, puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

A continuación en las figuras 5 y 6, se ilustra el primer procedimiento, indicando la variación de la sobreelevación y las secciones transversales en la mitad de las curvas; la otra es simétrica.

#### CURVA CIRCULAR SIMPLE

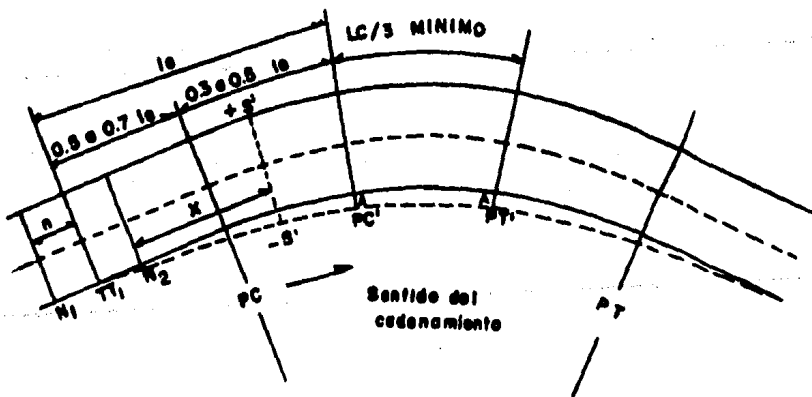


Figura 5 Curva de transición de bombeo a sobreelevación.

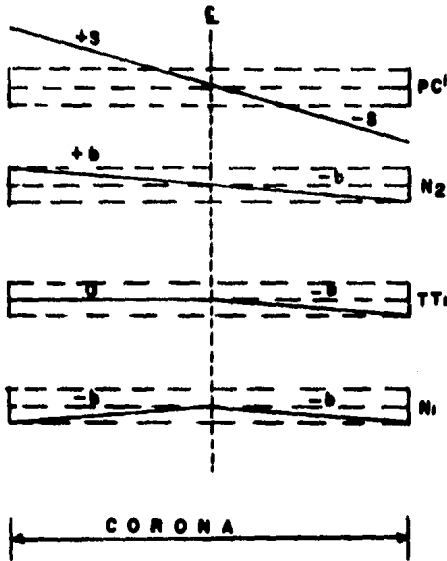


Figura 5.A Secciones transversales de transición.

$b$  = bombeo del camino

$l_e$  = longitud de transición mixta

$S$  = Sobreelevación máxima

$l_c$  = Longitud de la curva circular

$A$  = Ampliación de la corona en curva

$P_c$  = Punto de comienzo de la curva circular

$P_t$  = Punto de comienzo de la tangente

$x$  = Distancia que define un punto cualquiera de la tangente de transición

$S'$  = Sobreelevación correspondiente a un punto cualquiera  $x$ .

$n$  = Distancia que define la ubicación de los  $N$ .

CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES

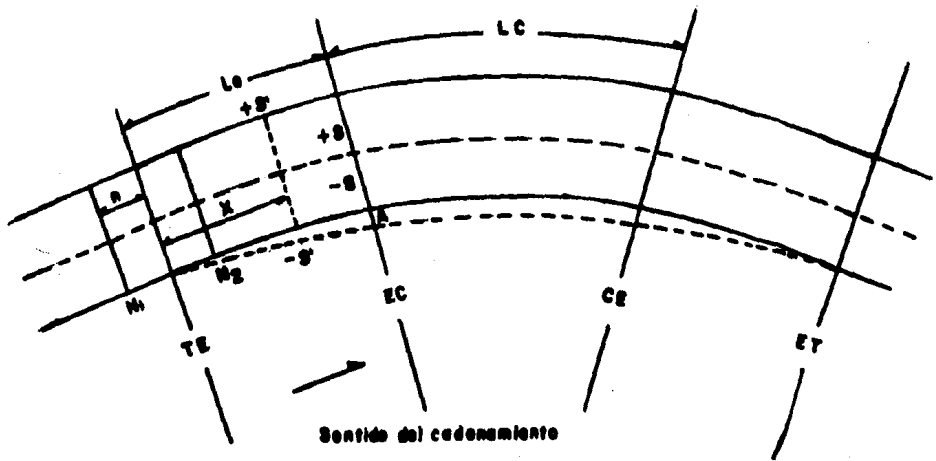
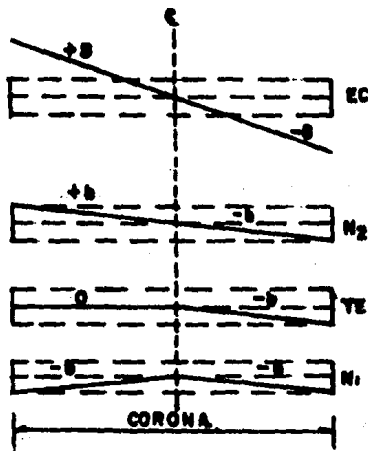


Figura 6. Curva espiral de transición de bombeo a Sobreelevación



- TE = Termina tangente empieza espiral
- EC = Termina espiral empieza circular
- Le = Longitud de espiral de transición

Figura 6.A Secciones transversales de transición



Se hace notar que cuando la curva no tiene espirales de transición ( curva simple ) y se introduce la transición de la sobreelevación dentro de la curva circular, la sobreelevación en el Pc, es menor -- que la requerida teóricamente; este aparente defecto se elimina al - considerar que el vehículo no puede cambiar de radio de giro instan-  
táneamente, por lo que en el Pc tendrá necesariamente un radio de gi  
ro mayor y por tanto se requiere una sobreelevación menor.

A.6. Ampliación en curvas.- La ampliación de la calzada en curvas, se da en el lado interior, la raya central se pinta posteriormente en el - centro de la calzada ampliada. 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 o-  
rilla interior de la calzada forme una curva suave sin quiebres brus-  
cos a lo largo de ella.

En curvas circulares con espirales, la ampliación en la transición - puede darse proporcionalmente a la longitud del espiral, esto es:

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

en donde A' es la ampliación en una sección que está a L metros del TE;  $L_e$  es la longitud de la espiral y A es la ampliación total en - curva. Procediendo de esta manera, se tendrá ampliación nula en el TE, ampliación total en el EC, y la orilla inferior de la calzada -- tendrá la forma de una espiral modificada.

En curvas circulares simples ( sin espirales ) se sigue el mismo cri-  
terio, en donde la ampliación será nula en el TT y total en el PC', pero resultarán quiebres que pueden eliminarse durante la construc-  
ción. Referirse a las figuras anteriores y a la figura 2.A.

A.7 Pavimento.- Se entiende por pavimento a la capa de material seleccio-  
nado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que -  
tienen por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y re-  
partirlas de tal manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de  
terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones per-  
judiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento  
adecuado al tránsito. Los pavimentos generalmente, están formados -  
por la subbase, la base y la carpeta definiendo ésta última la calza

da del camino. Al espesor de la subbase más base se le conoce con el nombre genérico de revestimiento, el cual se utilizará con frecuencia en los capítulos siguientes ( fig. 2 ).

A.8 Subcorona.- La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea. Se entiende por terracerías, el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, define los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos intermedios en donde esa 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 en 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, ( véase fig. 2 ).

Es necesario que se entiendan estos conceptos porque son básicos para el cálculo de áreas.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

A.8.1 Subrasante.- La subrasante como se dijo anteriormente, es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal en un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.

A.8.2 Pendiente Transversal.- La pendiente transversal de la subcorona, es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según la sección esté en tangente, en curva o en transición.

A.8.3 Ancho.- El ancho de subcorona es la distancia horizontal, comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en

función del ancho de corona y del ensanche.

La expresión general para calcular el ancho  $A_s$  de la subcorona es la siguiente:

$$A_s = C + e_1 + e_2 + A$$

en donde:

$A_s$  = Ancho de la subcorona, en m.

$C$  = Ancho de la corona en tangente, en m.

$e_1$  y  $e_2$  = Ensanche a cada lado del camino, en m.

$A$  = Ampliación de la calzada en la sección considerada, en m.

Antes de continuar, es necesario aclarar que el cálculo de curva de masas para el movimiento de terracerías, se hace a nivel de subrasante, por lo tanto se explicará con más detalle los elementos llamados ensanches tanto en corte como en terraplén.

El ensanche es el sobreancho que se da a cada lado de la subcorona para que, con los taludes de proyecto, pueda obtenerse el ancho de corona después de construir las capas de base y subbase; en función del espesor de base y subbase, de la pendiente transversal y de los taludes.

1er. Criterio.- Cuando el camino va en terraplén; en este caso el ensanche de la subcorona se observa en la siguiente figura:

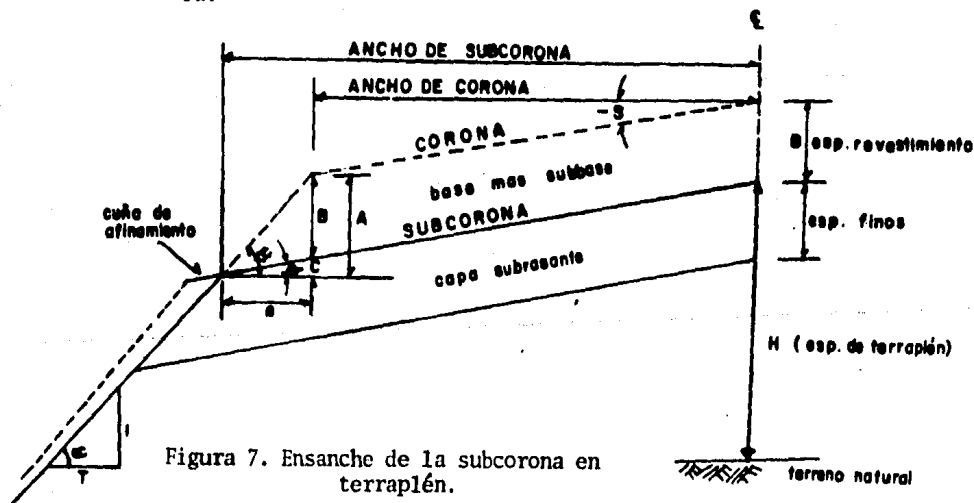


Figura 7. Ensanche de la subcorona en terraplén.

De la figura 7:

$$A = B + C ; B = A - C$$

como  $A = e \tan \alpha ; C = e \tan \theta$

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

considerando el talud y la sobreelevación se tiene que:

$$\tan \alpha = \frac{1}{T} ; \tan \theta = -S$$

y sustituyendo  $B = e \left( \frac{1}{T} - (-S) \right)$

despejando e, queda la expresión:

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

En donde:

e = Ensanche, en m.

B = Espesor de base y subbase, en m.

T = Talud del terraplén

S = Sobreelevación o pendiente transversal de la corona y la subcorona, con su signo.

2do. Criterio.- Cuando el camino va en corte y se proyecta cuneta provisional, el hombro de la subcorona queda en la misma vertical que el de la corona y el ensanche es nulo; Pero cuando el camino se va a pavimentar inmediatamente después de construir las terracerías y no hay necesidad de construir la cuneta provisional, la cuneta definitiva quedará formada con el material de Base y Subbase y por el talud del corte. En este caso el ensanche de la subcorona se calcularía con la expresión para calcular el ensanche de la subcorona en terraplén, en cuyo caso, T es el talud del corte.

Generalmente en el proyecto geométrico de carreteras, se consideran cunetas provisionales, por lo tanto la subcorona no necesitará del ensanche, igualmente no será necesario analizar con más detalle los ensanches en corte.

A.9 Taludes.- El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pen-

diente. Por extensión en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes, queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, lo que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente ( véase fig. 2 ).

Los taludes de los cortes y terraplenes, se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comunmente empleado para este es de 1.5 . En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, -- por somero que sea, para definir los taludes en cada caso. La Secretaría de Obras Públicas, en base a la experiencia, ha resumido las recomendaciones de los taludes en corte para cada tipo de material.

Para esto se hacen estudios geotécnicos, mediante sondeos a cada km o menos cuando así lo requiera, como se podrá observar en la parte correspondiente a los elementos del grupo B.

A.10 Cunetas. - Las cunetas y contracunetas, son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellos el agua que escurre por la corona y los taludes del corte ( fig. 2 ).

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00m; medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente de 3 por 1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección, puede calcularse con los métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la -- precipitación pluvial de la zona y el área drenada.

Quando los caminos no se pavimentan inmediatamente después de construidas las terracerías, es necesario proyectar una cuneta provisional para drenar la subcorona como ya se había dicho antes.

El ancho de esta cuneta provisional, debe diferir en una cantidad "d" al ancho de la cuneta definitiva, para que cuando se pavimente o se recubra el camino, la cuneta definitiva quede con su ancho de proyecto.

En la figura siguiente, se ilustra la forma y dimensiones de la cune-

ta provisional y su relación con la cuneta definitiva

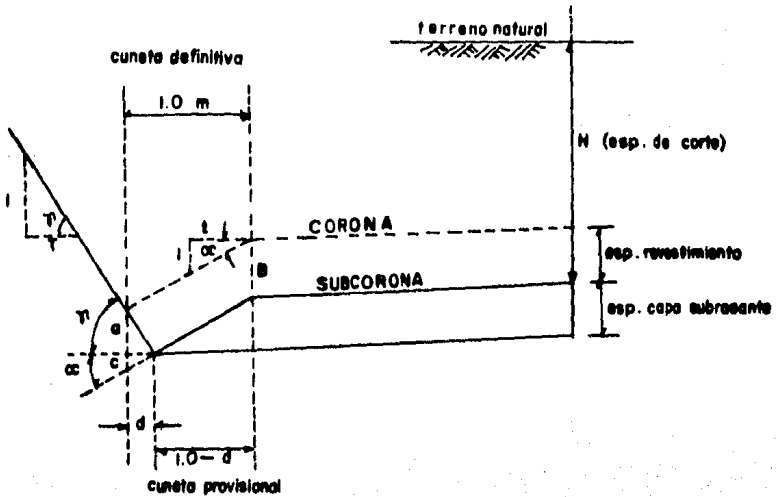


Figura 8 Cuneta provisional en cortes.

en donde:

$B$  = Espesor de base y subbase, en m.

$T$  = Talud del corte

$t$  = Talud de la cuneta

$d$  = Reducción al ancho de la cuneta definitiva para tener el ancho de la cuneta provisional, en m.

De la figura 8:

$$B = a + c = d \tan \eta + d \tan \alpha$$

$$\text{pero } \tan \eta = \frac{1}{T} \text{ y } \tan \alpha = \frac{1}{t}$$

$$\text{se tiene que } B = d \left( \frac{1}{T} + \frac{1}{t} \right)$$

$$\text{de donde } d = \frac{B}{\left( \frac{1}{T} + \frac{1}{t} \right)}$$

$$\text{por convención } t = 3 \times 1$$

$$\text{finalmente } d = \frac{B}{\left( \frac{1}{T} + \frac{1}{3} \right)}$$

que es la expresión aplicada en el proyecto geométrico.

La pendiente longitudinal de las cunetas generalmente es la misma que la del camino, pero puede aumentarse si las condiciones del drenaje a sí lo requiere y la comparación con otra solución indica que es conveniente.

La longitud de una cuneta, está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda - por el acotamiento, por lo que deberá limitarse esta longitud, colocando alcantarillas de alivio o proyectando las canalizaciones convenientes.

Cuando la velocidad del agua es fuerte, puede causar erosiones en la cuneta; para evitarlas habrá que disminuir esa velocidad o proteger - las cunetas con materiales resistentes a la erosión.

Las contracunetas, generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte ( fig. 2 ), para - interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno, con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto en dimensiones y localización, está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtra-

ciones que redunden en la inestabilidad de los taludes del corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, -- substituir las por bordos o buscar otra solución.

Partes complementarias.- Bajo esta dominación se incluyen aquellos e elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas se paradoras.

#### DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS CORRESPONDIENTES AL GRUPO B

B.1 Despalme.- Es la remoción de la capa superficial del terreno natural -- que, por sus características ( capa vegetal ) no es adecuada para la cons trucción de terracerías; ya sea que se trate de zonas en corte, en áreas destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo ( figuras 3 y 4 ).

B.2 Compactación del terreno natural.- Es la presión a la que se somete el material del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que - queda abajo de la subcorona o de la capa subrasante en un corte, para pro porcionarle a ese material el peso volumétrico requerido.

También se aplica en el caso de terracerías antiguas que vayan a ser am pliadas, ( figura 3 ).

B.3 Escalón de liga.- Es el que se forma con el área de desplante de un te rraplén cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud 1.5 x 1, a fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén, ( figura 9 ).

También se proyecta en casos de ampliación o reconstrucción de caminos - existentes. Actualmente, dada la política en materia de caminos que se está siguiendo de reconstrucción y ampliación de los mismos; éste proce dimiento es un factor de vital importancia. En éste caso se proyectan -



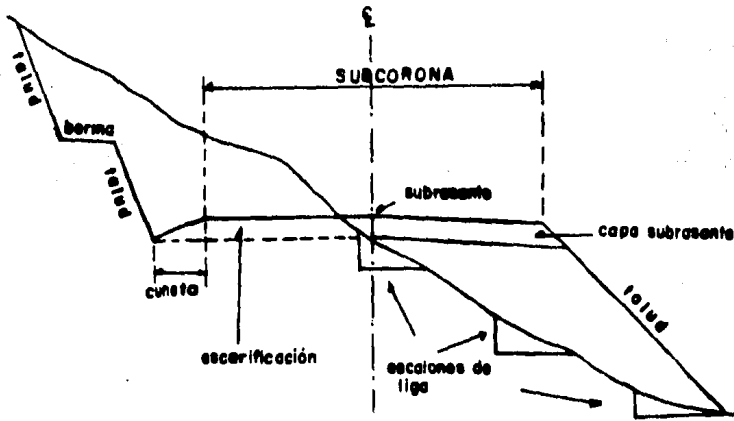


Figura 9. Proyecto de escalones por pendiente transversal del terreno menor a la del talud del terraplén.

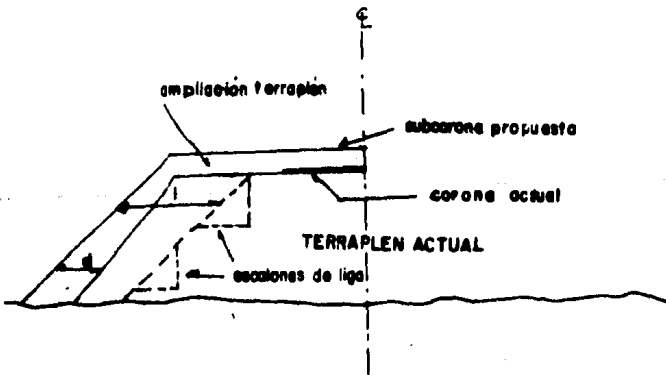


Figura 10. Escalones por reconstrucción de terracerías existentes.

dichos escalones cuando la distancia horizontal  $d$  (figura 10) entre taludes, es menor que el ancho del equipo de construcción, para lo cual -- hay que recortar el terraplén existente, hasta obtener la distancia mínima necesaria.

En este caso se tiene que sujetar a las recomendaciones que se hacen, al efectuar el estudio de suelos ( geotécnia ), el cual nos dice cuales deben ser las dimensiones tanto del peralte como de la plantilla para formar el escalón. En caso de que no dijera nada el estudio de suelos y que si se requieran escalones, éstos se proyectan en función del talud recomendado.

- B.4 Cuerpo de terraplén.- Se llama así a la parte del terraplén que queda - abajo de la subcorona. Está formado por una o más porciones según sea - la elevación del terraplén, las características de los materiales y el - tratamiento que se les dé ( figura 3 ).
- B.5 Capa subrasante.- Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén. Su espesor es comúnmente de 30 cm; y está formada por materiales seleccionados para soportar las cargas que le transmite el pavimento ( figuras 3 y 4 ).
- B.6 Cuña de afinamiento.- Es el aumento lateral que se le da a un talud de terraplén, para lograr la compactación debida en las partes contiguas a él. Es de forma triangular, comúnmente de 20 cm de ancho en su parte superior al nivel del hombro de la subcorona y termina en la línea de cerros del talud o en el lecho superior de la porción inferior, si ésta es de material no compactable. Esta cuña debe recortarse en el afinamiento final, ( figura 3 ).
- B.7 Muro de retención.- Cuando la línea de cerros del terraplén no intercecta al terreno natural, es necesario construir muros de retención, cuya - ubicación y altura estarán dadas como resultado de un estudio económico. Por regla general, siempre se deben ubicar a la altura del camino ( figura 11 ).
- B.8 Berma.- En un terraplén, está formada por el material que se coloca adosado a su talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén ( figura 12 ). En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el -

objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del camino -- ( figura 11 ).

A continuación, se muestran unos dibujos representativos de: Muros de retención y bermas en corte o terraplén.

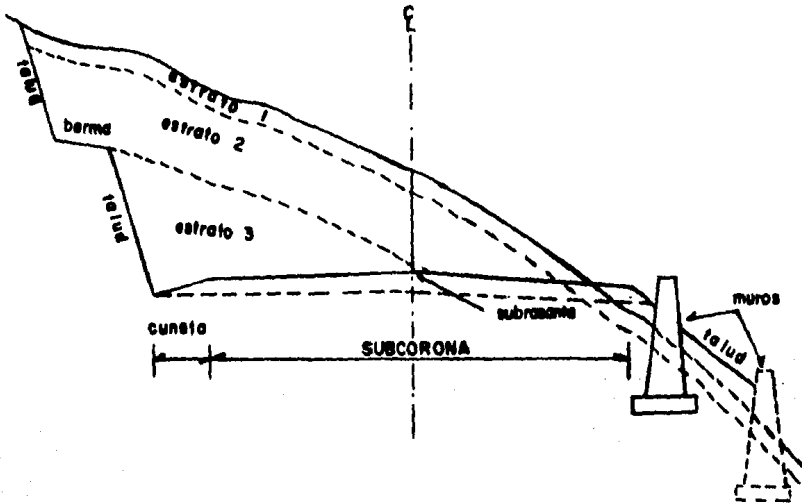


Figura 11 Muro de Retención y Berma en Corte.

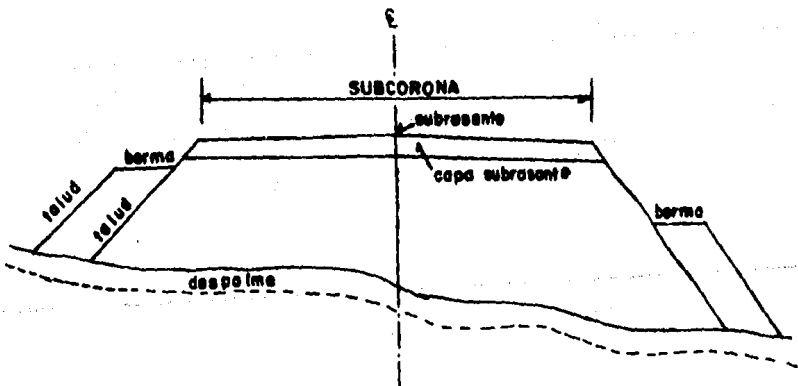


Figura 12 Berma en Terraplén

B.9 Estratos en cortes.- Así se designa a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características de las demás. Una sección típica en corte, se muestra en la figura 4, en donde se observa lo siguiente:

- a) La capa superficial del terreno o estrato (1), que en general está formada por materiales finos, si es aprovechable por su calidad para formar el terraplén, si se considera como tal; si por el contrario es inadecuado para su empleo, viene a ser el despalme antes descrito.
- b) Las porciones ( 2 ) y ( 3 ), representan dos estratos formados por material adecuado para la formación de terracerías, pero cuyas características son distintas.

B.10 Caja en cortes.- Es la excavación adicional del material subyacente a la subcorona, inadecuado para formar la capa subrasante.

Este material debe ser substituido por otro de características apropiadas para formar la capa subrasante ( figura 4 ).

En caso de que el material de corte fuera apropiado para formar la capa subrasante, entonces dicho material se escarificaría y compactaría al porcentaje recomendado por la capa subrasante ( 95% ).

Con respecto a los elementos del grup B, se anexa el registro de un informe de estudio geotécnico, para que de manera ilustrativa, se pueda observar la información requerida para el cálculo de curva de masas y movimientos de terracerías ( tabla 4 ).



#### 4. CALCULO DE CURVA DE MASAS POR EL METODO TRADICIONAL

Para iniciar este capítulo, conviene aclarar que se hace necesario tener bien definida la parte complementaria al cálculo en general de la curva de masas, - es decir, antes de iniciar cualquier trabajo en gabinete, se debe tener la certeza de que los trabajos realizados en el campo como son nivelación, trazo, - seccionamiento, orientación solar, obras de drenaje, etc., fueron ejecutados - correctamente.

Para esto, se hace un recálculo de la información entregada por las brigadas - de campo. En caso de que se llegara a encontrar algún error, éste se analizará que tanto puede influir en el proyecto, y dada su naturaleza, es probable que se tenga que regresar al campo para corregir dicho error, ( Aunque de hecho, todo esto ya ha sido previsto con anterioridad al proyecto definitivo ).

Por otro lado, para efectuar la revisión de los registros de campo, hasta hace poco significaba una pérdida de tiempo importante, pero con el advenimiento de las calculadoras programables ( de bolsillo ), la revisión se facilita considerablemente. Tal revisión, básicamente es llevada a cabo mediante programas - individuales o por paquete, los cuales son insertados a las calculadoras mediante tarjetas magnéticas, módulos ( paquetes de programas ) o manualmente.

De entre la gran variedad de calculadoras programables, las más usuales pueden ser las PH-41C, HP-41CV y las TI-59 ó TI-58C, ya que tienen la capacidad necesaria para resolver problemas de este tipo.

Con respecto a lo antes dicho, y por estar en la fase de cálculo, la intención no es explicar como se revisan los datos de campo ni tampoco el manejo de las calculadoras programables, puesto que no encajaría dentro del tema tal explicación. Lo que si es necesario, es tener una idea general de cuales son los elementos básicos requeridos para iniciar el cálculo, después de haber sido revisados.

Entonces, tomando como punto de partida los datos de campo, estos son los siguientes:

- a) Trazo Definitivo: Este consiste o se compone básicamente de curvas simples o compuestas y de tangentes, en proyección horizontal ( en planta ). Al trazo se le conoce también con el nombre genérico de Alineamiento Horizontal y al situarlo en el perfil representa el eje del proyecto del camino.

b) Nivelación de Perfil Definitivo: Esta nivelación es llevada por el eje del camino trazado, y como su nombre lo indica, representará el perfil del eje del camino proyectado. Por regla general, la nivelación se hace a cada 20 m. ( según especificaciones SOP ), esto sin dejar de nivelar los detalles que cortan o intercectan al eje del camino.

Por otro lado, puesto que se trata de un camino, es también necesario llevar un control en distancia, es decir, se va cadeneando el camino de tal manera que se reporten kilómetros y metros, separados por un signo más ( e j e m . 35 + 638.25 en donde 35 representa los kilómetros y 638.25, los metros ).

c) Seccionamiento Transversal: Representa los perfiles del terreno, normales al eje proyectado del camino, y se reportan al igual que la nivelación, a cada 20.0 m. o menos cuando sea necesario. En suma, dichas secciones a lo largo del camino representan una faja de terreno, la cual es necesaria para estudios posteriores de proyecto y de movimientos de terracerías.

Teniendo perfectamente bien identificados los datos anteriores, se pasa a la fase de dibujo, en donde también, los dibujos básicos para el proyectista son dos exclusivamente, y estos son:

a) Dibujo del perfil del terreno: Para el caso de carreteras, éste dibujo se hace a una escala convencional que para fines de proyecto y según especificaciones de la SOP, es de 1:200 en proyección vertical y de 1:2000 en proyección horizontal. El proyecto se reporta por tramos de 5km, en cada tramo se calcularán sus correspondientes cantidades de obra, dejando un espacio suficiente para hacer la liga con tramos anteriores y posteriores al mismo.

b) Dibujo del Seccionamiento Transversal del Terreno: Se dibujan a escala 1:100 horizontal y vertical, espaciándolas según sea conveniente para después proyectarlas.

Una vez que se tengan los dibujos anteriores, se podrá analizar una primera subrasante sobre el perfil del terreno, según se indicó en el subcapítulo 3.1. Aunque en muchas ocasiones el proyecto de la subrasante es propuesto en el estudio geotécnico, o en su defecto es obligada a que se conserve a una determinada elevación.

Pero normalmente, la proposición de la subrasante se hace después de algunos --

tanteos, cubicando las excavaciones y rellenos, con espesores gráficos y tomando unas cuantas secciones que deben ser las de mayor significación.

De hecho, este procedimiento sirve para obtener una idea general sobre el monto de volúmenes y curva de masas, tanto para fines de compensación como para cuidar que las excavaciones y rellenos sean de magnitudes tales que sean aceptables de acuerdo con el tipo de camino y terreno de que se trate.

Ahora, será necesario llevar a cabo el proyecto en detalle, desde el cálculo de subrasante y espesores, hasta la curva de masas.

#### 4.1 Cálculo de Subrasante y Espesores

Teniendo proyectada la subrasante definitiva sobre el perfil del terreno, como se puede observar en la siguiente figura.

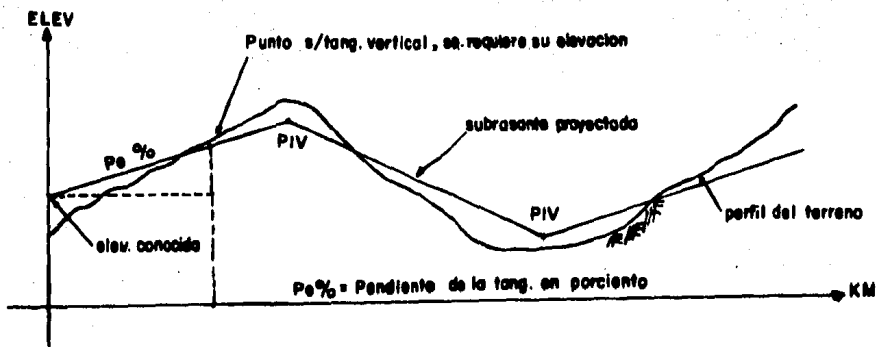


Figura 13 Proyecto de la subrasante sobre el perfil.

Para obtener la elevación de un punto cualquiera sobre la subrasante, que no pertenezca o se encuentre sobre una curva vertical, no representa mayor dificultad; partiendo de la base de que se conoce la pendiente que lleva la tangente y la distancia a dicho punto ( como se observa en la figura 13),



todo queda reducido a una simple operación de multiplicar dicha distancia por la pendiente ( dividir entre 100 si Pe está expresada en % ), y el producto sumarlo o restarlo a una elevación conocida.

Lo que si requiere ya de un proceso cuidadoso, es el cálculo de las curvas verticales ya sean en cresta o en columpio y cuya secuela en ambos casos es similar. Para esto, el proyectista previamente debe saber por especificación cuales son los datos de control para el proyecto y de que tipo de camino se trata, ya que al proyectar la subrasante debe tener cuidado de que las curvas verticales no se traslapen en su longitud, para esto se tiene que recurrir a una tabla de clasificación y características de las carreteras editada por la SOP ( tabla 5 ), en donde para un determinado tipo de camino y velocidad de proyecto, se obtiene el valor de una constante K ( en el renglón que dice curvas verticales ).

Conocida la constante K para los dos sentidos de la curva, al proyectar la subrasante y querer verificar si no hay traslape de curvas, basta con multiplicar K por la diferencia algebraica de pendiente ( de entrada y de salida respectivamente ), cuyo producto dará la longitud de la curva vertical. Esta longitud generalmente se redondea para que dé en número completo de estaciones de 20 m.

Cuando ya se tiene perfectamente ubicada la subrasante, con sus longitudes de curvas calculadas, sus PIV comprobados y los PCV y PTV ubicados, se principia de esta manera: en la forma L-1 ( figura 14 Cálculo de subrasante y curva de masas ) de terracerías, se anotan los kilometrajés de todas las secciones que intervienen en la cubicación, más aquellos de puntos auxiliares para el cálculo de la subrasante ( como son PCV, PIV y PTV ) que no pertenezcan a las mencionadas secciones. Vienen luego las elevaciones del terreno en el centro de la línea, tomadas del registro de nivel debidamente comprobado, finalmente se sitúan los PIV, PCV, y PTV con su elevación correspondiente y las pendientes de las tangentes definidas entre PIV y PIV.

Estando así en condiciones de empezar con el cálculo de la subrasante; partiendo de una elevación de arranque, fijada por el Ingeniero proyectista o bien que corresponda a la que se haya utilizado en el tramo anterior con el que se está ligando, para la estación inicial.

Con el auxilio de la siguiente fórmula, se calculan las elevaciones de su-

CONCEPTOS	O D E C R E E A									
	E	D	C	B	A	E	E	E	A	A
TOPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	HASTA 100	100 a 500	500 a 1500	1500 a 3000	MAS DE 3000					
MONTARSO TIPO DE TERRENO LOMERIO PLANO										
VELOCIDAD DE PROYECTO	30 40 50 60 70 80 90 100	40 50 60 70 80 90 100 110	50 60 70 80 90 100 110 120	60 70 80 90 100 110 120 130	70 80 90 100 110 120 130 140					
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	30 40 50 60 70 80 90 100	40 50 60 70 80 90 100 110	50 60 70 80 90 100 110 120	60 70 80 90 100 110 120 130	70 80 90 100 110 120 130 140					
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE										
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	10 15 20 25 30 35 40 45 50	15 20 25 30 35 40 45 50 55 60	20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70	25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80	30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90					
CURVAS K	CRESTA	4 7 12 23 36 3 4 6 14 20 4 8 14 20 31 43 57 8 14 20 31 43 57 8 14 20 31 43 57 72								
	COLUMPIO	4 7 10 15 20 4 7 10 15 20 4 7 10 15 20 7 10 15 20 26 31 37 43 18 20 25 31 37 43								
VERTICALES	20 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100									
PENDIENTE GOBERNADORA	0 7 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100									
PENDIENTE MAXIMA	15 10 7	12 9 6	8 7 5	7 5 4	6 5 4					
LONGITUD CRITICA										
ANCHO DE CALZADA	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0					
ANCHO DE CORONA	4.0	6.0	7.0	8.0	9.0					
ANCHO DE ACOTAMIENTOS										
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL										
B O M B E O	3	3	2	2	2					
SOBREELEVACION MAXIMA	10	10	10	10	10					
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO										
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES										

— 48 —  
 TABLA 5. CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS



brasante en todos los puntos de la curva donde sea necesario; ( Manual de Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

$$Y = K X^2$$

que representa la fórmula de una parábola, en la que "Y" es la corrección que hay que hacer a las elevaciones que se tienen sobre la tangente de entrada, para obtener las elevaciones de subrasante sobre la curva; "K" es una constante que se obtiene mediante la fórmula; ( Manual de Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

$$K = \frac{Ps - Pe}{10 N}$$

en donde:

Ps = Pendiente de salida en por ciento

Pe = Pendiente de entrada en por ciento

N = La longitud de la curva expresada en estaciones de 20 m.

si se expresa K en función de la longitud de curva; ( Manual de Proy. Geom. de Carreteras, SOP, 1976 ).

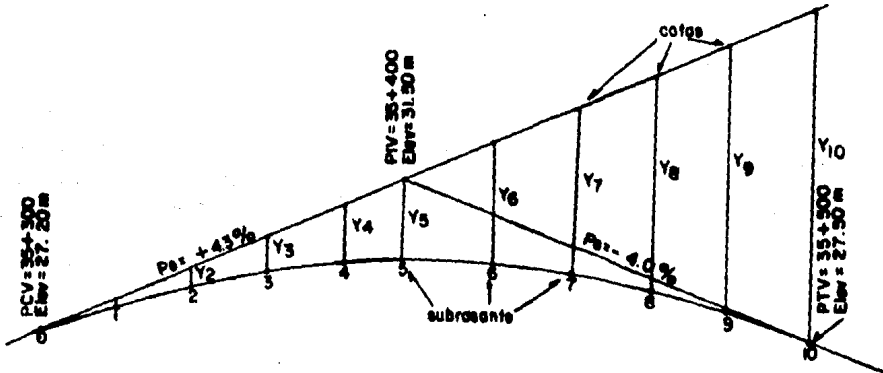
$$K = \frac{Ps - Pe}{\frac{Lc}{2}} = \frac{(Ps - Pe)2}{Lc} \text{ ----- ( a )}$$

que es una expresión más simple y de gran utilidad como se podrá ver más adelante.  $X^2$  es el cuadrado de la distancia que hay entre el PCV de la curva tomado como origen y el punto en el que se desea calcular la subrasante, expresada en estaciones de 20 m.

En forma anexa, aparece el desarrollo del cálculo de un ejemplo con datos propuestos, pudiendo apreciarse la sencillez del mismo.

Ejemplo

Sea la siguiente curva vertical:



$$K = \frac{P_s - P_e}{10N} = \frac{-4.0 - 4.3}{10(10)} = \frac{-8.3}{100} = -0.083$$

Figura 15

Curva vertical en cresta.

CALCULO DE LA CURVA

ESTACION	PENDIENTE	COTAS	CORRECCION			ELEV. SUBRAS.
			N	N <sup>2</sup>	Y=KN <sup>2</sup>	Cota + Correc.
PCV 35 + 100		27.20	0	0	0	27.20
+ 120	+ 4.3%	28.06	1	1	-0.08	27.98
+ 140		28.92	2	4	-0.33	28.59
+ 160		29.78	3	9	-0.75	29.03
+ 180		30.64	4	16	-1.33	29.31
PIV 35 + 200		31.50	5	25	-2.08	29.43
+ 220	+ 4.0%	32.36	6	36	-2.99	29.37
+ 240		33.22	7	49	-4.07	29.15
+ 260		34.08	8	64	-5.31	28.77
+ 280		34.94	9	81	-6.72	28.22
PTV 35 + 300		35.80	10	100	-8.30	27.50

Tabla 6.

Una manera de comprobar si está bien calculada la curva anterior o bien - cualquier otra curva vertical, es tomando la elevación del PIV de dicha curva, la mitad de la misma y la pendiente de salida; multiplicando esta mitad por la pendiente en por ciento y dividiendo entre 100, el valor obtenido se suma a la elevación del PIV, de donde tal resultado debe ser el mismo con - el obtenido para el PIV siguiendo la curva vertical. Si no coincide, es -- probable que se haya calculado mal la curva, entonces es necesario volver a calcularla, hasta que haya igualdad de elevaciones siguiendo los dos procedimientos.

En cuanto al cálculo de la subrasante, debe tomarse en cuenta que para fines de proyecto de carreteras, se manejan tramos de 5km; entonces, se hace necesario que en el último renglón de la forma L-1, se anoten las sumas de las distintas columnas para ir haciendo comprobaciones de trabajo a medida que se avanza, reduciendo así la posibilidad de errores y permitiendo posteriormente calcular las cantidades de obra con facilidad.

Para finalizar y a riesgo de parecer redundante ( puesto que ya se explicó en el capítulo anterior ), se dice que los espesores se obtienen mediante - las diferencias entre las elevaciones del terreno y de la subrasante para - cada estación en estudio, los cuales se reportarán también en la forma L-1, teniendo cortes cuando la elevación del terreno es mayor que la de la subrasante y terraplenes en caso contrario.

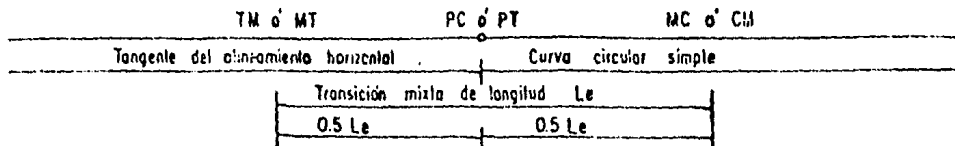
#### 4.2 Cálculo de Sobreelevaciones y Ampliaciones

Suponiendo ya calculado y revisado el alineamiento horizontal ( trazo ), y dado que ya han sido calculados los espesores para cada cadenamiento correspondiente al seccionamiento; para empezar a dibujar el proyecto del seccionamiento de construcción, se necesita; por un lado, del ancho de la subcorona, y por el otro, de los valores de sobreelevación y ampliación. En lo -- que respecta al ancho de la subcorona, se sabe que éste está dado por: ancho de corona, más ensanche, más ampliación ( si se tratara de una curva). El ensanche se explicará más adelante y las ampliaciones es lo que a continuación se explicará, acompañadas de las sobreelevaciones por ser el mismo criterio.

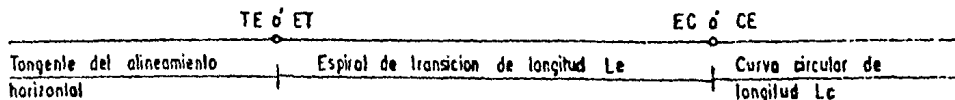
En primer lugar, las ampliaciones y sobreelevaciones, sólo se aplican en caso de curvas. Si se tratara de tangentes, la ampliación es nula y la so--

### LOCALIZACION RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

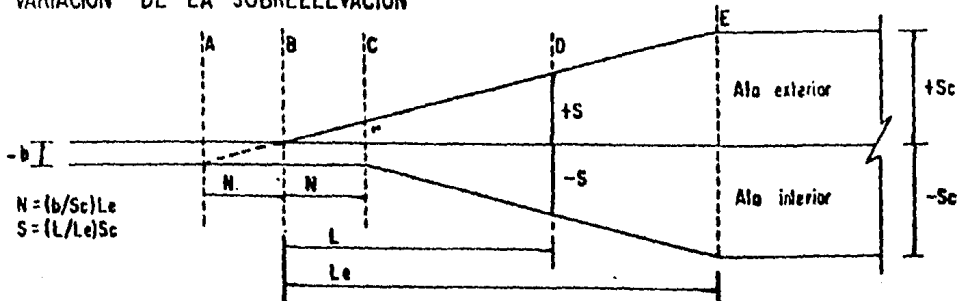
a) Transición mixta



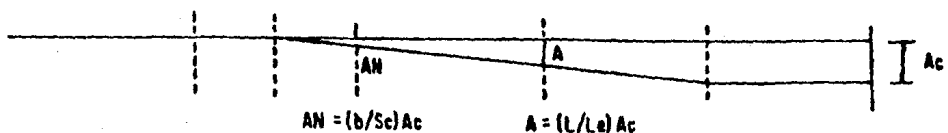
b) Espiral de transición



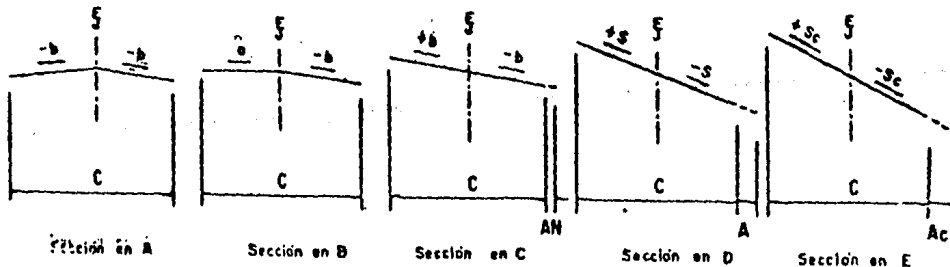
### VARIACION DE LA SOBREELEVACION



### VARIACION DE LA AMPLIACION



### SECCIONES TRANSVERSALES



**Figura 10. DESARROLLO DE LA SOBREELEVACION Y AMPLIACION**

breelevación pasa a ser lo que se llama bombeo que generalmente es del 2.0%.

En segundo lugar, el criterio para ampliar o sobreelevar el ancho de subcorona en curva, es muy sencillo y es el que rige en cualquier dependencia de dícada al proyecto de carreteras. En la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ( Departamento de Proyecto Geométrico de Carreteras ), se han editado unas tablas de Sobreelevaciones, ampliaciones y transiciones para carreteras tipos A, B, C, D y E ( tablas 7, 8, 9 y 10 ), las cuales proporcionan toda la información requerida con respecto a sobreelevaciones, ampliaciones y longitud de la transición ( que puede ser la longitud de la espiral misma o una transición mixta ).

Por otro lado, apoyados en las tablas antes citadas y en la figura 16 que muestra los puntos críticos en donde hay transición, se procede a calcular la sobreelevación y ampliación para cada kilometraje del seccionamiento por interpolación lineal y a llenar el registro correspondiente, ( figura 18 ).

Para esto se cita el siguiente ejemplo:

Camino tipo: C

Vel. de Proyecto: 80km/hr.

- Curva Circular Simple -

PI = 30 + 253.35

A = 25° DEP

G = 3° 00'

R = 381.97 m

ST = 84.68 m

LC = 166.67 m

PC = 30 + 168.67

PT = 30 + 335.34

Tomando como argumento: tipo C, G = 3°, Vel = 80 km/hr; y refiriendose a la tabla 8, se obtienen los siguientes datos:

AC = 60 cm.

Sc = 7.7%

Le = 49.0 m



en donde:

AC = Ampliación de la calzada, la corona y la subcorona en cm.

Sc = Sobreelevación en porcentaje

Le = Longitud de la transición ( transición mixta ).

Con los datos anteriores y apoyados en la figura 16, se elabora la siguiente figura:

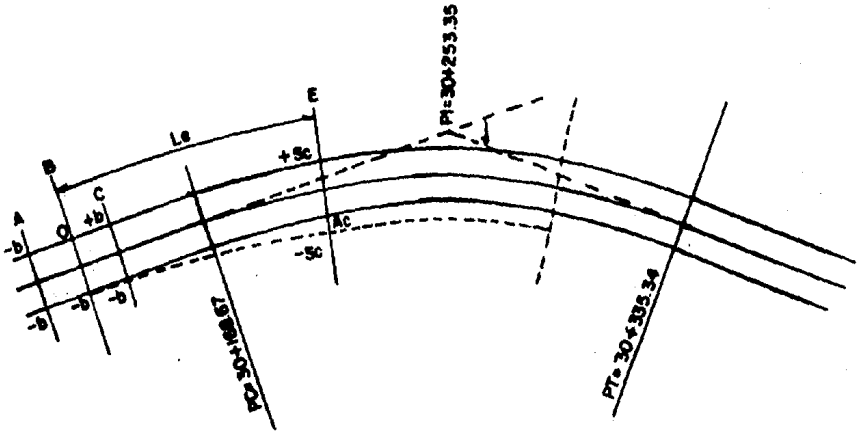


Figura 17. Curva de transición de bombeo a sobreelevación.

Si  $b = 2.0\%$

Tenemos que  $N = (2/7.7)49.0 = 12.73 \text{ m}$ ; entonces

Sección en A = PC -  $Le/2$  - N = 30 + 131.44 le corresponde sobreelevación  
 IZQ = -2.0%, DER = -2.0%

" " B = A + N = 30 + 144.17 le corresponde sobreelevación  
 IZQ = 0.0%, DER = -2.0%

" " C = B + N = 30 + 156.90 le corresponde sobreelevación  
 IZQ = +2.0%, DER = -2.0%

" " E = PC +  $Le/2$  = 30 + 197.17 le corresponde sobreelevación  
 IZQ = +7.7%, DER = -7.7%

Puesto que la salida es simétrica a la entrada, entonces se pasa a las ampliaciones y  $AN = (b/Sc)Ac = (2/77)0.60 = 0.16 \text{ m}$ , deduciéndose que:

PUNTO DE TRANSICION	SOBREELEVACION		AMPLIACION	
	IZQ	DER	IZQ	DER
A = 30 + 131.44	2.0	-2.0	0.00	0.00
B = 30 + 144.17	0.0	-2.0	0.00	0.00
C = 30 + 156.90	+2.0	-2.0	0.00	0.16
E = 30 + 197.17	+7.7	-7.7	0.00	0.60
E' = 30 + 310.84	+7.7	-7.7	0.00	0.60
C' = 30 + 347.11	+2.0	-2.0	0.00	0.16
B' = 30 + 359.84	0.0	-2.0	0.00	0.00
A' = 30 + 372.57	-2.0	-2.0	0.00	0.00

Apoyados en los puntos críticos de transición, se pueden calcular las sobre-elevaciones y ampliaciones a las estaciones reportadas en el seccionamiento por interpolación lineal.

Si se tratara de una curva con espirales de transición, el procedimiento es similar, como se podrá observar en la figura 16.

Dentro de los problemas que se pueden presentar en el cálculo, existen ciertas condiciones que se deben cumplir, lo cual ya se explico en el subcapítulo 3.2 ( sección transversal, referente a sobre-elevación ). Un registro para estos datos puede ser como el que se anexa a continuación, en donde se ejemplifica el cálculo de las curva anterior ( figura 18 ).

DATOS PARA EL PROYECTO DE SECCIONES

Hoja Nº \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

SECCION	ESTACION	G	VELOCIDAD EN PROYECTO		SOLIBELTACION		AMPLIACION		TRANSICION		ANCHO NORMAL		ANCHO CON AMPLIACION		DATOS DE LA CUNETTA		TALUDES		OBRAS/ACCIONES	
			ISO.	DES.	ISO.	DES.	S.S.	AMPL.	ISO.	DES.	ISO.	DES.	ISO.	DES.	ANCHO	PROFUNDIDAD	ISO.	DES.		
A	30+131.44																			
B	+140																			
C	30+144.13																			
D	30+186.90																			
E	+160																			
F	+180																			
G	30+193.17																			
H	+200																			
I	+220																			
J	+240																			
K	+260																			
L	+280																			
M	+300																			
N	30+310.64																			
O	+320																			
P	+340																			
Q	30+349.11																			
R	30+359.64																			
S	+360																			
T	30+372.53																			
U																				
V																				
W																				
X																				
Y																				
Z																				

$G = \frac{V^2}{R}$   
 $R = \frac{V^2}{G}$   
 $R = \frac{100^2}{0.16} = 62500$

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0 30	229.04	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 00	145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 30	762.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2 00	572.95	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2 30	450.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3 00	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3 30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4 00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
4 30	234.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5 00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5 30	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6 00	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6 30	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7 00	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7 30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
8 00	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8 30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9 00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9 30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	18	70	5.5	22	80	8.6	41			
10 00	114.59	60	3.0	10	70	3.3	18	80	5.9	24	90	9.1	44			
11 00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	18	80	6.5	26	90	10.0	48			
12 00	95.49	60	3.0	10	80	4.0	18	90	7.1	28						
13 00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14 00	81.83	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15 00	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16 00	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17 00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18 00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19 00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20 00	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22 00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24 00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26 00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28 00	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30 00	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32 00	35.81	130	5.3	13												
34 00	33.70	130	5.7	14												
36 00	31.83	140	6.0	14												
38 00	30.16	150	6.3	15												
40 00	28.65	150	6.7	16												
42 00	27.28	160	7.0	17												
44 00	26.04	160	7.3	18												
46 00	24.91	170	7.7	18												
48 00	23.87	180	8.0	19												
50 00	22.92	180	8.3	20												
52 00	22.04	190	8.7	21												
54 00	21.22	190	9.0	22												
56 00	20.45	200	9.3	22												
58 00	19.76	200	9.7	23												
60 00	19.10	210	10.0	24												

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

Sc Sobreelevación, en porcentaje

Le Longitud de la transición mixta, en m

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

TABLA 7 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES  
 PARA CARRETERAS TIPOS E Y D

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0' 15"	45368	20	20	22	20	20	22	20	20	34	20	20	39	20	20	49	20	20	50	30	20	51
0' 30"	229184	20	20	22	20	20	28	20	20	34	20	20	39	20	20	49	20	20	50	30	20	51
0' 45"	152780	20	20	22	20	20	28	20	20	34	20	20	39	20	20	49	20	20	50	40	35	51
1' 00"	114592	20	20	22	30	20	28	30	20	34	30	25	39	30	30	49	40	36	50	40	46	56
1' 15"	91674	30	20	22	30	20	28	30	23	34	40	30	39	40	37	49	40	43	50	50	55	56
1' 30"	76394	30	20	22	30	20	28	40	28	34	40	36	39	40	44	49	50	53	50	50	65	56
1' 45"	65481	30	20	22	30	22	28	40	32	34	40	41	39	50	50	49	50	60	50	60	73	56
2' 00"	57296	30	20	22	40	25	28	40	36	34	50	46	39	50	57	49	50	68	50	60	81	62
2' 15"	50930	30	20	22	40	28	28	40	40	34	50	51	39	50	62	49	60	74	53	60	87	70
2' 30"	45827	40	21	22	40	31	28	50	44	34	50	55	39	60	67	49	60	78	57	70	93	71
2' 45"	41670	40	23	22	40	34	28	50	47	34	50	50	39	60	72	48	60	84	60	70	98	71
3' 00"	38197	40	25	22	50	37	28	50	51	34	60	64	39	60	77	48	70	82	63	70	99	71
3' 15"	35259	40	27	22	50	39	28	50	54	34	60	68	39	60	81	52	70	92	56	80	100	80
3' 30"	32740	40	29	22	50	42	28	50	57	34	60	71	40	70	85	54	70	86	68			
3' 45"	30538	50	31	22	50	44	28	60	60	34	60	75	42	70	88	56	70	88	71			
4' 00"	28648	50	33	22	50	47	28	60	63	34	60	78	44	70	91	58	80	89	71			
4' 15"	26963	50	34	22	60	49	28	60	66	34	70	81	45	70	94	60	80	90	72			
4' 30"	25463	50	36	22	60	51	28	60	69	34	70	84	47	80	96	61						
4' 45"	24125	50	38	22	60	54	28	60	71	34	70	87	49	80	98	63						
5' 00"	22918	50	39	22	60	56	28	70	74	36	70	89	50	80	99	63						
5' 30"	20935	60	42	22	60	60	28	70	78	37	80	93	52	80	100	64						
6' 00"	19098	60	45	22	70	63	28	70	82	39	80	96	54									
6' 30"	17629	60	48	22	70	67	28	80	85	41	90	98	55									
7' 00"	16370	70	51	22	70	70	28	80	89	43	90	99	55									
7' 30"	15275	70	53	22	80	73	29	90	91	44	90	100	56									
8' 00"	14324	70	56	22	80	76	30	90	94	45												
8' 30"	13481	80	58	22	80	79	32	90	96	46												
9' 00"	12732	80	61	22	90	82	33	100	97	47												
9' 30"	12082	80	63	22	90	84	34	100	98	47												
10' 00"	11459	90	65	22	100	86	35	100	99	48												
11' 00"	10417	90	69	22	100	90	36	110	100	48												
12' 00"	9545	100	73	23	110	93	37															
13' 00"	8815	100	76	24	110	96	38															
14' 00"	8185	110	79	25	120	98	39															
15' 00"	7639	110	82	26	120	99	40															
16' 00"	7162	120	85	27	130	100	40															
17' 00"	6741	120	87	28	140	100	40															
18' 00"	6366	130	89	29																		
19' 00"	6031	130	91	29																		
20' 00"	5730	140	92	29																		
21' 00"	5457	140	94	30																		
22' 00"	5209	150	95	30																		
23' 00"	4982	150	96	31																		
24' 00"	4775	150	97	31																		
25' 00"	4584	160	98	31																		
26' 00"	4407	170	99	32																		
27' 00"	4244	170	99	32																		
28' 00"	4093	180	100	32																		
29' 00"	3951	180	100	32																		
30' 00"	3820	180	100	32																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm

Sc Sobreelevación, en porcentaje

Le Longitud de la transición, en m

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

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

TABLA 8 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO C

ELEVACIÓN		50			60			70			80			90			100			110			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
15	53336	0	20	25	0	20	34	0	20	33	0	20	45	0	20	50	0	20	56	0	20		
20	229184	0	20	25	0	20	34	0	20	33	0	20	45	0	20	50	0	20	56	0	20		
25	152739	20	20	28	20	20	34	20	20	33	20	23	45	30	28	50	30	34	56	30	40		
30	114592	20	20	28	20	20	34	20	20	33	30	30	45	30	36	50	30	43	56	30	32		
35	91674	20	20	28	20	23	34	30	30	39	30	37	45	40	45	50	40	55	56	40	53		
40	76394	20	20	28	30	28	34	30	35	39	30	44	45	40	53	50	40	64	56	40	73		
45	65481	30	22	28	30	32	34	30	41	39	40	50	45	40	61	50	40	73	58	30	91		
50	57256	30	25	28	30	36	34	30	46	39	40	57	45	40	67	50	50	81	65	30	89		
55	50930	30	28	28	40	40	34	40	51	39	40	62	45	50	73	53	50	87	70	60	94		
60	45937	30	31	28	40	44	34	40	55	39	40	68	45	50	79	57	60	92	74	60	98		
65	41670	30	34	28	40	47	34	40	60	39	50	73	47	50	84	60	60	96	77	60	100		
70	38187	40	37	28	40	51	34	50	65	35	50	77	49	60	88	63	60	99	79				
75	35259	40	38	28	40	54	34	50	67	39	50	81	52	60	92	66	60	100	80				
80	32740	40	42	28	50	57	34	50	71	40	60	85	54	60	96	69							
85	30558	40	44	28	50	60	34	50	75	42	60	88	56	60	98	71							
90	28648	40	47	28	50	63	34	50	78	44	60	91	58	70	99	71							
95	26863	50	49	28	50	66	34	60	81	45	60	94	60	70	100	72							
100	25465	50	51	28	50	69	34	60	84	47	70	96	61										
105	24125	50	54	28	50	71	34	60	87	49	70	97	62										
110	22918	50	56	28	50	74	36	60	89	50	70	99	63										
115	20855	60	60	28	60	78	37	70	93	52	80	100	64										
120	19099	60	63	28	70	82	38	70	96	54													
125	17629	60	67	28	70	86	41	80	98	55													
130	16370	60	70	28	70	89	43	80	99	55													
135	15279	70	73	28	80	91	45	80	100	56													
140	14324	70	76	30	80	94	45																
145	13481	70	79	32	80	96	46																
150	12732	80	82	33	80	97	47																
155	12062	80	84	34	90	98	47																
160	11459	80	86	34	90	99	48																
165	10913	90	88	35	100	100	48																
170	10417	90	90	36	100	100	48																
175	9984	90	92	37																			
180	9549	100	93	37																			
185	9167	100	95	38																			
190	8813	100	96	38																			
195	8488	110	97	39																			
200	8185	110	98	39																			
205	7903	110	98	39																			
210	7639	110	99	40																			
215	7393	120	99	40																			
220	7162	120	100	40																			
225	6943	120	100	40																			
230	6741	130	100	40																			

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm

Sc Sobreelevación, en porcentaje

Le Longitud de la transición, en m

(Abajo de la línea gruesa se empiezan espirales de transición y arriba se usan transiciones mixtas)

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

TABLA 9 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPOS B Y A (A2)

VELOCIDAD		70			80			90			100			110			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
		Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts
0	15	453343	0	30	70	37	57	0	30	70	37	57	0	30	70	37	57
0	30	229184	20	30	20	39	67	20	30	20	45	76	20	40	20	50	86
0	45	152739	20	40	20	39	67	20	40	20	45	76	20	50	20	50	86
1	00	114572	20	50	25	53	67	30	50	30	45	76	30	60	30	50	86
1	15	91614	30	50	30	39	67	30	60	37	45	76	40	60	45	50	86
1	30	76394	30	60	35	39	67	30	60	44	45	76	40	70	53	50	86
1	45	68481	30	60	41	39	67	40	70	50	45	76	40	80	51	50	86
2	00	57296	30	70	46	39	67	40	80	57	45	76	40	90	67	50	86
2	15	50930	40	80	51	39	67	40	90	62	45	76	50	100	73	53	89
2	30	45837	40	80	55	39	67	50	90	68	45	76	50	100	79	57	97
2	45	41670	40	80	60	39	67	50	90	73	47	76	50	110	84	60	103
3	00	38197	50	90	64	39	67	50	100	77	49	84	60	110	88	63	108
3	15	35259	50	90	67	39	67	50	110	81	52	88	60	120	92	65	113
3	30	32740	50	100	71	40	68	60	110	85	54	92	60	120	95	69	118
3	45	30558	50	110	75	42	71	60	120	88	56	96	60	130	98	71	120
4	00	28648	60	110	78	44	75	60	130	91	58	99	70	130	99	71	121
4	15	26963	60	110	81	45	77	60	130	94	60	102	70	140	100	72	122
4	30	25465	60	120	84	47	80	70	130	96	61	104					
4	45	24125	60	120	87	49	83	70	140	97	62	106					
5	00	22978	60	120	89	50	85	70	140	99	63	108					
5	15	21827	60	130	91	51	87	80	140	100	63	108					
5	30	20935	70	140	93	52	89	80	150	100	64	108					
5	45	19929	70	140	95	53	90										
6	00	19099	70	150	96	54	91										
6	15	18335	70	150	97	54	92										
6	30	17629	80	160	98	55	93										
6	45	16977	80	160	99	55	94										
7	00	16370	80	160	99	55	94										
7	15	15806	80	160	100	56	95										
7	30	15279	80	170	100	56	95										

*n. 1.74*

- Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm
- Sc Sobreelevación, en porcentaje
- Le Longitud de la transición, en m

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

*n. 1.74*

**Notas.-**

Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.  
 A4S - Dos carriles en cada cuerpo (cuerpos separados) con el eje de proyecto en el centro de cada calzada  
 A4 - Cuatro carriles en un solo cuerpo, con el eje de proyecto coincidiendo con el eje geométrico.

**TABLA 10 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO A (A4S Y A4)**

#### 4.3 Proyecto del Seccionamiento de Construcción.

En esta fase se supone ya calculado lo correspondiente a sobreelevaciones y ampliaciones, ahora, para terminar de llenar el registro de datos para el dibujo del proyecto de secciones ( figura 18 ) y proceder a dibujar la sección de construcción del camino, como se observa en la siguiente figura:

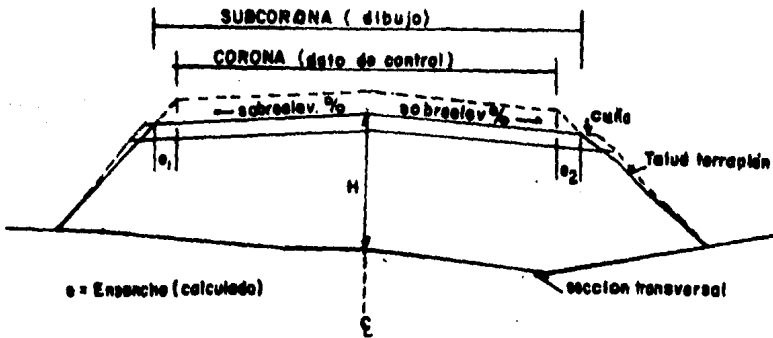


Figura 19. Sección de construcción en terraplén.

Se necesita, por un lado, de los datos de control para el proyecto del camino, es decir, se necesita de lo siguiente:

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| a) Ancho de corona                               | 70 m. (dato supuesto)   |
| b) Espesor de revestimiento ( base más subbase ) | 0.30 m. (dato supuesto) |
| c) Talud de terraplén                            | 1.5 x 1 " "             |
| d) Ancho de cuneta ( caso de cortes )            | 1.00 m. " "             |

en donde, cuyos datos son constantes a lo largo del camino para el tramo en estudio. Por otro lado, se necesita del estudio geotécnico ( de suelos ) para observar el talud recomendado en el caso de cortes.

- |                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| e) Talud de corte | 1.5 x 1 (dato supuesto muy usual). |
|-------------------|------------------------------------|

En el caso de una sección en terraplén, se calculará el ensanche indicado en la figura 19, mientras que en el caso de una sección en corte, dicho ensanche es nulo, ( observese la figura 20 ), quedando el ancho



de subcorona como ancho de corona.

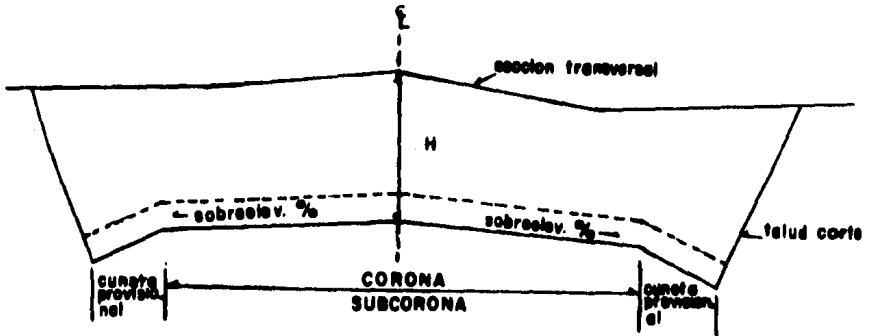


Figura 20. Sección de construcción en corte.

Entonces, de las figuras anteriores, se deduce que las expresiones que definen el ancho de subcorona tanto en corte como en terraplén, son las siguientes:

Subcorona en corte = corona + ampliación ( caso de curvas ).

Subcorona en terraplén = corona + ensanche ( $e_1 + e_2$ ) + ampliación ( caso de curvas ) + cuña de afinamiento.

El ensanche, como se vió en el subcapítulo 3.2 ( subcorona ), se obtiene mediante la expresión:

$$\text{Ensanche} = \frac{\text{Revestimiento}}{\left( \frac{1}{\text{Talud terraplén}} + \text{Sobreelevación}^* \right)} = \frac{R}{\left( \frac{1}{T} + S \right)} = e$$

\* expresada en decimales y con su signo.

de donde se puede observar que tanto el revestimiento como el talud del terraplén, por tratarse de datos de control; estos permanecen constantes durante todo el tramo en estudio, mientras que la sobreelevación es un dato variable, ya que generalmente el camino presentará quiebres pa-

ra salvar obstáculos, originando de este modo las llamadas curvas horizontales.

Debe recordarse que cuando el camino va en tangente, la sobreelevación, pasa a ser lo que se llama bombeo, el cual es del 2.0% y permanece constante mientras no haya curva.

Ejemplo: R = 0.30 m; T = 1.51 : 1, S = -2% ( para tangente )

$$e = \frac{0.30}{\frac{1}{1.5} - 0.02} = \frac{0.30}{0.6666 - 0.0200} = \frac{0.30}{0.6466} = 0.46 \text{ m.}$$

De manera general, se ha explicado como se obtiene el ancho de la subcorona para casos en corte o en terraplén; pero una manera de llevar el control de estos datos, es dividiendo en dos partes el ancho de la subcorona, tomando como referencia para la partición al eje del proyecto, y para designar el lado ( izquierdo o derecho ), el sentido del cadenamamiento. Entonces, a partir del eje de proyecto y siguiendo el sentido del cadenamamiento, se tendrán el lado izquierdo y el lado derecho de la subcorona, o bien semisubcorona izquierda y semisubcorona derecha. Esta división por comodidad para cálculos posteriores es aceptable, dado que no siempre ambos lados de la subcorona coinciden en su sección, es decir, muchas veces se tendrán secciones en balcón en donde el lado de recho se encuentre en terraplén pero el lado izquierdo en corte o viceversa.

Si se supone una sección en balcón para ejemplificar, el ancho de la semisubcorona en terraplén se obtiene como ya se dijo anteriormente; adicionando al ancho de la semicorona el sobreancho del lado en cuestión, más la ampliación si estuviera la sección en curva.

En cuanto al ancho de la semisubcorona en el corte, será igual al de la semicorona, ya que normalmente se proyecta una cuneta provisional previendo el caso de que no se pavimente de inmediato el camino en proyecto. De aquí resulta que el ancho de la cuneta provisional, es ligeramente inferior al de la cuneta terminada o definitiva dependiendo del talud del corte ( el talud de la cuneta, por especificación es siempre

de 3 ; 1 ) y del espesor de subbase más base ( revestimiento ). En la tabla 11, se presentan los valores que resultan del cálculo de acuerdo con las variables que comúnmente se tienen en la práctica.

### ANCHO DE CUNETAS EN SUBRASANTE

Fórmula 
$$q = 1.00 - \frac{R}{\left(\frac{1}{t} + \frac{1}{3}\right)}$$

t = talud de corte

R = espesor de revestimiento

q = ancho de la cuneta provisional en subrasante en función del talud del corte y el espesor de revestimiento.

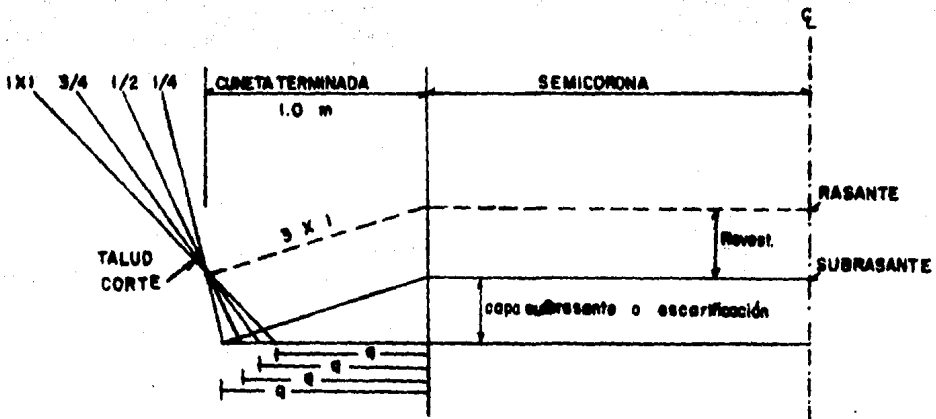


Figura 21. Ancho de cunetas en subrasante.

Esp. Rev. TALUD CORTE	15	20	25	30	35	40
	1 x 1	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74
3/4 x 1	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.75
1/2 x 1	0.94	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83
1/4 x 1	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91

Tabla 11.

Una vez obtenidos los anchos de la semisubcorona izquierda y derecha, ya sea en corte o en terraplén según se presente el caso ( los cuales ya fueron anotados en el registro de la figura 17 ), se procede a proyectar las secciones, de acuerdo con el espesor, las sobreelevaciones, las ampliaciones, los taludes para terraplenes y para cortes, según las inclinaciones que para el caso proporciona la oficina de geotécnia, diciendo si se debe proyectar caja ( excavación adicional ) en los cortes o bien escarificar y recompactar la cama de los cortes, si se deben proyectar escalones de liga y en que casos, si se debe proyectar -  
cña de afinamiento, cuantas compactaciones deben considerarse en ca-  
racterísticas de estratos de materiales diferentes, etc.

Toda la infomación antes descrita, se maneja antes o simultáneamente al estar proyectando las secciones, todo dependiendo de la rapidez con que se recopila la información, porque habrá ocasiones en que se pro-  
yecte aún con los puros anchos y sobreelevaciones calculadas.

Esta fase es una de las más tardadas, por el cuidado que se debe tener al proyectar, ya que para disminuir el tiempo de ejecución, se requiere mucha habilidad en el manejo de las escuadras y de los números, puesto que cada sección por proyectar, presentará en su mayoría anchos y sobre  
elevaciones diferentes.

Las secciones se dibujan en rollos que abarcan 5 km de proyecto, desig  
nándoseles como tramos de 5 km. En todas y cada una de las secciones, se van anotando a lápiz los datos del proyecto para su posterior reuti  
lización.

Si la persona que va a ajecutar el trabajo, no está familiarizada con el proyecto, es necesario que el proyectista la oriente, indicándole -

claramente ésta fase y las que siguen, así como el manejo de los diferentes tipos de herramientas que se utilizan para su ejecución.

#### 4.4 Determinación de Áreas

Pasando nuevamente al rollo de secciones y considerando que ya se encuentran proyectadas y revisadas a fin de evitar posibles errores de dibujo; ahora la fase siguiente es determinar el área de cada una de éstas mismas.

Dicha área comprenderá la región delimitada por el proyecto y la sección transversal. De manera ilustrativa se puede decir que las áreas por obtener, son las siguientes:

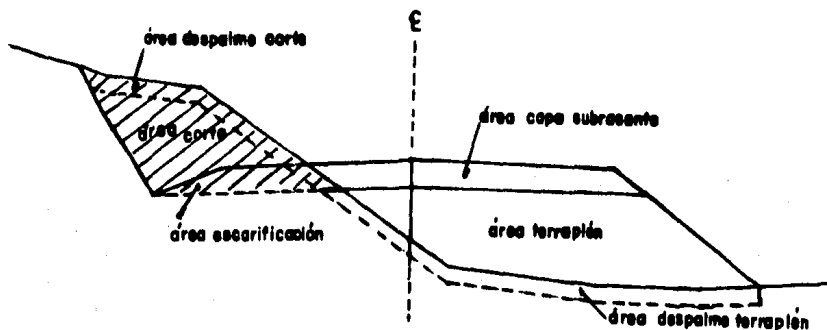


Figura 22. Sección tipo de áreas

Dentro de los diferentes procedimientos empleados para obtener áreas, los tres siguientes son los más comunes:

- A) Método Analítico
- B) Método Gráfico
- C) Método del Planímetro

Conviene describir brevemente estos tres procedimientos para tener la idea de qué tan eficaces son unos con respecto a otros, evaluados en tiempo y facilidad para aplicarlos.

A) Método Analítico: Este método puede llamarse también, Método de -  
Coordenadas, puesto que se basa en el empleo de las coordenadas -  
y/o proyecciones de un polígono del cual son conocidas éstas mismas.

De los Métodos de Coordenadas más conocidos, se pueden mencionar -  
los siguientes: por diferencia de abscisas, por diferencia de orde-  
nadas, de productos cruzados, dobles distancias meridianas y dobles  
distancias paralelas.

Para determinar las áreas del seccionamiento, los métodos empleados  
son los tres primeros, pero el tercero es el que más se acomoda pa-  
ra dicho cálculo.

Como ejemplo se cita la siguiente figura:

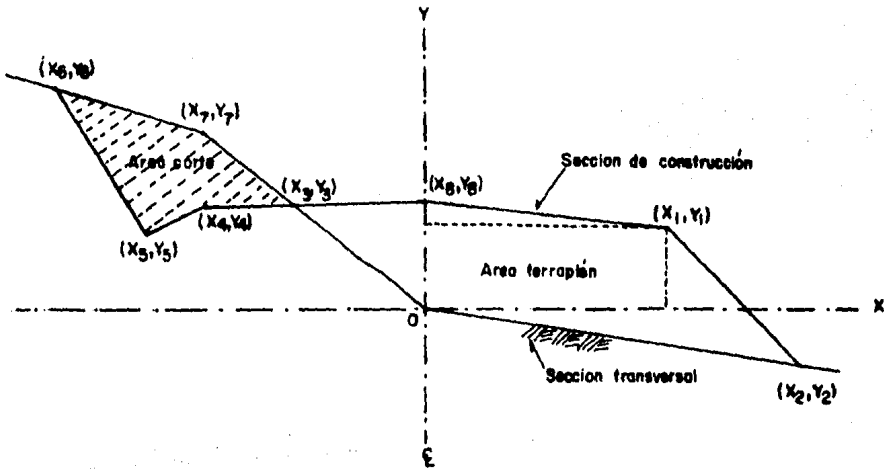


Figura 23. Area de la sección por el método analítico.

De dónde aplicando el método de productos cruzados, la fórmula general es la siguiente:

COORDENADAS		PRODUCTOS	
X	Y	(+)	(-)
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>		X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>
X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>
X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> Y <sub>3</sub>	
=	=	= =	
=	=	= =	X <sub>n</sub> Y <sub>n-1</sub>
X <sub>n</sub>	Y <sub>n</sub>	X <sub>n-1</sub> Y <sub>n</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>n</sub>
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>n</sub> Y <sub>1</sub>	
		$\sum(+)$	$\sum(-)$

$$A = \frac{1}{2} \left[ \sum(+)-\sum(-) \right]$$

Por su naturaleza, este método es útil cuando las áreas de las secciones se calculan con la ayuda de una computadora. Si el cálculo se hace manualmente, el método puede resultar muy elaborado, sin embargo, se simplifica escogiendo un sistema de ejes adecuado y seleccionado apropiadamente los puntos que definen la sección de construcción y el terreno natural.

B) Método Gráfico: En la figura que sigue, la sección en terraplén -- mostrada, ha sido dividida en trapecios y dos triángulos extremos, mediante líneas verticales a una separación constante "S".

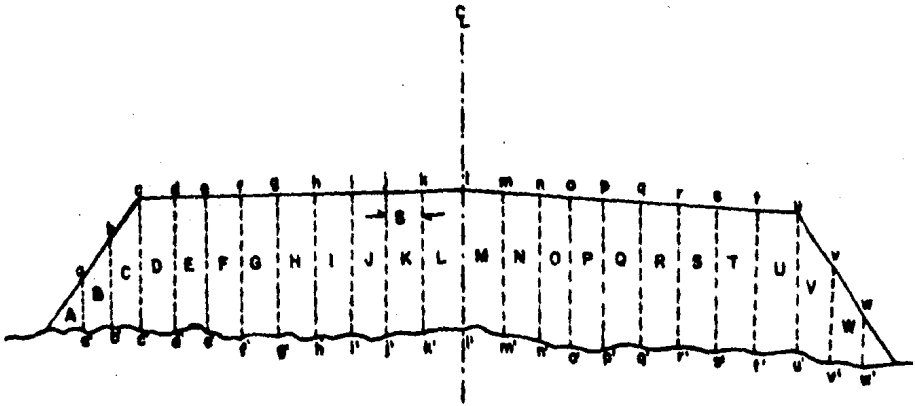


Figura 24. Área de la sección por método gráfico.

El área de la sección es igual a la suma de las áreas parciales.

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

$$\left(\frac{e+f}{2}\right)S + \left(\frac{f+g}{2}\right)S + \dots\dots\dots$$

o lo que es lo mismo, siendo constante S:

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

$$\left(\frac{e+f}{2}\right) + \left(\frac{f+g}{2}\right) + \dots\dots\dots$$

o sea:

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

$$+ \left(\frac{2g}{2}\right) + \dots\dots\dots$$



Por lo tanto:

$$AT = S( a+b+c+d+e+f+\dots\dots\dots )$$

Para que ésta expresión fuera exacta, se necesitaría que las líneas verticales, coincidieran en todos los casos con los puntos de cambio de pendiente del terreno y con los ceros, hombros y centro de la línea de la sección, lo que no siempre sucede; el error que se origina, es función de la equidistancia S y lógicamente será menor -- conforme S sea más pequeña, pero si la equidistancia S es menor, el cálculo sería más tardado.

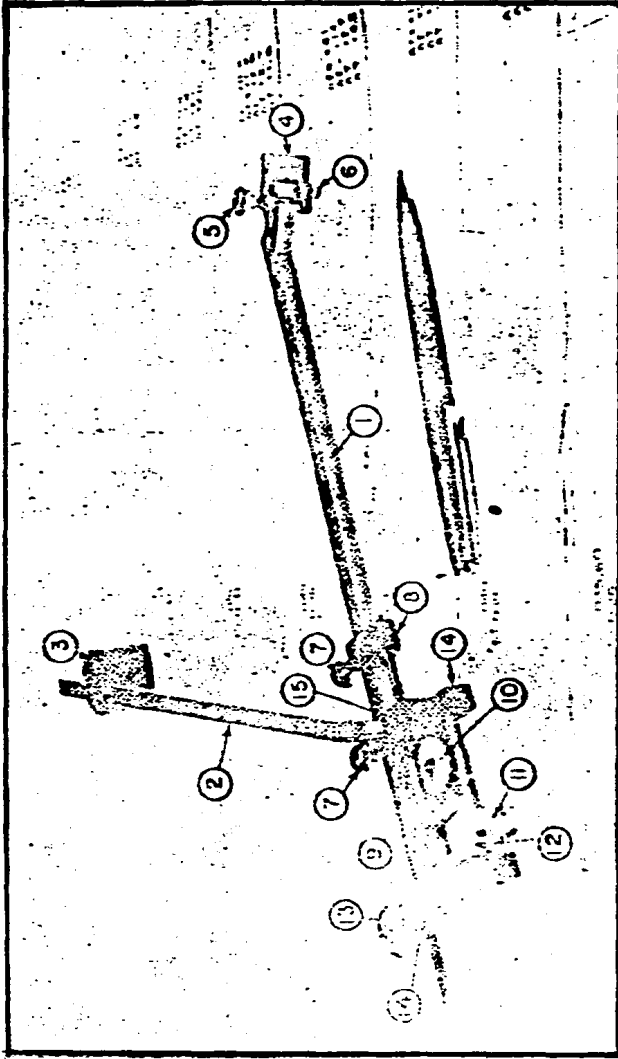
La aplicación del método gráfico, basada en esta expresión, consiste en acumular las distancias aa', bb', cc', dd' ...., marcándolas en una tirilla de papel; una vez efectuada la operación en toda la sección, la distancia entre los marcos extremos en la tirilla, multiplicada por la equidistancia S, define el área total de la sección.

Este método, en la actualidad ya es poco usual para cálculos tradicionales de curva de masas.

- C) Método del Planímetro: Por la rapidez en su operación y por la precisión que proporciona, el planímetro es el instrumento que más se presta para la determinación de áreas por el método tradicional. De los distintos tipos existentes, el polar de brazo ajustable, es el más empleado y se describe a continuación:

El instrumento ( figura 25 ), se apoya en la mesa en cuatro puntos: tres de ellos pertenecen al brazo trazados ( 1 ) y son:

La rueda de deslizamiento ( 13 ), la guía trazadora ( 5 ) con la que se sigue el contorno de la figura por arear y el tambor ( 11 ), que está graduado en 100 partes y es en el que se toman las lecturas en unidades; tiene junto un nonio ( 12 ) que aproxima al décimo. El cuarto punto de apoyo en la mesa, es el polo ( 3 ), que queda fijo a ella por una punta de aguja y corresponde al brazo polar ( 2 ). Ambos brazos se unen a través de una articulación ( 15 ) en el soporte ( 14 ). Este soporte lleva el tambor, el nonio y un disco graduado ( 10 ), que marca el número completo de vueltas del tambor. El bra-



- |                   |                          |                                       |
|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Brazo trazador | 6. Tornillo protector    | 11. Tambor medidor                    |
| 2. Brazo polar    | 7. Tornillos de sujeción | 12. Nonio                             |
| 3. Polo           | 8. Tornillo de ajuste    | 13. Rueda de balanceo y deslizamiento |
| 4. Perilla móvil  | 9. Control de vómito     | 14. Soporte                           |
| 5. Guía trazadora | 10. Contador de carátula | 15. Articulación                      |

FIGURA 28. PLANIMETRO POLAR

zo trazador, está graduado para que se pueda poner el índice ( 9 ) del soporte frente al valor debido, valor que dependerá de la escala a que esté el dibujo; hay también ciertos valores constantes del aparato, para dar centímetros cuadrados en las unidades del tambor. Para que el índice quede en la posición exacta, primero se mueve a mano el soporte sobre el brazo graduado hasta que el índice quede a proximadamente frente al valor debido; se aprieta uno de los tornillos para fijar el soporte al brazo; después se mueve el índice girando el tornillo sin fin del soporte y apreciando con ayuda del no nio, la lectura en la graduación; estando ya en la correcta, se aprieta el segundo tornillo para mantener fijo del soporte.

Teniendo en cuenta que la escala del papel milimétrico puede no corresponder a las dimensiones nominales, sea por una impresión defectuosa o por condiciones climatológicas, es norma práctica, antes de efectuar las mediciones de áreas, ajustar el planímetro para obtener las áreas correctas.

Para determinar el área, se fija el polo en el punto conveniente y se coloca la guía trazadora en un cero de la sección, se toma la -- lectura inicial y se sigue el perímetro de la figura con la guía, - hasta volver al punto de partida, haciéndose una nueva lectura; la diferencia entre estas lecturas multiplicada por una constante, será el área buscada; para comprobar el dato obtenido, se repite la o peración, debiendo estar la diferencia entre ambos resultados dentro de la tolerancia establecida. Cuando el polo se coloca fuera de la sección y el perímetro de ésta es recorrido por la guía trazadora - en el sentido de las manecillas del reloj, la lectura final será ma yor que la inicial y el número de vueltas que da el tambor será positivo, o sea que el tambor gira hacia adelante; si el perímetro se recorre en sentido opuesto, la lectura final será menor que la inicial.

Una demostración geométrica de la teoría de la matemática en que se basa el planímetro, puede encontrarse entre otras, en el tratado de Topografía, cuarta edición, año de 1964, de los autores, Davis y -- Foote,

De acuerdo a los tres métodos anteriores, el más usual es el prime ro, pasando a segundo término los dos siguientes. Esto porque ac--

tualmente tienen un uso más generalizado las calculadoras de bolsillo, las cuales mediante un programa sencillo y aplicando el método de productos cruzados, se obtiene el área de un polígono irregular para un número ilimitado de vértices.

Conforme se van obteniendo las áreas directamente del rollo del seccionamiento, éstas se van anotando en un extremo de la sección y como se observó en la primera figura de éste subtema, en una sola sección se pueden reportar áreas por diferentes conceptos: área terraplén, área corte, área capa subrasante, área despalme en corte, área despalme en terraplén, área escarificación, etc.

#### 4.5 Cálculo de Volúmenes

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierras. Para ello es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismoides, tanto en corte como en terraplén. Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales, representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural. Para determinar el volumen, se tomarán dos secciones unidas por sus vértices, conformando así un prismoide trapezoidal, pero para hacer la demostración de la expresión utilizada para calcular el volumen entre dos secciones, se parte de la fórmula del prismoide triangular.

Fórmula del Prismoide Triangular. - Para deducir la expresión para el cálculo del volumen de un prismoide, considérese uno de base triangulares como el mostrado en la figura 26. 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 puede deducirse:

$$A_1 = \frac{1}{2} b_1 h_1 \quad ; \quad A_2 = \frac{1}{2} b_2 h_2$$

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

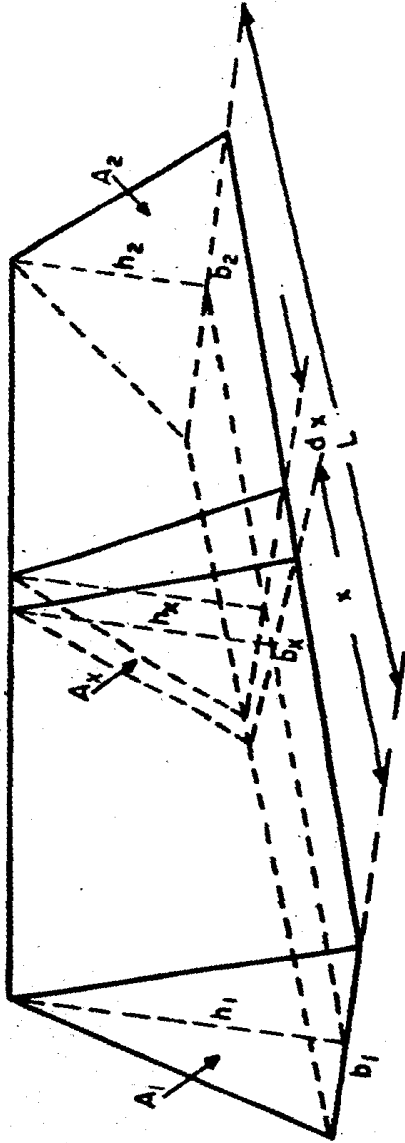


FIGURA 28 VOLUMEN DE UN PRISMO DE TRIANGULO

Pero, por interpolación lineal se deduce que:

$$bx = b_1 + (b_2 - b_1) \frac{x}{L}$$

$$hx = h_1 + (h_2 - h_1) \frac{x}{L} \text{ ----- ( 2 )}$$

Si se sustituye ( 2 ) en ( 1 ) y desarrollando:

$$Ax = \frac{1}{2} (b_1 + (b_2 - b_1) \frac{x}{L}) (h_1 + (h_2 - h_1) \frac{x}{L})$$

$$Ax = \frac{1}{2} b_1 h_1 + (b_1 h_2 - b_1 h_1 + b_2 h_1 - b_1 h_1) \frac{x}{L} + (b_2 h_2 - b_2 h_1 - b_1 h_2 + b_1 h_1) \frac{x^2}{L^2}$$

Esta expresión, se refiere al área de una sección x del prismoide por cubicar, luego para obtener su volumen total se integrará dicha expresión tomando pequeños incrementos dx de separación entre sección y sección.

El volumen del prismoide puede calcularse entonces como:

$$V = \int_0^L Ax \, dx$$

Sustituyendo el valor de Ax en la expresión anterior, integrando y simplificando:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{2} \left[ b_1 \left( \frac{h_2}{6} + \frac{h_1}{3} \right) + b_2 \left( \frac{h_2}{3} + \frac{h_1}{6} \right) \right] \\
 &= \frac{L}{6} \left[ \frac{b_1 h_1}{2} + \frac{b_1}{2} (h_1 + h_2) + \frac{b_2}{2} (h_1 + h_2) + \frac{b_2 h_2}{2} \right] \\
 &= \frac{L}{6} \left[ \frac{b_1 h_1}{2} + 4 \frac{\frac{b_1 + b_2}{2} \frac{h_1 + h_2}{2}}{2} + \frac{b_2 h_2}{2} \right]
 \end{aligned}$$

Pero:

$\frac{b_1 + b_2}{2}$  ,  $\frac{h_1 + h_2}{2}$  son la base y la altura media de un triángulo que se encuentra a la mitad de la longitud L considerada; si se llama  $A_m$  al área de ese triángulo y considerando las expresiones ( 1 ), se

tendrá:

$$V = \frac{L}{6} (A_1 + 4A_m + A_2) \text{ ----- ( 3 )}$$

que es la expresión conocida como fórmula del prismoide.

Si ahora, se aplica la hipótesis de:

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

y se sustituye en ( 3 ), se tendrá:

$$V' = \frac{L}{2} (A_1 + A_2) \text{ ----- ( 4 )}$$

que es la expresión conocida como fórmula de las áreas medias y que por su suplicidad es muy útil para el cálculo de volúmenes.

Esta expresión introduce un error, cuando  $A_m$  no es el promedio de las áreas extremas, error que casi siempre es nulo cuando las bases prismoidales conservan la misma forma geométrica.

Aunque los prismoides definidos por las secciones transversales de un camino, se asemejan más a un prismoide trapecial que a uno triangular, las expresiones ( 3 ) y ( 4 ) siguen siendo válidas.

En efecto, considérese un prismoide con base I y II y descompóngase en cuatro prismoides triangulares ( figura 27 ). El volumen total del prismoide, será igual a la suma de cada uno de los volúmenes de los prismoides triangulares, esto es:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

y empleando la fórmula de las áreas medias:

$$V = \frac{1}{2}(A_1+A_1') + \frac{L}{2}(A_2+A_2') + \frac{L}{2}(A_3+A_3') + \frac{L}{2}(A_4+A_4')$$

$$V = \frac{L}{2}(A_1+A_2+A_3+A_4+A_1'+A_2'+A_3'+A_4')$$

$$V = \frac{L}{2}(AI + AII) \text{ ----- ( 5 )}$$

Aquí, dado que las bases de los prismoides 1 y 4 son iguales, tienen un error nulo.

Hasta aquí se han considerado prismoides en tramos rectos del camino.

Cuando el camino va en curva horizontal, las secciones transversales no son paralelas entre sí y las expresiones deducidas anteriormente no son válidas.

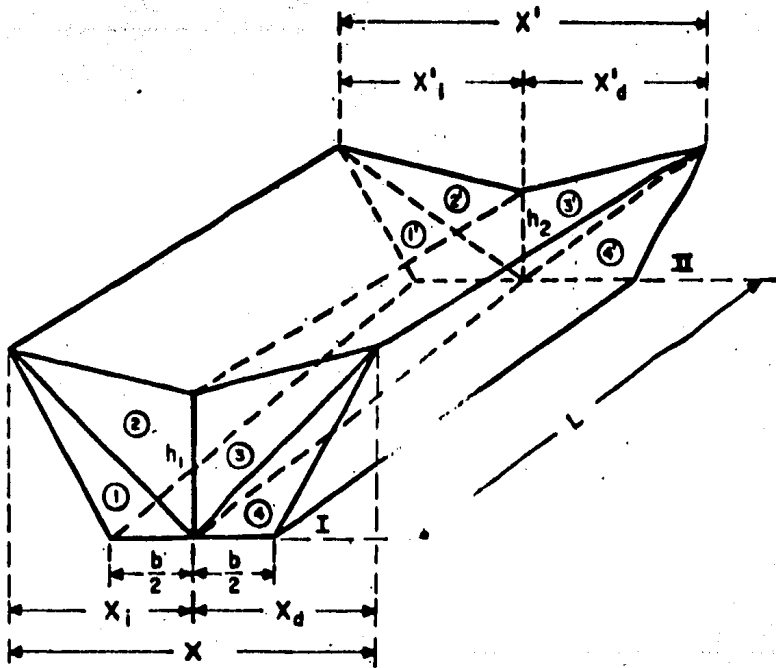


FIGURA 27 DESCOMPOSICION DE UN PRISMOIDE EN PRISMOIDES TRIANGULARES



Para el cálculo de volúmenes en curvas, se hace uso del teorema de Pappus y Guldinus, según el cual, el volumen de un sólido engendrado por una superficie plana que gira alrededor de un eje contenido en el plano de su superficie, es igual al producto del área por la distancia recorrida por el centro de gravedad de la superficie durante el giro.

En la Secretaría de Obras Públicas, no se consideran las correcciones prismoidales y por curvatura, debido a la laboriosidad que representa su cálculo. Por otra parte, las simplificaciones hechas al dibujar -- las secciones de construcción y los pequeños accidentes no considerados en el dibujo, pueden introducir errores muy superiores a la magnitud de tales correcciones.

Es por esto que se ha optado por calcular los volúmenes con la fórmula de áreas medias, pero considerando el mayor número de secciones posibles en terrenos muy accidentados. Es norma común, considerar secciones en las estaciones cerradas de 20 m; en los puntos principales de las curvas del alineamiento horizontal y en donde ocurren cambios notables en la pendiente longitudinal o transversal del terreno.

#### 4.6 Cubicación y Cálculo de la Curva de Masas

Para concluir el procedimiento del cálculo de curva de masas, se pasa nuevamente al rollo de secciones, de donde se tomarán todas las áreas obtenidas por cada sección y se anotarán en la forma L-1 de terracerías (figura 14; Cálculo de subrasante y Curva Masa ) en la columna que dice AREAS.

El cálculo de volúmenes entre dos estaciones consecutivas, se hace suponiendo que son prismas regulares las secciones ( explicado anteriormente ), por lo que el volumen será:  $V = \frac{A_1+A_2}{2} d$  ó bien  $V = (A_1+A_2)\frac{d}{2}$  en donde  $V =$  Volumen en  $m^3$  (redondeado al  $m^3$ ),  $A_1$  es el área de la sección 1 y  $A_2$  el área de la sección 2, consecutivas y  $d$  la distancia o diferencia de cadenamamiento entre ambas.

Por lo anterior, en las hojas de curva de masas ( forma L-1 ), después de la columna titulada AREAS, viene otra columna titulada "Suma de Areas" o sencillamente  $A_1 + A_2$  en donde se irán anotando dichas sumas.

Todas estas columnas pueden estar subdivididas en dos o más, de acuer

do con el número de extratos de excavación, compactaciones, escarificaciones, etc; necesarias para cuantificar cada uno de estos conceptos - por separado, tanto para obtener la correcta combinación de materiales y el cálculo de la ordenada de curva de masas, como para las cantidades de obra. En seguida viene la columna de semidistancias ( $\frac{d}{2}$ ) con lo que se tienen completos los factores que intervienen en el cálculo de volúmenes, lo que indica que la siguiente columna correspondiera a "volúmenes" y tendrá el mismo número de subdivisiones que las áreas; éste valor corresponde al volumen geométrico, tanto de excavaciones como de relleno.

Para fines de compensación de material excavado con los rellenos a efectuar, se requiere la transformación o más bien homogeneización de valores entre excavaciones y rellenos, ya que los materiales al ser movidos del lugar donde han permanecido por largo tiempo, abundan o reducen al ser extraídos, transportados y sometidos a un nuevo estado de reposo, mediante compactación, bombeo o volteo.

Ese cambio se estima mediante estudios geotécnicos, dando por resultado coeficientes de variabilidad volumétrica que se utilizan para lo homogenización mencionada, de acuerdo con la forma en que se vaya a utilizar el material producto de los cortes; esto también definirá el cálculo de una sóla, dos o más ordenadas de curva de masas.

Se tiene luego, una columna titulada "volúmenes abundados o reducidos", producto de la multiplicación de la columna "volúmenes" por los "coefi cientes de variabilidad volumétrica" y luego la "suma algebraica de vo lúmenes abundados" que no es sino la compensación lateral de materiales. De esta manera se tienen las cantidades netas de material sobrante (+) o faltante (-), necesarias para la formación de las terracerías que -- dan o rigen a la ordenada de la curva de masas.

Nuevamente se hace hincapie, en que todas las operaciones que se reali- cen en éstos cálculos, deben comprobarse antes de seguir adelante para disminuir las posibilidades de error.

Esto se hace columna por columna, hoja por hoja y kilómetro tras kilóme tro. Cuando se llegan a adquirir hábitos en este sentido, se puede garantizar la casi total eliminación de errores con una rapidéz de cálculo bastante aceptable.

El cálculo de la ordenada de la curva de masas, consiste en la adición o sustracción de volúmenes a una ordenada origen de valor arbitrario, siguiendo las indicaciones de sumar cortes y restar terraplenes.

Todo el proceso seguido para llegar a la obtención de la ordenada de curva de masas, es tan simple como sencillo, no dejando de ser por esto rutinario. Por otra parte, conviene aclarar que dado lo rutinario y laborioso que resulta este procedimiento, el ahorro de tiempo, por concepto de cálculo de subrasante y espesores, obtención de áreas, cubicación y cálculo de la ordenada de curva de masas, es de importancia fundamental, por lo que se ha adoptado en la mayoría de los casos el procedimiento electrónico.

#### 4.7 Ejemplo por el Método Tradicional

La manera más fácil de poder entender cómo se realiza el proyecto de una carretera y el cálculo en general de las cantidades de obra, es efectuando el recorrido del proyecto por el procedimiento tradicional, en donde puedan presentarse posibles casos de solución.

Para esto, se ha elegido el proyecto de una carretera que ya fué estudiada en 1984 por la SOP. La carretera comprendía un tramo de 10 kilómetros, en donde se presentó una gran diversidad de materiales en su recorrido y los cuales obligaron a realizar un proyecto de detalle, que contribuyó a enriquecer aún más el proyecto dada su importancia geotécnica.

De éste tramo se escogió la zona más crítica para realizar la prueba, considerando suficiente un tramo de un kilómetro para dicho proyecto. Entonces, a continuación se efectuará el proyecto, anexándose las formas de cálculo y los planos del perfil y las secciones.

##### Datos de identificación de la carretera.

CARRETERA:	PLAYA DE ORO - VIDA DEL MAR
TRAMO:	PLAYA DE ORO - LA MAJAHUA
ORIGEN:	Aeropuerto Internacional Manzanillo, Colima.

DE KM: 5 + 000 A 10 + 000

Tramo de Prueba: 6 + 500 A 7 + 500

Datos de Control para el Proyecto

TIPO DE CARRETERA:	"C"
VELOCIDAD DE PROYECTO:	80 Km/hr.
ANCHO DE CORONA:	7.0 m.
GRADO MAXIMO DE CURV.	5°
PENDIENTE MAXIMA:	7.0%
ESPELOR DE BASE MAS SUBBASE (REVESTIMIENTO):	0.30 m.
ESPELOR DE CAPA SUBRASAN TE (FINOS):	0.30 m.
CUÑA DE AFINAMIENTO:	0.20 m.

Esto por un lado, por el otro, se necesita del informe del estudio geotécnico, para observar las recomendaciones que se hacen con respecto a los taludes tanto en corte como en terraplén.

También de ahí mismo se pueden tomar las sugerencias para el caso del proyecto de la subrasante. En la siguiente hoja se reporta el estudio de suelos, y ya con estos datos y con los registros de campo ( no se anexan ), se procederá al cálculo en general.

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

OBSERVACIONES.

- a) Efectuar un despalme mínimo de 30 cm o lo que se indique en la hoja de suelos.
- b) Material cuya calidad le permite ser usado únicamente en el cuerpo del terraplén.
- c) En cortes excavados en este material y en terraplenes formados por el mismo, proyéctese capa subrasante de 30 cm. de espesor, construída con material adecuado procedente del préstamo más cercano.
- d) Material con calidad suficiente para ser usado tanto en la construcción del cuerpo del terraplén, como de la capa subrasante. En cortes la capa subrasante se proyectará escarificando 30 cm. y compactando al 95%.
- e) Pueden ubicarse préstamos laterales para cuerpo de terraplén y capa subrasante.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO.

- 1. La línea subrasante irá tanto a pelo de tierra, como lo permita el proyecto del drenaje.
- 2. El talud en terraplén será como mínimo de 1.5:1.
- 3. El área de desplante de los terraplenes y el cuerpo del terraplén se compactarán al 90%.
- 4. La capa subrasante se compactará al 95%.

CARRETERA *Aeropuerto Mexicali - Val del Mar*

T R A M O

SUB-TRAMO

ORIGEN *Aeropuerto Mexicali, Cal.* FECHA *19-ene-84*

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

METRO HASTA ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION S.C.T.	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA		CLASIFICACION PRESUESTO	CORTE		OBSER VACIONES
			90 %	95 %		ALTURA MAXIMA	TALUD	
07000	1	mosa, muy suelta, poco húmeda y con material vegetal SF.						
31000	2	Arena mal graduada poco limosa color café claro con hasta 3 % de finos poco húmeda, compacta SF.	1.00	0.93	50-50-00		1:5:1	d
37000	1	Suelo de litoral, arena mal graduada color café claro, poco limosa muy suelta, poco húmeda - y con material vegetal SP.			100-00-00			a
47500	2	Arena mal graduada poco limosa color café claro, con 2 % de finos poco húmeda medianamente compacta, SP.	0.95	0.90	60-40-00		1:5:1	d
67400	1	Suelo de litoral, arena mal graduada color café claro, poco limosa muy suelta, poco húmeda y con materia vegetal SP.			100-00-00			a
67400	2	Arena mal graduada poco limosa color café claro con 3 % de finos poco húmeda compacta SP.	1.00	0.98	60-50-00		1:5:1	d
67400	1	Arena limosa color café húmeda suelta y con material vegetal SM.			100-00-00			a
67400	2	Roca ignea (Rls) granito muy alterado color café fracturado. Al excavarse se obtendrá Fc-SM.			00-40-80	1.06	1:1:1	b-c

TRATAMIENTO PROBABLE

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

Compactado

Despalme

*Aeropuerto Maricao - Vda del Mar*

*Aeropuerto Maricao Col. FECHA 19. ene. 84*

CARRERA  
TRAMO  
SUB-TRAMO  
ORIGEN

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

DIETRO	ESTRATO	CLASIFICACION S.C.T.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTO	CORTE		OBSERVACIONES
				5.0 %	9.5 %	100 %		ALTURA	TALUD	
6750	1	0.30	Arena arcillosa color café suelta poco húmeda con grava y materia vegetal SC.				100-00-00			
a	2	Indet.	Suelo residual, arena y grava arcillosa color café rojizo con 12 % de finos; humedad mediana; masa compacta SC-GC.	0.95	0.90	0.85	40-60-60		3/4m	
7150	1	0.30	Arena arcillosa color café suelta poco húmeda con grava y materia vegetal SC.				100-00-00			a
a	2	Indet.	Roca Ignea (RI). Granito Alterado fracturado color gris, con zonas muy alteradas. Al explotarse se obtendrá Fmeg-GC.				1.15 00-30-70		X:1	b-c
7340	1	0.20	Arena arcillosa color café muy suelta, poco húmeda, con materia vegetal SC.				100-00-00			a
a	2	Indet.	Suelo residual arena mal graduada poco arcillosa con 3 % de finos húmeda a medianamente compacta SP.	0.60	0.65	0.60	80-20-00		1.5:1	b-c-e
7010	1	0.20	Arena arcillosa color café suelta poco húmeda, con grava y materia vegetal SC.				100-00-00			a
a	2	Indet.	Roca Ignea (RI) Granito alterado, fracturado color gris, con zonas muy alteradas. Al explotarse se obtendrá Fmeg-GC.				1.15 00-30-70		X:1	b-c

DATOS PARA EL PROYECTO DE SECCIONES

Hoja Nº 1 de 2

ESTACION	VELOCIDAD DE PROYECTO	SOMBRERILLO		AMPLIACION		ENSANCHE		ANCHO NORMAL		ANCHO CON AMPLIACION		DATOS DE LA CUNETTA		TALUDES		RESERVA-CIONES
		116.	118.	116.	118.	120.	DER.	118.	116.	110.	118.	116.	ANCHO	RESERVA	118.	
6+500	80%	-5.7	15.7	0.50		0.47	0.41	3.50	3.50			0.87	0.29			
6+500.92	PT	-5.7	15.7	0.50		0.47	0.41					0.87	0.27			
6+501		-4.4	14.4	0.39		0.48	0.42									
6+501.48	PT	-2.9	13.9	0.25		0.47	0.43									
6+501.8	NA	-2.0	13.0	0.18		0.46	0.44									
6+502	NA	-2.0	11.9	0.13		0.46	0.44									
6+502.92	TH	-2.0	0	0		0.46	0.45									
6+503		-2.0	-0.6			0.46	0.45									
6+503.7	NA	-2.0	-0.0			0.46	0.46									
6+504																
6+504.57	NA	-2.0	-2.0			0.46	0.46									
6+505.26	TH	0	-2.0		0	0.45	0.46									
6+506		1.1	-2.0		0.08	0.44	0.46									
6+506.01	NA	1.2	-2.0		0.15	0.44	0.46									
6+506.36	PC	1.4	-2		0.32	0.42	0.48									
6+506.56	NA	1.7	-2.3		0.25	0.41	0.48									
6+507.26	PC	1.9	-2.7		0.56	0.40	0.40									
6+507.4	9°	1.9	-2.7		0.70	0.40	0.25									
6+507.26	PT	1.9	-2.7		0.70	0.40	0.25									
6+508		1.4	-2.9		0.53	0.41	0.51									
6+508.26	PT	1.4	-2.9		0.35	0.42	0.48	0.50	3.50			0.82	0.27			

1.21 4/6 30 7 1/2 1/2  
 0.66 + 0.9 0.05 + 0.9 1.21 4/6 30 7 1/2 1/2  
 0.66 + 0.9 0.05 + 0.9 1.21 4/6 30 7 1/2 1/2

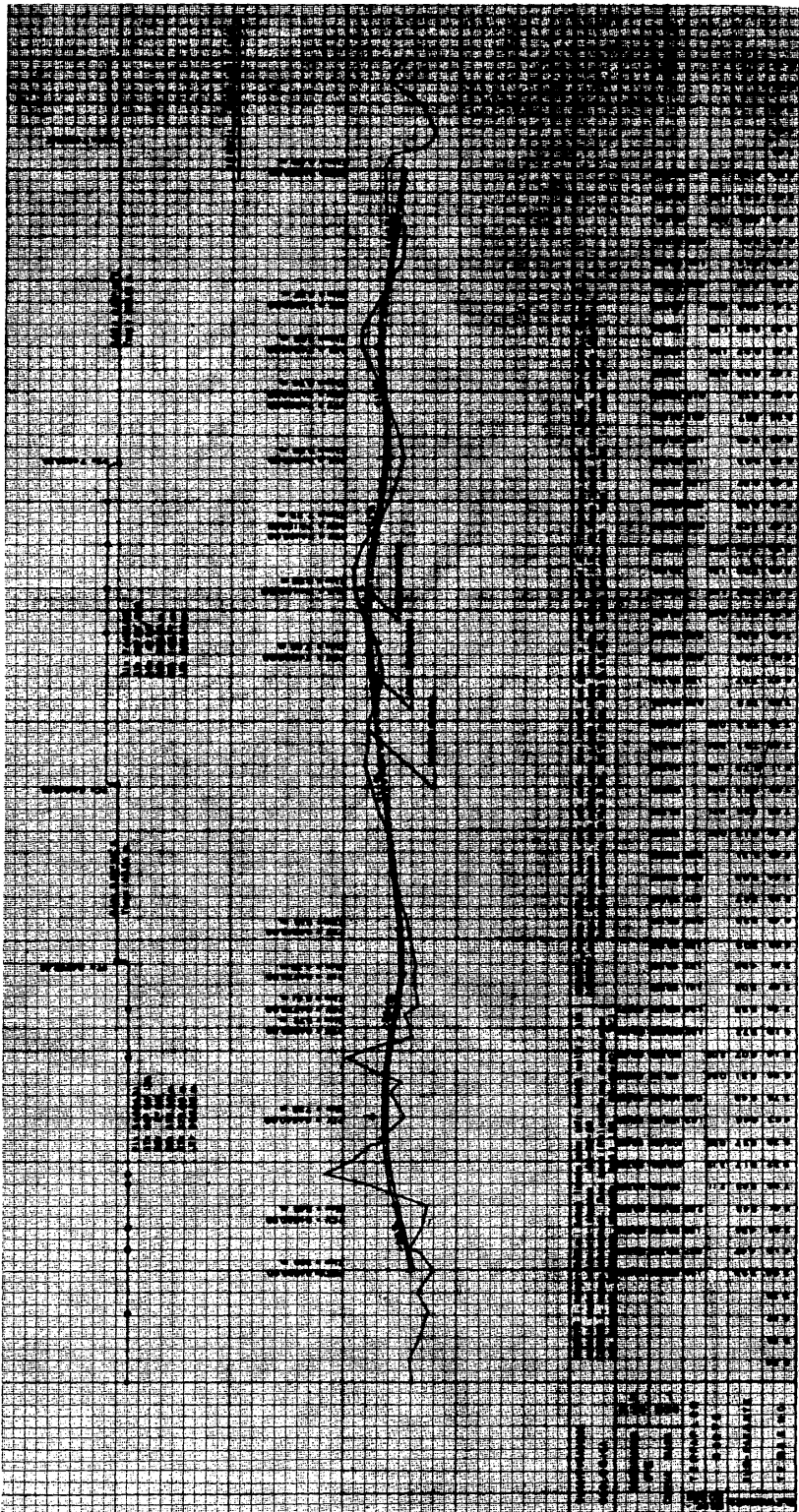


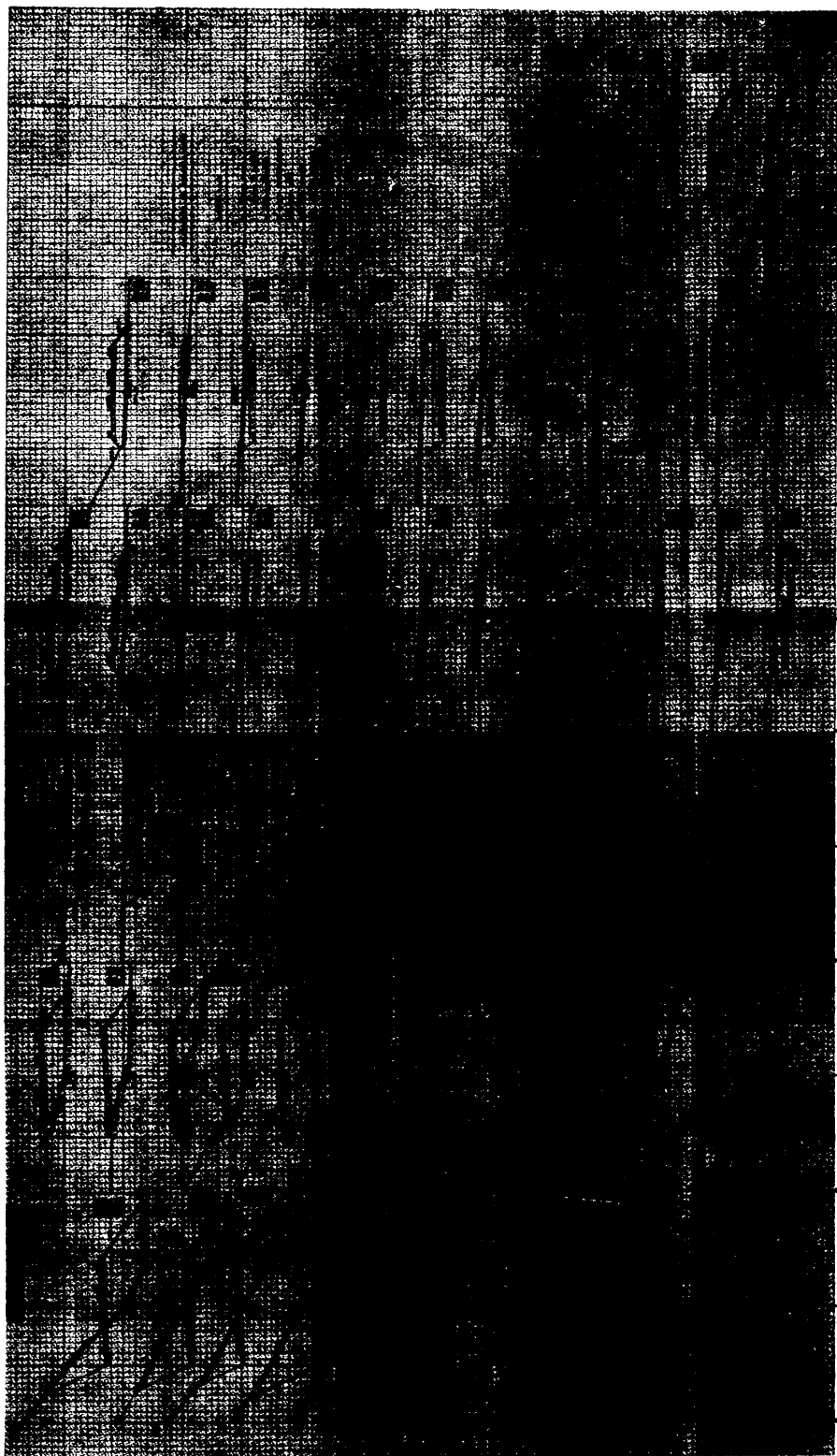












RESUMEN CANTIDADES DE OBRA

( METODO TRADICIONAL )

KILOMETRAJE DE PRUEBA: 6 + 500 — 7 + 500

1. ESCAVACIONES —

VOLUMEN CORTE GEOMETRICO = 6,146 m<sup>3</sup>

VOLUMEN TOTAL DESPALME = 2,730 m<sup>3</sup>

DESPALME EN EL CORTE = 1,220 m<sup>3</sup>

DESPALME EN EL TERRAPLEN = 1,510 m<sup>3</sup>

2. COMPACTACIONES —

DE LA CAMA DE LOS CORTES ( ESCARIFICACION ) = 796 m<sup>3</sup> a 95%

3. FORMACION Y COMPACTACION —

DEL CUERPO DEL TERRAPLEN = 6,360 m<sup>3</sup> a 90%

DE LA CAPA SUBRASANTE = 1,727 m<sup>3</sup> a 95 %

## 5. CALCULO DE CURVA DE MASAS POR PROCEDIMIENTO ELECTRONICO

Hasta el capítulo anterior, se vino intentando dar las más amplias explicaciones con respecto al Proyecto Geométrico de Carreteras; desde la identificación de los elementos básicos, hasta el cálculo de la ordenada de la curva de masas siguiendo el procedimiento tradicional. Esto, con el objeto de que en éste capítulo que se va a iniciar y que hasta cierto punto representa la parte medular del tema en cuestión; se interpreten los razonamientos lógicos aplicados a una "computadora personal" para que desarrolle un cálculo demasiado laborioso, como lo es el de la curva de masas.

Para esto, se han diseñado varios "programas" que tienen por objeto evitar el trabajo rutinario que representa el cálculo de los elementos del alineamiento vertical, el dibujo y proyecto de las secciones de construcción, la medición del área con planímetro o por cualquier otro método de cada una de las secciones proyectadas, el cálculo de volúmenes de corte y terraplén en los distintos estratos y el cálculo de la ordenada de curva de masas.

La rutina anterior, hace que pocas veces se justifique el empleo del procedimiento tradicional, salvo algunos casos especiales que se puedan presentar ( ampliaciones de terracerías existentes, abatimiento de taludes, etc. )

Por otro lado, contando con la ayuda de la computadora, actualmente es posible analizar varias proposiciones de subrasante de manera que se logre no tan sólo su óptima posición, sino que también se logre la máxima economía al hacer los movimientos de terracerías.

En conclusión se puede decir que la aplicación de procedimientos electrónicos al proyecto geométrico de carreteras, hace factible la optimización de tiempo y precisión, considerando además que su aplicación disminuye considerablemente el costo de estos procesos.

Entonces, a continuación se presenta en forma estructurada y lógica, el desarrollo de éste capítulo, que deliberadamente tratará de enfocar una solución más, al discutido tema del cálculo de curva de masas.



## 5.1 Modelo de Computadora Personal

Este subcapítulo, considerando la gran variedad de "computadoras" que existen en el mercado; se presentó la necesidad de anexarlo con el fin de que exista una visión más general de las características particulares que definen una computadora personal, considerando su tamaño y capacidad de trabajo. Más no por eso se entienda que se pretende dar una explicación detallada de los componentes de dicha computadora, únicamente se pretenden dar sus lineamientos en su campo de acción.

Entonces, recordando lo que se dijo en el capítulo 2, las computadoras personales, son equipos de cómputo destinados al tratamiento de información manipulados por un sólo usuario. Característica que restringe su campo de explotación, pero que sabiéndolo rodear de periféricos adecuados, se puede convertir en un útil colaborador.

Una vista general de un modelo de computadora personal, es la mostrada en la figura ( 28 ), el modelo es la CANON CX-1, que cuenta con dos compartimientos para el acceso de discos flexibles. El modelo es de fabricación japonesa, poco comercial en México. El sistema de programación es muy similar al de las computadoras que pueden ser programadas en BASIC. La capacidad en el manejo de información de la computadora utilizando los discos, es suficiente para una pequeña o mediana empresa.

A continuación se da una relación de las especificaciones de la CANON CX-1

### 1.- Operación

a) Rango de Operación.-  $1.0 \times 10^{-64} \leq |X| \leq 1.0 \times 10^{64}$

b) Número de Dígitos de operación

Mantisa: 14 dígitos

Exponentes: 2 dígitos

c) Tipos de operaciones

Cuatro operaciones básicas ( +, -, \*, / ), (, ), =, <, >, ≠, \*\*, AND, OR, XOR, NOT.

### 2.- Programación

a) Sistema: Sistema de operación de discos flexibles ( dos ).

b) Lenguaje: BASIC aplicado al Sistema CANON

COMPUTADORA PERSONAL CANON CX-1

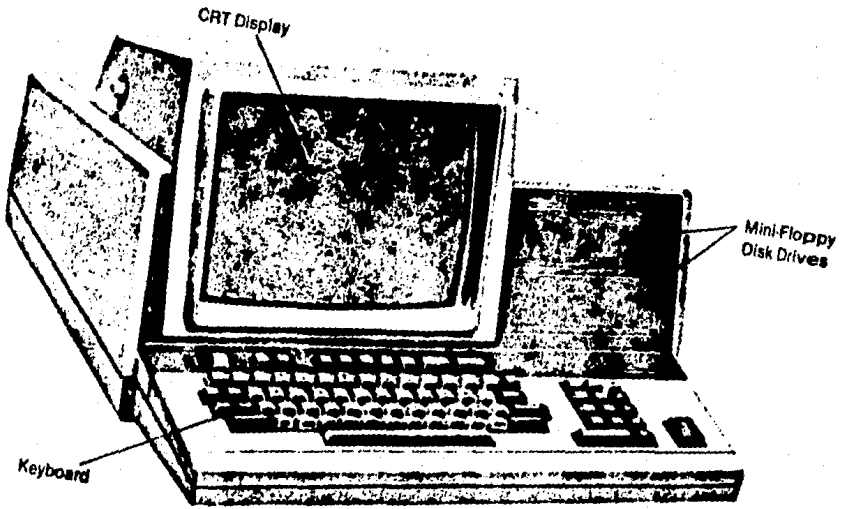


figure 28

3.- Capacidad de Memoria ( Estándar )

a) Area del Sistema

ROM: 4 KB

RAM: 28 KB (mínimo )

b) Area del usuario

RAM: 32 ( 96 KB máximo )

4.- Pantalla

a) Tipo: CRT

b) Dimensiones: 12 pulg.

c) Color: Verde monocromático

d) Número de caracteres: 80 columnas x 24 líneas

5.- Compartimiento de discos flexibles

a) Sistema: Sistema de discos flexibles

b) Capacidad: 320 KB / disco x 2

c) Formato de registrado: Especificado por el sistema CANON

d) Rapidez con que trabaja: 250 K Bit / seg.

6.- Condiciones ambientales de trabajo

Temperatura: 10°C a 40°C ( 50°F a 104°F )

Humedad: 20% a 80%

7.- Dimensiones y Peso

Dimensiones: 530 mm x 640 mm x 330 mm.

Ancho Largo Altura

6 (20.7/8) x (25.3/16) x (13) pulg.

Peso: 25 kg. (55 libras)

Después de esta breve descripción, viene lo relacionado a la organización y estructura del programa principal, cuyo objetivo es el cálculo de la -- curva de masas.

### 5.2 Programa Principal

La organización del programa principal, está basada en criterios de organización aplicados al programa que rige en la SOP; pudiendo decirse que la organización aplicada al programa que nos ocupa, es muy similar estructuralmente al de la SOP. Pero, si se toma en cuenta las posibilidades de programación que ofrecen las actuales computadoras personales, éstas determinan una nueva reestructuración al programa tradicional de la SOP.

a) Descripción.- El programa principal, es un programa básicamente de presentación de programas, es decir, mediante él se llama a los programas utilizados para cargar datos, o a los programas para operar con los mismos. Dicho programa, comunmente es conocido con el nombre de "MENU".

El área del disco requerida para cargar los datos, considerando el proyecto de un tramo de 5 km, representa aproximadamente las dos terceras partes del área total del disco; quedando de reserva una tercera parte para guardar resultados. Una manera de representar gráficamente el área requerida del disco para guardar datos en sus diferentes conceptos, es la siguiente:

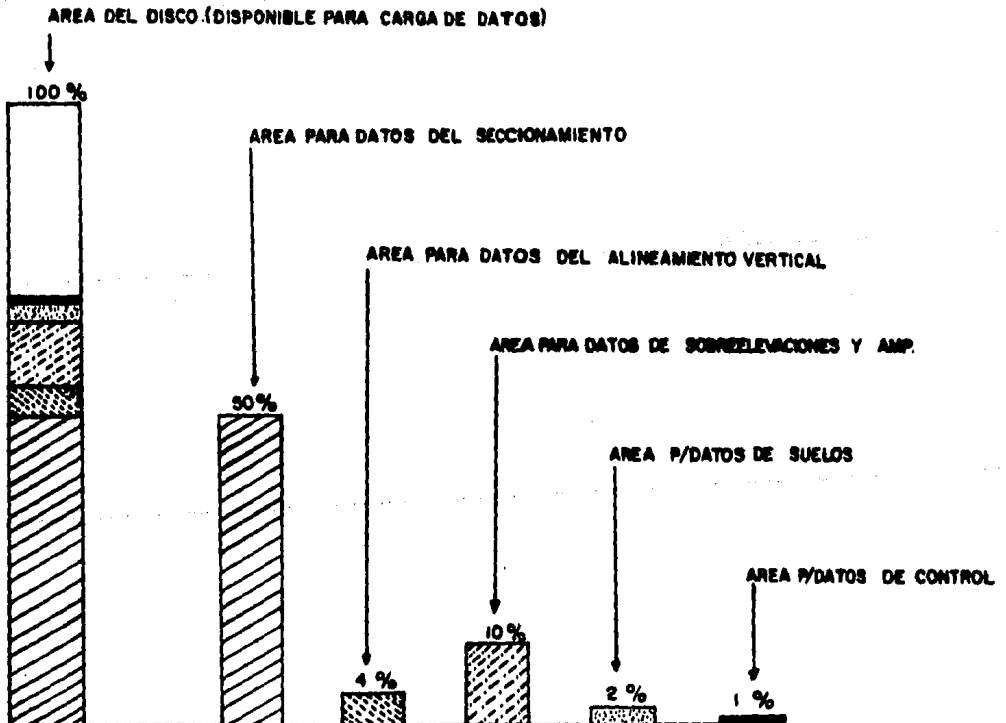


Figura 29. Área máxima del disco utilizada en la carga de datos.

NOTA: Los porcentajes se han establecido considerando los máximos datos probables que pueden ser reportados en un tramo de 5 km. de proyecto. Situación que permite trabajar sin problema alguno en lo que respecta a capacidad de almacenamiento para los mismos 5 km.

b) Algoritmo

1. Letreros y presentación
2. Opción 1: cargar datos, paso 3; operar datos, paso 4.
3. Opción 2: ( cargar datos ).
  - cargar datos del seccionamiento\*
  - cargar datos del alineamiento vertical\*
  - cargar datos de sobreelevaciones y ampliaciones\*
  - cargar datos de suelos\*
  - cargar datos de control ( sección tipo )\*
  - se encuentran cargados todos los datos ( ve al paso 2 )
  - salida programa principal ( ve al FIN )

\* Si se elige cualquiera de estas opciones, el programa es llamado para empezar a cargar datos.

4. Opción 3: ( operar datos )
  - cálculo del alineamiento vertical\*\*
  - cálculo de la geometría del seccionamiento\*\*
  - cálculo de áreas, volúmenes y OCM\*\*
  - salida programa principal ( ve al fin )

\*\*Si se elige cualquiera de estas opciones, el programa es llamado para que empiece a operar los datos e imprima resultados.

5. Después de haber sido utilizado cualquiera de los programas - antes mencionados, automáticamente se retorna al programa principal, y solamente por el programa principal se puede salir -- del programa en conjunto.

c) Datos de entrada.- Dentro de este programa, los datos de entrada pueden ser los de las opciones, que para cargar datos va del 1 al 7 y para operar con los mismos va del 1 al 4.

d) Datos de Salida.- Por este programa no hay ninguno.

e) Instrucciones del usuario.-

1.- Se insertan los discos del sistema: en el compartimiento "0" ( cero ), el disco que contiene los programas en general, y en el compartimiento "1", el disco que se utiliza exclusivamente para almacenar y recuperar datos. Se enciende la computadora y se llama al programa principal con el nombre de "MENU".

2.- Se presenta un letrero en pantalla, que hace la presentación del programa para el cálculo de curva de masas. Se pregunta si se desea o perar el programa; por "S", continúa el programa; por "N", se sale del programa.

3.- En caso de haber pulsado una "S", se limpia - la pantalla y aparece un nuevo letrero:

DISPONE USTED DE DOS OPCIONES

( 1 ) CARGA DE DATOS EN GENERAL

( 2 ) EJECUCION E IMPRESION DE DATOS

¿Cuál es su elección ?

la elección debe ser exclusivamente 1 ó 2; fuera de ese rango la computadora seguirá preguntando.

4.- Si la elección fué ( 1 ) aparecerá en pantalla el siguiente desplegado:

CARGA DE DATOS

( 1 ) Carga del Seccionamiento

( 2 ) Carga del Alineamiento Vertical

( 3 ) Carga de Ampliaciones y Sobreelevaciones

( 4 ) Carga de datos de Suelos

( 5 ) Carga de datos a la sección tipo

( 6 ) Ya fueron cargados todos los datos

( 7 ) Salida de éste menú

¿Cuál es su elección?

Fuera de éste rango la computadora seguirá preguntando.

Dentro del rango ( 1, 5 ), la computadora llamará el programa requerido y después de haber cargado los datos, se regresa automáticamente o se retorna al paso 4.

- 5.- Si la elección fue ( 2 ) en el paso 3, aparecerá en pantalla el siguiente desplegado:

EJECUCION E IMPRESION DE DATOS

( 1 ) Cálculo del alineamiento vertical.

( 2 ) Cálculo de la geometría.

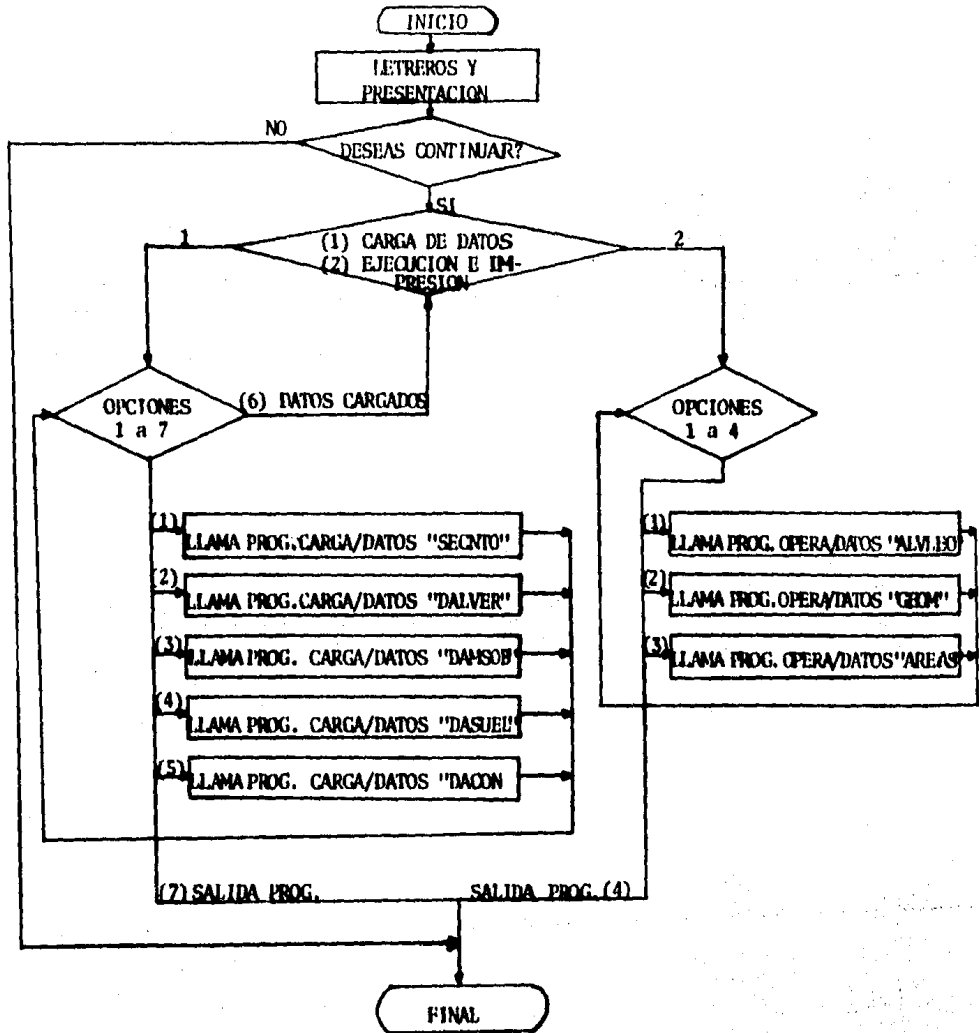
( 3 ) Cálculo de volúmenes y OCM.

( 4 ) Salida de éste menú.

¿Cuál es su elección ?

fuera de éste rango ( 1, 4 ), la computadora seguirá preguntando. Dentro del rango ( 1, 3 ) - la computadora llamará el programa solicitado y después de haber obtenido resultados, se regresa automáticamente al paso 5.

— 100 —  
DIAGRAMA DE FLUJO 1 (PROGRAMA PRINCIPAL)







### 5.3 Datos del Seccionamiento transversal del terreno.

Si en el programa principal, para la carga de datos la elección es ( 1 ), se llamó al programa para cargar datos del seccionamiento:

#### a) Descripción.-

Las secciones transversales del terreno, se suponen contenidas en un plano vertical normal al eje de proyecto y definidas por puntos del seccionamiento entre los cuales existe variación lineal del terreno. Por cada sección transversal que se reporte, se proyecta la correspondiente sección de construcción.

La convención de signos usada para el reporte de los puntos, toma como origen el centro de línea en el sentido del cadenamamiento; de ésta manera, las distancias de los puntos, situados a la izquierda del E, son negativas, y las de los puntos situados a la derecha son positivas. Análogamente, a los puntos que tengan una elevación superior a la del E, les corresponde un desnivel positivo, y a las que tengan una elevación inferior, - les corresponde un desnivel negativo.

La figura 30 aclarará esta convención.

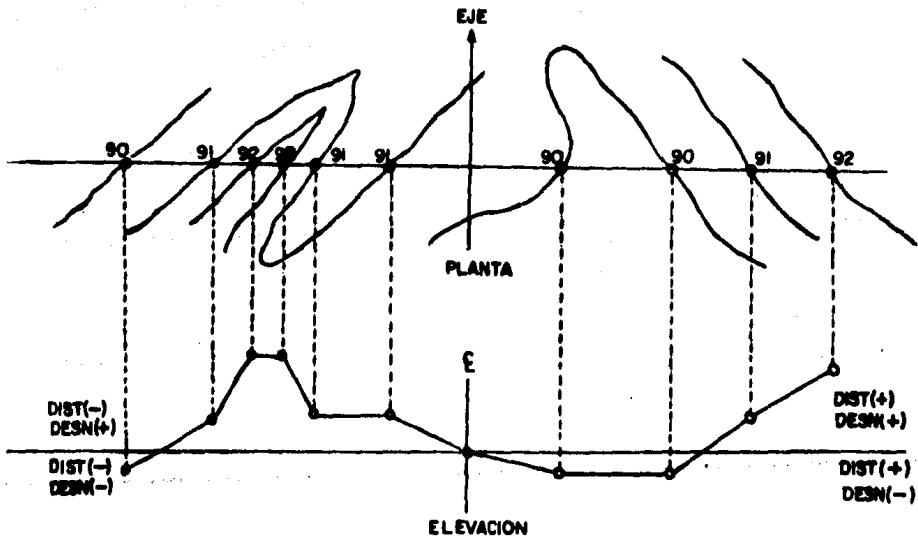


Figura 30. Sección Transversal.

Puesto que la cantidad de puntos que se reportan en una sección siempre es indeterminada; entonces, por razones de ahorro de área en el almacenamiento de datos, se ha convenido reportar hasta cinco puntos de sección por registro, aceptando el programa un máximo de 25 puntos por sección, es decir, genera como máximo cinco registros para la información de una sección.

Los registros guardan la siguiente información:

		P1	P2	P3	P4	P5	
R1	KILOM 1	DIST	DIST	DIST	DIST	DIST	
	ELEV TERR	DESN	DESN	DESN	DESN	DESN	
		P6	P7	P8			
R2	KILOM 1	DIST	DIST	DIST	AREA DESPERDICADA		
	ELEV TERR	DESN	DESN	DESN	DESPERDICADA		
R3	KILOM 2	AREA UTILIZADA		POR	LA		
	ELEV TERR	SIGUIENTE		SECCION			
R4							
R5							

De donde puede observarse que los registros no utilizados, no representan un área desperdiciada. El área desperdiciada viene siendo la que queda en blanco del registro 2. A partir de ahí, la computadora pedirá la información correspondiente a la siguiente sección, la que guardará en el registro 3 de la sección anterior, ( para la sección siguiente viene siendo el registro 1 ).

Entonces, la forma de almacenar datos, es en base a registros de determinada longitud, los cuales van numerados en orden progresivo. Tal información se recupera de la misma manera, es decir, los registros son llamados con el número correspondiente.

Este criterio para almacenar y recuperar datos, es el mismo que se aplicará para cargar los datos restantes. De aquí que ya no haya necesidad de volver a mencionar la forma de registrar los datos que faltan por cargar. Conviene aclarar únicamente, que un conjunto de registros forman un archivo, -

palabra que se utilizará con frecuencia más adelante.

b) Algoritmo.-

1. Comentarios y apertura del archivo particular para carga del Secnto.
2. Lee el número de secciones que se van a cargar ( NS ).
3. Lee el registro en el que va a empezar a grabar ( NR ).
4. Recupera el número de registro anterior para checar si hay continuidad en el seccionamiento ( se recupera el registro NR-1 ), si no hay, regresar al paso 3, si si hay, pasar al paso 5.
5. Lee cadenamamiento de la sección y elevación del terreno.
6. Lee un punto del seccionamiento ( dist. y elev. )
7. Si se terminó de cargar la sección, pasar al paso 8, en caso contrario, regresar al paso 6.
8. Se repite el paso 5, 6 y 7 hasta las NS secciones.
9. Cerrar el archivo de datos, salir del programa del seccionamiento y regresar al programa principal.

c) Datos de entrada.-

1. El número de secciones NS.
2. Registro en el que se va a empezar a grabar NR.
3. Cadenamiento de la sección C.
4. Elevación del terreno E.
5. DISTANCIA AL CL D( J )
6. DESNIVEL AL CL DN( J )
7. Se repite el paso 5 y 6 hasta que se termina de cargar toda la sección. Y se regresa al paso 3.

d) Datos de salida.-

Por éste programa ninguno.

e) Instrucciones del usuario.-

1. Al haber pulsado la elección 1 en la "Carga de datos" del programa principal, aparecerá en pantalla el siguiente desplegado:  
\*\*CARGA DEL SECCIONAMIENTO\*\*  
cuántas secciones vas a cargar ?

2. Se tecllea el número de las secciones y aparecerá en pantalla el siguiente letrero:

En que registro comienzo a grabar ?

3. Se tecllea el número de registro en el cual se desea empezar a grabar ( esto se anexa con el fin de poder reiniciar algún seccionamiento interrumpido ):

Si el número teclleado es 1, pasar al paso 4, si fué diferente de 1 ( 2, 3, 4,... etc. ), la computadora recupera la sección grabada en el NR-1. registro, con el fin de poder checar si esa es la última sección grabada, y hace la pregunta:

Estos datos son los últimos que grabaste? ( S/N )

Si se tecllea "S" pasa el paso 4; si se tecllea "N" retorna al paso 2.

4. Pide los siguientes datos:

Cadenamiento de la Sección:

Elevación del terreno:

5. Teclleados los datos anteriores, pide lo siguiente:

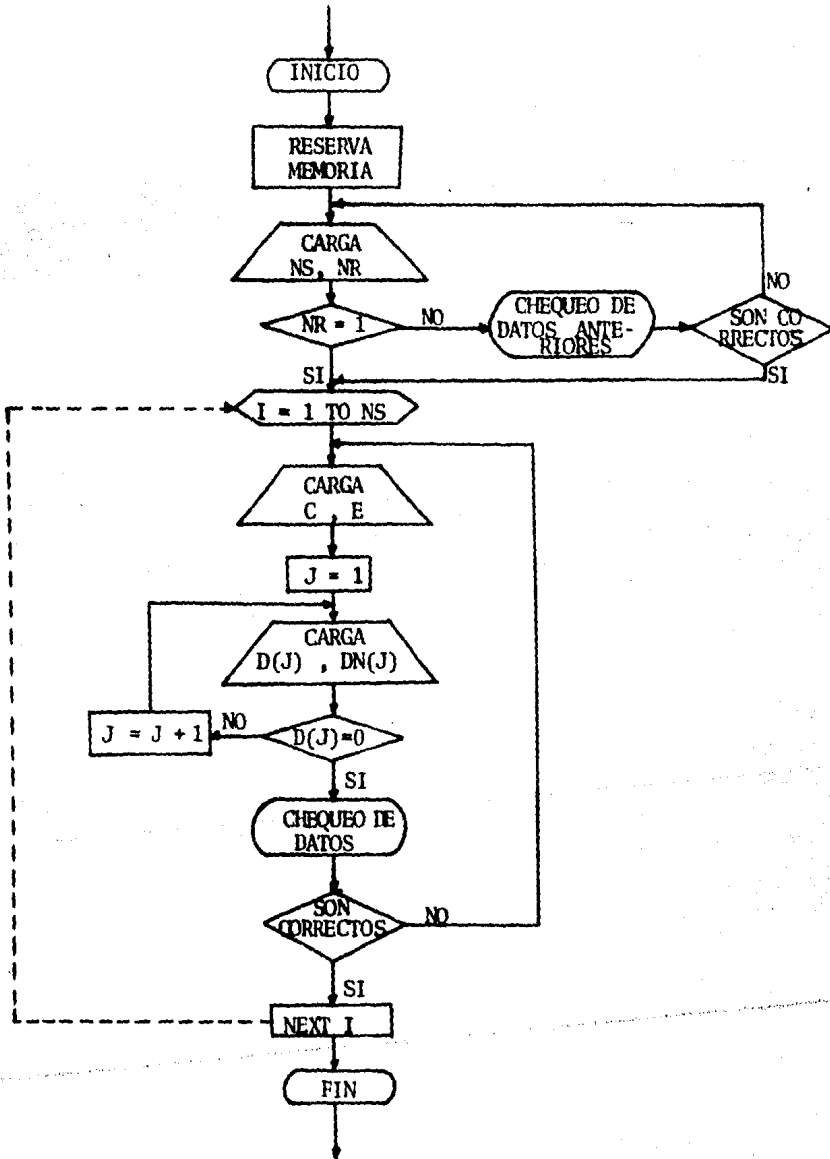
Distancia al CL :

Desnivel al CL :

6. Se repite el paso 5 cuantas veces sea necesario, y al haber ingresado el último punto de la sección, únicamente se ingresa un cero en la siguiente distancia al CL, y automáticamente la computadora retornará al paso 4, y así sucesivamente hasta las NS secciones.
7. Al cargar la última sección, automáticamente la computadora sale de éste programa y se posesiona nuevamente en el programa principal, preguntando por otra opción en la carga de datos.

DIAGRAMA DE FLUJO 2 ( DATOS DEL SECCIONAMIENTO )

VIENE DEL PROGRAMA PRINCIPAL



VA AL PROGRAMA PRINCIPAL



#### 5.4 Datos del Alineamiento Vertical.

Si en el programa principal, para la carga de datos la elección es ( 2 ), se llamó al programa para cargar el alineamiento vertical:

##### a) Descripción.-

El alineamiento vertical se define por medio de puntos de inflexión vert tical ( PIV ) y la longitud de las curvas verticales correspondientes. Es necesario ~~que~~ se haya verificado su consistencia, directamente por el proyectista, ya que sólo se efectuará una comprobación de continuidad. Con respecto al cadenamamiento del PIV, el primer cadenamamiento debe inclu ir a la primera sección del tramo que se piensa procesar, es decir debe ser igual o menor que el de dicha sección y el último cadenamamiento debe ser igual o mayor que el de la última sección. La elevación del PIV, se reportará en metros y la longitud de curva del primer y último PIV ~~que se reporte~~, debe ser cero.

##### b) Algoritmo.-

1. Comentarios y apertura de archivo particular para carga del alineamien to vertical.
2. Lectura del número de PIV<sub>n</sub>, ( debe ser mayor de 3 ).
3. Lectura del cadenamamiento del PIV.
4. Lectura de la elevación del PIV.
5. Lectura de la longitud de la curva vertical.
6. Se repite el paso 3, 4 y 5 hasta llegar a los n PIV.
7. Cierre del archivo, salida de éste programa y retorno al programa - principal.

##### c) Datos de entrada.-

1. Número de PIVs : PIV
2. Cadenamamiento del PIV : CPIV
3. Elevación del PIV : EPIV
4. Longitud de curva : Lc
5. Se repite el paso 3, 4 y 5 hasta los n PIV

##### d) Datos de Salida.-

Por éste programa no hay ninguno.



e) Instrucciones del usuario.-

1. Después de haber elegido la opción 2 en la carga de datos, aparecerá en pantalla lo siguiente:

\* carga de datos del alineamiento vertical \*  
cuantos PIV son?

2. Al ingresar el número de PIV pide lo siguiente:

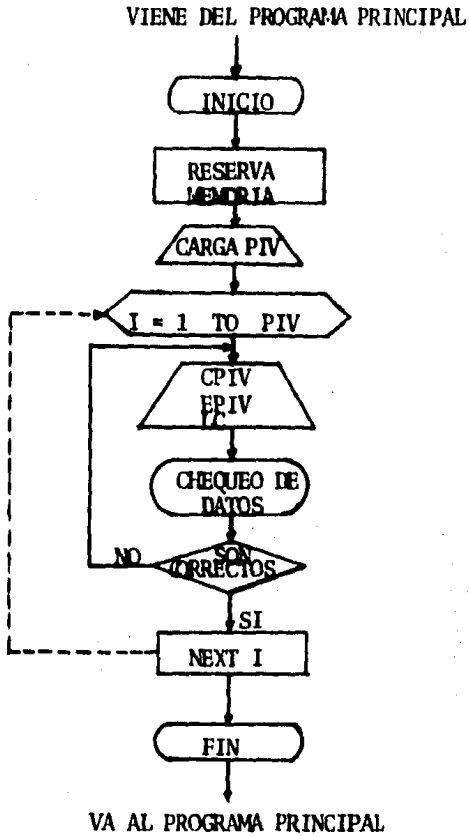
Cadenamiento del PIV ?

Elevación del PIV ?

Longitud de Curva Vertical ?

3. Después de haber ingresado los datos anteriores, regresa automáticamente a preguntar lo mismo del punto 2. Y así sucesivamente -- hasta que se ingrese al último PIV.
4. Cuando se ingresa el último PIV, la computadora sale de éste programa y se posesiona nuevamente en el programa principal preguntando por otra opción en la carga de datos.

DIAGRAMA DE FLUJO 3 ( DATOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL )



LISTADO 3 ( DATOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL )

DALVER.607

```
10 PRINT TAB(15);"*** CARGA DE DATOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL ***";PRINT FEED(3)
20 INPUT MSG("CUANTOS PIV SON?")PIV:PRINT FEED(2)
30 IF PIV>=3 GOTO 50
40 PRINT "NUM. DE PIV INSUFICIENTES";FEED(1):GOTO 20
50 FORMAT #
60 OPEN #1,"FD1:ALIVER"
70 PUT #1,1 PIV,PIV,PIV
80 FOR I=2 TO PIV+1
90 INPUT MSG("CADENAMIENTO DEL PIV?")CPIV:PRINT FEED(1)
100 INPUT MSG("ELEVACION DEL PIV?")EPIV:PRINT FEED(1)
110 INPUT MSG("LONGITUD DE CURVA VERTICAL?")LC:PRINT FEED(2)
120 PRINT "SON CORRECTOS TODOS LOS DATOS?(S/N)";INPUT USING 50 T$
130 IF T$="N" GOTO 90
140 IF T$("<"S" GOTO 120
145 PRINT %HOME
150 PUT #1,I CPIV,EPIV,LC:NEXT I
160 H=0:PUT #1,I H,H,H:PUT #1,I+1 H,H,H:CLOSE #1:END
```

### 5.5 Datos de Ampliaciones y Sobreelevaciones

Si en el programa principal, para la carga de datos la elección es ( 3 ), se llamó al programa para cargar datos de sobreelevaciones y ampliaciones:

#### a) Descripción.-

En este programa se reportarán los datos del alineamiento horizontal, que se refieren a especificar las ampliaciones y sobreelevaciones por tramos de variación lineal.

El valor de las ampliaciones se reportarán en metros, y el de las sobreelevaciones en porcentaje. Las ampliaciones y sobreelevaciones correspondientes a una sección determinada, se obtendrá por interpolación lineal de valores extremos del tramo en que esté comprendida.

Los valores para secciones intermedias, se calculan por interpolación lineal de los valores extremos que son los que se reportan, y corresponden a tramos similares a los que fueron mostrados en las figuras de los capítulos 3 y 4.

Es decir, que los valores reportados, corresponden a puntos sobre la curva o espiral tales como el TE, EC, CE, ET.

#### b) Algoritmo.-

1. Comentarios y apertura de archivo particular para carga de datos de sobreelevación y ampliación.
2. Lectura del número de hileras de datos por guardar.
3. Lectura de:  
kilómetro inicial de interpolación  
kilómetro final de interpolación  
Ampliación izquierda inicial  
Ampliación izquierda final  
Sobreelevación izquierda inicial  
Sobreelevación izquierda final  
Ampliación derecha inicial  
Ampliación derecha final  
Sobreelevación derecha inicial  
Sobreelevación derecha final
4. Se repite el paso 3, hasta llegar a las n hileras de datos.
5. Cierre del archivo, salida de este programa y retorno al programa principal.

c) Datos de entrada.-

1. Número de hileras de datos : NH = V(1)
2. Kilóm. inicial de interpolación : V(2)
3. Kilóm. final de interpolación : V(3)
4. Ampliación izquierda inicial : V(4)
5. Ampliación izquierda final : V(5)
6. Sobreelevación izquierda inicial : V(6)
7. Sobreelevación izquierda final : V(7)
8. Ampliación derecha inicial : V(8)
9. Ampliación derecha final : V(9)
10. Sobreelevación derecha inicial : V(10)
11. Sobreelevación derecha final : V(11)
12. Se repite desde el paso 2 hasta el 11, las NH hileras de datos.

d) Datos de salida.-

Por éste programa, ninguno.

e) Instrucciones del usuario.-

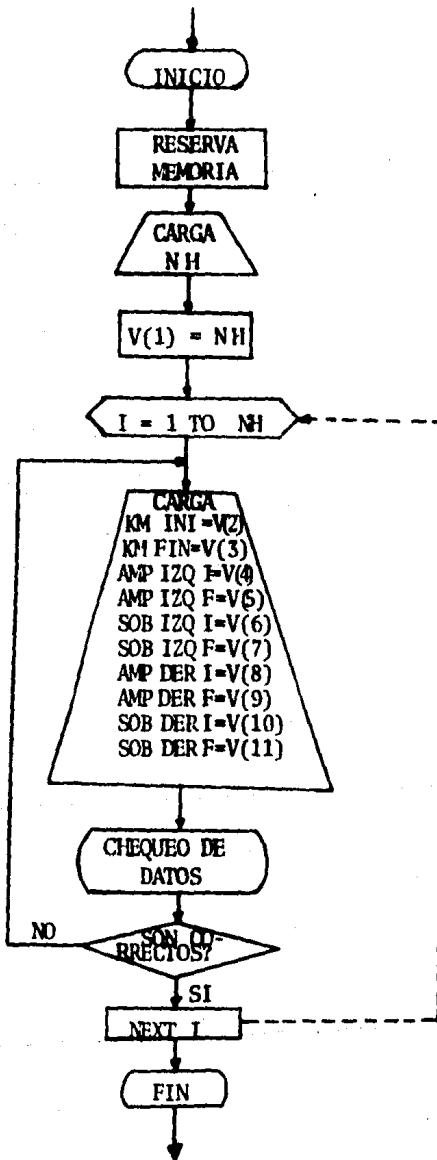
1. Después de haber elegido la opción 3, en la carga de datos, aparecerá en pantalla lo siguiente:

\* carga de datos de ampliación y sobreelevación \*  
Cuántas hileras de datos para interpolar son?

2. Se ingresa el número de hileras, NH, y secuencialmente, la computadora va pidiendo los datos enumerados en el inciso c)
3. Después de haber ingresado la última hilera de datos, la computadora automáticamente sale de éste programa para posesionarse nuevamente en el programa principal, preguntando por otra opción en la carga de datos.

DIAGRAMA DE FLUJO 4 ( DATOS DE SOBREELEVACION Y AMPLIACION )

VIENE DEL PROGRAMA PRINCIPAL



VA AL PROGRAMA PRINCIPAL

LISTADO 4 ( DATOS DE SOBREELEVACION Y AMPLIACION )

DANSOB.1115

```
5 DIM V(11)
10 PRINT TAB(15);"**CARGA DE DATOS DE AMPLIACIONES Y SOBREELEV**";FEED(3)
20 OPEN #1,"F01:SOBYAM"
30 INPUT MSG;"CUANTAS FILERAS DE DATOS PARA INTERPOLAR SON ?"NH:PRINT FEED(2)
40 FORMAT #
45 V(1)=NH
50 FOR I=2 TO NH+1:IF I=2 GOTO 60
55 V(2)=V(3)
56 PRINT "KILOM.INICIAL DE INTERPOL. :";V(2):PRINT :GOTO 65
60 INPUT MSG;"KILOM.INICIAL DE INTERPOL. :";V(2):PRINT
65 INPUT MSG;"KILOM.FINAL DE INTERPOL. :";V(3):PRINT
70 INPUT MSG;"AMPLIACION IZQ. INICIAL :";V(4):PRINT
75 INPUT MSG;"AMPLIACION IZQ. FINAL :";V(5):PRINT
80 INPUT MSG;"SOBREELEV. IZQ. INICIAL :";V(6):PRINT
85 INPUT MSG;"SOBREELEV. IZQ. FINAL :";V(7):PRINT
90 INPUT MSG;"AMPLIACION DER. INICIAL :";V(8):PRINT
95 INPUT MSG;"AMPLIACION DER. FINAL :";V(9):PRINT
100 INPUT MSG;"SOBREELEV. DER. INICIAL :";V(10):PRINT
105 INPUT MSG;"SOBREELEV. DER. FINAL :";V(11):PRINT FEED(2)
110 PRINT "SON CORRECTOS TODOS LOS DATOS ? (S/N)";INPUT USING 40 T$
120 IF T$="N" GOTO 60
130 IF T$("<"S" GOTO 110
140 PUT #1,I V*):PRINT FEED(2):NEXT I
150 FOR H=1 TO 11:V(H)=0:NEXT H:PUT #1,I V*):PUT #1,I+1 V*):END
```

## 5.6 Datos de Suelos.

Si en el programa principal, para la carga de datos la elección es ( 4 ), se llamó al programa para cargar datos de suelos:

### a) Descripción.-

Atendiendo a los procesos de construcción y a la forma de obtener los datos, es necesario y suficiente considerar tres estratos de suelos.

El proyecto de las secciones en corte, se basa principalmente en los datos de suelos. La información de suelos se reportará por tramos de características geológicas semejantes en los cuales exista variación lineal de los espesores de los estratos ( 1 ) y ( 2 ) dentro de la aproximación requerida para el cálculo de movimientos de terracerías. El estrato ( 3 ) se considera con espesor indefinido a partir del estrato ( 2 ), ( fig. - 31 )

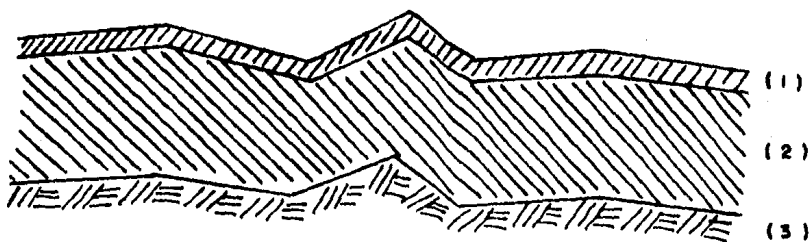


Figura 31 Estratos geológicos.

El estrato ( 1 ) se considera siempre como material no aprovechable en la compensación de terracerías, despalme en terraplén y desperficio en corte. En caso de no existir, se reportará con espesor nulo.

La forma en que se reportarán los datos de suelos y los de proyecto en corte, deben contener la siguiente información:

1. Los kilometrajés inicial y final se reportan según estén especificados en la hoja del informe geotécnico.
2. El espesor del despalme, se reportará en metros, el valor máximo es de 9.99 m. Cuando existe un despalme mayor, se considera un proyecto especial que usa métodos diferentes y que no puede procesarse con éste programa.



3. El espesor del estrato ( 2 ), inicial y final, se reportará en metros y centímetros. Para el estrato ( 3 ), no existe este concepto, pues se considera de un espesor indefinido, empezando desde el límite ( 2 ) hacia abajo.
4. El empleo de los estratos, para compensación de la curva de masas, - los volúmenes de corte resultan aprovechables o no dependiendo de las recomendaciones dadas por el estudio de suelos sobre la conveniencia de usar tal material en la formación de terraplenes.  
Cuando la clave de empleo del material de los estratos vale 2 ( dos ), el programa considera que el material no es aprovechable, y en forma inmediata nulifica el volumen abundado, de manera que no se usará en la compensación. Cuando la clave en cuestión vale 1 ( uno ), el material si es aprovechable, y será usado para compensación de curva - de masas. Independientemente de esto, los volúmenes de corte, son - almacenados para su posterior resumen.
5. Los coeficientes de variabilidad volumétrica son fijados por el proyectista, de acuerdo con los estudios de suelos que se hayan realizado.

El porcentaje de compactación a 95%, corresponde a la parte superior del terraplén ( capa subrasante ), y el de a 90% corresponde a la parte inferior o cuerpo del terraplén.

Siempre se deberán reportar los valores de los coeficientes para los estratos ( 2 ) y ( 3 ), puesto que no se sabe con certeza, hasta que estrato llegará el corte en el proyecto. Esto si es que en el estudio de suelos, se reportan también 3 estratos; si se reportan 2 es--tratos, entonces los valores correspondientes al estrato ( 2 ), se--rán los mismos para el estrato ( 3 ).

6. En el estudio de suelos para el caso de cortes, es posible que recomienden que se forme una caja, para alojar la capa subrasante con otro tipo de material, ya que el material que se está cortando no --sirve para su formación. En caso de que sirviera el material de --corte, únicamente se escarificaría y compactaría la cama de los cortes al porcentaje recomendado.

Las claves usadas para indicar si se formará caja o no, son ( 1 ) y ( 2 ), en donde la clave ( 1 ) indica que sí hay caja, y la clave -

( 2 ), que no hay.

Cuando se indique caja, el volumen de la caja se suma al volumen de corte, y cuando no se indique, dicho volumen no se suma; pero si se cuantifica como escarificación.

7. Los taludes de corte, siempre son proporcionados por el estudio de suelos y los cuales pueden variar según las características del suelo.

Aún cuando el proyectista haya reportado todos estos datos en forma consistente, no siempre se llegará al proyecto esperado, debido a las limitaciones que la forma transversal del terreno nos impone.

b) Algoritmo.-

1. Comentarios y apertura de archivo particular para carga de datos de suelos.
2. Lectura del número de hileras de datos por guardar.
3. Lectura de:
  - kilometraje inicial
  - kilometraje final
  - Espesor despalme
  - Espesor E-2
  - Empleo estratos
  - Coef. E-2 a 90%
  - Coef. E-2 a 95%
  - Coef. E-3 a 90%
  - Coef. E-3 a 95%
  - Caja en el corte
  - Talud en el corte
4. Se repite el paso 3, hasta llegar a las n hileras de datos.
5. Cierre de archivo y retorno al programa principal.

c) Datos de entrada.-

1. Número de hileras de datos:  $HS = V(1)$
2. Kilometraje inicial :  $V(2)$
3. Kilometraje final :  $V(3)$
4. Espesor despalme :  $V(4)$
5. Espesor estrato (2) :  $V(5)$
6. Empleo estratos :  $V(6)$
7. Coeficiente E-2 a 90% :  $V(7)$

- 8. Coeficiente E-2 a 90% : V(8)
- 9. Coeficiente E-3 a 90% : V(9)
- 10. Coeficiente E-3 a 95% : V(10)
- 11. Caja en el corte : V(11)
- 12. Talud en el corte : V(12)

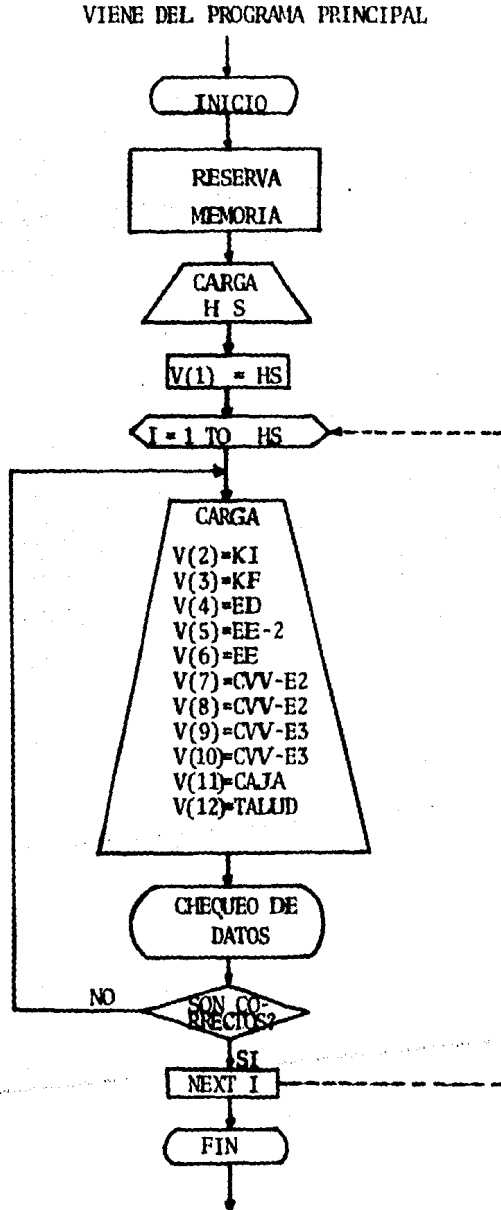
d) Datos de salida.-

Por éste programa ninguno.

e) Instrucciones del usuario.-

1. Después de haber elegido la opción (4), en la carga de datos, aparecerá en pantalla lo siguiente:  
\* carga de datos de suelos \*  
Cuántas hileras de datos voy a grabar?
2. Se ingresa el número de hileras HS, y secuencialmente la computadora va pidiendo los datos enumerados en el inciso c)
3. Después de haber ingresado la última hilera de datos, la computadora automáticamente saldrá de éste programa, para posesionarse nuevamente en el programa principal, preguntando por otra opción en la carga de datos.

DIAGRAMA DE FLUJO 5 ( DATOS DE SUELOS)



VA AL PROGRAMA PRINCIPAL

LISTADO 5 ( DATOS DE SUELOS )

DASUEL.1037

```
10 PRINT TAB(22); "***CARGA DE DATOS DE SUELOS***":FEED(3)
20 DIM V(12)
30 INPUT MSG("CUANTAS FILERAS DE DATOS VOY A GRABAR ?")MS:PRINT FEED(2)
40 OPEN #1,"FD1:SUELOS":V(1)=MS
50 FORMAT #
60 FOR I=1 TO MS:IF I=1 GOTO 90
70 V(2)=V(3)
80 PRINT "KILOMETRAJE INICIAL=";V(2):PRINT:GOTO 100
90 INPUT MSG("KILOMETRAJE INICIAL=")V(2):PRINT
100 INPUT MSG("KILOMETRAJE FINAL =" )V(3):PRINT
110 INPUT MSG("ESPESOR DESPALME =" )V(4):PRINT
140 INPUT MSG(" ESPESOR E-2 =" )V(5):PRINT
160 INPUT MSG(" EMPLEO ESTRATOS =" )V(6):PRINT
170 INPUT MSG("COEF. E-2 A 90 % =" )V(7):PRINT
175 INPUT MSG("COEF. E-2 A 95 % =" )V(8):PRINT
180 INPUT MSG("COEF. E-3 A 90 % =" )V(9):PRINT
185 INPUT MSG("COEF. E-3 A 95 % =" )V(10):PRINT
190 INPUT MSG("CAJA EN EL CORTE =" )V(11):PRINT
200 INPUT MSG("TALUD FN EL CORTE =" )V(12):PRINT FEED(2)
250 PRINT "SON CORRECTOS TODOS LOS DATOS ? (S/N)":INPUT USING 50 T$
260 IF T$="N" GOTO 90
270 IF T$(1)="S" GOTO 250
280 PUT #1,I V(*) :PRINT XHOME
290 NEXT I
300 FOR H=1 TO 12:V(H)=0:NEXT H:PUT #1,J V(*) :PUT #1,I+1 V(*)
310 CLOSE #1:END
```

### 5.7 Datos de Control.

Si en el programa principal, para la carga de datos. la elección es ( 5 ), se llamó al programa para cargar datos de Control:

#### a) Descripción.-

Se consideran dos tipos de datos de control, los que son constantes para todo un tramo de cálculo y los que pueden variar.

Los del primer grupo se reportan según se indica a continuación:

1. Kilometraje origen del tramo de cálculo en km y m.
2. Kilometraje final del tramo de cálculo en km y m.
3. Origen de la ordenada de curva de masas, la cual se reporta como un número entero, tomando como unidad el metro cúbico.
4. Ancho de corona normal en m.
5. Ancho de cuneta en corte ( generalmente es 1.00 m. )
6. Espesor de revestimiento en m;(generalmente es de 0.30 m)

Los del segundo grupo reportan lo siguiente:

1. Kilometraje inicial para claves de control.
2. Kilometraje final para claves de control.
3. Clave de control para ordenada de curva de masas, y las claves pueden ser 1, 2, 3, 4:

- Con la clave ( 1 ), los volúmenes de corte aprovechables se considerarán para el cálculo de una sola ordenada de curva de masas, multiplicados por el coeficiente de abudamiento o contracción, recomendado para la compactación de la capa subrasante.

Esta clave se aplica cuando la línea que define la subrasante, se proyecta sobre la superficie del terreno natural, (comunmente se le llama "a pelo de tierra")

- Con la clave ( 2 ), los volúmenes de corte aprovechables, se considerarán para el cálculo de una sola ordenada de curva de masas, multiplicados por el promedio de los coeficientes de abudamiento o contracción, recomendados para la compactación de la capa subrasante y el cuerpo de terraplén.

Esta clave se aplica cuando la línea que define la subrasante en el perfil, se proyecta a una altura del terreno natural, aproximadamente igual al del espesor recomendado para la capa subrasante.

- Con la clave ( 3 ), los volúmenes de corte aprovechables, se considerarán para el cálculo de una sola ordenada de curva de masas, multiplicados por el coeficiente de abundamiento o construcción recomendado para la compactación del cuerpo del terraplén.

Esta clave se aplica cuando la línea que define la subrasante en el perfil, se encuentra muy elevada, es decir, se está terraplenando.

- Con la clave ( 4 ), los volúmenes de corte aprovechables, se considerarán para el cálculo de dos ordenadas de curva de masas, una ordenada para controlar los volúmenes del terraplén y la otra para -- controlar los volúmenes de la capa subrasante, considerándose los - coeficientes recomendados para cada caso.

Esta clave, se aplica cuando el material de corte es aprovechable - para formar el cuerpo del terraplén exclusivamente, o bien, cuando existen préstamos de banco o laterales.

Conviene aclarar que ésta clave es la más usada en los proyectos por su facilidad de adaptación a los casos anteriores.

4. Talud de terraplén, recomendado por geotécnia o por especificación de proyecto. Puede ser de 15:1, 2:1, 3:1, etc. Se reportan como 1.5, - 2, 3, etc.
5. Cuña de afinamiento, si se aplica; generalmente es de 0.20 m.
6. Espesor de finos; se refiere al espesor de la capa subrasante, el cual es dado por geotécnia o por especificación de proyecto.  
Debe tomarse en cuenta que estos datos son variables, es decir, pueden variar por tramos; todo dependiendo de las recomendaciones que haga - geotécnia, con respecto a las características del suelo por el que se atraviesa.

b) Algoritmo.-

1. Comentarios y apertura de archivo particular para carga de datos de - control.
2. Lectura de:
  - kilometraje origen del tramo de cálculo.
  - kilometraje final del tramo de cálculo.
  - Origen de la ordenada de curva de masas.
  - Ancho de corona normal.
  - Ancho de cuneta.
  - Espesor de revestimiento.

3. Lectura del número de hileras de datos variables.
4. Lectura de:
  - Kilometraje inicial para claves de control.
  - Kilometraje final para claves de control.
  - Clave control OCM.
  - Talud de terraplén.
  - Cuña de afinamiento.
  - Espesor de finos.
5. Se repite el paso 4, hasta llegar a las n hileras de datos variables.
6. Cierre de archivo y retorno al programa principal.

c) Datos de entrada.-

1. Km origen del tramo de cálculo: V(1)
2. Km final del tramo de cálculo : V(2)
3. Origen de la OCM : V(3)
4. Ancho de corona normal : V(4)
5. Ancho de cuneta : V(5)
6. Espesor de revestimiento : V(6)
7. Número de hileras de datos variables : HC
8. Km inicial de control : V(1)
9. Km final de control : V(2)
10. Clave control OCM : V(3)
11. Talud de terraplén : V(4)
12. Cuña de afinamiento : V(5)
13. Espesor de finos: : V(6)

d) Datos de salida.-

Por éste programa, ninguno.

e) Instrucciones del usuario.-

1. Después de haber elegido la opción ( 5 ), en la carga de datos, aparecerá en pantalla lo siguiente:

\* Carga de datos de control \*

Datos de control invariables

2. Secuencialmente pedirá los datos enumerados en el inciso c)

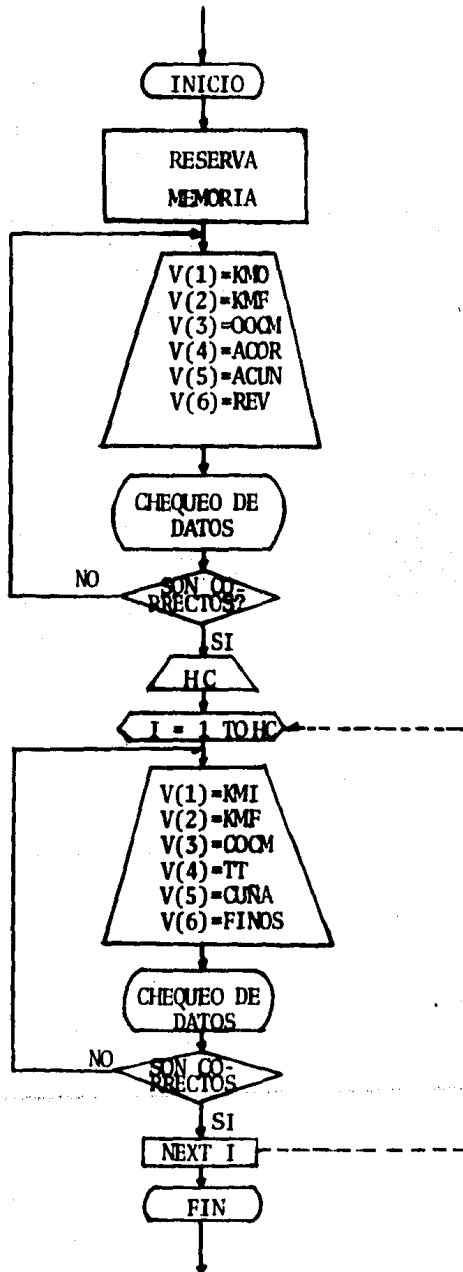


3. Después de haber ingresado la última hilera de datos variables, la computadora automáticamente saldrá de éste programa para posesionarse nuevamente en el programa principal, preguntando por otra opción en la carga de datos.

Con ésta última opción se termina lo relacionado a la carga de datos; entonces, si se elige la opción ( 6 ), el programa retornará a preguntar si se requiere cargar datos u operar con los mismos, en donde cuya opción deberá ser ( 2 ) para proceder a calcular los elementos requeridos para la ordenada de curva de masas.

DIAGRAMA DE FLUJO 6 ( DATOS DE CONTROL)

VIENE DEL PROGRAMA PRINCIPAL



VA AL PROGRAMA PRINCIPAL

LISTADO 6 ( DATOS DE CONTROL )

```

DACON .138J
10 PRINT TAB(20); " *** CARGA DE DATOS DE CONTROL *** "; FEED (10)
20 DIM V(6)
30 OPEN #1,"FB1:CONTROL":PRINT XHOME
50 PRINT FEED(3); "          DATOS DE CONTROL INVARIABLES"
55 PRINT FEED(3); INPUT MSG("      KM ORIGEN DEL TRAMO DE CALCULO:");V(1):PRINT
60 INPUT MSG("      KM FINAL DEL TRAMO DE CALCULO:");V(2):PRINT
70 INPUT MSG("      ORIGEN DE LA ORDENADA DE CM :");V(3):PRINT
80 INPUT MSG("      ANCHO DE CORDONA NORMAL:");V(4):PRINT
90 INPUT MSG("      ANCHO DE CUNETAS EN CORTE :");V(5):PRINT
120 INPUT MSG("      ESPESOR DE REVESTIMIENTO :");V(6):PRINT FEED(2)
140 FORMAT #
150 PRINT TAB(15); "SON CORRECTOS LOS DATOS ANTERIORES ?(S/N)":INPUT USING 140 T$
160 IF T$="N" GOTO 50
170 IF T$(">")"0" GOTO 150
180 PUT #1,1 V(*) :PRINT XHOME
190 PRINT TAB(15); "DATOS DE CONTROL VARIABLES";FEED(3)
200 INPUT MSG("CUANTAS HILERAS DE DATOS VARIABLES SON?");HC:PRINT FEED(1)
210 FOR I=2 TO HC+1
220 INPUT MSG("KM. INICIAL DE CONTROL :");V(1):PRINT
230 INPUT MSG("KM. FINAL DE CONTROL :");V(2):PRINT
240 INPUT MSG("CLAVE CONTROL OCM :");V(3):PRINT
250 INPUT MSG("TALUD DE TERRAPLEN :");V(4):PRINT
260 INPUT MSG("CUNTA DE AFINAMIENTO :");V(5):PRINT
270 INPUT MSG("ESPESOR DE FINOS :");V(6):PRINT FEED(3)
280 PRINT TAB(15); "SON CORRECTOS TODOS LOS DATOS? (S/N)":INPUT USING 140 T$
290 IF T$="N" GOTO 220
300 IF T$(">")"0" GOTO 280
310 PUT #1,1 V(*) :NEXT I
320 FOR H=1 TO 6:V(H)=0:NEXT H:PUT #1,1 V(*) :PUT #1,I+1 V(*) :CLOSE #1:PRINT XHOME
:END
    
```

### 5.8 Cálculo del Alineamiento Vertical.

Si en el programa principal, para la ejecución e impresión de datos, la elección es ( 1 ), se llamó al programa para calcular el alineamiento vertical: La utilidad de éste programa, se básicamente de comprobación del alineamiento vertical; se compara el alineamiento proyectado con el calculado, de tal manera que haya concordancia tanto de pendientes, como de elevaciones entre ambos alineamientos.

Además, es posible realizar el análisis de subrasante en base al comportamiento de las pendientes y tangentes.

Por otro lado, teniendo bien definida la subrasante, al calcular el alineamiento vertical, éste es utilizado para dibujarlo en el perfil definitivo. A continuación se hace la descripción:

#### a) Descripción.-

Si se parte de los datos del alineamiento vertical, los cuales ya fueron grabados en el disco; se tiene que dicho alineamiento se define por curvas y tangentes; pero, para los fines que se persiguen, lo que interesa son los puntos críticos que limitan a estos elementos y la pendientes de las tangentes, esto es, el PCV, PTV, PIV y PE.

PCV = Punto de comienzo de curva vertical.

PTV = Punto donde termina la curva vertical.

PIV = Punto de inflexión vertical.

PE = Pendiente de la tangente en %

Los datos recuperados son los siguientes:

1. Cadenamiento del PIV
2. Elevación del PIV
3. Longitud de curva vertical Lc

Los elementos que interesan, se obtienen mediante las siguientes relaciones:

$$PCV_n = PIV_{n+1} - LC_{n+1}/2 \quad \text{-----} ( 1 ) \quad \text{Elev } PCV_n = \text{Elev } PIV_{n+1} - LC_{n+1}/2 * PE_n \quad \text{-----} ( 3 )$$

$$PTV_n = PCV_n + LC_{n+1} \quad \text{-----} ( 2 ) \quad \text{Elev } PTV_n = \text{Elev } PIV_{n+1} + LC_{n+1}/2 * PE_{n+1} \quad \text{-----} ( 4 )$$

$$PE_n = \frac{PIV_{n+1} - PIV_n}{\text{Elev } PIV_{n+1} - \text{Elev } PIV_n} * 100 \quad \text{-----} ( 5 )$$

n = 1, 2, 3, 4, -----

b) Algoritmo. -

1. Abrir el archivo de datos del alineamiento y se recuperan los tres primeros PIV.
2. Hacer que el cadenamiento y elevación del PCV y PTV, sean igual al del primer PIV. Impresión de datos.
3. Cálculo de la pendiente de entrada, entre el primero y segundo PIV con la fórmula 5.
4. Cálculo de la pendiente de salida, entre el segundo y tercer PIV - con la fórmula 5.
5. Mediante las fórmulas 1, 2, 3 y 4, se obtienen los cadenamientos - y elevaciones del PCV y PTV respectivamente. Impresión de datos.
6. Si el tercer PIV es el último, ir al paso 8, en caso contrario con tinuar.
7. Transfiere memorias, recupera el siguiente PIV e ir al paso 4.
8. Hacer que el cadenamiento y elevación del PCV y PTV, sean igual al del último PIV. Impresión de datos.
9. Cierre del archivo de datos y retorno al programa principal.

c) Datos de entrada. -

Ninguno, ya se encuentran archivados.

d) Datos de salida. -

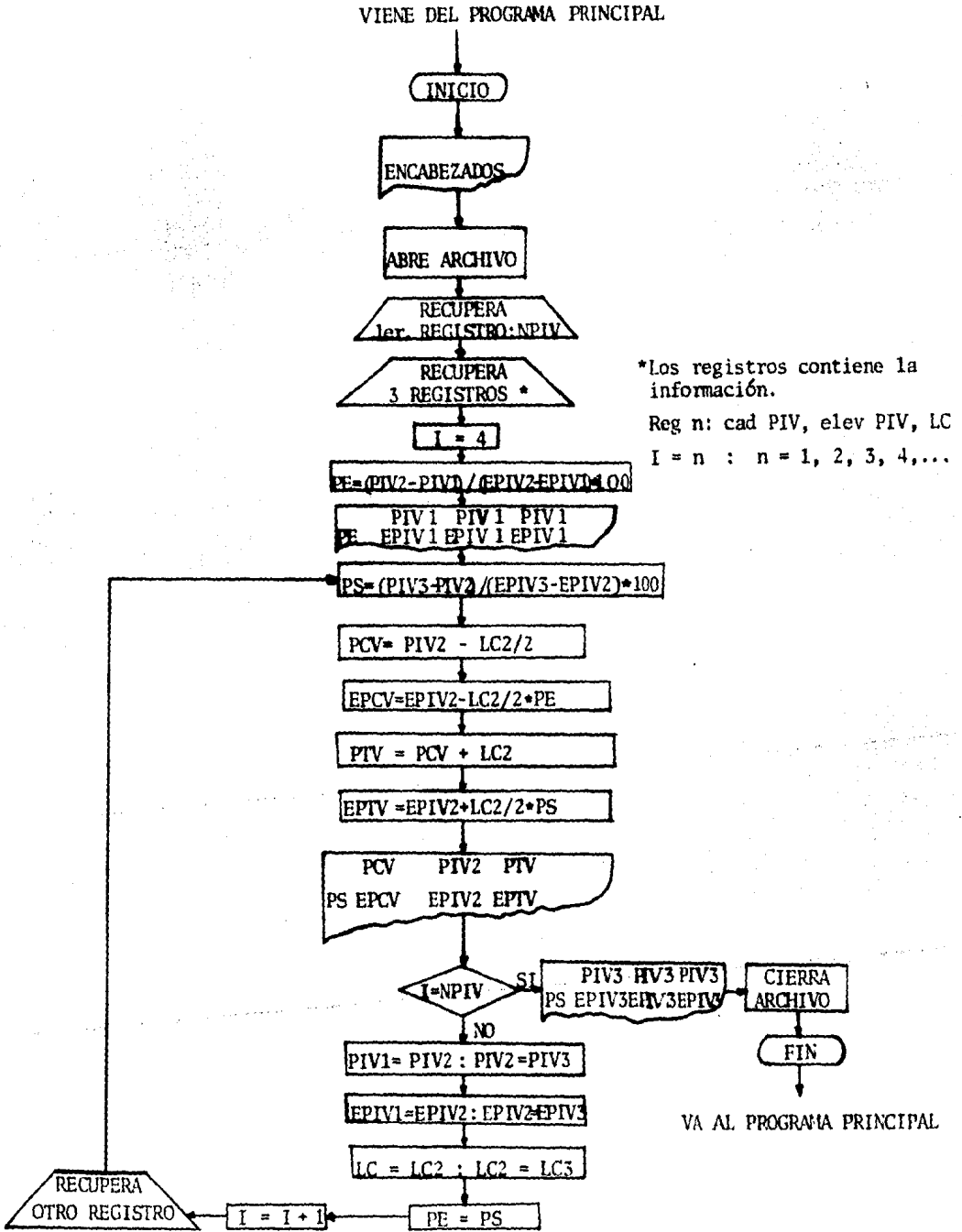
Los resultados arrojados por el programa son:

- Cadenamiento y elevación del PCV
- Cadenamiento y elevación del PIV
- Cadenamiento y elevación del PTV
- Pendiente en por ciento, entre PIV y PIV

e) Instrucciones del usuario. -

1. Al haber pulsado la elección ( 1 ) en la "ejecución e impresión de da tos" del programa principal, inmediatamente la computadora procedera a calcular e imprimir el alineamiento vertical.
2. Cuando termine de calcular, automáticamente regresa al programa principal y preguntará por otra opción en la "ejecución e impresión de da tos"

DIAGRAMA DE FLUJO 7 ( CALCULO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL )



LISTADO 7 (CALCULO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL)

ALVLEO.1054

```

10 OPEN #1,"FD1:ALIVER"
20 GET #1,I PIV,PIV,PIV
30 OPEN #2,"UC2:"
40 DIM CPIX(3),EPIW(3),LCW(3)
50 FOR I=2 TO 4
60 GET #1,CPIW(I-1),EPIW(I-1),LCW(I-1):NEXT I:I=4
70 PRINT #2,FEED(1),TAB(50);"ALINEAMIENTO VERTICAL";FEED(2)
80 PRINT #2,"
          PENDIENTE          PCV          PIV          PIV"
90 FORMAT
100 FORMAT          000.000 I          0000.00          0000.00          0000.00
101 FORMAT          0000.00          0000.00          0000.00          0000.00
110 N1=INT(CPIW(1)/1000):CIN=CPIW(1)-N1*1000:PE=(EPIW(2)-(EPIW(1)))/(CPIW(2)-CPIW(1))
120 PRINT #2, USING 90 N1,CIN,N1,CIN,N1,CIN
130 PRINT #2, USING 100 PE*100,EPIW(1),EPIW(1)
140 PS=(EPIW(3)-EPIW(2))/(CPIW(3)-CPIW(2))
150 IF LCW(2)(<)GOTO 160
155 PC=CPIW(2)-PT-CPIW(2):EPC=EPIW(2)-EPT-EPIW(2):GOTO 160
160 PC=CPIW(2)-LCW(2)/2:EPC=(PC-CPIW(1)):PE=EPIW(1)
170 PT=CPIW(2)+LCW(2)/2:EPT=(PT-CPIW(2)):PS=EPIW(2)
180 N11=INT(PC/1000):N12=INT(CPIW(2)/1000):N13=INT(PT/1000)
190 CIN1=PC-N11*1000:CIN2=CPIW(2)-N12*1000:CIN3=PT-N13*1000
200 PRINT #2, USING 90 N11,CIN1,N12,CIN2,N13,CIN3
210 PRINT #2, USING 100 PS*100,EPC,EPIW(2),EPT
220 IF I=PIV+1 GOTO 260
230 CPIW(1)=CPIW(2)+CPIW(2)-CPIW(3):EPIW(1)=EPIW(2)+EPIW(2)-EPIW(3)
240 LCW(1)=LCW(2)+LCW(2)-LCW(3):PE=PS:I=I+1
250 GET #1,I CPIW(3),EPIW(3),LCW(3):GOTO 140
260 N1=INT(CPIW(3)/1000):C1=CPIW(3)-N1*1000
270 PRINT #2, USING 90 N1,C1,N1,C1,N1,C1
280 PRINT #2, USING 101 EPIW(3),EPIW(3),EPIW(3)
290 CLOSE #1:CLOSE #2:END

```

### 5.9 Cálculo de la geometría del seccionamiento de construcción.

Si en el programa principal, para la ejecución e impresión de datos, la elección es ( 2 ), se llamó al programa para calcular la geometría:

La parte más importante de éste proceso, la representan los elementos geométricos de construcción que definen el camino. Tales elementos son reportados y dibujados en los planos de las secciones y perfil respectivamente, y deberán ser entregados a la compañía contratante, como un requisito de trabajo. A continuación se hace su descripción:

#### a) Descripción.-

Las secciones de construcción han sido tipificadas y se identifican por un número según se muestra en las figuras 32 y 33, en donde podrá observarse la forma convencional adoptada para solucionar el problema geométrico que atañe a cada sección.

Los elementos que definen la forma geométrica de la sección, son los que se han venido explicando en capítulos anteriores. Así que los elementos que más importancia revisten son los siguientes:

Cadenamiento, elevación del terreno, elevación de la subrasante, espesor de corte o terraplén, semicorona a nivel de subrasante, sobreelevación y puntos críticos para formar la cuneta en los cortes.

Para la subrasante en curva, se calculará su elevación utilizando la fórmula ( 1 ) y para la subrasante en tangente, la fórmula ( 2 ).

$$E = E_a + S_1 \cdot D_1 + (S_2 - S_1) \cdot 200 / L_c \cdot (D_2 / 20)^2 \text{ ----- (1)}$$

$$E = E_a + S_1 \cdot D_1 \text{ ----- (2)}$$

E = Elevación de subrasante en la estación considerada.

E<sub>a</sub> = Elevación del PIV anterior.

S<sub>1</sub> = Pendiente de entrada

D<sub>1</sub> = Distancia entre el PIV anterior y la estación considerada.

S<sub>2</sub> = Pendiente de salida

L<sub>c</sub> = Longitud de la curva vertical

D<sub>2</sub> = Distancia entre el PCV y la estación considerada.

Los espesores se obtienen efectuando la diferencia entre la elevación de la subrasante y la del terreno para la estación considerada, estableciendo que los espesores en terraplén sean positivos ( + ) y los correspon-



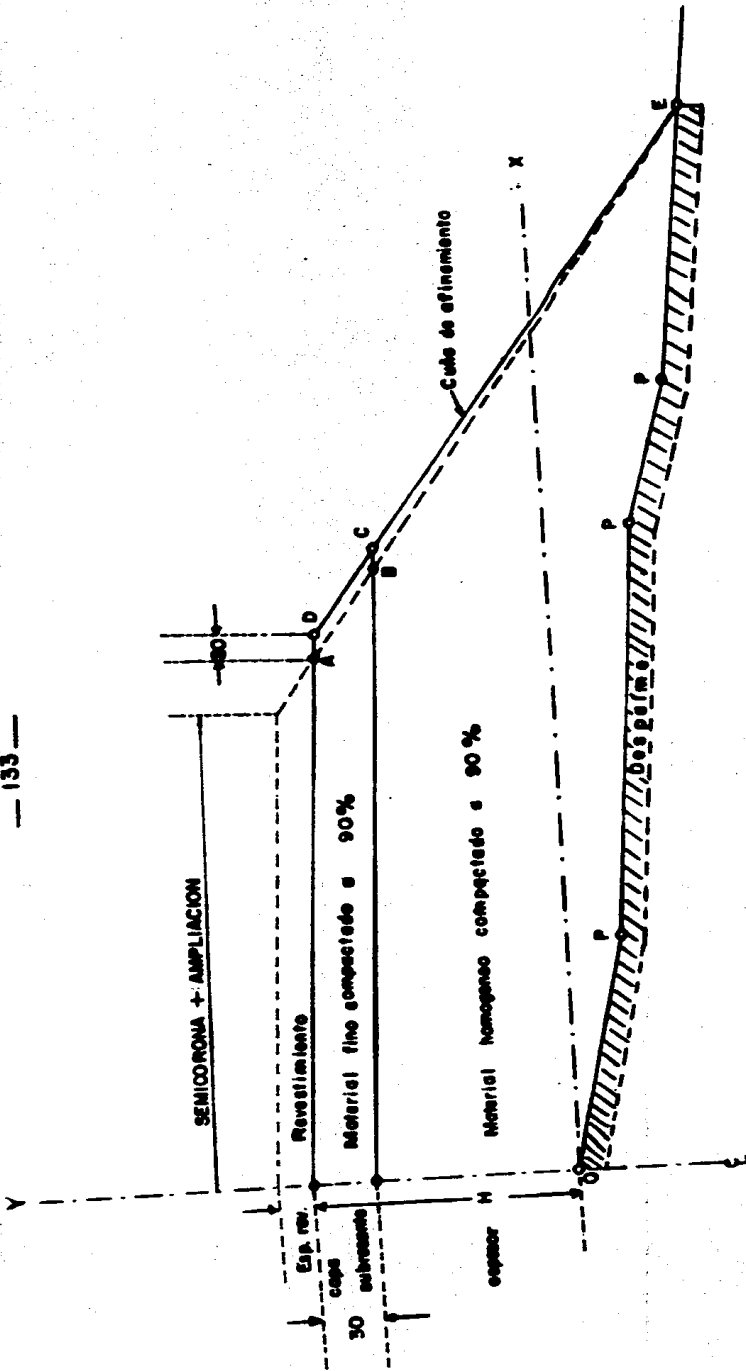


Figura 32. SECCION TIPO I ( EN TERRAPLEN )

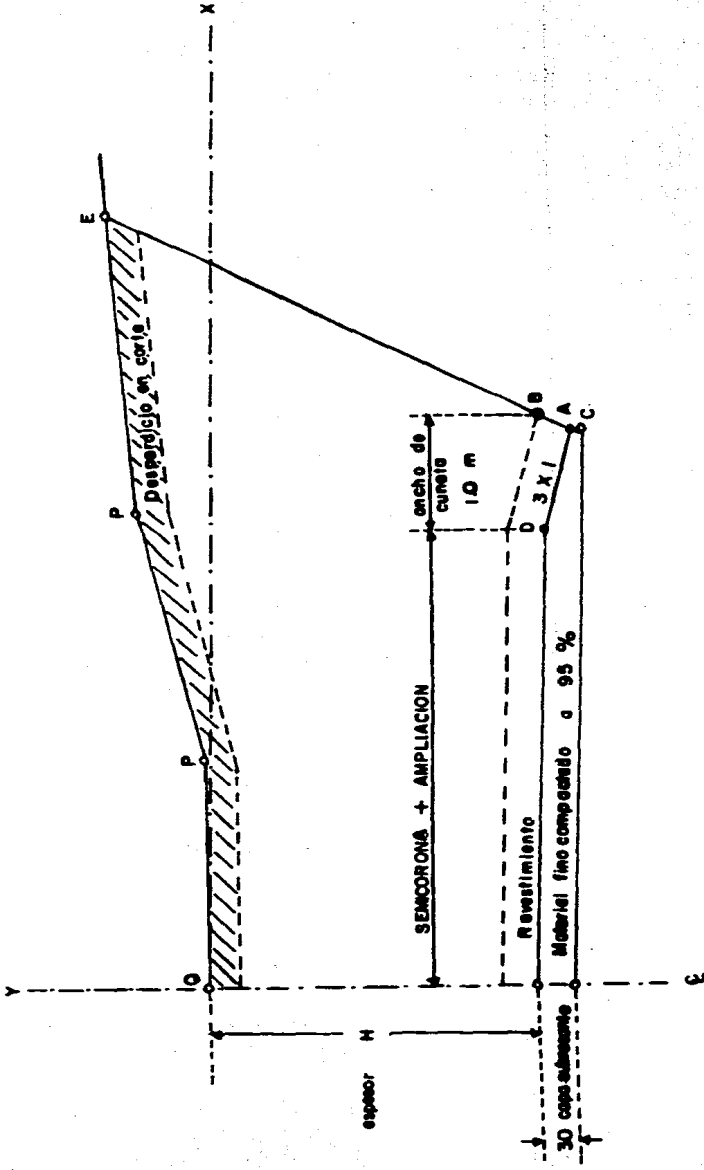


Figura 33. SECCION TIPO 2 ( EN CORTE )

dientes a corte, negativos ( - ):

$$H = \text{ESPESOR} = \text{ELEV. SUBR} - \text{ELEV. TERRENO} \text{ ----- ( 3 )}$$

Las sobreelevaciones y ampliaciones para cada estación, se obtendrán por interpolación lineal hacia cada lado de la corona mediante las fórmulas:

$$SBX = SB1 + \frac{SB2 - SB1}{KM2 - KM1} (KMX - KM1) \text{ ----- ( 4 )}$$

$$AMX = AM1 + \frac{AM2 - AM1}{KM2 - KM1} (KMX - KM1) \text{ ----- ( 5 )}$$

SBX, AMX = Sobreelevación y ampliación para la estación considerada.

SB1, AM1 = Sobreelevación y ampliación anterior a la estación considerada.

SB2, AM2 = Sobreelevación y ampliación posterior a la estación considerada.

KM1, KM2 = Estaciones anterior y posterior a la considerada.

KMX = Estación considerada

Las semicorona izquierda y derecha, se obtienen a nivel de subrasante ya sea en corte o en terraplén:

$$SC = C/2 + AMX + e + \text{CUÑA AFINAMIENTO} \text{ ----- ( 6 )}$$

$$SC = C/2 + AMX \text{ ----- ( 7 )}$$

$$e = \text{ensanche} = \frac{B}{\frac{1}{t} + S} \quad (\text{referirse al capítulo 3, corona}).$$

El punto A, representa el fondo de la cuneta en los cortes y está dado por coordenadas ( distancia y desnivel según los ejes coordenados ). Este punto únicamente para fines de dibujo.

Para el cálculo de áreas y volúmenes, posteriores al cálculo que nos ocupa; se ha preparado una relación de expresiones que definen las coordenadas de cada uno de los puntos básicos (A, B, C y D). Esto, considerando que ya se calculó con las expresiones anteriores la elevación de subrasante, el espesor, la sobreelevación y ampliación para cada sección reportada.

A continuación se da la relación para la sección tipo 1:

$$XA = \text{CORONA}/2 + AMX + e, \text{ ----- ( 8 )}$$

$$YA = XA \frac{SBX}{100} + H \text{ ----- ( 9 )}$$

$$e1 = \frac{B}{\frac{1}{T} + SBX}$$

$$XB = \text{CORONA}/2 + \text{AMX} + e_2 \text{ ----- ( 10 )}$$

$$YB = XB \frac{\text{SBX}}{100} + H - \text{FINOS} \text{ ----- ( 11 )}$$

$$XC = XB + \text{CUÑA} \text{ ----- ( 12 )}$$

$$YC = YB + \text{CUÑA} \frac{\text{SBX}}{100} \text{ ----- ( 13 )}$$

$$XD = XA + \text{CUÑA} \text{ ----- ( 14 )}$$

$$YD = YA + \text{CUÑA} \frac{\text{SBX}}{100} \text{ ----- ( 15 )}$$

$$e_2 = \frac{B + \text{FINOS}}{\frac{1}{T} + \text{SBX}}$$

B = espesor de revest.

T = Talud del terraplén.

Relación para la sección tipo 2:

$$XD = \text{CORONA}/2 + \text{AMX} \text{ ----- ( 16 )}$$

$$YD = XD \frac{\text{SBX}}{100} + H \text{ ----- ( 17 )}$$

$$XA = XD + \text{CR} \text{ ----- ( 18 )}$$

$$YA = YD - \text{CR}/3 \text{ ----- ( 19 )}$$

$$XB = XD + \text{CUNETA} \text{ ----- ( 20 )}$$

$$YB = YD - \text{CUNETA}/3 \text{ ----- ( 21 )}$$

$$XC = XA \text{ ----- ( 22 )}$$

$$YC = YA - \text{CUNETA}/3 + \text{CR}/3 \text{ ----- ( 23 )}$$

$$\text{CR} = \text{CUNETA} - \frac{B}{\frac{1}{t} + 1/3}$$

t = talud del corte.

AMX = Ampliación para la estación considerada

SC = Semicorona para la estación considerada

La expresión ( 6 ) se aplicará cuando la sección se encuentre en terraplén, y la expresión ( 7 ), cuando va en corte.

En las figuras 32 y 33, puede observarse que sus dimensiones las constituyen puntos geométricos situados por coordenadas.

Los puntos básicos son los siguientes: A, B, C y D; los cuales son establecidos en base a los datos de control, sobre elevaciones y cuña de afinamiento ( si es requerida ). Los puntos P, son puntos del seccionamiento que representan los quiebres de la sección transversal, y que están establecidos también por coordenadas ( distancia y elevación ). El punto E, representa la intersección de la recta definida por el talud, con una determinada recta definida por dos puntos del seccionamiento.

Con respecto al origen de coordenadas, se ha convenido tomar como origen el eje de trazo del camino, es decir, el centro de línea del seccionamiento. A partir de ahí se dará coordenadas a los diferentes puntos antes mencionados.

Luego, si se considera el centro de línea de la sección como origen de coordenadas, se deduce que las secciones de construcción en terraplén, tendrán un espesor H positivo y las secciones en corte un espesor H negativo.

Con el establecimiento de los diferentes puntos básicos, la identificación de los del seccionamiento, la intersección y el espesor H, se está formando un polígono cerrado, del cual se conocen las coordenadas de cada uno de sus vértices y por lo tanto es factible la aplicación de cualquiera de los métodos analíticos para obtener su superficie. Dicha superficie corresponde a un lado del proyecto, el otro lado se obtiene de la misma manera.

Pero, en éste programa lo que interesa son los elementos geométricos necesarios para el dibujo del proyecto del seccionamiento de construcción. Entonces, los puntos necesarios para el dibujo, son el punto D y A ( figuras 32 y 33 ). El punto D, representa el hombro de la subcorona tanto en corte como en terraplén, y se dibuja dando su distancia ( semicorona ) y sobre elevación.

Las coordenadas del punto E, se analizarán más adelante, en la parte correspondiente al cálculo de áreas y volúmenes.

Para finalizar, deberá tomarse en cuenta el criterio aplicado para decidir la sección tipo, es decir, el análisis que requiere cada sección con respecto al espesor, que puede estar en corte o en terraplén.

Por ejemplo, puede darse el caso de que el espesor reporte un terraplén,

pero que el hombro de la corona se encuentre enterrado o viceversa, de donde puede deducirse que la sección se encuentra en balcón. Entonces, ahora si se puede continuar con el siguiente inciso.

b) Algoritmo.-

1. Abrir los archivos de datos de alineamiento vertical, sobreelevaciones y ampliaciones, seccionamiento y archivo para guardar resultados.
2. Calcular subrasante con las fórmulas ( 1 ) y ( 2 ).
3. Calcular espesor con la fórmula ( 3 ).
4. Calcular sobreelevaciones y ampliaciones con las fórmulas ( 4 ) y ( 5 ).
5. Guardar en archivo los datos calculados para cada sección.
6. Al término de la última sección, cerrar archivos del alineamiento vertical y sobreelevaciones y ampliaciones.
7. Regresando con la primera sección y los primeros datos calculados, se procede al análisis de las secciones para obtener la sección tipo de aplicación.
8. La forma de decidir la sección tipo, se hace comparando el punto B de la sección tipo 1, con su correspondiente proyectado sobre la sección transversal; si dicho punto se encuentra arriba del de la sección, se trata de un terraplén, en caso contrario, de un corte.
9. Así, se analiza un lado y otro de la sección y cada una de las secciones.
10. Los puntos geométricos son calculados con la fórmula 8,9,10,11,12,13, 14 y 15 ó bien las 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, según sea el caso de solución.
11. Las coordenadas de los puntos, son guardadas en un nuevo archivo.
12. Impresión de: cadenamamiento, elevación del terreno, elevación de subrasante, espesor H, semicoronas izquierda y derecha, sobreelevación izquierda y derecha, punto A de la sección tipo 2 en su caso.
13. Al llegar a la última sección, cerrar archivos del seccionamiento y de resultados, salir del programa y regresar al programa principal.

c) Datos de entrada.-

Ninguno, ya se encuentran archivados.

d) Datos de salida.-

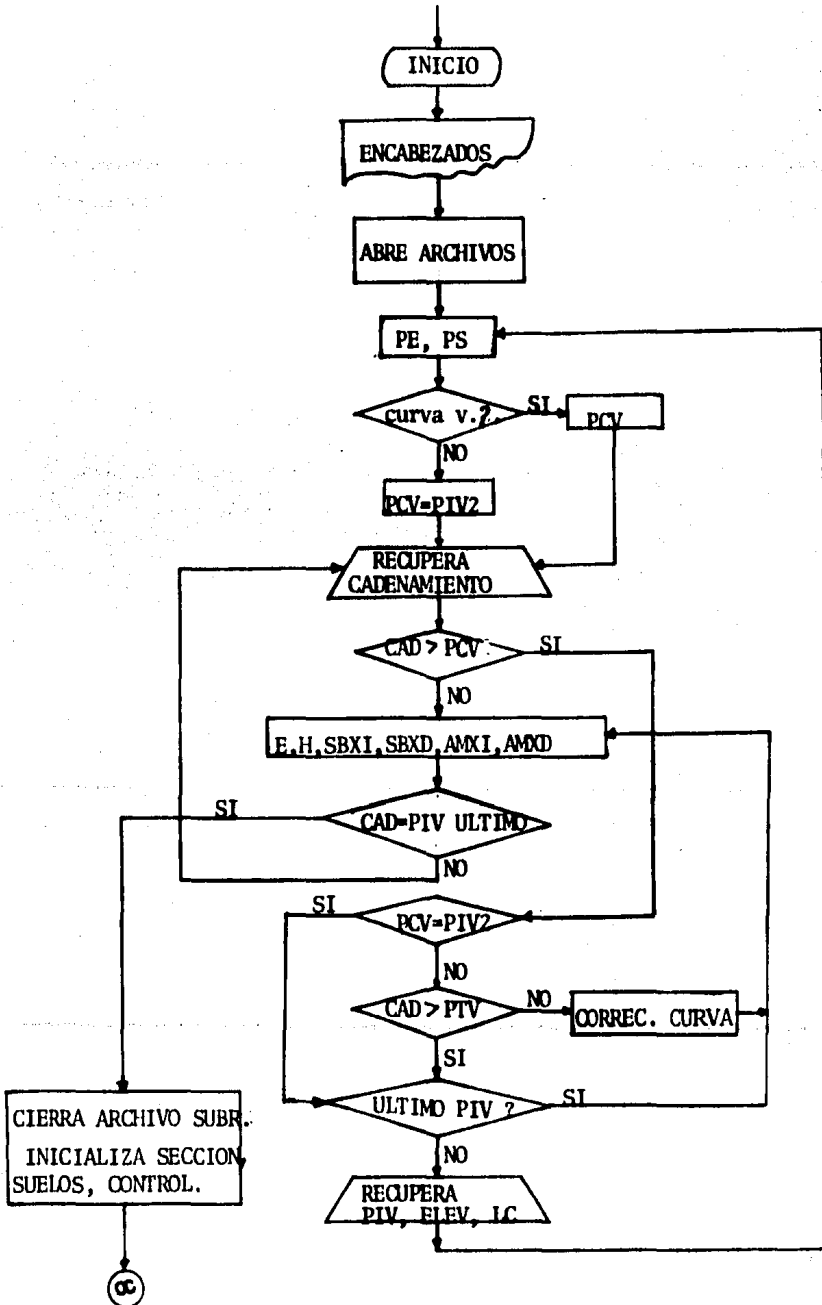
- Cadenamiento de la sección
- Elevación del terreno correspondiente al CL de la sección
- Elevación de la subrasante
- Espesor H
- Semicorona izquierda
- Semicorona derecha
- Sobreelevación izquierda
- Sobreelevación derecha
- \* XA izquierda
- \* YA izquierda      \* Según se presente el caso
- \* XA derecha
- \* YA derecha

e) Instrucciones del usuario.-

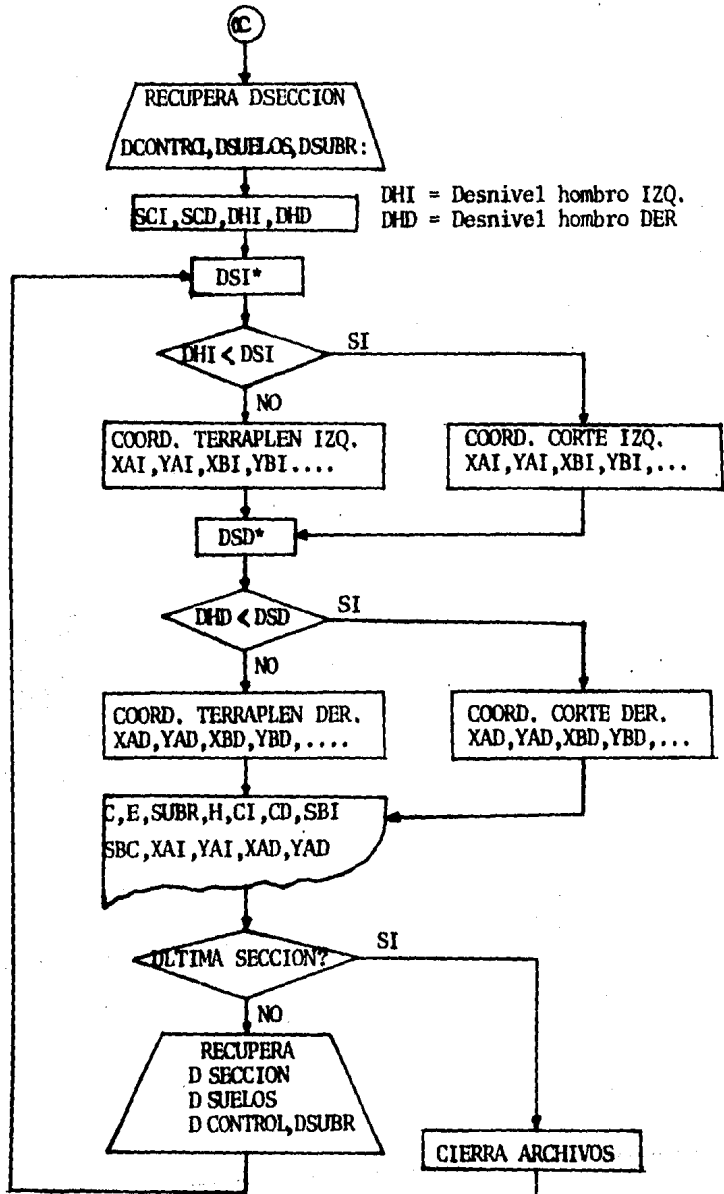
1. Al haber pulsado la elección 1 en la "ejecución e impresión de datos", del programa principal, inmediatamente la computadora procederá a calcular e imprimir la geometría del seccionamiento de construcción.
2. Cuando termine de calcular, automáticamente regresará al programa principal y preguntará por otra opción en la ejecución e impresión de datos.

DIAGRAMA DE FLUJO 8 (CALCULO GEOMETRIA)

VIENE DEL PROGRAMA PRINCIPAL







\* Desnivel de la sección transversal a una distancia igual a la del hombro de la subcorona.  
DSI = Desnivel sección IZQ.  
DSD = Desnivel sección DER.

VA AL PROGRAMA PRINCIPAL

LISTADO 8 (CALCULO DE LA GEOMETRIA)

GEOM .5533

```

10 DIM CPIW(3),EPIV(3),LCW(3),V(12),IK(11),5(12),DB(8),G(14),IK(6)
20 OPEN #2,"US2":MM=1:PRINT #2,"":PRINT #2,TAB(110);"H.M. 1";FEC(3)
30 PRINT #2,TAB(20);" GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION";FELD(2)
40 PRINT #2,TAB(10);" ESTACION (LEV-TRM ELEV-SUB M SENICORDAS SOBREELEVACION
50 PRINT #2,TAB(10);" 120 DER 120 DER
60 FORMAT DD.MM.000.00 10000.00 10000.00 1000.00 100.00 100.00 1000.00 11
70 FORMAT DD.MM.000.00
90 PRINT #2," "1LE0=10
90 OPEN #1,"F01:AVTR":GET #1,1 PIV,PIV,PIV
100 OPEN #3,"F01:SEC":OPEN #4,"F01:SUBC":OPEN #5,"F01:SOBYM":GET #5,1 IN 0):SOB=2
110 FOR I=2 TO 4:GET #1,I CPIW(I-1),EPIV(I-1),LCW(I-1):NEXT I:I=4+K:I=J
120 PE=(EPIV(2)-EPIV(1))/(CPIW(2)-CPIW(1)):PG=(EPIV(3)-EPIV(2))/(CPIW(3)-CPIW(2))
130 IF LCW(2)=0 THEN PCV=CPIV(2):GOTO 150
140 PCV=CPIV(2)-LCW(2)/2
150 GET #3,J W(8):C=W(1):E=W(2)
160 CORREC=0:IF C=C THEN J=J+1:GOTO 150
170 IF C)PCV GOTO 250
180 SUBR=EPIV(1)+(C-CPIW(1))*PE+CORREC:ESP=SUBR-E
190 IF C)IK(3) GOTO 350
200 DIV=(C-IK(2))/(IK(3)-IK(2)):SNI=(K(7)-IK(6)):SND=(K(11)-IK(10)):AMI=(K(5)-IK(4)):AMD=(K(7)-IK(8))
210 SI=DIV/SNI:K(6):SID=DIV/SND:K(10):ATI=DIV/AMI:K(4):AID=DIV/AMD:K(8)
220 PUT #4,K C,F,SUBR,ESP,SII,SID,ATI,AID:K=K+1:J=J+1:C=C
230 IF C=CPIW(3) GOTO 340
240 GOTO 150
250 IF PCV=CPIV(2) GOTO 200
260 IF C(PCV+LCW(2)) GOTO 200
270 CORREC=((C-PCV)/20000)*((PS-PE)/200)/LCW(2):GOTO 100
280 IF I=PIV+1 GOTO 320
290 CPIW(1)=CPIW(2):CPIW(2)=CPIW(3):EPIV(1)=EPIV(2):EPIV(2)=EPIV(3)
300 LCW(1)=LCW(2):LCW(2)=LCW(3):I=I+1
310 GET #1,I CPIW(3),EPIV(3),LCW(3):GOTO 120
320 IF COM=1 GOTO 180
330 COM=1:CPIW(1)=CPIW(2):EPIV(1)=EPIV(2):PE=PS:GOTO 180
340 CLOSE #1:CLOSE #5:J=1:K=1:I=1:OPEN #3,"F00:PGEO":I=1:GOTO 340
350 GET #5,SUB IN 0):SOB=SOB+1:GOTO 150
360 OPEN #6,"F01:CONTRO":GET #6,1 KN1,KNW,ORC,COR,CIME,REV:GET #6,2 W(8):CO=3
370 OPEN #7,"F01:SUELOS":GET #7,1 SA(8):SU=2:GET #3,J W(8):J=J+1
380 GET #4,K W(8):K=K+1:CI=COR/2+D(7)/(REV+W(6))/(1/W(4)+M(5)*8.01)
390 BI=COR*(3)*8.01+W(4)-W(6):CI=CI
400 CO=COR/2+M(5)*(REV+W(6))/(1/W(4)+M(5)*8.01)
410 DO=COR*(4)*8.01+W(4)-W(6):YA=0
420 FOR I=3 TO 12 STEP 2:X0=Y(1):Y0=W(I+1)
430 IF W(I)<CI GOTO 440
440 IF W(I)<0 GOTO 440
450 X0=0:Y0=0
460 IF YA=1 GOTO 540
470 DCI=(CI-X0)*(YI-Y0)/(XI-X0):Y0+YA=1:XI=0:YI=0
480 IF BI<DCI GOTO 510
490 XAI=COM/2+M(7)*(REV/(1/W(4)+M(5)*8.01))+W(1)=XAI+W(5)+M(1)=PAI*(5)*8.01+W(4):YAI=PAI+AC=1
500 YAI=XAI*(8)*8.01+W(4):XDI=CI:YBI=0:XAII=XAI+K(1)=XAI+W(5):YCI=W(5)+M(5)*8.01:DI=DI+GOTO 540

```

GEOM .5533

```

510 PAI=CORD/2*(X7)+DAI=PAI*(X5)*.01*(X4):PAI=PAI
520 CR=CUME-REV/(1/S(12)+1/3):XAI=PAI-CR:YAI=DAI-CR/3
530 XBI=PAI-CUME:YBI=DAI*(X6)-CUME/3:XCI=XAI+YCI=YAI:AC=2:XF=0:YF=0
540 IF V(1)X0 GOTO 640
550 IF V(1))=CN GOTO 570
560 GOTO 640
570 DGD=(X(1+1)-YF)*(CD-XF)/(V(1)-XF)+YF
580 IF DD(DD) GOTO 610
590 XAD=CORD/2*(X8)+REV/(1/(X4)+X(6)*.01):PAD=XAD*(X5):DAD=PADD*(X6)*.01*(X4):DC=1
600 YAD=XADD*(X6)*.01*(X4):XBD=CD:YBD=DD:XCD=CD*(X5):YCD=X(5)*X(6)*.01*(X4):GOTO 630
610 PAD=CORD/2*(X8):DAD=PADD*(X6)*.01*(X4)
620 CR=CUME-REV/(1/S(12)+1/3):XAD=PAD+CR:YAD=DAI-CR/3
630 XBD=PAD+CUME:YBD=DAD*(X6)-CUME/3:XCD=XAD:YCD=YAD:BC=2:GOTO 660
640 XF=V(1):YF=V(1+1):NEXT I:GOTO 630
650 GET #3,J V(8):J=1:GOTO 420
660 PUT #0,1 D(1),D(4),PAI,DAI,XAI,YAI,XBI,YBI,XCI,YCI,PAD,DAD,XAD,YAD,XBD,YBD,XCD,YCD,AC,BC:L=L+1
670 MI=INT(D(1)/1000):CI=D(1) MI*1000
680 PRINT #2, USING 60 MI,CI,(M2),M(3),FIX$(M4),2),FIX$(PAI),2),FIX$(PAD),2),FIX$(D(5)),2),FIX$(D(6)),2),
690 IF AC=1 GOTO 710
700 PRINT #2,TAB(79):PRINT #2, USING 70 FIX$(XAI),2),FIX$(YAI),2),
710 IF BC=1 GOTO 730
720 PRINT #2,TAB(92):PRINT #2, USING 70 FIX$(XAD),2),FIX$(YAD),2),
730 PRINT #2," "+LEO=LEO+1:IF LEO(35) GOTO 760
740 MID=MID+1:PRINT #2,FEED(2):PRINT #2,TAB(90);"Continua en la hoja:";MID
750 PRINT #2,ASC(12):PRINT #2,TAB(110);"ISOJA ":";MID;FEED(1)+LEO=0
760 IF V(1)=KNF GOTO 920
770 GET #3,J V(8):J=J+1
780 IF U(2)=S(3) GOTO 840
790 IF U(2))S(3) GOTO 820
800 IF V(1))(U(2) GOTO 870
810 GOTO 900
820 IF V(1))(S(3) GOTO 880
830 GOTO 900
840 IF U(2)=KNF GOTO 900
850 IF V(1))(U(2) GOTO 890
860 GOTO 900
870 GET #6,CO U(8):CO=CO+1:GOTO 900
880 GET #7,SU M(8):SU=SU+1:GOTO 900
890 GET #6,CO U(8):GET #7,SU S(8):CO=CO+1:SU=SU+1
900 IF V(1)(M(1) GOTO 380
910 GOTO 770
920 CLOSE #6:CLOSE #7:CLOSE #8:CLOSE #4:CLOSE #3:CLOSE #2:END

```

### 5.10 Cálculo de áreas, volúmenes y ordenada de curva de masas.

Si en el programa principal, para la "ejecución e impresión de datos" la elección es ( 3 ); entonces se llamó al programa que calculará las áreas, volúmenes y la ordenada de la curva de masas.

Podría decirse que esta fase es la más importante del tema principal, ya que mediante un razonamiento más simple pero eficaz, se ha logrado solueio nar el cálculo de áreas. Esto considerando que dicho cálculo es el princi pal problema que ocupa a todos los estudiosos del tema.

De lo anterior, conviene aclarar que la solución que ahora se plantea no es única, ni tampoco la más completa. Actualmente se utilizan programas de este tipo más completos; pero utilizando verdaderos sistemas de compu tación complejos y costosos.

Entonces, buscar la forma de obtener resultados satisfactorios por caminos más accesibles y empleando herramientas de cómputo más modernos, de menor costo y más alcance; es lo que actualmente ocupa a las empresas dedicadas al proyecto de vías terrestres.

Para esto se ha recurrido a nuevos análisis de solución que puedan ser a- aplicados a las novedosas computadoras personales.

A continuación, se tratará de explicar una solución más al cálculo de la curva de masas mediante el siguiente programa:

#### a) Descripción.-

El programa fué elaborado para calcular áreas y volúmenes; primero calculará e imprimirá las áreas; después calculará e imprimirá los volúmenes, las ordenadas de la curva de masas y un resumen de volúmenes para cada concepto.

El método aplicado para obtener las áreas de cada una de las secciones, es el de coordenadas por productos cruzados.

Se parte de la base de que ya son conocidas las coordenadas de los puntos geométricos, de las secciones tipo 1 y 2 ( figuras 32 y 33 ), las cuales fueron calculadas y guardadas con el programa del inciso 5.9 .

Únicamente faltará por encontrar las correspondientes al punto E, que según las figuras 34 y 35, representa la intersección del talud ( recta  $\overline{AB}$  ) con alguna recta definida por dos puntos de la sección transversal ( recta  $\overline{PIP_j}$  ).

Conocidas las coordenadas del punto E, se obtendrá el cierre de uno o varios polígonos irregulares ( corte, terraplén, capa subrasante, etc. ), listo para calcular su área.

Para continuar, es necesario representar gráficamente las secciones tipo que muestren las variantes de proyecto que se presentan con más frecuencia:

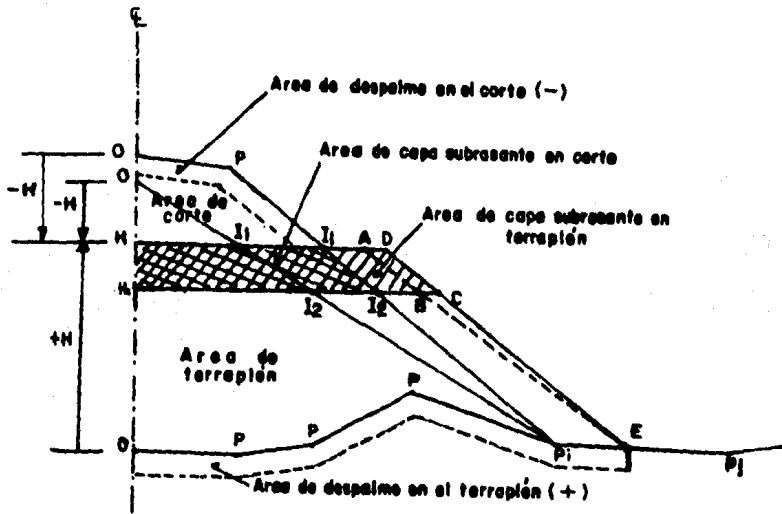


figura 34. SECCION TIPO I Y SUS VARIANTES MAS FRECUENTES DE PROYECTO.

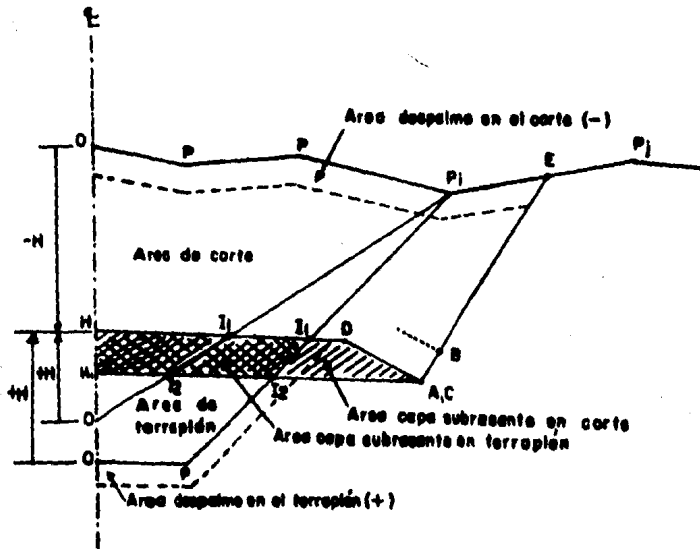


figura 35. SECCION TIPO 2 Y SUS VARIANTES MAS FRECUENTES DE PROYECTO

De las figuras 34 y 35, se obtendrán las coordenadas del punto E como sigue:

Con las coordenadas de los puntos A y B, se establece la ecuación de la recta  $\overline{AB}$ , que viene siendo el talud del corte o del terraplén; entonces la ecuación es la siguiente:

$$Y - Y_A = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} (X - X_A) \text{ ----- ( 1 )}$$

Por otro lado, se tienen las coordenadas de los puntos del seccionamiento. Si se toman dos puntos consecutivos  $P_i$  y  $P_j$ , se establece la ecuación de la recta  $\overline{P_i P_j}$  como sigue:

$$Y - Y_{pi} = \frac{Y_{pj} - Y_{pi}}{X_{pj} - X_{pi}} (X - X_{pi}) \text{ ----- ( 2 )}$$

Si se establece la igualdad de las ecuaciones ( 1 ) y ( 2 ), significa que se obtendrá la intersección de rectas; tal intersección será el punto E de coordenadas (  $X_E, Y_E$  ). Si se hace el desarrollo y se simplifi

ca, se obtiene que las expresiones para XE y YE son:

$$\text{se hace } M1 = \frac{YB - YA}{XB - XA} \quad \text{y } M2 = \frac{Ypj - Ypi}{XPj - XPk}$$

$$XE = \frac{M1.XA - M2.XPi - YPi - YA}{M1 - M2} \quad \text{-----} \quad ( 3 )$$

$$YE = M1( X - XA ) + YA \quad \text{-----} \quad ( 4 )$$

El punto E debe pertenecer a la recta  $\overline{PiPj}$ ; de lo contrario se analizará con otra recta del seccionamiento transversal.

Por otro lado, existe la posibilidad de que la sección se encuentre en balcón; en este caso se calcularán las intersecciones I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub> ( figuras 34 y 35 ). Estas intersecciones con el objeto de poder separar las áreas para cada concepto, según las figuras anteriores.

Entonces, las expresiones que representan las coordenadas de las intersecciones I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub> son las siguientes:

Si se consideran las rectas  $\overline{HD}$  y  $\overline{PPi}$ , la intersección I<sub>1</sub> es:

$$XI1 = \frac{YP - M2.XP - H}{M1 - M2} \quad \text{-----} \quad ( 5 ) \quad M1 = \frac{YD - H}{XD}$$

$$YI1 = M1.X + H \quad \text{-----} \quad ( 6 ) \quad M2 = \frac{Ypi - Yp}{Xpi - Xp}$$

si se consideran las rectas  $\overline{HIA}$  y  $\overline{PPi}$ , la intersección I<sub>2</sub> es:

$$XI2 = \frac{YP - M2.XP - H + FINOS}{M1 - M2} \quad ( 7 ) \quad M1 = \frac{YA - H + FINOS}{XA}$$

$$YI2 = M1.X + H - FINOS \quad \text{-----} \quad ( 8 ) \quad Ms = \frac{Ypi - Yp}{Xpi - Xp}$$

Nota: Finos representa el espesor de la capa subrasante.

Teniendo conocidas las coordenadas del punto E y las de las intersecciones en su caso; se procederá a calcular las áreas de terraplén, corte y capa subrasante en corte o terraplén. Esto, como ya se había dicho, por productos cruzados ( ver capítulo 4, medición de áreas ) con -

1a fórmula:

$$A = [X1Y2 - X2Y1 + X2Y3 - X3Y2 + X3Y4 - X4Y3 + \dots + XnY1 - X1Yn] \dots ( 9 )$$

En cuanto al área del despalme en corte o en terraplén; se considera líneal, desde el origen hasta el punto E, es decir:

$$\text{Area despalme} = XE \cdot \text{Expesor despalme} \dots\dots\dots( 10 )$$

Dicha área se sumará al área total del terraplén y se restará al área total del corte.

Con respecto a las áreas de capa subrasante en corte, estas se restarán del área de corte si es que no se va a formar caja, es decir si va a escarificar y compactar la cama de los cortes. ( cuando el material de corte es bueno para formar dicha capa ).

Hasta aquí lo correspondiente a áreas, ahora viene lo relacionado a volúmenes; la obtención de volúmenes se hace entre dos secciones consecutivas, unidas por sus vértices conformando un prismoide trapezoidal, y la fórmula que se emplea para dicha cálculo es la que sigue:

$$V = \frac{L}{2} (A_1 + A_2) \dots\dots\dots ( 11 )$$

- V = Volumen entre una sección y otra
- L = Distancia entre sección y sección
- A<sub>1</sub> = Area de la sección extrema inferior
- A<sub>2</sub> = Area de la sección extrema superior

Los volúmenes de corte, obtenidos con la fórmula ( 11 ), son geométricos; entonces para obtener los abundados, que son los que se emplean para el desarrollo de la ordenada de curva de masas, deberán de aplicarse los llamados coeficientes de variabilidad volumétrica. Dichos coeficientes, multiplicados por los volúmenes de corte geométrico, darán los abundados.

Para el caso de tres estratos, se aplica un criterio de decisión para elegir cual coeficiente es el que se va a emplear; el del estrato ( 2 ) o el del estrato ( 3 ) o el promedio de ambos. Para esto, se decide de la siguiente manera:

1. Si el espesor de corte es menor o igual a 3/2 del espesor del estrato ( 2 ), entonces se tomará como coeficiente el del estrato ( 2 ), para el % de compactación recomendado.



2. Si el espesor de corte es menor o igual a  $5/2$  del espesor del estrato ( 2 ), entonces se tomará como coeficiente el promedio de los coeficientes de los estratos ( 2 ) y ( 3 ) para el % de compactación recomendado.
3. Si el espesor de corte es mayor de  $5/2$ , entonces el coeficiente que se empleará es el del estrato ( 3 ).

Entonces, la expresión que define el volumen abundado de corte, es la que sigue:

$$VA = V \cdot \text{Coeficiente} \text{ ----- ( 12 )}$$

Pero, también puede darse el caso en que, de acuerdo a las recomendaciones de geotécnia; el material no sea aprovechable para la compensación; en este caso los volúmenes de corte no afectarán a la curva de masas, pero si serán almacenados para su posterior resumen.

Para el caso de la ordenada de la curva de masas, estas pueden ser una o dos dependiendo de las condiciones geotécnicas observadas. En el subcapítulo 5.7, ya se explicó como se usan las claves y cuales son.

Cabria decir únicamente que los volúmenes de corte abundado, se sumarán y los de terraplén se restarán a la ordenada origen de la curva de masas. Cuando se pidan dos ordenadas de curva de masas; una es para los cortes y terraplenes exclusivamente, y la otra para la capa su<sup>br</sup>asante, originando siempre el descenso de la misma.

Entonces, para una sola ordenada. la expresión es la siguiente:

$$OCML = OCML - VT - VFT + CORT \text{ ----- ( 13 )}$$

Para dos ordenadas, las expresiones son las siguientes:

$$OCML = OCML - VT + CORT \text{ ----- ( 14 )}$$

$$OCMF = OCMF - VFT \text{ ----- ( 15 )}$$

Al mismo tiempo se irán sumando los volúmenes para cada concepto, para que al final del proceso, se presente un resumen de las cantidades de obra, en donde aparecerán los totales de volúmenes de despalme en terraplén, despalme en corte, escarificación, corte geométrico, corte abundado, terraplén y finos( capa subrasante ).

b) Algoritmo.-

1. Abrir los archivos de datos del seccionamiento, de la geometría del seccionamiento y archivo para guardar áreas.
2. Recuperar los datos para la primera sección.
3. Hacer la intersección E del lado izquierdo del seccionamiento con las fórmulas ( 3 ) y ( 4 ).
4. Analizar si la intersección está sobre la sección, si si está, continuar, sino, regresar al paso 3 ó al 8.
5. Analizar si la sección se encuentra en balcón, si si está en balcón, calcular las intersecciones I1 y I2 con las fórmulas ( 5 ), ( 6 ), ( 7 ) y ( 8 ); si no, continuar.
6. Calcular las áreas de corte, terraplén, capa subrasante en corte y/o terraplén, despalme en corte y/o terraplén con las fórmulas ( 9 ) y ( 10 ) respectivamente.
7. Analizar si las áreas calculadas, corresponden al lado derecho del seccionamiento, si no corresponden, continuar; si sí, ir al paso 9.
8. Hacer la intersección E del lado derecho del seccionamiento con las fórmulas ( 3 ) y ( 4 ). Regresar al paso 4.
9. Sumarse las áreas de ambos lados ( IZQ - DER ), restarse el área de despalme en corte al área de corte y sumarse el despalme en terraplén al terraplén. Si no se pidió caja, restarse el área de capa subrasante en corte ( finos ) al área de corte sobrante.
10. Imprimir y archivar áreas y preguntar si ésta es la última sección; si sí es la última, ir al paso 12, si no, continuar.
11. Recuperar la siguiente sección y regresar al paso 3.
12. Cerrar archivos del seccionamiento, de la geometría e inicializar con tador para recuperar las primeras áreas archivadas.
13. Recuperar las áreas para la siguiente sección.
14. Cálculo del volumen para los diferentes conceptos con la fórmula -- ( 11 ).
15. Para el caso del volumen abundado de corte, se analizará el espesor de corte para tomar la decisión del empleo del coeficiente de variabilidad volumétrica de acuerdo a lo indicado en la descripción.
16. Cálculo del volumen abundado de corte con la fórmula ( 12 ), y si és te no es aprovechable, hacerlo igual a cero para continuar.
17. Cálculo de las ordenadas de la curva de masas con las fórmulas ( 13 ) ó ( 14 ) y ( 15 ); dependiendo de la clave solicitada ( ver descripción ).

18. Sumar los volúmenes para cada concepto ( sumadores ).
19. Imprimir volúmenes para cada concepto y las ordenadas de la curva de masas.
20. Preguntar si ésta fué la última sección, si es la última, continuar; si no, regresar al paso 13.
21. Impresión de los volúmenes totales para los diferentes conceptos
22. Cerrar archivos, salir del programa y regresar al programa principal.

c) Datos de entrada.-

Ninguno, ya se encuentran archivados.

d) Datos de salida.-

- AREAS. - Cadenamiento de la sección ( ESTACION )
- Area de terraplén ( AREA-T )
  - Area de capa subrasante en terraplén ( AREA-FT )
  - Area de despalme en terraplén ( AREA-DT )
  - Area de corte ( AREA-C )
  - Area de capa subrasante en corte ( AREA-FC )
  - Area de despalme en corte ( AREA-DC )

VOLUMENES  
Y  
OCM.

- Cadenamiento de la sección ( ESTACION )
- Volumen despalme en corte ( DESP. )
- Volumen despalme en terraplén ( DES-T )
- Volumen escarificación, no caja ( ESC )
- Volumen corte geométrico ( VCG )
- Coeficiente ( COEF )
- Volumen corte abundado ( VCA )
- Volumen terraplén ( TERR )
- Volumen capa subrasante ( FINOS )
- Ordenada de la curva de masas longitudinal ( OOML )
- Ordenada de curva de masas para finos ( OOMF )

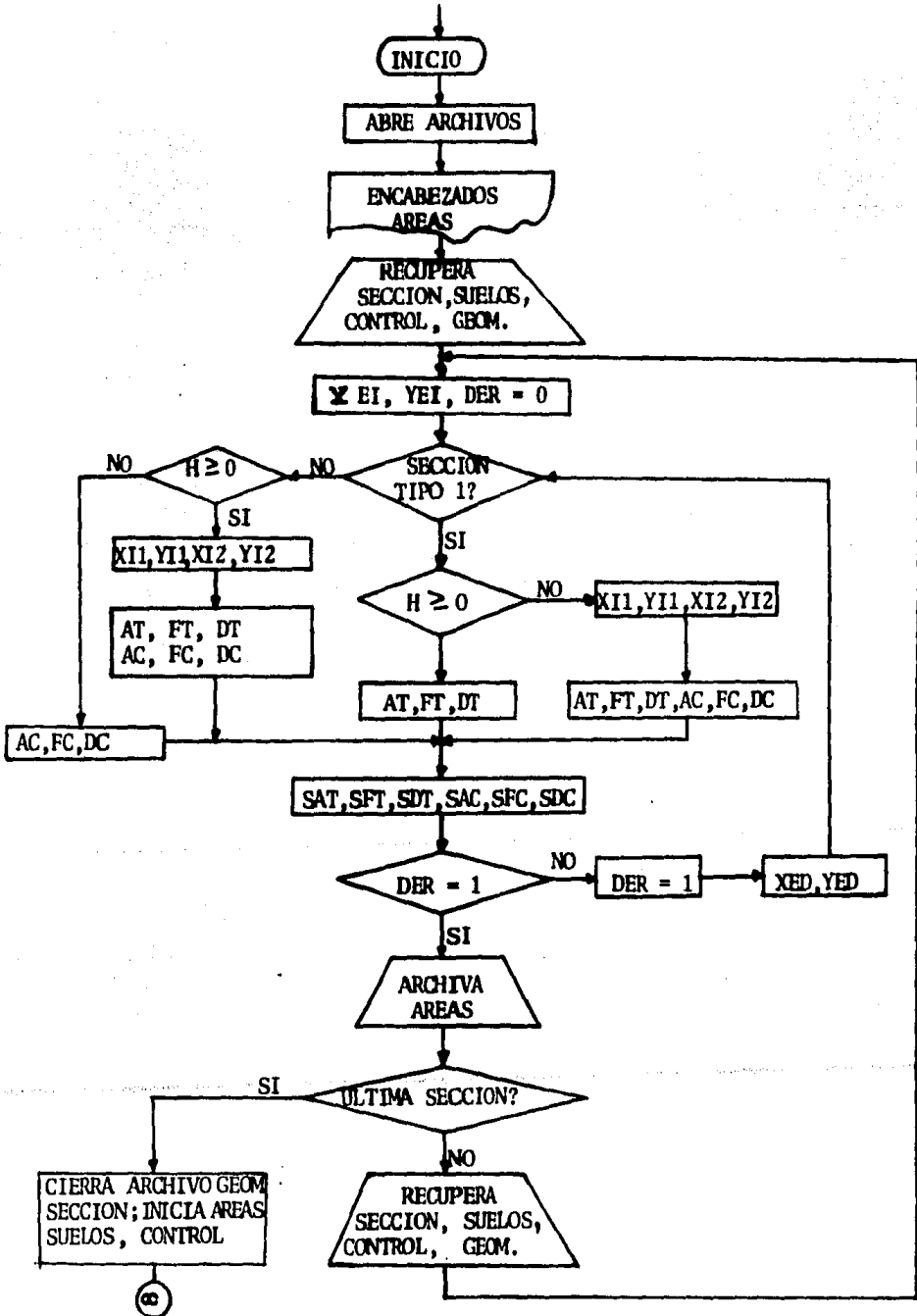
e) Instrucciones del usuario.-

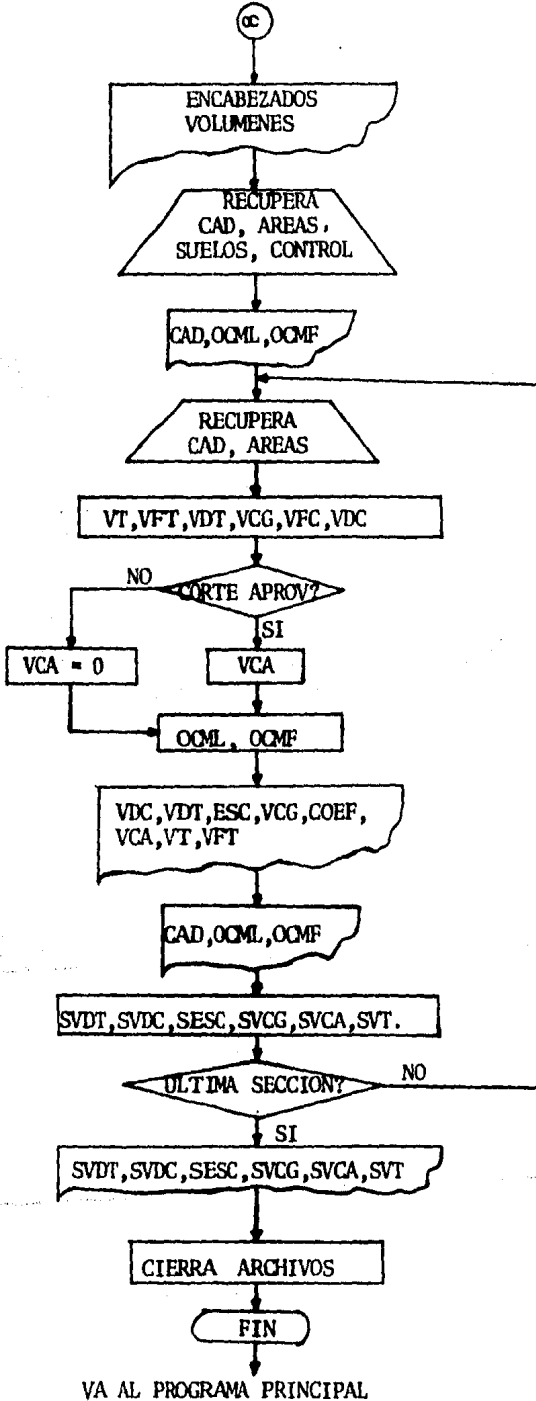
1. Al haber pulsado la elección 3 en la "ejecución e impresión de datos" del programa principal; inmediatamente la computadora empezará a calcular e imprimir las áreas; después de la última impresión, procederá a calcular e imprimir los volúmenes y la OCM.

2. Al terminar de calcular, automáticamente regresará al programa principal y preguntará por otra opción en la ejecución e impresión de datos.
3. Si se elige la opción 4, se saldrá del programa principal, dando por terminado el proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO 9 ( CALCULO AREAS, VOLUMENES Y OCM )

VIENE DEL PROGRAMA PRINCIPAL





LISTADO 9 ( CALCULO AREAS, VOLUMENES Y OCM )

AREAS .0095

```

10 DIM W(12),G(20),S(12),U(4),A(0)
20 OPEN #1,"FDI:SEC":OPEN #3,"FDO:PGEO":OPEN #4,"FDI:SMELOS":OPEN #5,"FDI:CONTR":OPEN #6,"FDI:AREA":OPEN #2,"US2:"
30 PRINT #2,"":PRINT #2,TAD(110);"MQUJA #1";FECO(J)MHO=1:LEO=8
40 PRINT #2,TAD(40);" LISTADO INTEGRAL DE AREAS ";FECO(2)
50 PRINT #2,TAD(10);" ESTACION : AREA 1 : AREA-FT : AREA-C : AREA-FC : AREA-DC":PRINT #2,""
60 FORMAT #2,"###.## : ###.## : ###.## : ###.## : ###.## : ###.##"
70 GET #5,1 U(8):KNF=U(2):OCHL=U(3):GET #5,2 U(6):CO=3:GET #4,1 S(8):SU=2:GET #1,1 W(8):J=2:K=1:L=1
80 GET #3,K G(8):K=K+1:YA=0:ESE=0:IZQ=0:AT=0:AC=0:DC=0:DT=0:FT=0:FC=0
90 FOR I=3 TO 12 STEP 2:XO=V(I):YO=W(I+1)
100 IF IZQ=1 GOTO 600
110 IF CSE=1 GOTO 130
120 XF=XO+YF+YO:ESE=1
130 IF W(I)0 GOTO 150
140 XO=0:YO=0
150 IF YA=1 GOTO 210
160 M1=(G(8)-G(6))/(G(7)-G(5)):M2=(YO-YF)/(XO-XF)
170 K=(YF-G(4)+M1G(5)-M2XO)/(M1-M2):Y1=M1X1+G(2)
180 IF IZQ=1 GOTO 620
190 IF X)XO GOTO 840
200 YA=1
210 IF G(17)=2 GOTO 490
220 IF W(I)0 GOTO 440
230 IF G(2)=0 GOTO 400
240 M1=(G(4)-G(2))/G(3):M2=(YF-YO)/(XF-XO)
250 X1=(YO-G(2)-M2XO)/(M1-M2):Y1=M1X1+G(2)
260 M1=(G(10)-G(2))/G(6):M2=(Y1-YO)/(X1-XO)
270 X2=(YO-G(2)-M2XO+U(6))/(M1-M2):Y2=M1X2+G(2)-U(4)
280 ARC=ABS(X2*YO-XO*Y2-X2*(G(2)+U(6)))/2)
290 CSC=ABS(X2*Y1-X1*Y2-X2*(G(2)+U(6))+X1*G(2))/2):ADC=ABS(X1*G(4)):IT=1
300 IF IZQ=1 GOTO 740
310 SUM=SUM+XO*Y2-X2*Y1+X2*G(10)-G(7)*Y2+G(9)*Y1-X1*G(10)
320 ART=ABS(SUM/2):ADT=ABS(X1-X1)*G(4)
330 CST=ABS(X1*Y2+X2*G(10)+G(7)*XO*G(4)+G(3)*Y1-X1*G(4)-G(3)*G(10)-G(9)*Y2-X2*Y1)/2)
340 IF G(19)=1 GOTO 360
350 DIT=ADT:ADT=ADC:ADC=DIT:ART=ART:ART=ARC:ARC=ART:CSIT=CST:CST=CSC:CSC=CST
360 ART=ART:ADT=ARC:ARC=ADT
370 IF ARC=0 GOTO 550
380 IF ARC)0 GOTO 400
390 CST=CST+CSC:CSC=0:ART=ART-ARC:ARC=0:ADT=ADT+ADC:ADC=0:GOTO 550
400 IF G(11)=1 GOTO 550
410 ARC=ARC-CSC
420 IF ARC)0 GOTO 550
430 CST=CST+CSC:ARC=0:CSC=0:GOTO 550
440 IF V(I+1)=G(2)-U(6) GOTO 460
450 SUM=SUM+XO*YO-YO*XO:X=XO:Y=YO:GOTO 840
460 IF G(2)=0 GOTO 450
470 GOTO 740
480 X1=0:Y1=G(2):X2=0:Y2=G(2)-U(6):X=0:GOTO 260
490 IF V(I)0 GOTO 520
500 IF G(2)=U(6) GOTO 480
510 GOTO 240
520 IF W(I+1)G(8) GOTO 450
530 IF G(2)=U(6) GOTO 450
540 GOTO 240
550 AT=AT:ART=AC:AC=ARC:DC=DC:ADC=DT:DT=ADT:FT=FT:CST=FC:FC=CSC
560 SUM=0:IZQ=IZQ+1

```

```

570 IF I20=2 GOTO 060
580 G(8)=G(16):G(6)=G(14):G(7)=G(15):G(5)=G(13):G(3)=G(11):G(4)=G(12):G(17)=G(10):G(19)=G(20)
590 X2=0:Y2=G(2)-U(6):X1=0:Y1=G(2):XF=0:YF=0:X0=U(1):Y0=U(1):ARC=0:AUC=0:CCG=0:AKI=0:A0I=0:CSI=0:X0=0:IT=0
600 IF V(1)<0 GOTO 040
610 GOTO 160
620 IF X(XI) GOTO 680
630 IF X(XI) GOTO 680
640 IF X(XI) GOTO 770
650 IF G(19)=2 GOTO 700
660 IF G(2)=0 GOTO 770
670 X0=X:Y0=Y:GOTO 240
680 X0=1
690 IF G(19)=2 GOTO 800
700 IF G(2)=0 GOTO 740
710 IF W(I+1)G(8) GOTO 040
720 IF IT=1 GOTO 740
730 GOTO 240
740 SUM=SUM+XF*Y0-X0*YF
750 IF X0=1 GOTO 040
760 XF=X:YF=Y
770 ARI=ABS(SUM+X2*YF+XF*Y0+X0G(10)+G(9)*Y2-XF*Y2-X0*YF-G(9)*Y-X2G(10))/2:ADJ=ABS(X-X1)*G(4):GOTO 330
780 IF G(2)=U(6) GOTO 770
790 GOTO 670
800 IF G(2)=U(6) GOTO 740
810 IF W(I+1)=G(8) GOTO 040
820 IF IT=1 GOTO 740
830 GOTO 240
840 XF=W(1):YF=W(I+1):NEXT I:GOTO 060
850 GET #1,J W(8):J=J+1:GOTO 90
860 PUT #4,L G(1),G(2),AT,FT,DT,AC,FC,DC:L=L+1
870 PRINT #2, USING 60 INT(G(1)/1E3),G(1)-INT(G(1)/1E3)*1E3,AT,FT,DT,AC,FC,DC
880 LE0=LE0+1:IF LE0<55 GOTO 920
890 MID=MID+1:PRINT #2,FIELD(2);TAB(90);"Continua en la hoja:";MID
900 PRINT #2,ASC(12):LE0=4:PRINT #2,"":PRINT #2,TAB(110);"HOJA :";MID;FIELD(2)
910 PRINT #2,TAB(10);" ESTACION : AREA-T : AREA-FT : AREA-DT : AREA-C : AREA-FC : AREA-DC":PRINT #2,""
920 IF W(1)=MIF GOTO 1000
930 GET #1,J W(8):J=J+1
940 IF W(2)=S(3) GOTO 1000
950 IF W(2)=S(3) GOTO 980
960 IF W(1)=M(2) GOTO 1030
970 GOTO 1060
980 IF W(1)=S(3) GOTO 1040
990 GOTO 1060
1000 IF W(2)=MIF GOTO 1060
1010 IF W(1)=M(2) GOTO 1050
1020 GOTO 1060
1030 GET #5,CO W(8):CO=CO+1:GOTO 1060
1040 GET #4,SU S(8):SU=SU+1:GOTO 1060
1050 GET #5,CO W(8):GET #4,SU S(8):SU=SU+1:CO=CO+1
1060 IF V(1)<G(1) GOTO 00
1070 GOTO 930
1080 CLOSE #1:CLOSE #3:GET #5,2 W(8):CO=3:GET #4,1 S(8):GET #6,1 A(8):OCMF=90000:SU=2:L=2
1090 MID=1:PRINT #2,ASC(12):PRINT #2,"":PRINT #2,TAB(110);"HOJA :";FIELD(2)
1100 LE0=0:PRINT #2,TAB(56);"VOLUMENES Y ORDENADA DE CURVANASA";FIELD(2)
1110 SBT=0:SDC=0:SES=0:SCC=0:SCA=0:SVI=0:CFI=0
1120 PRINT #2,TAB(10);"ESTACION DESP DES-1 ESC VCG COLI UCA TERR FINOS OCHL OCMF"
1130 PRINT #2,""
1140 NI=INT(A(1)/1000):CI=M(1)-NI*1000
1150 ON W(3) GOTO 1160,1160,1160,1100
1160 PRINT #2, USING 1190 NI,CI,OCHL

```



```

1170 GOTO 1210
1180 PRINT #2, USING 1200 MI, CI, OCML, OCMF
1190 FORMAT      ###:###.##                      #####
1200 FORMAT      ###:###.##                      #####
1210 AT=(A(3))*FT=(A(4))*IT=(A(5))*AC=(A(6))*FC=(A(7))*DC=(A(8))*CAB=(A(9))*H=(A(2))
1220 GET #4, L A(8)H=L:1
1230 D=(A(1)-CAB)/2:VT=(AT/A(3))*H:VFI=(FT/A(4))*D:VDI=(D)/A(5))*D
1240 VCG=(AC/A(6))*D:VFC=(FC/A(7))*D:VDC=(DC/A(8))*D
1250 IF S(11)=2 GOTO 1270
1260 VFI=VFI+VFC+VDC=0:GOTO 1300
1270 IF VCG=0 THEN COEF=0:GOTO 1350
1280 ESP=ABS(A(2))
1290 IF ESP=(3*S(5)/2) THEN COEF=S(7):GOTO 1320
1300 IF ESP=(5*S(5)/2) THEN COEF=(S(7)+S(9))/2:GOTO 1320
1310 COEF=S(9)
1320 ON U(3) GOTO 1330, 1340, 1350, 1350
1330 VCA=VCG*S(8):GOTO 1360
1340 VCA=VCG*(S(8)+COEF)/2:GOTO 1360
1350 VCA=VCG*COEF
1360 IF S(6)=2 THEN CORF=0:GOTO 1300
1370 CORF=VCA
1380 ON U(3) GOTO 1390, 1390, 1390, 1400
1390 OCML=(OCML-VI-VFI)/CORF:GOTO 1410
1400 OCML=(OCML-VI)/CORF+OCMF-VFI
1410 SFI=SFI+VDI:CMC=CMC+VDC*S(5):SES=SES+VFC+SCC+SCA+VCG+SCA:VCA:SVI=SVI+VI:SFI=SFI+VI
1420 VDI=INT(VDI*.5):VDC=INT(VDC*.5):VFC=INT(VFC*.5):VCG=INT(VCG*.5):VCA=INT(VCA*.5):VI=INT(VI*.5):VFI=INT(VFI*.5)
1430 MI=INT(MI/1000)*S(1) MI=1000
1440 PRINT #2, USING 1470 VDI, VDC, VFC, VCG, S(7), VCA, VI, VFI
1450 ON U(3) GOTO 1460, 1460, 1460, 1480
1460 PRINT #2, USING 1170 MI, CI, OCML
1470 GOTO 1500
1480 PRINT #2, USING 1200 MI, CI, OCML, OCMF
1490 FORMAT      #####  #####  #####  #####  0.##  #####  #####  #####
1500 LEO=LEO+PRINT #2, USING 70, 21, "LEO"; LEO: IF LEO(54) GOTO 1550
1510 MID=MID+PRINT #2, FEED(2); TAB(90); "Continua en la hoja"; MID: PRINT #2, ASC(12)
1520 LEO=LEO+PRINT #2, "": PRINT #2, TAB(110); "HOJA ": MID; FEED(2)
1530 PRINT #2, TAB(10); "ESTACION      DESP  DES-Y  ESC  VCG  COEF  VCA  TERR  FINOS  OCML  OCMF  "
1540 PRINT #2, ""
1550 IF A(1)=KMF GOTO 1600
1560 IF U(2)=S(3) GOTO 1620
1570 IF U(2)=S(3) GOTO 1660
1580 IF A(1)=U(2) GOTO 1650
1590 GOTO 1210
1600 IF A(1)=S(3) GOTO 1660
1610 GOTO 1210
1620 IF U(2)=KMF GOTO 1210
1630 IF A(1)=U(2) GOTO 1670
1640 GOTO 1210
1650 GET #5, CO U(8):CO=CO+1:GOTO 1210
1660 GET #4, SU S(8):SU=SU+1:GOTO 1210
1670 GET #5, CO U(8):GET #4, SU S(8):SU=SU+1:CO=CO+1:GOTO 1210
1680 CLOSE #4:CLOSE #5
1690 PRINT #2, ""
1700 SFI=INT(SFI*.5):SDC=INT(SDC*.5):SES=INT(SES*.5):SCC=INT(SCC*.5):SCA=INT(SCA*.5):SVI=INT(SVI*.5):SFI=INT(SFI*.5)
1710 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL DESPALME TERRAPLEN=";:PRINT #2, USING 1700 SVI
1720 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL DESPALME CORTE  =";:PRINT #2, USING 1700 SDC
1730 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL ESCARIFICACION  =";:PRINT #2, USING 1700 SES
1740 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL CORTE REOM  =";:PRINT #2, USING 1700 SCC
1750 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL CORTE ABUND  =";:PRINT #2, USING 1700 SCA
1760 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL TERRAPLEN  =";:PRINT #2, USING 1700 SVI
1770 PRINT #2, TAB(10); "VOL.  TOTAL FINOS  =";:PRINT #2, USING 1700 SFI
1780 FORMAT      #####
1790 PRINT #2, ASC(12):CLOSE #2:END

```

### 5.11 Prueba del Programa.

En el capítulo 4, como complemento a las explicaciones dadas acerca del procedimiento tradicional para el cálculo de la curva de masas; al final se efectuó el proyecto de un tramo de carretera con datos verdícos.

Para tal efecto, se consideró suficiente la prueba de 1 ( uno ) Km, en donde aparecieron gran cantidad de detalles, obligando así, a que se utilizaran todos los medios de solución más frecuentes en un proyecto. Y para poder comprobar los resultados, se anexaron las formas de cálculo y planos correspondientes al tramo en cuestión.

A continuación se realizará el mismo cálculo, pero ahora utilizando una computadora. Para esto, se partirá suponiendo que ya fueron cargados - todos los datos requeridos por los programas que en los subcapítulos anteriores se explicaron. Entonces, para continuar, se seleccionarán los programas para la ejecución e impresión de datos, secuencialmente y en orden progresivo. Los resultados son los siguientes:

ALINEAMIENTO VERTICAL

PENDIENTE	PCV	PIV	PTV
2.400 %	61500.00 3.99	61500.00 3.99	61500.00 3.99
-2.030 %	61560.00 5.43	61640.00 7.35	61720.00 5.71
1.100 %	61730.00 5.51	61770.00 4.70	61810.00 5.14
-2.100 %	7160.00 7.89	71120.00 0.55	71100.00 7.29
1.200 %	71180.00 7.29	71240.00 6.03	71300.00 6.75
-1.400 %	71300.00 4.75	71340.00 7.23	71300.00 6.67
	71500.00 4.99	71500.00 4.99	71500.00 4.99

GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION

ESTACION	ELEV-TRM		H	SEMICORONA		SODRELEVACION		PTO-A EN CORTE	
	ELEV-SBR			IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
6+500.00	2.00	3.99	1.99	4.69	3.50	-5.70	5.70	4.37	1.90
6+517.00	3.24	4.39	1.16	4.69	3.50	5.70	5.70	4.37	1.07
6+520.00	4.10	4.47	0.37	4.69	3.50	-5.70	5.70	4.37	0.28
6+540.00	2.96	4.95	1.99	4.69	3.50	-5.70	5.70	4.37	1.90
6+560.00	2.61	5.43	2.82	4.69	4.11	-5.70	5.70		
6+580.00	7.96	5.85	-2.11	4.00	3.50	-5.70	5.70	4.87	-2.62
6+589.00	11.66	6.00	-5.65	4.00	3.50	-5.70	5.70	4.87	-6.17
6+600.00	9.32	6.16	-3.15	4.00	3.50	-5.70	5.70	4.87	-3.67
6+614.00	7.57	6.32	1.25	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-1.77
6+618.00	5.93	6.35	0.43	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-0.09
6+620.00	6.70	6.37	-0.33	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-0.05
6+640.00	4.63	6.46	1.83	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	1.31
6+660.00	5.76	6.44	0.68	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	0.16
6+664.00	5.71	6.42	0.72	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	0.20
6+672.00	4.91	6.37	1.47	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	0.75
6+680.00	6.95	6.31	-0.64	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-1.16
6+694.00	9.71	6.15	-3.55	4.00	3.50	-5.70	5.70	4.87	-4.07
6+700.00	8.16	6.07	-2.09	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-2.61
6+707.00	6.26	5.96	0.30	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	-0.82
6+700.50	4.73	5.93	1.01	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	0.49
6+713.50	4.84	5.04	1.01	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	1.29
6+720.00	4.10	5.71	1.62	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.87	1.10
6+733.00	4.57	5.45	0.87	4.69	4.11	-5.70	5.70		
6+730.00	3.77	5.36	1.59	4.69	4.11	-5.70	5.70		
6+740.00	3.39	5.33	1.94	4.00	4.11	-5.70	5.70	4.07	1.42
6+760.00	3.67	5.00	1.41	4.69	4.11	-5.70	5.70		
6+780.00	3.61	4.98	1.38	4.57	4.12	-4.42	4.42		
6+792.42	3.81	5.00	1.20	4.42	4.13	-2.05	2.05		
6+800.00	4.09	5.04	0.96	4.33	4.14	-2.00	1.89		
6+820.00	4.43	5.25	0.82	3.50	4.15	-2.00	-0.64	4.32	0.48
6+840.00	5.20	5.47	0.27	3.50	4.16	-2.00	-2.00	4.32	-0.07
6+860.00	5.44	5.69	0.25	3.50	4.16	-2.00	-2.00	4.32	-0.09
6+880.00	5.63	5.91	0.28	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-0.06
6+900.00	6.20	6.13	-0.07	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-0.41
6+920.00	7.06	6.35	-0.71	3.50	3.50	1.06	-2.00	4.32	-0.95
6+940.00	7.53	6.57	-0.96	3.50	3.82	4.20	-4.20	4.32	-1.09
6+942.26	7.61	6.59	-1.02	3.50	3.85	4.55	-4.55	4.32	-1.13
6+960.00	8.11	6.79	-1.32	3.50	4.06	7.33	-7.33	4.32	-1.34
6+980.00	7.85	7.01	-0.84	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-0.79
7+ 0.00	7.79	7.23	-0.56	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-0.51
7+ 20.00	7.09	7.45	0.36	4.10	4.20	9.10	-9.10		5.02
7+ 40.00	6.67	7.67	1.00	4.10	4.92	9.10	-9.10		-0.30
7+ 60.00	6.91	7.89	0.98	4.10	4.92	9.10	-9.10		
7+ 80.00	7.60	8.05	0.46	4.10	4.92	9.10	-9.10		
7+100.00	8.57	8.11	-0.45	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-0.41
								5.02	-1.11

NO. 2

7+120.00	9.22	0.07	-1.15	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-1.10	5.07	-1.81
7+140.00	9.23	7.91	-1.31	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-1.77	5.07	-1.97
7+160.00	0.39	7.65	-0.73	3.50	4.20	9.10	-9.10	4.32	-0.69	5.07	1.39
7+180.00	7.07	7.29	0.22	4.10	4.20	9.10	-9.10			5.07	-1.39
7+200.00	6.14	6.92	0.79	4.10	4.92	9.10	-9.10				
7+220.00	5.46	6.67	1.21	4.11	4.74	6.94	-6.94				
7+235.26	4.90	6.54	1.65	4.12	4.53	4.55	-4.55				
7+240.00	4.03	6.52	1.70	4.13	4.47	3.81	-3.81				
7+260.00	5.22	6.49	1.27	4.15	4.21	0.67	-2.00				
7+280.00	5.96	6.56	0.61	4.16	4.16	-2.00	-2.00				
7+300.00	6.63	6.75	0.12	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-0.22	4.32	-0.22
7+320.00	7.67	6.92	-0.75	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.09	4.32	-1.09
7+340.00	8.51	6.97	-1.54	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.88	4.32	-1.88
7+356.84	0.51	6.90	-1.60	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.95	4.32	-1.95
7+360.00	0.27	6.88	-1.39	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.73	4.32	-1.73
7+380.00	7.16	6.67	-0.49	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-0.83	4.32	-0.83
7+400.00	6.03	6.39	0.36	3.50	4.16	-2.00	-2.00	4.32	0.02		
7+420.00	4.90	6.11	1.21	4.16	4.16	-2.00	-2.00				
7+440.00	4.89	5.03	0.94	3.50	4.16	-2.00	-2.00	4.32	0.80		
7+448.00	4.07	5.71	0.85	3.50	4.16	-2.00	-2.00	4.32	0.50		
7+460.00	6.41	5.55	0.86	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.20	4.32	-1.20
7+480.00	6.48	5.27	-1.21	3.50	3.50	-2.00	-2.00	4.32	-1.55	4.32	-1.55
7+500.00	6.59	4.97	-1.60	3.50	4.17	0.40	-2.00	4.32	-1.86		

LISTADO INTEGRAL DE AREAS

ESTACION	AREA-T	AREA-TT	AREA-DT	AREA-C	AREA-FC	AREA-DC
6+500.00	15.85	2.53	3.30	0.31	0.20	0.38
6+517.00	13.13	1.94	2.82	3.43	0.78	1.27
6+520.00	10.87	1.59	2.49	5.44	1.13	1.44
6+540.00	20.46	2.73	3.94	0.09	0.00	0.09
6+540.00	27.39	2.77	4.54	0.00	0.00	0.00
6+580.00	0.00	0.00	0.00	19.54	2.46	3.47
6+589.00	0.00	0.00	0.00	74.00	2.46	4.66
6+600.00	0.00	0.00	0.00	45.53	2.46	4.30
6+614.00	7.99	0.45	2.09	20.27	1.85	2.98
6+618.00	16.94	1.44	3.07	6.52	1.06	1.83
6+620.00	14.23	1.08	2.64	12.54	1.41	2.33
6+640.00	21.34	1.76	3.29	8.40	0.74	1.71
6+660.00	18.95	1.58	3.19	5.01	0.92	1.59
6+664.00	40.42	1.54	3.98	7.09	0.76	1.74
6+672.00	17.57	2.02	3.44	1.35	0.47	0.80
6+680.00	7.87	0.90	1.96	18.02	1.60	2.75
6+694.00	0.00	0.00	0.00	47.54	2.46	4.49
6+700.00	4.36	0.48	1.37	26.07	2.02	3.28
6+707.00	1.96	0.74	1.22	12.48	1.75	2.57
6+708.50	10.35	1.56	2.36	7.82	0.94	1.74
6+713.50	13.64	1.86	2.73	3.77	0.64	1.21
6+720.00	16.67	2.40	3.24	0.53	0.10	0.48
6+733.00	15.66	2.77	4.09	0.00	0.00	0.00
6+730.00	17.10	2.77	3.77	0.00	0.00	0.00
6+740.00	18.64	2.97	2.86	0.00	0.00	0.00
6+760.00	13.88	2.77	2.40	0.00	0.00	0.00
6+780.00	13.13	2.74	2.34	0.00	0.00	0.00
6+792.42	11.26	2.70	2.26	0.00	0.00	0.00
6+800.00	0.90	2.67	2.18	0.00	0.00	0.00
6+820.00	2.51	3.47	1.45	0.00	0.00	0.42
6+840.00	1.03	2.41	0.91	0.00	0.00	0.92
6+860.00	0.96	2.41	0.89	0.00	0.00	0.93
6+880.00	0.05	2.19	0.86	0.00	0.00	0.92
6+900.00	0.00	1.09	0.00	0.04	1.09	1.85
6+920.00	0.00	0.00	0.00	4.72	2.26	2.01
6+940.00	0.00	0.00	0.00	7.47	2.33	2.14
6+942.26	0.00	0.00	0.00	8.07	2.34	2.16
6+960.00	0.00	0.00	0.00	11.59	2.39	2.29
6+980.00	0.00	0.00	0.00	7.60	2.42	2.25
7+ 0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	2.42	2.12
7+ 20.00	2.85	2.10	1.09	0.01	0.34	0.06
7+ 40.00	9.42	2.84	2.20	0.00	0.00	0.00
7+ 60.00	9.66	2.84	2.31	0.00	0.00	0.00
7+ 80.00	3.10	2.84	1.95	0.00	0.00	0.00
7+100.00	0.00	0.00	0.00	2.71	2.42	2.09
7+120.00	0.00	0.00	0.00	10.23	2.42	2.29
7+140.00	0.00	0.00	0.00	12.19	2.42	2.35

ESTACION	AREA-T	AREA-FT	AREA-DT	AREA-C	AREA-FC	AREA-DC
7+160.00	0.00	0.00	0.00	5.84	2.42	2.18
7+180.00	1.97	1.28	0.99	0.00	0.00	0.00
7+200.00	6.40	2.84	2.11	0.00	0.00	0.00
7+220.00	12.66	2.70	2.44	0.00	0.00	0.00
7+235.26	17.80	2.73	2.62	0.00	0.00	0.00
7+240.00	10.37	2.71	2.64	0.00	0.00	0.00
7+260.00	12.19	2.64	2.32	0.00	0.00	0.00
7+280.00	4.33	2.63	1.90	0.00	0.00	0.00
7+300.00	0.32	2.19	0.87	0.00	0.00	0.92
7+320.00	0.00	0.00	0.00	5.96	2.19	2.00
7+340.00	0.00	0.00	0.00	13.92	2.19	2.27
7+356.84	0.00	0.00	0.00	14.50	2.19	2.20
7+360.00	0.00	0.00	0.00	12.40	2.19	2.23
7+380.00	0.00	0.00	0.00	3.83	2.19	2.00
7+400.00	3.15	2.41	2.56	0.00	0.00	0.00
7+420.00	10.78	2.63	2.19	0.00	0.00	0.00
7+440.00	8.25	1.87	1.82	1.04	0.54	0.67
7+440.00	6.56	1.72	1.72	2.45	0.60	0.90
7+460.00	0.00	0.00	0.00	13.03	2.19	2.45
7+480.00	0.00	0.00	0.00	17.45	2.19	2.50
7+500.00	1.51	0.29	0.76	19.19	2.16	2.32

VOLÚMENES Y ORDENADA DE CURVANAGA

ESTACION	DESP	DES-T	ESC	VCC	COEF	VCA	TERR	FIMOS	OCML	OCNF
6+500.00									100000	90000
	52	14	0	34	1.00	36	246	46		
6+517.00									99789	89953
	8	4	0	14	1.00	15	36	0		
6+520.00									99768	89745
	64	17	0	50	1.00	62	313	35		
6+540.00									99517	89890
	85	1	0	1	1.00	1	479	55		
6+560.00									99040	89335
	45	37	0	195	1.00	211	274	52		
6+590.00									98977	89783
	0	38	0	421	1.00	455	0	22		
6+589.00									99431	89760
	0	49	0	657	1.00	710	0	27		
6+600.00									100141	89733
	15	51	0	461	1.00	498	56	35		
6+614.00									100583	89699
	10	10	0	54	1.00	50	50	10		
6+618.00									100591	89689
	6	4	0	19	1.00	21	31	5		
6+620.00									100580	89684
	59	40	0	210	1.00	227	356	50		
6+640.00									100452	89633
	65	33	0	135	1.00	146	403	50		
6+660.00									100195	89583
	14	7	0	24	1.00	26	119	10		
6+664.00									100102	89573
	30	11	0	34	1.00	36	233	20		
6+672.00									99705	89553
	22	15	0	78	1.00	84	102	20		
6+680.00									99887	89533
	14	51	0	459	1.00	496	55	35		
6+694.00									100328	89498
	4	23	0	221	1.00	239	13	15		
6+700.00									100553	89483
	9	21	0	136	1.00	147	22	10		
6+707.00									100677	89466
	3	3	0	15	1.00	17	9	4		
6+708.50									100685	89462
	13	7	0	29	1.00	31	60	13		
6+713.50									100656	89447
	19	6	0	14	1.00	15	99	16		
6+720.00									100573	89433
	40	3	0	3	1.00	4	210	34		
6+733.00									100366	89399
	20	0	0	0	1.00	0	82	14		
6+738.00									100284	89385



ESTACION	DESP	DES-1	ESC	VCG	COEF	VCA	TERR	FINOS	DCHL	DCHF
6+740.00	7	0	0	0	1.00	0	36	6	100249	89379
6+760.00	53	0	0	0	0.95	0	325	58	97866	
6+780.00	47	0	0	0	0.95	0	270	55	97340	
6+792.42	29	0	0	0	0.95	0	152	34	99355	
6+800.00	17	0	0	0	0.95	0	76	20	99250	
6+820.00	36	4	0	0	0.95	0	114	62	99082	
6+840.00	24	14	0	0	0.95	0	35	59	98780	
6+860.00	18	19	0	0	0.95	0	20	40	98920	
6+880.00	18	19	0	0	0.95	0	18	46	90855	
6+900.00	9	28	11	0	0.95	0	9	33	98814	
6+920.00	0	39	34	48	0.95	45	0	11	98849	
6+940.00	0	42	46	122	0.95	116	0	0	98764	
6+942.26	0	5	5	18	0.95	17	0	0	98781	
6+960.00	0	40	42	174	0.95	166	0	0	99147	
6+980.00	0	45	48	193	0.95	183	0	0	99330	
7+ 0.00	0	44	49	118	0.95	112	0	0	99442	
7+ 20.00	19	22	28	41	0.95	39	29	21	99432	
7+ 40.00	42	1	3	0	0.95	0	123	50	99259	
7+ 60.00	46	0	0	0	0.95	0	191	57	99812	
7+ 80.00	43	0	0	0	0.95	0	128	57	98827	
7+100.00	20	21	24	29	0.95	28	31	28	98795	
7+120.00	0	44	49	132	0.95	125	0	0	98920	
7+140.00	0	46	49	224	0.95	213	0	0	97133	
7+160.00	0	45	49	180	0.95	171	0	0	99305	
7+180.00	10	22	24	50	0.95	56	20	13	99328	

ESTACION	DESP	DES-T	ESC	VCA	COEF	VCA	TERR	FINOS	OCML	OCHE
7+200.00	31	0	0	0	0.95	0	84	41	99203	
7+220.00	46	0	0	0	0.95	0	191	56	98956	
7+235.26	39	0	0	0	0.95	0	232	42	90401	
7+240.00	12	0	0	0	0.95	0	86	13	98503	
7+240.00	50	0	0	0	0.95	0	306	54	98223	
7+240.00	42	0	0	0	0.95	0	165	53	98005	
7+280.00	28	7	0	0	0.95	0	47	40	97910	
7+300.00	7	30	22	60	0.95	57	3	22	97942	
7+320.00	0	43	44	199	0.95	189	0	0	98131	
7+340.00	0	38	37	239	0.95	227	0	0	98350	
7+356.04	0	7	7	43	0.95	40	0	0	98390	
7+360.00	0	42	44	162	0.95	154	0	0	98553	
7+300.00	26	20	22	38	0.95	36	32	24	98533	
7+400.00	40	0	0	0	0.95	0	139	51	98343	
7+420.00	40	7	5	10	0.95	10	190	45	98118	
7+440.00	14	6	5	14	0.95	13	59	14	98057	
7+440.00	10	20	17	93	0.95	88	39	10	98096	
7+460.00	0	50	44	305	0.95	290	0	0	98386	
7+400.00	8	49	44	367	0.95	348	15	3	98716	
7+500.00										

VOL. TOTAL DESPALME TERRAPLEN=	1444 m3
VOL. TOTAL DESPALME CORTE =	1266 m3
VOL. TOTAL ESCARIFICACION =	751 m3
VOL. TOTAL CORTE SLOM =	6140 m3
VOL. TOTAL CORTE AJUARD =	6250 m3
VOL. TOTAL TERRAPLEN =	4414 m3
VOL. TOTAL FINOS =	1749 m3

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los capítulos 4 y 5, se explicó detalladamente los procedimientos tradicional y electrónico para el cálculo de la curva de masas, y al final de cada uno de los capítulos, se efectuó una prueba utilizando los mismos datos en ambos casos.

Por el método tradicional, la medición de áreas se hizo al decímetro y por métodos gráficos, es decir, utilizando el planímetro; por lo cual se está obteniendo una aproximación a los valores reales de las áreas de cada una de las secciones.

Por otro lado, en cuanto a la cubicación, se redondeó al  $m^3$ , prescindiendo de las cantidades fraccionarias menores de  $0.5m^3$ .

De todo esto, se deduce que para obtener valores más reales ( que es muy difícil por éste método ), se necesita dibujar el proyecto y medir el área con mucho cuidado y detalladamente.

Pero, quizá la mayor desventaja de éste procedimiento, sea la duración del proceso, es decir, el tiempo empleado para medir las áreas de cada una de las secciones y el cálculo en general, lo cual es muy rutinario y laborioso.

El procedimiento electrónico ha venido a sustituir al método tradicional sin lugar a dudas; ya que aparte de que realiza las mediciones analíticamente, con una precisión tal que se puede decir que los valores obtenidos son los reales; estos mismos también son obtenidos en un tiempo relativamente corto.

Entonces, si se hace la comparación en tiempo siguiendo los dos procedimientos antes descritos, se tiene que; la medición de áreas por el método tradicional del tramo de prueba ( 1 km ), llevó un tiempo promedio de 10 horas; el cálculo de la subrasante y espesores, 4 horas, y el cálculo de volúmenes, la ordenada de curva de masas y el resumen de cantidades de obra, 8 horas, Siendo un total de 22 horas de trabajo continuo. Cuando para el caso del procedimiento electrónico, el cálculo en general e impresión de resultados, llevó únicamente escasos 15 minutos.

Ahora, si la comparación para el tramo de prueba se hace en precisión de resultados, se tiene que dichos resultados por los dos procedimientos coinciden mucho tanto en las áreas, como en los volúmenes, teniendo la certeza de que los obtenidos por el procedimiento electrónico son los más reales. Ya que los otros son gráficos, y por lo tanto existe más probabilidad de cometer errores, ya sea en el dibujo o en las mediciones.

Hasta aquí, todo lo relacionado al cálculo de la curva de masas en el proyecto geométrico de carreteras, únicamente faltaría agregar que ante la creciente necesidad de ampliar los conocimientos del área de la computación en el campo de la ingeniería topográfica y geodésica; se presenta este trabajo escrito, que - de alguna manera u otra, proporcionará una gran ayuda a futuras generaciones - de ingenieros en esta especialidad.

## BIBLIOGRAFIA

1. Apuntes de computación aplicada a la Ingeniería Topográfica y Geodésica, Ings. Antonio Hernández N., Mario A. Reyes I., 1985, F.I. UNAM.
2. Basic Language, Manual CANON CX-1/BX-3, CANON INC, Japan 1983.
3. Caminos alimentadores, René Etcharren G., 1982, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
4. Ciencia y Desarrollo, enero - febrero, CONACYT, No. 54, 1984.
5. Especificaciones generales para proyecto geométrico de carreteras, SHAOP, parte primera, 2° ed, 1981.
6. Instrucción Manual CANON CX-1, Canon Inc., Japan, 1983.
7. Library Manual Surveying, Programmable TI 58-59, 1977 Texas Instruments Incorporated.
8. Manual de proyecto geométrico de carreteras, SOP, 1era. ed. 1976.
9. Memoria del Seminario de Proyecto Geométrico de carreteras y vías férreas, E.P.Y.C.O.V.U., S.A, 1983.
10. Procesamiento electrónico de curva de masas, Instructivo de Codificación de datos para carreteras, SOP, 1968.
11. Software, Curso práctico de programación, ediciones Universales, S.A., No. 1 y 2, 1985.