

23
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



DETERMINACION DE LA CURVA MASA CON MINICOMPUTADORA

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
PRESENTA

ROBERTO ORIOL LOPEZ

ASESOR DE TESIS: INGENIERO CIVIL RAYMUNDO CUESTA LEDEZMA

MEXICO, D. F.

1993



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| 1 DETERMINACION DE AREAS Y CURVA MASA | 5 |
| 1.1 LA SECCION TRANSVERSAL | 6 |
| TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES | 6 |
| ELEMENTOS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES | 8 |
| 1.2 CALCULO DE LAS AREAS | 20 |
| METODOS PARA EL CALCULO DE AREAS | 21 |
| ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN TERRAPLEN | 24 |
| ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN CORTE | 26 |
| ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN BALCON | 26 |
| 1.3 CALCULO DEL VOLUMEN DE TERRACERIAS | 27 |
| VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL | 30 |
| 1.4 CALCULO DE LA CURVA MASA | 31 |
| LA CURVA MASA | 32 |
| FUNCIONES DE LA CURVA MASA | 34 |
| 2 CONCEPTOS BASICOS PARA LA EJECUCION DE UN PROGRAMA | 37 |
| 2.1 EL TECLADO DE LA UNIDAD | 38 |
| TECLADO GENERAL | 38 |
| INTERRUPTOR DE ENCENDIDO-APAGADO | 42 |
| MANEJO DE LAS TECLAS | 42 |
| 2.2 MODOS DE OPERACION Y ARCHIVOS | 43 |
| MODOS DE OPERACION | 43 |
| ARCHIVOS | 45 |
| ARCHIVOS DE TRABAJO | 46 |
| 2.3 MAPA DE MEMORIA | 47 |
| 2.4 COMPOSICION DE PROGRAMAS | 47 |
| ALGORITMO, DIAGRAMA DE FLUJO Y PROGRAMA | 48 |
| CONSTANTES Y VARIABLES | 53 |
| ENTRADA Y SALIDA DE DATOS | 54 |
| CALCULOS | 55 |
| OPERADORES ARITMETICOS | 55 |
| CONTROL DEL FLUJO DEL PROGRAMA | 56 |
| SUBPROGRAMAS: FUNCIONES Y SUBROUTINAS | 57 |
| 2.5 ENTRADA Y EJECUCION DE PROGRAMAS | 59 |
| ENTRADA DE PROGRAMAS | 59 |
| EJECUCION DE PROGRAMAS | 59 |
| 3 PROGRAMA DE CURVA MASA | 61 |
| 3.1 ESPECIFICACIONES DEL PROGRAMA | 62 |
| OBJETIVO DEL PROGRAMA | 62 |
| ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROGRAMA | 62 |
| 3.2 DATOS DE ENTRADA NECESARIOS PARA EL PROGRAMA DE CURVA MASA | 65 |

| | |
|--|------------|
| DATOS DEL GRUPO 1 | 68 |
| DATOS DEL GRUPO 2 | 69 |
| DATOS DE IDENTIFICACION DE LA SECCION | 72 |
| DATOS VOLUMETRICOS | 74 |
| 3.3 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS | 76 |
| PREPARACION DE LAS SECCIONES PARA LA FORMULA DEL PRISMOIDE | 77 |
| CALCULO DE LAS AREAS | 80 |
| CALCULO DE VOLUMENES Y ORDENADAS DE CURVA MASA | 85 |
| MOVIMIENTO DE LA RASANTE | 85 |
| 3.4 RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CURVA MASA | 86 |
| AREAS TRANSVERSALES | 86 |
| VOLUMENES DE TERRACERIAS Y ORDENADAS DE LA CURVA MASA | 88 |
| ORDENADAS DE LA CURVA MASA. | 89 |
| 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO Y LISTADO DEL PROGRAMA. | 89 |
| DIAGRAMA DE FLUJO. | 90 |
| LISTADO DEL PROGRAMA. | 90 |
| 4 EJEMPLO PRACTICO | 95 |
| 4.1. ESPECIFICACION DEL EJEMPLO CARACTERISTICAS DEL EJEMPLO | 96 |
| 4.2 EJECUCION DEL PROGRAMA INICIO DEL PROGRAMA | 104 |
| 4.3 ENTRADA DE DATOS | 105 |
| 4.4 CALCULO DE AREAS | 113 |
| 4.5 CALCULO DE LOS VOLUMENES | 116 |
| 4.6 APLICACION DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CURVA MASA | 130 |
| CONCLUSIONES | 135 |
| GLOSARIO | 140 |
| BIBLIOGRAFIA | 144 |

INTRODUCCION

Es indudable que las herramientas de cálculo del ingeniero civil han experimentado importantes cambios en los últimos años, tal vez de una forma que pocos la hubieran imaginado. En 20 años se ha pasado de la regla de cálculo a la poderosa computadora, la cual es capaz de resolver complejos problemas en forma mucho más rápida y eficiente en comparación con los métodos tradicionales, produciéndose con ello cambios dramáticos en el ejercicio y productividad de la ingeniería civil. Problemas que en algún tiempo fueron prácticamente imposibles de resolver, demasiado laboriosos o imprácticos por medio de procedimientos realizados en forma manual, pueden en la actualidad ser fácilmente programados y resueltos en las computadoras, provocando que el ingeniero destine más tiempo al análisis de un problema y menos tiempo a los cálculos del mismo, dándosele con ello la posibilidad de obtener la mejor solución al problema.

Con la revolución de la minielectrónica se nos ha brindado la posibilidad de integrar la computación a todas nuestras actividades, aun en el mismo salón de clases es posible dicha integración, ya que se han puesto a nuestro alcance auténticas minicomputadoras que debido a su bajo costo y conveniencia, permiten al estudiante de ingeniería civil resolver problemas complejos durante sus años escolares coadyuvando con esto, sin duda alguna a su mejor formación profesional, es triste observar, sin embargo como la gran mayoría de los estudiantes de ingeniería civil no hacen uso de la capacidad de solución de problemas que tienen a su alcance, de acuerdo a las herramientas de cálculo que poseen. En este trabajo se persigue la implementación de un programa, para un problema específico de la ingeniería civil como lo es la determinación de la curva masa, esto con el fin de demostrar la factibilidad de implementar un programa en una herramienta de cálculo ampliamente difundida dentro del alumnado.

Para la realización y implementación del programa que calcula la curva masa se ha escogido la minicomputadora CASIO-PB1000 por las siguientes razones:

- Es una minicomputadora ampliamente difundida y accesible para una gran mayoría de las personas relacionadas de alguna u otra forma con la ingeniería civil.
- Es posible la utilización de una unidad de disco flexible de 3.5", permitiéndonos una capacidad de almacenamiento de datos, tal vez nunca imaginable en una unidad de tal tamaño y costo.
- Permite su fácil operación por medio de presionar en la pantalla las teclas que ahí aparecen.
- Cuenta con uno de los más sencillos lenguajes de programación que existen en la actualidad como lo es el BASIC, el cual es usado en una gran mayoría de las computadoras comerciales sin importar el tamaño de las mismas.
- Tiene 16 teclas en la pantalla que pueden ser fácilmente operadas mediante el lenguaje BASIC de la unidad.
- Todos los resultados se presentan en una pantalla de cristal líquido de 32 columnas y 4 líneas de visualización.

- Proporciona todas las operaciones necesarias en los cálculos involucrados para la determinación de la curva masa.
- Debido a su tamaño la minicomputadora puede ser fácilmente transportada, así como utilizarse con comodidad tanto en el campo como en el gabinete.

El programa de curva masa se preparo con el objetivo de que su utilización resultará fácil, con tal finalidad se manejan mensajes en la pantalla que varían de acuerdo al tipo de datos y proceso en que se encuentre el programa.

La entrada de los datos se realiza de acuerdo a como se les requiere y la salida de los mismos se puede hacer en un momento dado tanto a la pantalla de la minicomputadora como hacia archivos internos en la memoria de la misma, donde se almacenan los datos en forma permanente, permitiendo una posterior consulta de los mismos si el usuario del programa así lo desea.

Una de las características del programa es que salvo la entrada de los datos el usuario no interviene de ningún otra forma en la obtención de las ordenadas de la curva masa, es decir, el programa lleva a cabo el cálculo de las ordenadas de la curva masa en forma totalmente automática.

El programa es capaz de calcular los volúmenes de las secciones tanto por la fórmula del prismoide como por la fórmula de las áreas medias proporcionandonos con ello la aplicación de un método que prácticamente no es utilizado en la actualidad debido, a la laboriosidad que su cálculo implica, haciendo por lo mismo atractiva su implementación dentro del programa de curva masa. Así mismo el programa es capaz de alterar la rasante del tramo de camino que nos encontramos analizando sin más que indicarle la cantidad que deseamos la rasante sea modificada.

La tesis consta, además de esta introducción, de otras cinco partes, las cuales se dividen en cuatro unidades de investigación y/o trabajo de campo y una parte de conclusiones.

En la primera unidad se explican las bases necesarias para el cálculo de la curva masa empezando por la sección transversal de un camino, los elementos que le constituyen y las obras complementarias que existen en este tipo de trabajos. Se explican los diferentes tipos de secciones que se presentan y los diferentes elementos que las componen, se mencionan los diferentes métodos que existen para el cálculo de los volúmenes de terracerías y las consideraciones que debemos tener con dichos volúmenes al emplearles en el cálculo de las ordenadas de la curva masa, finalizandose con las diferentes conclusiones que se pueden obtener de la gráfica de la curva masa y su importancia en los criterios de construcción de un camino.

En la segunda unidad se mencionan los diferentes conceptos necesarios para poder ejecutar un programa en la minicomputadora empezando por el manejo de las diferentes teclas que le integran, los diversos modos de operación en que es capaz de trabajar, los archivos que se pueden utilizar en la misma, el mapa de memoria de la unidad, los diferentes elementos que constituyen a los programas, la estructuración de programas en lenguaje BASIC y la forma de ejecutar los programas en la unidad. Aun

para las personas que tengan experiencia en computadoras y en el lenguaje de programación BASIC es conveniente la lectura de este capítulo ya que aunque la minicomputadora presenta características en su gran mayoría muy similares a las de cualquier computadora, presenta algunas que son únicas de la unidad sobre todo en lo que se refiere al manejo de la pantalla.

En la tercera unidad se explica el programa de curva masa mencionandose las principales características del mismo, la forma en que se deben estructurar los datos para hacer uso del programa, la forma en que se procesan los datos, como se determinan los elementos básicos para el cálculo de las ordenadas de la curva masa, la forma en que los resultados son manejados por el programa y la forma en que estos nos son presentados en la pantalla de la minicomputadora. Al final de esta unidad se presenta el diagrama de flujo del programa el cual es una herramienta básica para la implementación del programa en otro lenguaje diferente al empleado en el presente capítulo mostrandose al final del presente capítulo el listado completo del programa en el lenguaje BASIC.

En la cuarta unidad se presenta la aplicación del programa a un tramo de camino con la finalidad de obtener la curva masa del mismo pretendiendo de este modo que el usuario visualice la forma en que el programa se aplica en un problema real, presentando la manera en que se deben estructurar los datos, la forma en que estos se introducen al programa, el uso de los diferentes procesos que constituyen al programa, los resultados que el programa arroja, la forma en que el programa se desarrolla en la pantalla de la minicomputadora y como se emplean los criterios mencionados en el primer capítulo al analizar la gráfica de la curva masa.

En la parte de las conclusiones se hacen algunos comentarios sobre los resultados que el programa de curva masa proporciona y el comportamiento que presentó el programa al momento de resolver el ejemplo presentado en la unidad 4.

1 DETERMINACION DE AREAS Y CURVA MASA

1.1 LA SECCION TRANSVERSAL

La sección transversal del terreno natural de un camino es la representación gráfica de un perfil, que se levanta en un ángulo recto con respecto al eje del camino, este perfil deberá ser lo suficientemente grande para que abarque toda el área donde se pretenda construir. Las secciones transversales del terreno son utilizadas en los movimientos de tierras para representar en forma gráfica una zona del terreno natural, éstas representaciones gráficas son obtenidas mediante levantamientos en campo de las características del terreno natural, las secciones se levantan por lo general a cada estación de 20 metros o cadenamamiento, así como en todos aquellos puntos intermedios en los que el terreno presente cambios notables con respecto a las estaciones completas de 20 metros. Estas secciones en forma conjunta con la sección de proyecto del camino (o dimensiones geométricas del camino), nos marcarán los límites de la zona de trabajo del camino. A esta zona de trabajo del camino también se le conoce como sección transversal de construcción de un camino.

La sobreposición de la sección del terreno natural y de la sección de proyecto del camino, nos permite establecer la relación que existe entre ambas secciones; es decir, podemos relacionar lo que se tiene en el momento actual en el terreno en un lugar determinado y lo que se pretende tener en un futuro en el mismo lugar, permitiéndonos de ésta forma determinar los cambios que se deben operar en la sección del terreno natural a fin de obtener la sección de proyecto del camino, como se puede observar en la figura 1.

Estos cambios que se deben ejecutar en las secciones del terreno natural se pueden agrupar básicamente en:

Terraplén o rellenos y Cortes o excavaciones

Para la determinación de los volúmenes de tierras que se habrán de movilizar en la construcción de un camino es primordial el previo cálculo de las áreas de las secciones transversales de construcción, que se generan al sobreponer la sección del terreno natural y la sección de proyecto del camino. Siendo común que estas secciones transversales generadas se presenten en determinados tipos los cuales se describen a continuación.

TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES

Los diferentes tipos de secciones transversales que se originan, dependen de la relación que exista entre la sección del terreno natural y la sección de proyecto del camino, esta característica provoca que las formas en que se presente dicha relación sean muy variadas, aunque generalmente se presentan los siguientes tipos de secciones:

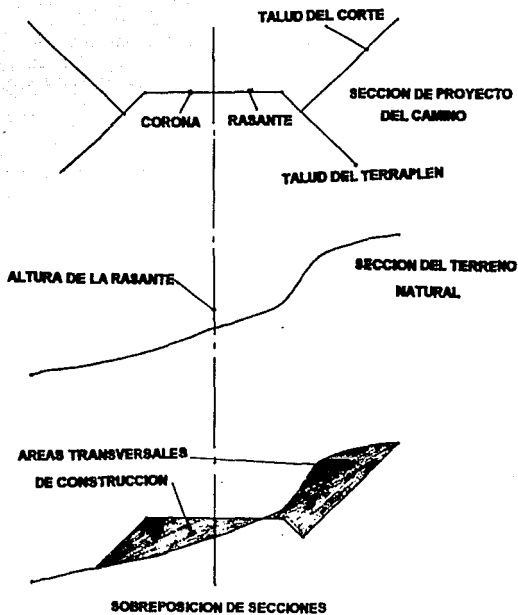


FIGURA 1

SECCION EN CORTE

La sección en corte se produce cuando la sección de proyecto del camino queda enterrada bajo la sección del terreno natural como se puede observar en la figura 2, de tal forma que las elevaciones de la sección de proyecto del camino quedan por debajo de las elevaciones del terreno natural, ésta situación origina que se tengan que realizar excavaciones en el terreno natural, para llegar a las elevaciones de la sección de proyecto del camino. Los volúmenes provenientes de éstas excavaciones podrán ser utilizados ya sea como rellenos en los terraplénos o bien desperdiciarse según las características que el mismo material presente. En este caso la pendiente o talud de las excavaciones dependerá de la clase del terreno en que se vaya a construir; ya que se le deberá dar al menos, la inclinación de reposo natural al terreno, para evitar derrumbes. Los taludes pueden ser desde completamente verticales hasta aquellos con una inclinación de 2:1 en el caso de los materiales sueltos.

SECCION EN TERRAPLEN

En la sección en terraplén, la sección de proyecto del camino se encontrará sobre la sección del terreno natural como se puede observar en la figura 3, por lo que se tendrán que realizar rellenos a fin de alcanzar los niveles que nos marca la sección de proyecto del camino, estos rellenos podrán ser obtenidos de las excavaciones de los cortes o de otros lugares a los cuales se les conoce como bancos de préstamo, el lugar de donde sean obtenidos dependerá de las características que deba tener el material a emplear en la construcción de los terraplénos.

SECCION EN BALCON

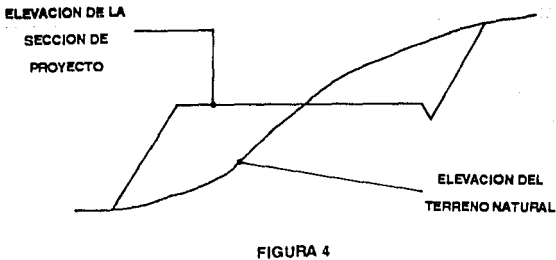
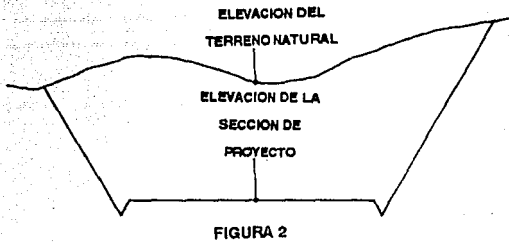
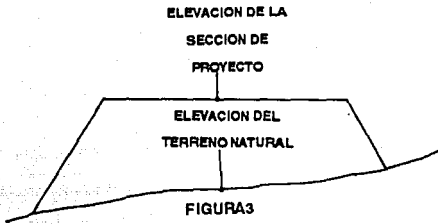
Podrán existir también secciones en que al mismo tiempo tengan corte y terraplén por lo cual son llamadas "secciones mixtas o en balcón". En este tipo de secciones la sección de proyecto del camino estará tanto por debajo de la sección del terreno natural como por encima de ella por lo que existirán elevaciones de la sección de proyecto del camino que se encuentren sobre las elevaciones del terreno natural y viceversa, tal y como se observa en la figura 4.

ELEMENTOS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Los elementos que forman parte de la sección de proyecto del camino y que determinan su naturaleza son básicamente: la corona, la subcorona, las cunetas, los taludes y las obras complementarias. En la figura 5 podemos observar una sección de proyecto típica de un camino.

CORONA

Se le llama corona a la superficie del camino terminada que queda comprendida entre los hombros del camino, es decir, los vértices superiores de los taludes del terraplén o de las cunetas. Los elementos que definen a la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos como se observa en la figura 5.



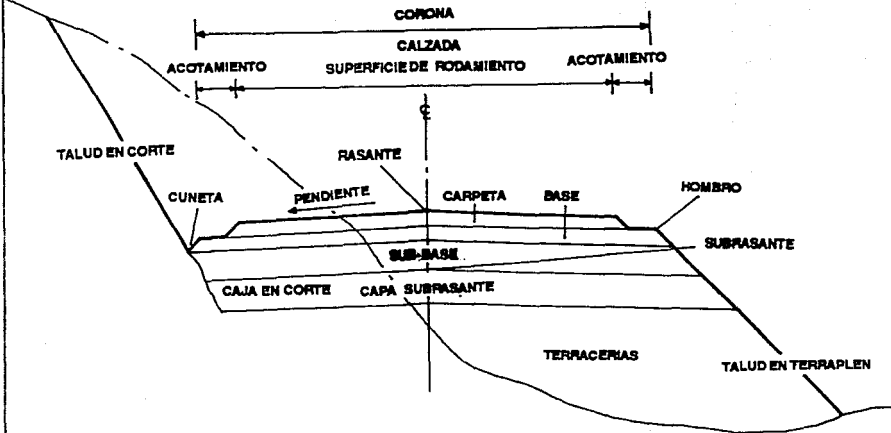


FIGURA 6

Rasante

La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el eje del camino. La mayoría de las ocasiones la rasante coincide con el eje de la sección de proyecto. En la sección transversal de proyecto del camino la rasante se representa por un punto.

Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la superficie de la corona del camino en el sentido vertical. En el caso de los tramos rectos del camino ésta pendiente recibe el nombre de bombeo, ya que se le otorga ésta pendiente básicamente, con la finalidad de evitar la acumulación de agua sobre la corona del camino, ésta pendiente deberá tener una magnitud tal que permita el correcto drenaje del agua que cae sobre la corona pero sin que ésta pendiente cause sensaciones de inseguridad o incomodidad en los usuarios del camino. Para el caso de tramos en curva de un camino se le suele otorgar una pendiente a la corona del camino denominada sobreelevación, pendiente que se le otorga con el fin de intentar equilibrar el efecto de la fuerza centrífuga que se produce en las curvas sobre un vehículo y que tiende a sacarlo del camino. La pendiente transversal que tiene la corona en un tramo que se utiliza ya sea para pasar del bombeo a la sobreelevación o viceversa se conoce con el nombre de pendiente transversal de transición.

Calzada

La calzada es la parte de la corona por donde habrán de circular los vehículos, generalmente se constituye por 2 o más carriles, entendiéndose por carril un ancho de calzada por donde es posible la circulación de una fila de vehículos, el ancho de la calzada no es el mismo en tramos rectos que en tramos en curva, en éstos últimos se observa un sobreancho de calzada, esto debido a las dificultades que los operadores experimentan al tratar de mantener en el centro de la calzada al vehículo por lo que se hace indispensable dar un ancho adicional en las curvas en relación a los tramos rectos. Este sobreancho recibe el nombre de ampliación y se hace siempre por el lado interior de la curva. Tanto el número de carriles como el sobreancho son determinados por el volumen y tipo de tránsito así como el nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar.

Acotamientos

Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, las cuales se delimitan por los hombros del camino y la orilla de la calzada. Entre sus funciones principales están el de proporcionar un espacio adicional al usuario, ya sea con el fin de eludir accidentes potenciales o de contar con un espacio en donde estacionarse en casos de emergencia que así lo requieran, aparte de que nos permite proteger a la calzada contra la humedad o posibles erosiones de la misma, así como proporcionar un mejor confinamiento a la calzada, mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo si éstos se encuentran en corte y facilitar los trabajos de conservación del camino. El ancho de los acotamientos al igual que el ancho de la calzada ésta influenciado por el volumen y tipo de

tránsito, así como por el nivel de servicio que el camino vaya a cumplir, la pendiente transversal del acotamiento será la misma que tenga la calzada.

SUBCORONA

Es la superficie que limita las terracerías del pavimento. Se les llama terracerías, a los volúmenes de materiales que se tienen o que cortar o rellenar para llegar a formar al camino hasta la subcorona, el espesor que resulte entre las alturas del terreno y la de la subcorona, en la sección transversal nos determinará los espesores ya sea de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos donde ésta diferencia es nula se les llama puntos de paso, ya que en ellos se pasa ya sea de corte a terraplén o viceversa. Los puntos extremos donde el terreno natural se cruza ya sea con los taludes del terraplén, con los taludes del corte o con los de una cuneta se les denominan puntos cero.

El pavimento se constituye por las capas de materiales que se colocan entre la corona y la subcorona para soportar las cargas producidas por el tránsito a fin de transmitir sus efectos a las terracerías y proporcionar una superficie de rodamiento uniforme a los vehículos que circulen por el camino. Las capas que generalmente constituyen a los pavimentos son la base, la subbase, y la carpeta, definiendo ésta última el ancho de calzada.

Los elementos que constituyen a la subcorona y que resultan primordiales para el cálculo de las secciones de construcción, son la subrasante en el caso de los terraplén o caja en corte para el caso de los cortes, la pendiente transversal y el ancho de la subcorona.

Subrasante

La subrasante es la proyección sobre un plano vertical de la ruta del eje de la subcorona. Básicamente corresponde a la elevación resultante de restar a la rasante la suma de la carpeta, la base y la sub-base, la diferencia de esta elevación con respecto a la elevación del terreno natural nos servirá para determinar el espesor ya sea en corte o terraplén para una sección dada.

Pendiente transversal

La pendiente transversal de la superficie de la subcorona será de la misma magnitud que la de la superficie de la corona, con el objetivo de conseguir un espesor uniforme del pavimento. Esta pendiente puede ser de sobre-elevación o de bombeo, dependiendo de que sea un tramo de camino en recta, en curva, o bien de transición, como ya se explicó para el caso de la pendiente transversal de la corona.

Ancho

El ancho de la subcorona estará delimitado por la distancia horizontal existente entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes ya sean éstos taludes en terraplén, cuneta o corte.

CUNETAS

Las cunetas son las estructuras que se construyen en los tramos de corte, colindando con los hombros del camino a la orilla del mismo, con la finalidad de recibir y encauzar en ellas el agua que escurre proveniente de la corona debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Estas estructuras son zanjas que generalmente se construyen de sección triangular y de un ancho de aproximadamente 1 metro medido en dirección horizontal desde la corona hasta el vértice que forman el talud de la cuneta y el talud del corte, el cual se constituye en el fondo de la cuneta, el talud de la cuneta tiene una magnitud generalmente de 3:1.

Si el camino no se va a pavimentar en forma inmediata, una vez que se hayan construido las terracerías, será necesario construir una cuneta provisional a fin de que la subcorona tenga el drenaje adecuado. El ancho de la cuneta provisional deberá ser menor con respecto al ancho de cuneta definitiva con la finalidad de que al momento de pavimentarle la cuneta resultante quede con el ancho de proyecto, este ancho que hay que restarle se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Ancho extra} = B/(1/T + 1/t)$$

Donde B es la suma de los espesores de la base y la subbase, T es el talud del corte y t es el talud de la cuneta.

TALUDES

El talud es la inclinación de los cortes o de los terraplénés, ésta inclinación se expresa generalmente como el recíproco de la pendiente. Es común que en caminos también se les de el nombre de talud a los paramentos de la cuneta.

Los taludes de los cortes se fijan conforme a las características de los materiales que habrán de constituirle. En terraplénés debido al control que se tiene sobre éstos materiales generalmente se les asigna un valor de 1.5:1. En los cortes debido a la gran variedad de materiales que pueden formar parte de los taludes se recomienda preferentemente un estudio de las características de los mismos a fin de obtener el valor más correcto posible.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

En este grupo se mencionan aquellas obras que son utilizadas de manera ocasional dentro de la sección de proyecto de un camino con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Entre tales elementos podemos mencionar a las contracunetas, guarniciones, bordillos, banquetas, fajas separadoras, lavaderos, bajadas, bermas, bordos, canales interceptores y la vegetación. Estas obras se mencionan en forma breve a continuación.

Contracunetas

Las contracunetas son zanjas de sección trapecial que se excavan en las partes altas de los taludes de corte con el objeto de interceptar los escurrimientos superficiales

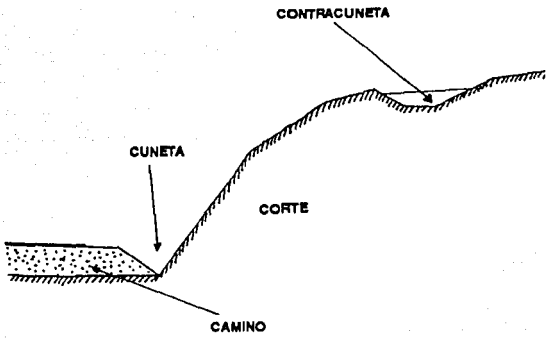


FIGURA 6

del terreno natural, evitando que llegue a las cunetas mas agua que aquella para la cual están proyectadas. Su utilización esta indicada en terrenos montañosos o en lomerio. Las contracunetas generalmente son de sección trapecial con plantilla de 50 centímetros y taludes de 1:1, pudiéndose llegar a hacerse de paredes verticales En la figura 6 se observa la disposición típica en un camino de una contracuneta.

Guarniciones

Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados que se construyen por lo general de concreto hidráulico y que tienen la finalidad de limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. Los tipos más usuales de éstas estructuras son las verticales y las achafanadas, las primeras tienen una saliente de aproximadamente 20 cm y la cara que da a la calzada es completamente vertical con el objeto de que los vehículos no les puedan pasar por encima, las achafanadas tienen su cara externa a la calzada inclinada a fin de que los vehículos puedan pasar sobre ellas con relativa facilidad en casos de emergencia. En la figura 7 podemos observar ambos tipos de guarniciones. Las achafanadas se usan generalmente en zonas rurales y las verticales en zonas urbanas.

Bordillos

Los bordillos son estructuras construidas por lo general de concreto asfáltico, que se utilizan en los acotamientos en las cercanías de los hombros del camino, con la finalidad de encauzar el agua que escurre por la corona hacia unos elementos llamados lavaderos los cuales se mencionan más adelante y que se sitúan en los paramentos del terraplén. La localización de los bordillos tiene como finalidad evitar que el agua escurra en forma directa sobre los paramentos del terraplén y le cauce daños a este.

Antes de emplear a los bordillos hay que investigar la posible erosión que se puede presentar en el talud del terraplén de acuerdo a las precipitaciones pluviales que se presenten en la zona. Una alternativa que hace inútiles a los bordillos es la que se obtiene en forma directa en los terraplén de baja altura (1.5 metros) ya que en éstos el agua no alcanzará velocidades que produzcan erosión en los paramentos del terraplén. Hay que tomar en cuenta que un bordillo puede ser una obra provisional, ya que algunas veces su función se verá desplazada por las especies vegetales que crecen en los taludes del terraplén.

Banquetas

Las banquetas son elementos que se destinan a la circulación de peatones, se ubican en un nivel superior al de la corona y a un lado o ambos lados de la calle. En caminos es muy rara su utilización, ya que en la mayoría de los casos la circulación de los peatones es muy eventual y por lo tanto su construcción no se justifica.

Fajas separadoras o camellones

Se llaman fajas separadoras a las zonas que dividen unos carriles de tránsito de otros ya sea de sentidos opuestos en cuyo caso son llamadas fajas separadoras centrales, o del mismo sentido pero de diferentes tipos de tránsito en cuyo caso se

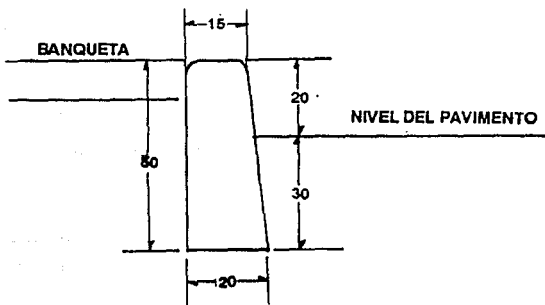
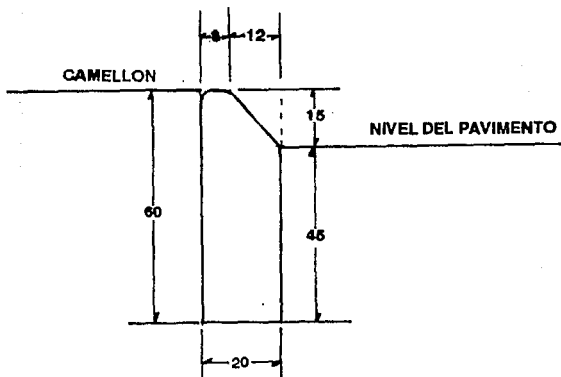
**GUARNICION EN CAMELONES LATERALES Y BANQUETAS**

FIGURA 7

**GUARNICION EN CAMELLON CENTRAL**

denominan fajas separadoras laterales, si a éstas fajas se les construyen guarniciones y además se les coloca material a fin de alcanzar alturas superiores a las de la corona se denominan camellones ya sea centrales o laterales según su colocación. Los camellones centrales se usan en caminos de cuatro o más carriles, en cambio los laterales se utilizan en zonas urbanas con la finalidad de separar diferentes tipos de tránsito. Podemos observar éstas obras en la figura 8.

Los lavaderos

Son canales que se unen con los bordillos y que bajan por los paramentos de los taludes del terraplén, como se puede observar en la figura 9, con la finalidad de guiar el agua que escurre por los acotamientos y que es encauzada por los bordillos, hasta lugares alejados donde el agua resulta inofensiva. Estas estructuras se disponen en las secciones en terraplén y la separación a la que se colocan es variable y depende básicamente de la capacidad hidráulica de los lavaderos así como de la intensidad de lluvia en la zona.

Los lavaderos se construyen generalmente de mampostería o concreto, aunque también se construyen con medias secciones de tubo galvanizado, aunque invariablemente se deberán construir tanto a la salida como a la entrada, a base de concreto o de mampostería.

Las bajadas

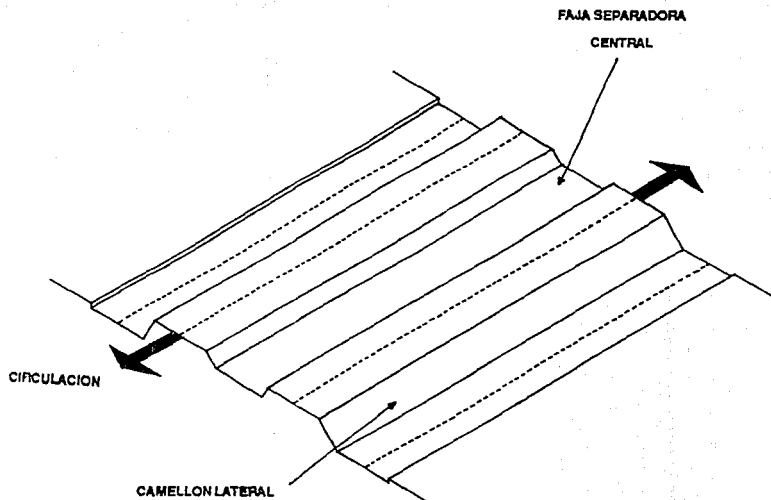
Las bajadas desempeñan una función similar a la de los lavaderos, siendo la única diferencia entre ambos que éstas estructuras se constituyen por un tubo apoyado en la superficie del terreno o bien enterrado en él. De hecho su distinción de los lavaderos es un simple formulismo ya que muchos ingenieros les considerarán simples lavaderos entubados. La tubería más ampliamente usada es la de lámina a la cual sin embargo, se le deberá dotar de una junta capaz de resistir los asentamientos que se pueden presentar en el material donde se coloca el tubo, también se les llega a construir de concreto hidráulico. Estas estructuras por sus mismas características físicas son de difícil inspección por lo que algunas veces se llega a la necesidad de realizar sondeos para poder revisarlos.

Las bermas

Las bermas aparte de cumplir funciones importantes de estabilidad tanto en los taludes de los terraplén como en los taludes de los cortes también cumplen funciones de drenaje y de disminución de la erosión provocada por el agua al escurrir sobre los taludes del terraplén, el corte o sobre el terreno natural. También auxilian a disminuir las infiltraciones del agua en el propio talud lo que de no hacerse traería efectos nefastos sobre la estabilidad general del talud.

Las bermas que se construyen en los terraplén se constituyen en verdaderos escalones por sus reducidas dimensiones 1:1 y 1:1.5, éstas dimensiones aumentan 1:2 y 1:3, cuando se construyen en el terreno natural para controlar las aguas que bajan por el terreno natural amenazando la vía terrestre. Las bermas que se construyen en los

FIGURA 8



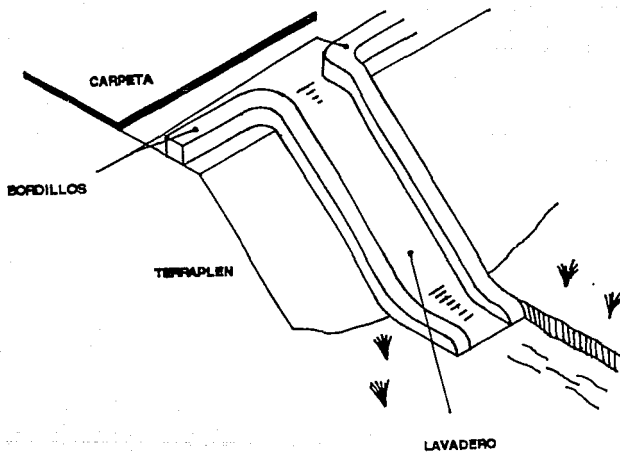


FIGURA 9

cortes a fin de interrumpir la bajada de las aguas tienen una relación vertical-horizontal que se determina en función de la inclinación del corte

Los bordos

Los bordos son estructuras de sección más o menos trapecial con taludes de 2:1 o 3:1 con alturas que rara vez rebasan los 2 metros y con un ancho en la corona de aproximadamente medio metro. Se construyen por lo general de tierra y en alguna ocasiones de mampostería con la finalidad de encauzar las aguas que se puedan acumular a un lado del camino orientandolos hacia cauces naturales, o a la entrada de obras que permitan su paso a través del camino, evitando la acumulación del agua a los lados del mismo camino.

Los canales interceptores

Son canales que se utilizan para controlar los escurrimientos por laderas naturales que presenten marcadas pendientes hacia la vía. En términos generales actúan de manera similar a las contracunetas, el hecho de que se les llama canales interceptores obedece a que se construyen a distancias alejadas del camino y no se relacionan con un corte en particular si no más bien con un tramo más o menos largo de camino sin importar la naturaleza de la sección. Los taludes del canal dependerán del material con que se realiza la excavación y si los canales se revisten es común que esto se haga con mampostería y en casos más importantes de concreto.

La vegetación

Una de las mejores protecciones de los taludes ya sea en corte o en terraplén contra la acción erosiva de los escurrimientos es la plantación de especies vegetales las cuales retardan el escurrimiento, disminuyen la Energía del agua y contribuyen a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua. Es importante resaltar que siempre que la vegetación exista ésta deberá ser respetada ya que su eliminación es una de las peores practicas en la que es muy dado a caer el ingeniero. Al contrario sus esfuerzos se deben concentrar en la protección de la vegetación y si ésta no existiera su plantación podría contribuir a una mejor protección del camino.

1.2 CALCULO DE LAS AREAS

Una de las etapas principales en el cálculo de la curva masa consiste en determinar las áreas de las secciones transversales de construcción originadas al sobreponer la sección natural del camino con la sección de proyecto del camino, estas áreas se constituyen en la base para la determinación de los volúmenes de las terracerías. A continuación se mencionarán los métodos existentes para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de construcción, así como los diferentes elementos que las integran y que deben tomarse en cuenta en el cálculo de las áreas, ya que las secciones en corte presentan elementos que difieren de aquellos que se presentan en las sec-

ciones en terraplén y a su vez las secciones mixtas o en balcón presentarán elementos tanto de las secciones en corte como de las secciones en terraplén.

METODOS PARA EL CALCULO DE AREAS

Para la determinación de las áreas de las secciones transversales generadas en un proyecto de caminos se puede recurrir a diversos métodos para su cálculo, tales como:

- 1.- Doble distancia meridiana.
- 2.- Por geometría.
- 3.- Por cuenta de cuadros.
- 4.- Por coordenadas.

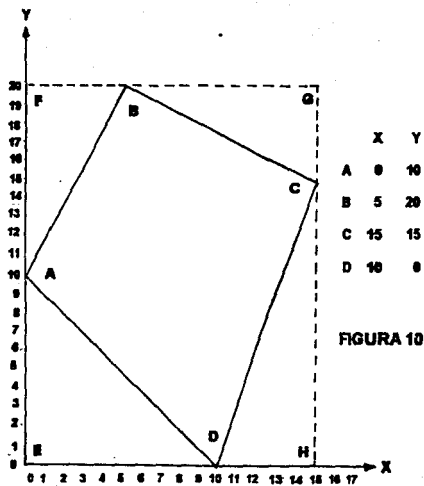
Doble distancia meridiana

Para el cálculo de áreas por este método será necesario contar con las proyecciones de los lados de la sección en direcciones X, Y. La doble distancia meridiana de un lado de la sección será igual a la doble distancia meridiana del lado anterior más la proyección "x" del mismo lado, más la proyección "x" del lado donde estamos calculando la doble distancia meridiana. A continuación multiplicaremos la proyección "y" por la doble distancia meridiana respectiva para obtener cada una de las áreas dobles, para después pasar a dividir la suma de todas las áreas entre dos. Se podrá obtener un resultado negativo en algunas ocasiones, lo cual solo nos indica la forma en que se habrá recorrido la figura al momento de emplear las coordenadas, ya que si esta es recorrida en el sentido de las manecillas del reloj el resultado que se obtenga será negativo y por el contrario si se recorren en sentido inverso a las manecillas del reloj el resultado será positivo. Por ejemplo resolviendo por medio de la doble distancia meridiana el caso de la figura 10, y recorriendo las coordenadas de la figura en el sentido de las manecillas del reloj se obtiene la siguiente área:

| LADO | "X" | "Y" | D.D.M. | PRODUCTO |
|------|-----|-----|--------|----------|
| A-B | 5 | 10 | 5 | 50 |
| B-C | 10 | -5 | 20 | -100 |
| C-D | -5 | -15 | 25 | -375 |
| D-A | -10 | 10 | 10 | 100 |
| | | | 2A = | -325 |
| | | | A = | -162.5 |

Si ahora calculamos el área recorriendo la figura 10, en el sentido contrario a las manecillas del reloj obtenemos que:

| LADO | "X" | "Y" | D.D.M. | PRODUCTO |
|------|-----|-----|--------|----------|
| A-D | 10 | -10 | 10 | -100 |
| D-C | 5 | -5 | 25 | -375 |
| C-B | -10 | -5 | 20 | 100 |
| B-A | -5 | 10 | 5 | 50 |
| | | | 2A = | 325 |
| | | | A = | 162.5 |



Como podemos observar los resultados son idénticos con el único cambio en el signo, lo cual es resultado de la forma en que fueron recorridas las coordenadas como ya se ha mencionado.

Por geometría

El método de geometría consiste básicamente en dividir la figura a la cual se le va a determinar el área en figuras geométricas más sencillas como un trapecio o triángulos, de tal modo que una vez obtenidas las áreas de las figuras más sencillas estas áreas son sumadas, obteniendo de esa forma el área de la figura.

Por ejemplo para el caso de la figura 10, si inscribimos a la figura en un cuadrado de dimensiones 20 y 15 con una área de $15 \times 20 = 300$ y a esta área le restamos los triángulos A-B-F, B-C-G, D-H-C y A-E-D, resulta que:

$$\text{AREA} = 300 - 10 \times 5/2 - 15 \times 5/2 - 10 \times 10/2 - 5 \times 10/2 = 162.5$$

que es la misma área encontrada por el método de la doble distancia meridiana.

Por cuenta de cuadros

Este procedimiento consiste en dibujar las secciones transversales en papel milimétrico, una vez dibujadas las secciones se cuentan los cuadros comprendidos dentro de la superficie que se va a medir, se empieza por los cuadros completos y se termina con las fracciones de milímetros cuadrados agrupándolos para formar milímetros cuadrados completos, la área se obtiene considerando el número total de cuadros contados, tomando en cuenta la escala empleada en el dibujo de la figura.

Por coordenadas

Si conocemos las coordenadas de los vértices de una superficie como la que se muestra en la figura 10, el área la podemos encontrar con la siguiente fórmula:

$$2A = \sum (X_{i+1} + X_i)(Y_{i+1} - Y_i)$$

Para una figura de n vértices.

Al aplicar la fórmula se podrá obtener en algunas ocasiones, un resultado negativo lo que no significará en forma automática la existencia de algún error en los cálculos, ya que como en el caso de la doble distancia meridiana, esto solo reflejará la manera en que se recorren las coordenadas de la figura, considerando en el resultado los mismos criterios expresados en el método de la doble distancia meridiana.

Por ejemplo, si determinamos el área de la figura 10, mediante la fórmula, tendremos:

| VERTICE | $X_{i+1} + X_i$ | $Y_{i+1} - Y_i$ | PRODUCTOS |
|---------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | 5 | 10 | 50 |
| B | 20 | -5 | -100 |
| C | 25 | -15 | -375 |
| D | 10 | 10 | 100 |
| | | 2A = | -325 |
| | | A = | -162.5 |

Si calculamos el área de la figura 10, pero ahora recorriendo las coordenadas en el sentido inverso a las manecillas del reloj tenemos que:

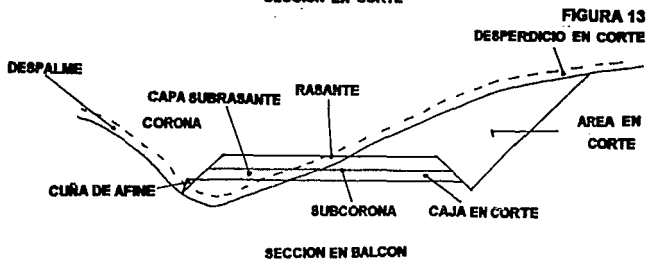
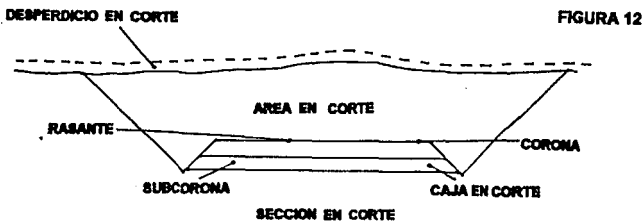
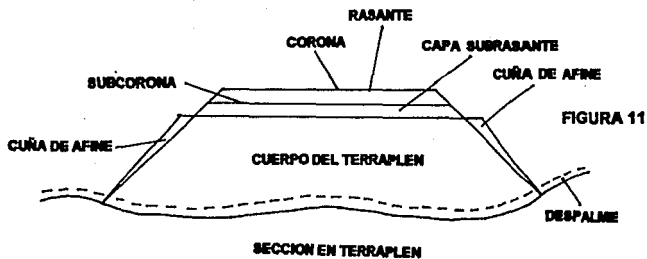
| VERTICE | $X_{n+1}-X_n$ | $Y_{n+1}-Y_n$ | PRODUCTOS |
|---------|---------------|---------------|--------------|
| A | 10 | -10 | -100 |
| D | 25 | 15 | 375 |
| C | 20 | 5 | 100 |
| B | 5 | -10 | -50 |
| | | 2A= | 325 |
| | | A= | 162.5 |

Obteniéndose un resultado de signo positivo cumpliéndose lo afirmado en párrafos anteriores al decir que el signo solo nos indica la forma en que se recorren las coordenadas de una figura.

Se observa que los resultados en el método de la doble distancia meridiana, coordenadas y geometría son los mismos pero si consideramos que las secciones del terreno natural se reportan en formatos de coordenadas, sin duda que el método de las coordenadas resulta ser el más idóneo pues los datos de las secciones del terreno natural podrán ser empleados directamente en dicho método, situación distinta se presentaría en el caso de la doble distancia meridiana donde se tendrían que obtener las componentes de cada una de las coordenadas para el cálculo del área implicando un cálculo adicional con respecto al método de las coordenadas. En el caso del método de cuenta de cuadros este no se aplica en nuestro ejemplo ya que introduce consideraciones subjetivas para el cálculo de las áreas lo que le margina de cualquier posible utilización en un cálculo automatizado de las áreas.

ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN TERRAPLEN

En el cálculo de las áreas de las secciones en terraplén el primer factor que se debe considerar es el despalme, entendiéndose por despalme la remoción de la capa superficial del terreno que debido a sus características no se considerará apta para la construcción de las terracerías con dicho despalme las alturas o cotas del terreno disminuirán tanto como ancho sea el despalme del camino, como se observa en la figura 11, para el cálculo de los volúmenes de terracerías debemos tomar en cuenta que la línea del proyecto del camino incluye la rasante la cual se constituye por la carpeta, base y sub-base, por lo que la área que se origine por éstas capas no deberá ser tomada en cuenta, ya que el área a considerar en el cálculo de las áreas del terraplén será el que se genere a partir de la subcorona y el terreno natural despalmado, área que se conoce como cuerpo del terraplén y que queda abajo de la subcorona, tal y como se muestra en la figura 11. Un elemento, también muy importante en el cálculo de los volúmenes de terracerías es la caña de afine, la cual por lo general tendrá un ancho de 0.20 metros a la altura de la subcorona y de cero a la altura de la intersección de terraplén con el terreno natural o punto cero y que se utiliza con la finalidad de proporcionarle una mejor compactación a los paramentos del terraplén. Por último habremos



de considerar la existencia de la capa de material fino o capa subrasante la cual es práctica común que tenga un espesor de aproximadamente 30 cm. y la cual se coloca sobre el cuerpo del terraplén con la finalidad de ofrecer una buena capa de apoyo a la rasante, como se muestra en la figura 11. Tomando en cuenta las anteriores consideraciones la área de la sección de construcción que nos interesará para este caso se muestra en la figura 11.

Para conocer el área de la sección propuesta bastará determinar las coordenadas de la sección transversal de construcción del camino que se generan al sobreponer la sección del terreno natural y la sección de proyecto del camino, para a partir de éstas coordenadas obtener el área requerida.

ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN CORTE

Para el cálculo de las áreas de las secciones en corte tendremos que considerar 3 o 2 elementos dependiendo de las características del terreno donde se va ejecutar la obra. El primer elemento a tomar en cuenta es el desperdicio en corte, el cual cumple las mismas características que el despalme para el caso de los terraplén, disminuyendo de igual forma las alturas o cotas del terreno natural, como se observa en la figura 12, para calcular las áreas debemos tomar en cuenta que en el caso de un corte el área que generan las capas de la carpeta, base y sub-base deberá ser sumado a la que se obtenga de las terracerías ya que esta área deberá ser forzosamente excavada para llegar a la altura de la subcorona, a este elemento se le denomina área en corte, y que como se acaba de mencionar no es más que el área comprendida entre el límite inferior del desperdicio en corte y la subcorona, tal como se muestra en la figura 12. Si se considera que las características del terreno no son las apropiadas para soportar a la rasante del camino se recurre a la caja en corte que no es más que una capa de material fino de características y funciones similares a la de la capa subrasante utilizada en los terraplén. En la figura 12 se observa la influencia que tienen éstos elementos en el cálculo de una área constructiva para la sección en corte.

Tomando en cuenta los criterios mencionados para la obtención de la sección constructiva en corte solo bastará determinar las coordenadas representativas de la sección transversal de construcción en corte para proceder al cálculo de las áreas.

ELEMENTOS DE LAS SECCIONES EN BALCON

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores este tipo de secciones cuentan con características tanto de las secciones en corte como de las secciones en terraplén, situación que se presenta de igual forma en el cálculo de las áreas constructivas por lo que el análisis de éstas secciones se hará considerando por separado partes en corte y partes en terraplén, cada una de éstas partes contará con los estratos particulares según sea el caso, esto es que en las secciones en terraplén se tendrán el despalme, el cuerpo del terraplén, la subrasante y las cuñas de afine y para el caso de las secciones en corte se tendrán el desperdicio en corte, la caja en corte y la área de corte. No es

raro que en ocasiones se presenten secciones que tengan varios cambios tanto de corte a terraplén y viceversa como se observa en la figura 13. Para efectos de la cuantificación de las áreas se considerará como área total en corte a la suma de todas las áreas en corte existentes para la sección en cuestión, aplicándose el mismo criterio para las áreas existentes en terraplén, registrándose por separado cada valor de área total ya que la determinación del volumen de terracerías también se realiza considerando por separado cada una de las áreas sean en corte o en terraplén.

Al determinar las áreas de las secciones transversales de construcción como podemos ver, es difícil establecer criterios universales o métodos generales debido a lo imprevisible que en un momento dado pueden ser los datos involucrados en dicho cálculo sobre todo en lo que a los datos de la sección del terreno natural se refiere, si bien se pueden establecer ciertos lineamientos generales a seguir para el cálculo de las áreas de las secciones transversales en el caso de que éstas áreas se calculen por medio de coordenadas, lineamientos que a continuación se mencionan.

- 1.- Dividir la sección de proyecto en dos partes una parte hacia la derecha del eje del camino y otra hacia la izquierda del eje del camino.
- 2.-Determinar todos los puntos de intersección generados al sobreponer las secciones de proyecto y del terreno natural para ambos lados de la sección .
- 3.- Determinar las coordenadas representativas generadas por los puntos de intersección y calcular las áreas de las figuras generadas.
- 4.-Para cada área calculada se deberán determinar todos los posibles elementos que puedan formar parte de ella, ya sean cuñas de afine, subrasante o caja en corte, según la naturaleza de la área calculada, ya sea ésta en corte o terraplén, procediendo a la suma o resta de éstos elementos según corresponda.
- 5.-Sumar las áreas en corte de toda la sección, así como las correspondientes en terraplén a fin de obtener, tanto la área neta en corte como la área neta en terraplén para una sección dada ya que de este modo serán empleadas en el cálculo de los volúmenes que a continuación se menciona.

1.3 CALCULO DEL VOLUMEN DE TERRACERIAS

Una vez determinadas las áreas de las secciones transversales se procede al cálculo de los volúmenes de tierras que se generan entre dos secciones o cadenamientos consecutivos. A continuación se mencionan los dos métodos mediante los cuales es posible la determinación de los volúmenes de tierras.

Método de las áreas medias

Este método consiste en multiplicar el promedio de las áreas de dos secciones transversales consecutivas por la distancia existente entre dichas secciones, ésta forma de obtener el volumen, da generalmente buenos resultados cuando se calculan volúmenes de caminos, canales o algún otro trabajo parecido.

Las cifras que de este método se obtienen nos pueden servir como base, tanto para calcular el tamaño del proyecto como para el pago del trabajo efectuado.

La figura 14 representa un tramo de camino en corte y en el se muestran las secciones de construcción obtenidas. El volumen de las terracerías en el tramo mostrado se calculará por medio de la fórmula siguiente:

$$V = (A_1 + A_2) * L / 2$$

En donde:

V = Volumen en metros cúbicos.

A₁ y A₂ = Áreas de las secciones transversales en metros cuadrados.

L = Distancia que hay entre las secciones en metros lineales.

De acuerdo a la fórmula podemos obtener el volumen comprendido entre las estaciones de la figura 14, el cual será:

$$A_1 = (15 + 10) * 5 / 2 = 62.5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (14 + 8) * 3 / 2 = 33.0 \text{ m}^2$$

$$V = (62.5 + 33) * 20 / 2 = 955 \text{ m}^2$$

Método del prismoide

La fórmula del prismoide es un procedimiento más refinado para calcular los volúmenes de las terracerías, ya que en términos generales arroja resultados más precisos que los obtenidos mediante las áreas medias. La aplicación de este método es recomendable cuando las áreas presentan valores sensiblemente diferentes de sección a sección. La fórmula del prismoide es:

$$V = (L/6)(A_1 + 4A_m + A_2)$$

donde:

V = Volumen en metros cúbicos.

A₁ y A₂ = Áreas de las secciones transversales en los extremos en metros cuadrados.

A_m = Área de la sección media en metros cuadrados.

L = Longitud del tramo.

Por ejemplo para el caso resuelto por las áreas medias si el área A_m para este caso fuera:

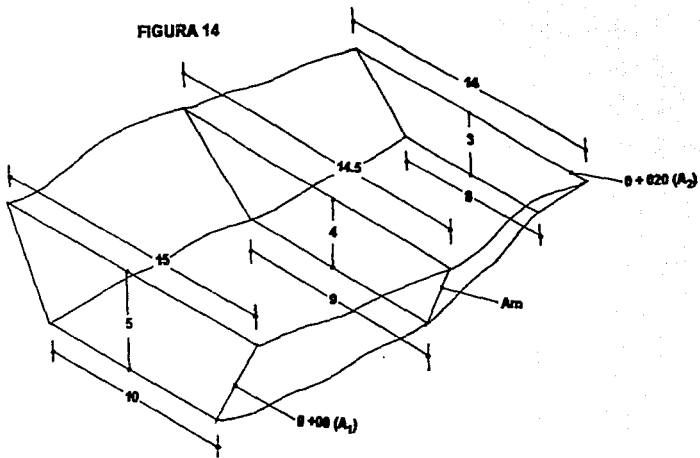
$$A_m = (14.5 + 9) * 4 / 2 = 47 \text{ m}^2$$

Por lo que el volumen sería:

$$V = (62.5 + 4 * 47 + 33) * 20 / 6$$

$$V = 945 \text{ m}^2$$

En caminos se prefiere aplicar la fórmula más sencilla aunque menos aproximada de las áreas medias debido a la laboriosidad que significaría su cálculo por medio de la fórmula del prismoide, esto tomando en cuenta que se aumentaría casi al doble el volumen de cálculos, aunque hay que tomar en cuenta que como resultado de las simplificaciones que se hacen al dibujar las secciones de construcción y al no tomar en cuenta las irregularidades del terreno en el mismo dibujo, se introducen mayores er-



tores que por el cálculo mismo de los volúmenes a través del método de las áreas medias. Son entonces éstas las razones, fundamentalmente, por las que el cálculo de los volúmenes de terracerías se realizan por medio del método de las áreas medias, si bien se trata de considerar en el cálculo de los volúmenes el mayor número posible de secciones a fin de obtener un valor de más representativo.

VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL

El peso volumétrico seco de un material en el lugar que este se extrae, no será igual al del mismo material ya colocado en el terraplén; el material excavado aumenta de volumen debido a la falta de confinación, a este fenómeno se le conoce como abundamiento y al material que sufre dicho abundamiento se le llama material abundado y si el material es utilizado de ésta forma en la construcción de los terraplénenes seguramente provocará terraplénenes flojos, claro que si este material que se va a colocar como relleno es compactado en el lugar de su colocación final usualmente se tendrá un volumen menor que al que tenía en su estado natural; dicha reducción dependerá del grado de compactación a que se someta el material. Es importante que el ingeniero tome en cuenta éstos cambios a los que habrá de estar sujeto el material, ya que de lo contrario podría suponer, erróneamente, que con el material del corte podría construir un terraplén que tenga el mismo volumen. El conocer las características de éstos cambios es esencial con el fin de lograr una correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierras.

El coeficiente de variación volumétrica es un número que representa la relación existente entre el peso volumétrico seco del material en estado natural y el peso volumétrico del mismo material sometido a un cierto grado de compactación. Se expresa generalmente como:

$$C_w = (Y_{dn}/Y_{max})/G_c$$

donde:

Y_{dn} = Peso volumétrico seco del material en estado natural en el lugar donde se extrae.

Y_{max} = Peso volumétrico máximo seco que puede alcanzar el material con determinado método de compactación.

G_c = Es el grado de compactación que se especifica para cada caso.

Por medio del coeficiente de variación volumétrica podemos establecer los volúmenes de los materiales a obtener por medio de la excavación y los bancos de préstamo, requeridos para obtener los volúmenes necesarios en la construcción de las terracerías; el cual es un dato primordial para obtener el costo más aproximado de un proyecto.

Cuando en la construcción de terraplénenes se manejan materiales formados de fragmentos de roca, la fórmula no es aplicable, ya que éstos materiales, debido al tamaño de las partículas que les constituyen, no pueden ser sometidos a los procedimientos de compactación ordinarios. Es por esto que en éstos materiales el coeficiente de variación volumétrica ha de ser supuesto, aunque no se debe eliminar la determinación del coefi-

ciente de variación volumétrica, de ser esto posible para cada caso específico, ya que la influencia de éstos coeficientes es tal en los movimientos de tierras que se presentan en un proyecto, que nunca estará de más la obtención de un valor mucho más apegado a las condiciones particulares del caso.

Es importante mencionar que el peso del propio terraplén, el transitar de los vehículos y la lluvia producen un acomodo del material del terraplén que se traducirá, con el transcurrir del tiempo, en asentamientos del terraplén, debido a la disminución de los vacíos existentes entre la partículas del material que forma el terraplén. Si la importancia del camino es tal que se requiere que no existan asentamientos, debido a que dichos asentamientos dañan al pavimento, se recurrirá a equipo de compactación el cual por lo general solo se utilizará en las capas superiores de los terraplén, ya que en las capas inferiores se recurrirá a los tractores para la compactación, no obstante éstas precauciones, con el tiempo se producen pequeños asentamientos.

Los materiales con tamaño de partícula más o menos uniforme son los que en términos generales suelen presentar mayores asentamientos, en cambio aquellos con diferente tamaño de partícula, son los que presentan menores asentamientos ya que las partículas de menor tamaño ocupan aquellos vacíos formados por las partículas de mayor tamaño. Si este factor se conjunta con terraplén construidos por capas y con la humedad óptima y se compactan correctamente dan como resultado terraplén prácticamente libres de asentamiento en el futuro. Una excepción a los materiales de tamaño más o menos uniforme lo constituyen los pedraplenes (terraplén construidos a base de piedra), los cuales pese a la gran cantidad de vacíos no son propensos a sufrir asentamientos a menos que la roca sea alterada .

La línea que representa la subrasante en el proyecto es el perfil que debe tener la terracería después de los asentamientos de los terraplén. Lo anterior es muy difícil de obtener en la práctica, ya que entran en juego varios factores tales como: asentamientos, procedimientos constructivos, granulometría, etc. Dependiendo de la forma en que se construyan los terraplén éstos aumentarán su altura en función de dichos factores, claro que este aumento de altura del terraplén modificará los volúmenes del material que deberán colocarse en el terraplén y en consecuencia el diagrama de masas o curva masa se verá alterado.

1.4 CALCULO DE LA CURVA MASA

La curva masa es un método que permite determinar por anticipado la correcta distribución del material producto de la excavación así como la cantidad de material que se desperdiciará o se necesitará de préstamo. En el gráfico de la curva masa las abscisas representan las distancias determinadas a lo largo del camino, y las ordenadas son las sumas algebraicas de los volúmenes de las terracerías desde el origen hasta la ordenada correspondiente, en donde los volúmenes originados por un corte serán considerados con signo positivo y los originados por un terraplén serán considerados con signo negativo. Este diagrama tiene gran importancia ya que en el se han tomado en

consideración las variaciones volumétricas del material que formará parte de las terracerías.

Es la curva masa una herramienta indispensable en el estudio económico de los movimientos del material en la construcción de caminos, en el sentido de acarreo tanto hacia adelante como hacia atrás, y en el sentido de equilibrio longitudinal y transversal del proyecto.

LA CURVA MASA

El cálculo de la curva masa es un proceso simple que consta básicamente de los siguientes pasos:

- 1.- Se proyecta la rasante sobre el perfil del terreno el cual corresponderá al trazo definitivo del camino.
- 2.- Se calculan los espesores en corte y terraplén para cada estación.
- 3.- Se establecen las secciones transversales de construcción.
- 4.- Se calculan las áreas.
- 5.- Se calculan los volúmenes, multiplicando los cortes por el coeficiente de variación volumétrica, según el material.
- 6.- Se suman los volúmenes, considerando los signos positivo o negativo, ya sean éstos volúmenes en corte o en terraplén respectivamente.
- 7.- Se dibuja la curva de acuerdo a los volúmenes obtenidos y sus cadenamientos respectivos.

De los resultados obtenidos en el gráfico de la curva masa se deduce si hay desperdicios o por si lo contrario se requieren prestamos al no ser suficiente el material de los cortes; si este fuera el caso sería necesario modificar la rasante, bajandola ya que se requieren mayores volúmenes de corte y menores de terraplén; en el caso de que el material que sobre sea el de los cortes se procederá a elevar la rasante a fin de obtener mayores volúmenes de terraplén.

Acarreo

Entre los factores más importantes que inciden en el trazo y la rasante de un camino se encuentra la cantidad de acarreo que se tendrá que ejecutar tanto para transportar el material producto de los cortes como el material de los bancos de préstamo con el fin de construir los terrapiénes.

Si se trabaja sobre contrato se le pagará al contratista una cantidad por acarrear el material a los terrapiénes pero dependiendo de la forma en que se maneje el equipo de construcción habrá una distancia en la que se considere deberá moverse el material libre de pago, precisamente a ésta distancia se le llama acarreo libre; en la actualidad es común que se le considere de 20 metros. En el caso de los prestamos laterales, debido a la dificultad para medir es recomendable suprimir el acarreo libre, considerando el concepto de acarreo con un precio que involucre el material.

Sobreacarreo

La unidad de medida que se utiliza generalmente para el sobreacarreo es el metro cubico estación, que en la mayoría de los casos equivale a un metro cubico de material que se transporta a 20 metros.

Aquel material que se transporta de un préstamo o corte a un terraplén en una distancia mayor a la del acarreo libre recibe el nombre de material sobreacarreado. La distancia de sobreacarreo se obtiene al restar la distancia existente entre los centros de excavación de la excavación (ya sea en corte o préstamo) y el del terraplén, la distancia del acarreo libre. Para efectos de pago de obra el concepto de sobreacarreo resulta de multiplicar el volumen de material sobreacarreado por las unidades de medición de la distancia a transportarlo. Por ejemplo si se utilizan estaciones de 20 metros para medir la distancia el pago se hará de acuerdo al número resultante de metros cúbicos estación.

Una de las grandes utilidades de la curva masa es la determinación del límite para la distancia de sobreacarreo más conveniente en relación con los precios unitarios de excavación, préstamo y sobreacarreo con lo cual es posible calcular la distancia máxima a la cual la operación de sobreacarreo resulta económica, más allá de este límite lo más conveniente será desperdiciar el material del corte y construir los terraplenes por medio de prestamos.

Prestamos y desperdicios

Si se tiene la suficiente experiencia para estimar previamente los abundamientos de los materiales así como los grados de compactación que se obtengan de los terraplenes, no es raro encontrarse con que el diagrama de masas se cumplirá a lo largo de la construcción logrando que los volúmenes de los cortes sean los necesarios para construir los terraplenes y por lo tanto no existan desperdicios. Esto sin embargo no es lo más común, ya que a pesar de toda la experiencia que se tenga, es prácticamente imposible que se presenten durante la construcción condiciones que fueron supuestas previamente. En algunos ocasiones sucedera, que los volúmenes de corte resultarán insuficientes; entonces el ingeniero se verá obligado a autorizar prestamos cuando el material del corte se haya agotado. Se puede dar el caso que se presenten desperdicios, lo cual es intolerable, salvo en aquellos casos que debido a condiciones de la topografía nos veamos obligados a ello. En tales casos se deberá modificar la rasante si los desperdicios se presentan en forma sistemática. Se puede decir que si el diagrama de masas falla, este se deberá volver a calcular modificándose los coeficientes de abundamiento conforme a las experiencias anteriores y empleando nuevas líneas de compensación, en el caso de que los desperdicios persistan se tendrá que modificar la rasante. Cuando se observe que se presenten en forma sistemática prestamos también, se modificará la rasante bajandola con el fin de que se equilibren los volúmenes de corte y terraplén.

Debido a características particulares del corte y alineamiento, resulta difícil que la línea de compensación sea continua, lo que da lugar a que entre líneas de

compensación consecutivas aparezcan tramos de corte que no tengan su correspondiente terraplén y viceversa. Esto nos indica que desde el inicio del mismo proyecto existirán terraplén los cuales requerirán de préstamo para su construcción y cortes cuyo material no tendrá uso alguno y que por lo tanto habrán de desperdiciarse.

FUNCIONES DE LA CURVA MASA

En el gráfico de la curva ésta tendrá por abscisas las estaciones del cadenamamiento como ya se mencionó, la curva se dibuja de izquierda a derecha; el valor de las ordenadas aumentará con los volúmenes de corte ya que éstos cuentan con signo positivo. Es por esto que la curva subirá en el sentido izquierda-derecha en los cortes alcanzando un máximo en el punto en que el corte termina. Es a partir de este punto en que la curva baja ya que los volúmenes de terraplén al contar con signo negativo, hacen disminuir el valor de las ordenadas las cuales disminuirán hasta el punto aquel donde se termine el terraplén iniciándose otro tramo de corte.

Las propiedades principales de la curva masa son:

Compensación de volúmenes

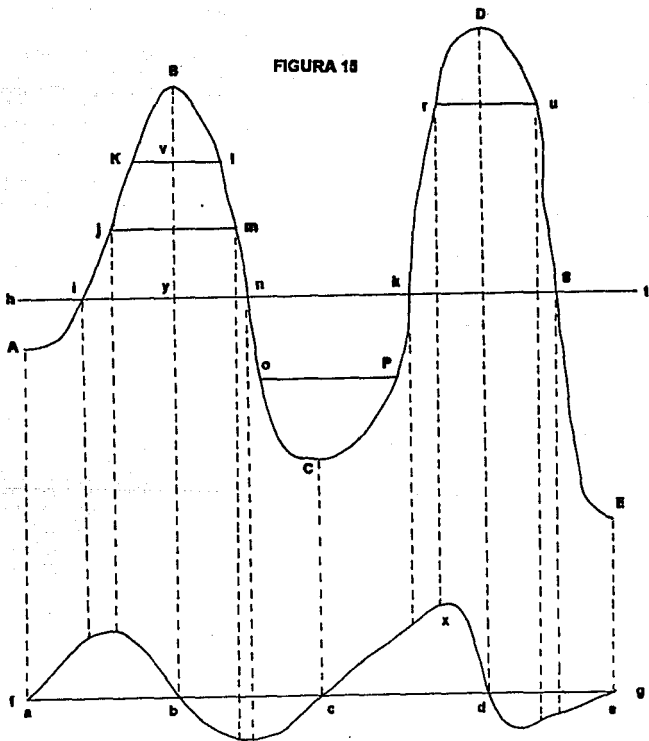
Si se traza una línea horizontal, de tal forma que ésta línea intersecte una cresta o columpio de la curva masa, éstas intersecciones que se produzcan marcarán los límites tanto de terraplén como de corte que se compensan con dicha línea horizontal la cual es llamada línea de compensación o compensadora. Por ejemplo en la figura 15 ABCDE representa el diagrama de masas correspondiente al perfil abcde que se observa en la parte inferior y la rasante fg. Al trazar una línea horizontal ru ésta cortará la curva en los puntos ru. Esta línea nos indica que el volumen delimitado entre rD será el suficiente para construir el terraplén, cuyo volumen se delimita por Du; bajando las referencias de los puntos ru de tal forma que corten el perfil, observamos que el corte marcado x sirve para el terraplén d. Esta línea horizontal nos resuelve lo referente a éstos volúmenes pero no nos indica que se puede hacer con el restante corte cd ni como se movilizara; pero si trazamos una línea que cruce toda la curva ht, observamos que los cortes iB, Ck y kD satisfacen los terraplén Bn, nC, y Ds. Se observa que quedan sin compensación los tramos de Ai y sE. Si trasladamos el perfil de los puntos i, n, K y s tendremos los límites de los movimientos tanto de los cortes como de los terraplén.

Limitación del acarreo libre

Para cada cresta o columpio se procede a trazar una recta de la longitud del acarreo libre. Por ejemplo si ésta fuera de 20 metros, en la figura 15 las líneas Kl, ru y op serían de 20 metros y por lo tanto son los límites del acarreo libre. Los volúmenes de los cortes quedarán comprendidos entre las ordenadas de K y B, c y P, r y D.

Se puede presentar el caso de que la cresta o columpio de una curva tenga un tamaño tal que no alcance a cubrir la longitud del acarreo libre por lo tanto este quedará dentro del acarreo libre.

FIGURA 18



Sentido de los movimientos

Los cortes que se encuentran por encima de la línea de compensación se moverán hacia adelante. En el caso de que los cortes se encuentren por debajo de una línea de compensación, se moverán hacia atrás.

Determinación del sobreacarreo

La distancia promedio de sobreacarreo, se calcula dividiendo la ordenada comprendida entre la línea de compensación y el acarreo libre, en ésta ordenada resultante se traza una línea horizontal la cual va a estar limitada en sus extremos por la curva. Se procede a medir la longitud de dicha línea horizontal a la cual se le resta la longitud del acarreo libre, la diferencia entre éstos dos valores es el sobreacarreo. Por ejemplo en la figura 15 se divide v_y entre 2 y por este punto se traza j_m . La distancia de sobreacarreo será j_m menos k_l . Los puntos j y m tienen la característica de encontrarse en las ordenadas de los centros de gravedad de las masas de corte y terraplén a ser transportados.

2 CONCEPTOS BASICOS PARA LA EJECUCION DE UN PROGRAMA

2.1 EL TECLADO DE LA UNIDAD

Para poder entrar y ejecutar programas en la minicomputadora es necesario conocer el teclado de la unidad, con tal fin a continuación se mencionan algunas de las características y funciones más importantes del teclado.

TECLADO GENERAL

Cursor

Aunque este concepto no se refiere a una tecla en particular, es de gran importancia en el manejo de estas ya que es el indicador de posición de la pantalla en donde se habrán de mostrar las teclas que se accionen. El cursor es básicamente un símbolo "_" que aparecerá destellando en la pantalla, como se muestra en la figura 1.

Teclas numéricas (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9)

A través de estas teclas se controlan los valores numéricos que pueden ser entrados. Estas teclas se encuentran en la parte derecha del teclado de la minicomputadora como se puede observar en la figura 1.

Tecla decimal (.)

Con esta tecla podremos hacer uso del punto decimal. Esta tecla se encuentra en la parte derecha inferior del teclado de la minicomputadora, abajo de las teclas numéricas, como se puede observar en la figura 1.

Teclas de operadores aritméticos (+, -, *, /)

Estas teclas controlan las operaciones aritméticas fundamentales de la suma, resta, multiplicación y división, poniendo en uso los operadores aritméticos que correspondan. Estas teclas se encuentran en la parte derecha del teclado de la minicomputadora a un lado de las teclas numéricas como se puede observar en la figura 1.

Tecla de ejecución (EXE)

Esta tecla finaliza la entrada de datos para un cálculo y produce el resultado, la función de esta tecla es equivalente a la tecla "=" de una calculadora normal. Esta tecla también se utiliza para insertar líneas de un programa así como en la ejecución de los mismos. Obsérvese que existen 2 teclas de este tipo en la minicomputadora, una que se ubica en el extremo inferior derecho bajo la pantalla de la minicomputadora y otra que se ubica en el lado derecho del teclado de la unidad, abajo de las teclas de los operadores aritméticos.

Teclas de paréntesis { (,) }

Estas teclas se emplean en los cálculos con el fin de establecer la jerarquía de las operaciones aritméticas, es decir el orden en que se deban realizar las mismas. Estas teclas se encuentran sobre las teclas de los operadores aritméticos y a un lado de las

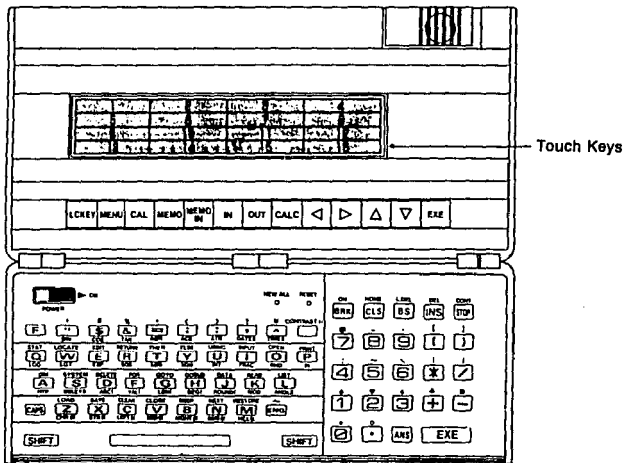


FIGURA 1

teclas numéricas en la parte derecha del teclado de la minicomputadora, como se observa en la figura 1.

Tecla de potencia (^)

Esta tecla nos permitirá elevar un valor a la potencia que se especifique inmediatamente después de este símbolo, es decir, permite especificar el número de veces que una expresión ha de ser multiplicada por sí misma. Esta tecla se ubica en la parte superior del teclado casi al centro del mismo como se puede observar en la figura 1.

Tecla de respuesta (ANS)

Por medio de esta tecla aparecerá el cálculo más reciente que en forma manual se haya efectuado en la minicomputadora. Esta tecla se encuentra ubicada entre la tecla del punto decimal (.) y la tecla de ejecución (EXE).

Teclas alfabéticas (A, B, C,X, Y, Z)

Estas teclas se ubican a partir del centro del teclado de la minicomputadora y hacia la izquierda del mismo, permitiendo la entrada de los caracteres alfabéticos de la A a la Z, que se encuentran marcados en cada una de las teclas.

Tecla o barra espaciadora

Con cada pulsación de esta tecla el cursor se moverá un espacio hacia la derecha. En caso de que exista algún carácter hacia la derecha este será borrado en forma automática. Es la tecla alargada, de color oscuro, en forma de barra que se encuentra ubicada en la parte inferior del teclado entre las teclas blancas con un letrero rojo que dice "SHIFT".

Teclas del cursor (, , ,)

Estas teclas tienen la finalidad de mover el cursor o indicador de posición a través de la pantalla, con cada pulsación de alguna de estas teclas, el cursor se moverá según la dirección indicada en la tecla que se oprima, si se mantiene la tecla oprimida el movimiento del cursor será continuo y a alta velocidad. Estas teclas se encuentran ubicadas en la parte inferior de la pantalla a la derecha de la minicomputadora.

Tecla de inserción-borrado (INS)

Al oprimir esta tecla se inserta un espacio a la derecha desde la posición del cursor en la que se apretó. Al oprimir esta tecla en forma simultánea con la tecla "SHIFT" ocurre lo contrario a lo anterior, es decir, se borra un espacio desde la posición del cursor en que se apretó. Si se mantienen oprimidas las teclas se produce una operación continua y a alta velocidad de la función que se este realizando ya sea inserción o borrado de caracteres. Esta tecla se ubica en la parte superior del teclado de la minicomputadora encima de la tecla de paréntesis "(".

Tecla de interrupción (BRK)

Esta tecla termina cualquier operación que se este llevando a cabo, incluyendo las operaciones manuales, ejecución de programas y tiene efectos aun en la función de apagado de la unidad, ya que si esta ha sido apagada en forma automática, la presión

de esta tecla originará que la unidad se vuelva a encender. Esta tecla de color naranja se encuentra ubicada en la parte superior del teclado, encima de las teclas numéricas.

Tecla de limpiado de la pantalla (CLS)

Esta tecla limpia completamente la pantalla, situando al cursor en la parte izquierda superior de la pantalla, si se oprime en forma conjunta con la tecla "SHIFT" solo posicionará al cursor en la parte superior izquierda de la pantalla sin limpiarla.

Tecla de retroceso (BS)

Esta tecla borrará el carácter o caracteres localizados a la izquierda del cursor. Si se acciona en forma simultánea con la tecla "SHIFT" se borra todo lo que se encuentre desde la posición del cursor hacia la derecha. Esta tecla se ubica al lado derecho de la tecla de interrupción "BRK", en la parte superior del teclado.

Tecla de detención (STOP)

Esta tecla suspende la ejecución de un programa. En combinación con la tecla "SHIFT" reinicia la ejecución de un programa desde el punto en que este se haya suspendido originalmente, sin alterar los datos internos del programa ni los procedimientos que este se haya encontrado ejecutando al momento de la interrupción.

Tecla de contraste (CONTRAST ↑ ↓)

Esta tecla cambia la función de las teclas de movimiento del cursor en teclas de control del contraste de la pantalla, con lo que se puede modificar la intensidad de la imagen, a fin de obtener una óptima visualización.

Teclas de toque

La unidad cuenta con 16 teclas de toque que son visualizadas en la pantalla, se les llama teclas de toque por que cualquier función que tengan asignada ya sea por la misma minicomputadora o a través de un programa en BASIC podrá ser ejecutada al presionar el letrero de la función. Su utilización se logra por medio de un valor de código de caracteres que tienen asignadas las teclas por parte de la minicomputadora. La operación de estas teclas puede ser leída mediante la sentencia INKEY\$ en un programa en lenguaje BASIC, en la figura 1 se muestran los códigos internos que tienen asociadas cada una de las 16 teclas de toque de la pantalla.

Tecla MENU

La tecla menú es la segunda tecla a partir de la izquierda abajo de la pantalla de la minicomputadora. Al presionar la tecla menú aparecerán en la pantalla 4 letreros los cuales corresponden a 4 teclas de toque en el siguiente formato:

[basic] [data] [edit] [disk]

Las cuatro teclas de toque que se observan se utilizan para la escritura y edición de programas y datos en BASIC y las funciones que representan pueden ser llamadas con la simple presión de las teclas. Si ahora se presiona la tecla "LCKEY" la cual se encuentra a la izquierda de la tecla "MENU" se observan los siguientes letreros en la pantalla:

[name] [kill] [load] [save]

Las funciones que representan estas teclas corresponden a las operaciones para la manipulación de archivos como el nombrar un archivo, eliminar un archivo de la memoria, cargar un archivo desde un disco o guardar un archivo a un disco. Si ahora se vuelve a presionar la tecla "LCKEY" se observan los siguientes letreros en la pantalla:

[asmb] [llist] [c.boot] [preset]

Si una vez mas se presiona la tecla "LCKEY", observamos que se regresa al menú original. Como hemos visto la tecla "MENU" nos permite acceder a varias funciones de tecla, siendo la única tecla en la minicomputadora con tal característica.

INTERRUPTOR DE ENCENDIDO-APAGADO

Este interruptor se encuentra en la parte superior izquierda del teclado de la unidad, tiene un letrero "ON" (encendido) a su derecha y en su parte inferior un letrero "POWER" (Energía), deslizando el interruptor hacia la derecha encenderá la unidad y hacia la izquierda se apagará.

La unidad cuenta con un sistema de apagado automático mediante el cual la unidad se apaga 7 minutos después de que se haya oprimido alguna tecla o se haya efectuado alguna operación; exceptuando cuando la unidad este ejecutando algún programa. La unidad podrá ser encendida nuevamente poniendo el interruptor de encendido en la posición de apagado e inmediatamente después en la posición de encendido o simplemente presionando la tecla BRK (break) de color naranja.

MANEJO DE LAS TECLAS

Cada tecla alfanumérica maneja hasta 3 funciones en forma alterna, dichas funciones se encuentran escritas sobre, encima y bajo de dichas teclas. La función que se tenga en utilización para cada tecla se controla mediante las teclas "caps", "SHIFT" y "F" en la forma que a continuación se explica.

FUNCIONES ESCRITAS SOBRE LAS TECLAS

Modo normal

En este modo al presionar cada tecla se visualizaran los caracteres o símbolos escritos sobre las mismas teclas.

Modo de minúsculas

Al presionar la tecla CAPS se cambian las teclas alfabéticas mayúsculas a teclas alfabéticas minúsculas. A cada presión de esta tecla se cambia el estado de las teclas es decir que si se encuentra en minúsculas cambiará a mayúsculas y viceversa.

FUNCIONES ESCRITAS BAJO LAS TECLAS

Las funciones escritas bajo las teclas se visualizan al presionar las teclas en combinación simultanea con la tecla "F", sin importar que se encuentre en el modo normal o en el modo de minúsculas, es importante aclarar que en su gran mayoría estas

teclas corresponden a funciones científicas utilizadas en los cálculos matemáticos, tales como las trigonométricas, hiperbólicas, exponencial, logarítmicas, etc.

FUNCIONES ESCRITAS ARRIBA DE LAS TECLAS

Las funciones, comandos de BASIC y símbolos escritos sobre las teclas pueden ser visualizadas al presionar las teclas en combinación simultánea con la tecla "SHIFT", es importante aclarar que en el modo de minúsculas si se presiona una tecla de caracteres alfabéticos al mismo tiempo que se presiona la tecla "SHIFT" se visualizará el carácter en mayúscula de la tecla presionada, en lugar de la función escrita bajo la tecla, por lo que será necesario que la unidad se encuentre en el modo de mayúsculas para poder visualizar estas funciones.

2.2 MODOS DE OPERACION Y ARCHIVOS

Esta minicomputadora cuenta con ocho modos de operación que se utilizan según la operación que se necesite. A continuación se enlistan los modos disponibles en la unidad.

MODOS DE OPERACION

Modo CAL

En el modo "CAL" la minicomputadora opera en forma similar a una calculadora convencional, permitiéndonos también la ejecución manual de los comandos BASIC, las formas en que se puede acceder a este modo son:

- 1.- Cuando se enciende la unidad.
- 2.- Cuando se presiona la tecla "CAL".
- 3.- Se presionan las teclas BRK, OUT, CLS, ANS o si se presiona la tecla "MEMO" sin que existan datos en este modo.
- 4.- Cuando se finaliza la ejecución de un programa que fue empezado en los modos "CAL" o "MENU", o al generarse un error durante la ejecución del mismo.

Modo MENU

Este modo nos permite la selección de una amplia gama de operaciones de la unidad como se menciona al explicar la tecla "MENU", ya que a través de este modo se accede a 3 menús secundarios. La forma de acceder a este modo de operación se logra al presionar la tecla "MENU", sin importar el modo en que se encuentre la minicomputadora. Una vez que se ha accedido a este modo es posible realizar a las siguientes operaciones:

- 1.- Visualizar una selección de los nombres de archivos almacenados en la memoria de la minicomputadora.
- 2.- Llamar, es decir, mostrar en la pantalla los modos de programación y edición BASIC
- 3.- Llamar al modo de edición DATA.

- 4.-Permite cargar a la memoria de la minicomputadora programas almacenados en un disco o la carga de programas a un disco.
- 5.-Permite el borrado, duplicación y nombramiento de archivos existentes en la memoria de la minicomputadora.
- 6.-Ensamblar el programa fuente, para un programa en lenguaje de maquina.
- 7.-Ejecutar programas en lenguaje BASIC o de maquina
- 8.-Imprimir archivos existentes en la memoria de la minicomputadora.

Modo de programación BASIC

En este modo podemos ejecutar el programa en forma continua es decir que la misma unidad vaya ejecutando línea a línea el programa o también lo puede ejecutar uno mismo paso a paso, es decir ejecutando instrucción por instrucción en forma manual. Otra función importante es la introducción de programas en BASIC para ser ejecutados posteriormente. Podemos acceder a este modo cuando se presiona la tecla de toque BASIC en el modo "MENU"; presionando la tecla BRK en el modo de edición BASIC, o si se genera un error en el programa cuando este es ejecutado presionando la tecla de toque RUN en el modo de edición BASIC o cuando la ejecución del programa se concluye o este se suspende.

Modo de edición BASIC

Mediante este modo podemos editar programas escritos en BASIC, es decir borrar, agregar o modificar programas escritos en BASIC ya existentes en la memoria de la minicomputadora, también se pueden ejecutar programas en BASIC en este modo regresándose al el cuando la ejecución se ha completado. Se accede a este modo cuando se presiona la tecla de toque "EDIT" en el modo "MENU", también si se ejecuta el comando "EDIT" en el modo de programación BASIC.

Modo MEMO

Este modo nos permite la visualización y búsqueda de datos almacenados en la minicomputadora. Podemos acceder a este modo cuando se presiona la tecla "MEMO" en cualquier modo exceptuando el modo MEMO IN o en el modo monitor. La tecla "MEMO" no funciona si no existen datos en un archivo de nombre "MEMO".

Modo MEMO IN

Este modo hace posible el almacenamiento de grandes volúmenes de información permitiendonos también la modificación de datos ya existentes en la memoria de la minicomputadora. Este modo se selecciona al presionar la tecla MEMO IN sin importar el modo en que se encuentre la unidad. Es importante mencionar que si se presiona esta tecla, cualquier archivo ya sea en BASIC o lenguaje de maquina que lleve como nombre "MEMO" será borrado y se crea uno nuevo con el mismo nombre pero en este caso para archivo de datos.

Modo de edición DATA

Este modo nos permite introducir archivos de datos completamente nuevos o modificar los archivos ya presentes en la memoria estos archivos son similares a los que se crean en el modo "MEMO", es decir, en estos pueden ser almacenados datos alfanuméricos. Existe un tipo especial de archivo en esta categoría, aquel que será utilizado para la creación de un programa en lenguaje de maquina. Se puede acceder a este modo cuando se presiona la tecla de toque DATA en el modo "MENU", así como cuando se presiona la tecla de toque "EDIT" en un archivo de datos en el modo "MENU".

Modo monitor

Este último modo nos permite editar programas en lenguaje de maquina, accediéndose a el, cuando se ejecuta el comando MON en el modo "CAL" o en el modo de programación BASIC.

ARCHIVOS

La palabra archivo se ha mencionado con anterioridad pero ¿que es un archivo? un archivo consiste básicamente en un conjunto de datos almacenados bajo un nombre en la memoria de la minicomputadora. Esta unidad es capaz de crear en forma automática archivos cada vez que se introducen programas o datos, o en la ejecución de un programa mismo si se utiliza el comando "OPEN" de BASIC.

La siguiente lista nos muestra los 3 diferentes tipos de archivos básicos que pueden existir en la minicomputadora y como se identifican cada uno de ellos.

Archivo de programa en BASIC

Este tipo de archivos se identifican con una letra B mayúscula en pantalla o también llamado identificador "B".

Archivos de datos

Este tipo de archivos se identifica con una letra mayúscula "S" o identificador "S". Estos archivos de datos se dividen en archivos de datos secuenciales y aleatorios, presentando características diferentes y muy importantes para su manejo, las cuales se explican a continuación.

1.- Archivos secuenciales. Son aquellos archivos en los cuales la entrada o salida de datos se realiza en secuencia a partir del primer dato del archivo, es decir que se leen o se almacenan uno tras otro a partir del primero, denominándose a este procedimiento procesamiento secuencial de datos.

Para especificar este tipo de archivos se utiliza el comando "OPEN" de BASIC, esto con el fin de establecer que tipo de archivo se esta empleando, ya sea este de entrada o de salida. La especificación del tipo de archivo que se esta utilizando se realiza de la siguiente forma:

Especificación de entrada de datos:

OPEN "Nombre de archivo" FOR INPUT AS # "número de archivo".

Especificación de salida de datos:

OPEN "Nombre de archivo" FOR OUTPUT AS # "número de archivo"

En cualquier caso para dar por terminada la utilización de un archivo o cerrar el archivo se utiliza la palabra "CLOSE" seguida por el número del archivo que se quiere cerrar. Si se emplea la palabra "CLOSE" sin especificar ningún número de archivo, se cerraran todos los archivos que se estén utilizando.

2.- Archivos aleatorios. Cuando la entrada y salida de datos se efectúa sin considerar la secuencia de estos en los archivos se efectúa un procesamiento de acceso aleatorio. En este caso se utiliza el mismo comando "OPEN" para procesar un archivo aleatorio ya sea este de entrada o salida de acuerdo con el siguiente formato:

OPEN "Nombre del archivo" AS# "Número del archivo"

Archivos de lenguaje de maquina los cuales se identificarán con una letra mayúscula "M" o identificador "M".

Este tipo de archivos se crearán cuando:

Se entra al modo de edición DATA, creándose un archivo rotulado con el identificador "S".

Se entra al modo de edición o de programación BASIC, creándose un archivo rotulado con el identificador "B".

Se entra al modo MEMO IN, creándose un archivo rotulado con el identificador "S".

ARCHIVOS DE TRABAJO

Para almacenar programas y datos en la unidad se requiere de un área de almacenamiento que recibe el nombre de archivo de trabajo el cual es creado por la misma minicomputadora. Una vez que el archivo de trabajo ha sido creado todos los datos recién entrados serán almacenados en este archivo. Es recomendable asignar un nombre al archivo tan pronto como se haya completado la entrada de datos, los nombres de archivo que pueden ser utilizados son de hasta 8 letras o números de largo mas 3 de extensión. Después de que se le asigna nombre al archivo este deja de ser el archivo de trabajo y los datos subsecuentes entrados se almacenan en el proximo archivo de trabajo.

Existe un archivo especial llamado "AUTO.EXE", el cual nos permite la ejecución automática de archivos con identificador B (BASIC) o identificador M (lenguaje de maquina) y que se ejecuta en forma automática cada vez que la unidad se enciende. Si el archivo esta rotulado con un identificador S su operación causará que se entre al modo de edición DATA al encender la unidad.

Para que los programas y datos puedan ser ejecutados o editados el archivo deseado debe ser especificado o seleccionado. Los nombres de los archivos aparecen en la pantalla en dos columnas de tres líneas cada una. Las teclas del cursor se usan para mover el puntero del "MENU" al nombre del archivo que se quiere seleccionar. El puntero del "MENU" no es mas que un indicador que determina o escoje el archivo que

se desea manejar presentando en letras blancas y fondo oscuro el nombre del archivo seleccionado. Es conveniente mencionar que si solo existiese un archivo en la minicomputadora el puntero del "MENU" se encontraría en forma permanente sobre este único archivo.

2.3 MAPA DE MEMORIA

La memoria es el área de almacenamiento donde se guardan los programas y los datos antes de su procesamiento. La memoria de la minicomputadora se divide básicamente en 2 partes. Una es la área que esta disponible para el usuario y la otra parte que corresponde al área de trabajo del sistema a la cual no tiene acceso el usuario.

La área del usuario o capacidad de memoria como se le suele llamar, se compone de 4,096 bytes con 8kb o de 36,864 bytes con 40 Kb capacidad, siendo este último el caso que se presenta para nuestra minicomputadora. Un byte es considerado como un carácter, es decir que si se habla de 10 bytes de capacidad de almacenamiento se estará hablando de 10 letras o números que pueden ser almacenados en memoria y al hablar de Kb se habla de miles de bytes de memoria. Al contar con los 40 Kb, esta memoria se puede asignar mediante la palabra "CLEAR" según las necesidades del usuario de la siguiente forma:

CLEAR X,Y,Z

Con la letra X en primer instancia se especifica el tamaño del área de caracteres la cual determina el tamaño de la área de textos o área de datos que pueden ser introducidos como variables dentro de programas BASIC. A continuación se establece el tamaño del lenguaje de maquina el cual determina el tamaño del área disponible para los programas en lenguaje de maquina. La siguiente asignación corresponderá al tamaño del área de trabajo del usuario la cual será igual a la suma del área de caracteres, del área de lenguaje de maquina, y la área de variables numéricas para programas en lenguaje BASIC. Es conveniente mencionar que la suma de la área de caracteres y la del lenguaje de maquina no deberá ser mayor o igual a la área de trabajo de usuario. La área que no se asigne al área de trabajo de usuario del total del que se disponga será en su caso de la que dispondremos para la creación de programas en lenguaje BASIC y archivos donde podamos almacenar datos resultantes de programas.

Es importante mencionar que la asignación de memoria que se indica en los párrafos anteriores no se podrá fijar durante la ejecución de un programa, si no que dicha asignación debe ser realizada previamente.

2.4 COMPOSICION DE PROGRAMAS

El cerebro de cualquier computadora es la unidad central de procesamiento (CPU, siglas en ingles), es aquí donde se realizan todos los cálculos aritméticos y lógicos que una computadora ejecuta. Aunque sus operaciones básicas son simples el conjunto de

instrucciones que la computadora debe realizar constituye una operación mas complicada. Así para resolver un problema, se debe entregar a la computadora un conjunto claro de instrucciones y datos. La CPU solo puede obedecer un conjunto específico de instrucciones específicas. Este conjunto de instrucciones se conoce como "código de maquina" y la CPU es capaz de ejecutarlas muy rápidamente. Desafortunadamente el código de maquina resulta incomprensible para la mayoría de las personas por lo que se han desarrollado lenguajes, llamados de alto nivel, mas comprensibles. Entre estos lenguajes de alto nivel se encuentra el lenguaje BASIC, del cual se hará uso para la solución del problema que nos ocupa. En los siguientes párrafos se mencionan aquellos elementos básicos que intervienen en la realización de un programa en el lenguaje BASIC.

ALGORITMO, DIAGRAMA DE FLUJO Y PROGRAMA

Un algoritmo es una secuencia lógica de pasos para la realización de un trabajo específico como puede ser la solución de un problema. Una característica importante de un buen algoritmo es su carácter determinístico, esto es, que no deja nada al azar y debe guiar sin duda alguna a datos determinados independientemente de quien este usando el algoritmo.

Normalmente los algoritmos se representan mediante diagramas de flujo los cuales emplean una serie de bloques y flechas para representar dichos algoritmos. Cada bloque representa una operación o paso del algoritmo, las flechas nos indican el orden que guardan las operaciones. En la figura 2 se ilustran y explican ocho tipos de bloques y flechas que comunmente son usados en la representación de algoritmos para la programación de computadoras. Una de las grandes utilidades de los diagramas de flujo es la simplificación de algoritmos complejos ya que nos permite visualizar el flujo lógico del algoritmo.

La figura 3 muestra un algoritmo y el diagrama de flujo para la solución de un problema simple: la suma de dos números. Dos personas que partan de este algoritmo pueden desarrollar dos programas con estilos diferentes. Sin embargo, si se entran los mismos datos, los programas deben arrojar los mismos resultados.

Aunque un diagrama de flujo se puede constituir de varios de los símbolos anteriormente mostrados, básicamente los tres elementos o módulos fundamentales de flujo son: (1) pasos secuenciales; (2) pruebas de decisión, que indican el siguiente paso que se tiene que ejecutar como resultado de una prueba y (3) iteraciones condicionales a fin de cumplir ciertos requerimientos y/o llegar a una solución óptima. A continuación se explican estos tres elementos que hacen un proceso de flujo mas simple y sistemático.

1.- Pasos secuenciales

Los pasos secuenciales lógicamente independientes, como los que se muestran en el diagrama de flujo de la figura 4a, indican que el control del proceso de solución fluye del cuadro A al B y así sucesivamente. Todos los cuadros que intervienen en este proceso son unidos con flechas de flujo en una dirección y representan de modo ex-

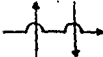






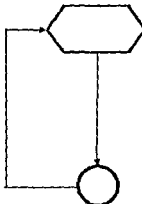
| SIMBOLO | NOMBRE | FUNCION |
|--|-----------------|---|
|  | Líneas de flujo | Representa la lógica del flujo. Las líneas sobre las flechas horizontales indican que éstas pasan sobre las verticales sin concentrarse con ellas. |
|  | Terminal | Representa el inicio o el final del programa. |
|  | Proceso | Representan cálculos o manipulación de datos. |
|  | Entrada/salida | Representa la entrada o la salida de información. |
|  | Decisión | Representa una comparación, pregunta o decisión que determina alternativas diferentes a seguir. |
|  | Conector | Representa el truncamiento en al camino de un diagrama de flujo que se usa cuando es muy grande y no cabe en una página. El conector marca el fin de la primera página y el lugar |
|  | Subprograma | Representa una subrutina o una función que realiza una tarea en particular. |
|  | Ciclo | Permite cálculos repetitivos con un número mínimo de declaraciones. |

FIGURA 2

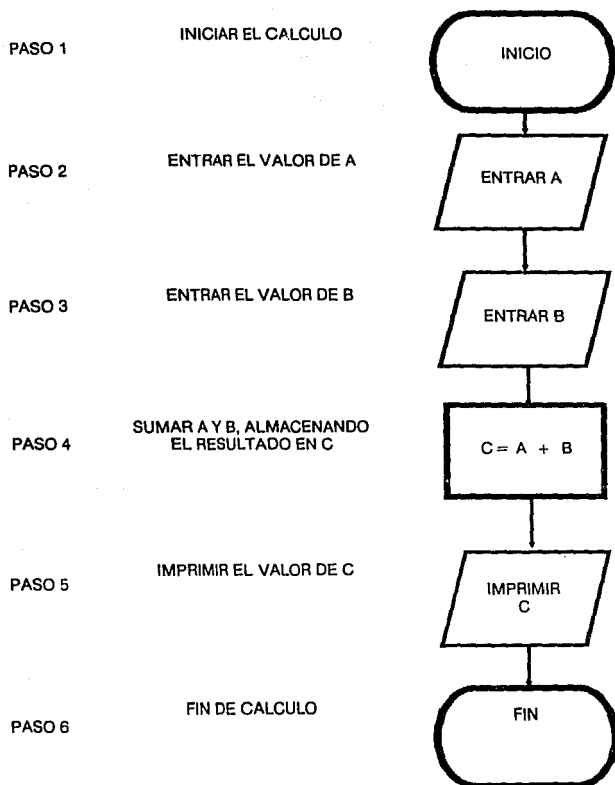
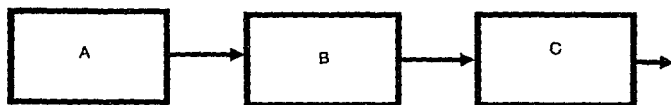
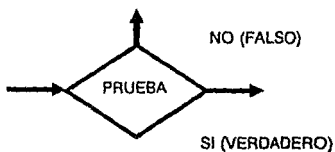


FIGURA 3

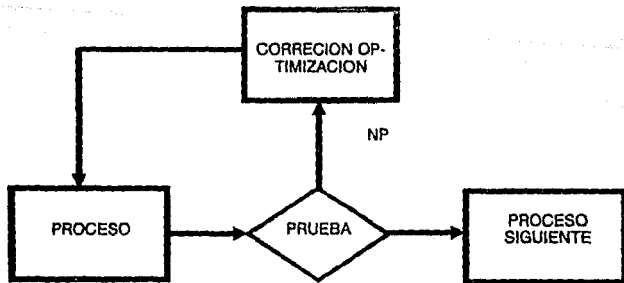
FIGURA 4



a) PASOS SECUENCIALES



b) PRUEBAS DE DECISION



c) ITERACION CONDICIONAL

plicito un conjunto de requerimientos, asignaciones o formulas que debe ejecutar la rutina de la computadora, con la intervención del ingeniero o sin ella.

2.- Pruebas de decisión.

El símbolo de prueba de decisión que se muestra en la figura 4b, como ya se menciono indica un requerimiento de prueba que constituye un criterio definido que se debe cumplir. El cumplimiento del criterio determina cual de las dos trayectorias se debe seguir al salir de ese nodo de decisión.

3.- Iteración condicional.

La iteración condicional es un modulo de nivel mas alto que se forma con símbolos de pasos secuenciales y de pruebas de decisión. Las iteraciones condicionales proveen series de operaciones repetitivas (ciclos de operaciones) impuestas por ciertos parámetros restrictivos que se deben cumplir. En la iteración de la figura 4c, el flujo pasa por el cuadro de proceso al nodo de decisión, donde se hace una prueba. Si la prueba no es buena (NB) se hará una corrección o optimización antes de retornar al proceso previo. Esto se hará hasta que la prueba se cumpla de modo que el flujo pueda salir a un proceso nuevo.

Una vez establecido el algoritmo y el diagrama de flujo, el paso siguiente es expresararlo como una secuencia de declaraciones de programación llamadas lenguaje o código el cual para nuestro caso será el BASIC, abreviatura en ingles para beginner's all-purpose symbolic instruction code, lo cual traducido significaría código de instrucciones simbólicas de propósito general para principiantes. Dicho código fue desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica en la década de los años 60's. El BASIC de que se dispone en la minicomputadora es el BASIC C61 el cual es una poderosa versión del lenguaje BASIC que dispone de funciones aritméticas y capacidades de archivamiento equiparables (En cuanto a manejo), a las que se disponen en computadoras PC o "micros". El BASIC C61 al igual que el BASIC ordinario tiene una gran facilidad de comprensión ya que este lenguaje es uno de los de mas fácil uso aun para un principiante, otra característica es la facilidad para la escritura y modificación de programas lo que trae como consecuencia la creación de programas mas sencillos y fáciles de entender, ademas de que el BASIC es un lenguaje de computadoras personales ampliamente usado, existiendo una gran cantidad de literatura dedicada a su programación detallada y a los procedimientos de aplicación que se tienen disponibles.

Entre las características mas importante que proporciona el BASIC C61 podemos mencionar:

- 1.- Alta precisión numérica ya que aunque los valores numéricos se visualizan en la pantalla con valores de 10 dígitos y exponentes de 2 dígitos los cálculos internos los realiza con valores de 13 dígitos y exponente de 2 dígitos.
- 2.- Funciones científicas y estadísticas de valores X, Y. Entre las que podemos destacar:

Función seno, coseno, tangente así como sus inversos y parabólicos de cada una de estas funciones, los logaritmos, PI y números aleatorios. En las estadísticas se incluyen las del tipo de regresión lineal.

3.- Aritmética decimal codificada en binario la cual suministra una gran precisión en aplicaciones de tipo comercial, científico y técnico en unidades de este tamaño.

4.-Funciones de archivo de memoria a través de las cuales se pueden almacenar independientemente múltiples programas en la memoria principal por lo que los programas no tienen que ser cargados en la memoria cada vez que se van a ejecutar.

5.-Nombres de variables extendidas los cuales pueden consistir de hasta 255 letras, números o símbolos incluyendo las letras minúsculas con lo que se logran programas mas fáciles de leer utilizando nombres de variables asociadas a los procedimientos del programa.

6. Funciones de teclas de toque que facilitan la utilización del programa, ya que se les pueden asignar operaciones relacionadas con el programa lo que permitirá la selección de estas operaciones mediante la simple presión de la tecla en la pantalla, lo cual reducirá la posibilidad de cometer errores.

Aunque este lenguaje requiere de poca memoria y es relativamente fácil su uso, tal vez su limitante mas importante es que no es tan flexible como otros lenguajes de los llamados de alto nivel siendo en ocasiones poco conveniente su uso para programas grandes o complejos aunque esta limitante, vale la pena aclararlo se relaciona directamente con la habilidad del programador y la disponibilidad de memoria.

Un programa en BASIC consiste básicamente en una serie de instrucciones o sentencias las cuales constituyen la unidad ejecutable mas pequeña de un programa en BASIC y que son formadas por palabras claves (comandos), expresiones o funciones. Dentro de una línea, dos o mas sentencias pueden ser unidas mediante la utilización de dos puntos para formar lo que se conoce como una multisentencia.

A continuación se hace una referencia breve al lenguaje BASIC, que al igual que sucede con muchos lenguajes de programación, existen varios aspectos que hacen difícil entender su uso. La siguiente explicación es un intento de mostrar características y funciones básicas que tienen relación directa con el programa que aquí se describe.

CONSTANTES Y VARIABLES

Las constantes y variables representan los números y caracteres usados a lo largo del programa, siendo valores positivos o negativos que se mantienen inalterados a lo largo del programa. Se dividen básicamente en:

a) Constantes numéricas las cuales son números enteros o reales con punto decimal como: 1,-2.0,0.0001

b) Constantes exponenciales son constantes escritas en notación científica como: -12000, la cual se expresara en BASIC como -12E3

c) Constantes alfanuméricas y cadenas de caracteres. Estas representan letras, números y símbolos que se usan dentro del programa para etiquetar ciertos procesos. Las cadenas de caracteres tienen otras aplicaciones, incluyendo su uso de expresiones de relación. En BASIC generalmente se encierran entre comillas como en: "área de cuña=", "1/2"

d) Variables numéricas. Representan cantidades que pueden cambiar de valor durante la ejecución del programa. Estas variables generalmente se constituyen por caracteres de la A a la Z y del 0 al 9 limitándose estas variables para su representación a 255 caracteres representativos, aunque en algunas versiones pueden ser más. Estas variables representan valores reales o enteros.

e) Variables de caracteres o de cadenas de caracteres. Estas representan cadenas alfanuméricas y de caracteres. Se usan para nombres simbólicos. En este caso la longitud de estas variables al igual que las numéricas está limitada para su representación a 255 caracteres y el manejo que se les pueda dar varía de versiones a versiones del lenguaje BASIC.

Ejemplos a\$.n3\$,hola\$

Arreglos. Son variables con subíndice que almacenan un conjunto de valores en vectores de una dimensión y en matrices bidimensionales y tridimensionales. El espacio de almacenamiento suficiente para un número dado de elementos se especifica mediante: DIM IN (n), BI(n.n2).

donde las n pueden ser variables numéricas, esta declaración se debe colocar antes de la primera línea donde la variable dimensionada se vaya a emplear. Si una variable es dimensionada dos veces, es decir, redimensionada generará un mensaje de error en el caso de la minicomputadora.

ENTRADA Y SALIDA DE DATOS

Aquí se señalan las vías por donde se suministra o se extrae información a un programa.

Entrada. Señala los medios a través de los cuales se le suministran datos al programa.

LN INPUT X1, X2, X3

Esta declaración nos permite introducir datos al programa durante su ejecución. Aquí LN es el número de línea o líneas donde se encuentra la declaración INPUT y X1, X2, X3 son variables cuyo valor se va a leer. Por ejemplo

1000 INPUT CM, Xxm

Quando se ejecuta esta instrucción se deberán introducir los valores de la variable CM mediante algún dispositivo, como por ejemplo el teclado de la minicomputadora.

Las declaraciones READ y DATA son otra forma de introducir datos al programa, con la salvedad de que una declaración DATA va acompañada de una declaración "READ" en donde la declaración DATA contiene los valores que se van a leer, por ejemplo:

1010 READ LOP, ROL
1020 DATA 0.008,1.035

En este caso la declaración READ leerá los valores de LOP y ROL como .008, 1.305

Salida. Es la vía por la cual se extraen datos al programa o se muestran datos del mismo. Los dispositivos mas comunes para este fin son un disco flexible o "floppy disk" o bien una pantalla.

LN PRINT X1, X2

Esta declaración se usa comunmente para imprimir datos o vaciar datos a los dispositivos de salida, por ejemplo:

15 PRINT CELL, KATT

Cuando esta declaración se ejecuta, los valores de CEL y KATT se imprimen en un dispositivo tal como la impresora o la pantalla.

CALCULOS

Estas son operaciones que usan expresiones matemáticas. Entre estas se encuentran:

Las declaraciones de asignación; las cuales se usan para asignar un valor a una variable por ejemplo:

$$Y = 5.33$$

Señala a la computadora que se asigne el valor de 5.33 a la variable Y;

$$X = Y + 1$$

Señala a la computadora que se sume a Y el valor de 1 y se asigne el resultado de esta operación a X.

$$X = X - 3$$

En este caso aunque la expresión no es matemáticamente valida, la computadora lo entiende de un modo especial. El signo igual de la declaración de asignación se le puede dar en general un sentido de se "sustituye por", como en el caso anterior la expresión quería decir que:

X se sustituye por la resta del valor antiguo de X menos 3

OPERADORES ARITMETICOS

Representan operaciones aritméticas y se simbolizan de la siguiente forma:

Suma (+), resta (-), multiplicación (*), división (/), exponenciación (^).

El orden de precedencia o jerarquía es decir la forma en que unas operaciones tienen preferencia a realizarse antes que otras es la siguiente:

- 1.-Parentesis (y).
- 2.-Exponenciación ^.
- 3.-Multiplicación y divisiones * y /.
- 4.-Sumas y restas + y -.

Todas las operaciones se efectuados de izquierda a derecha cuando el orden de precedencia es similar. En una expresión el orden en que se manejan los paréntesis es del mas internos al mas externo.

CONTROL DEL FLUJO DEL PROGRAMA

Estas declaraciones o comandos dirigen el flujo del programa mediante saltos, transferencias y reasignaciones.

Declaración GOTO. esta declaración señala un salto incondicional a un número de línea específica, como por ejemplo:

LN GO TO 305

Esta declaración transferirá el control de la línea LN a la línea 305.

Operadores de relación. Estos operadores comparan los valores de dos expresiones y son:

= igual que

< > diferente de

> menor que

> = menor o igual que

< mayor que

< = mayor o igual que

Operadores lógicos. Estos operadores comparan expresiones y hacen el resultado una expresión de falso o verdadero.

AND. La expresión es verdadera si ambas partes son verdaderas en caso contrario la expresión es falsa.

OR. La expresión es verdadera si cualquiera de las partes es verdadera, en caso contrario la expresión es falsa.

Declaración lógica IF. Tiene como fin la toma de decisiones, conforme al valor falso o verdadero que tenga una expresión como por ejemplo:

IF X > 1 AND X < 100 THEN 300

IF X = 50 THEN X = Y + 30.

En los ejemplos anteriores si se cumple la expresión lógica IF, se ejecuta la transferencia lógica o de asignación. En el primer caso si X se encuentra entre 1 y 100 el control de la ejecución del programa se transfiere a la línea 300. Para el segundo caso si x tiene el valor de 50 se le asignará el valor de y + 30, procediéndose a ejecutar la siguiente línea. En cualquier caso si la declaración no se cumple el control pasa a la siguiente línea del programa.

Ciclos. Los ciclos permiten repetir cálculos con una cantidad mínima de declaraciones y se dividen en:

Ciclos con IF lógico en los cuales repiten los cálculos, siendo controlados en base a una declaración lógica IF, como por ejemplo:

```
10 X = 10
20 O = O + 1
30 L = L + O
40 IF O <= X THEN 20
50 END
```

En este ciclo se le asigna a la variable X el valor de 10, luego se le asigna a O el valor de O + 1 y a L el valor de L + O en el momento que el valor de O sea mayor al de X el ciclo se terminara.

Ciclos controlados por un índice o ciclos FOR-NEXT.

```
FOR I = J TO N STEP P
LN NEXT I
```

Donde LN será el número de línea de la última declaración del ciclo, J es el valor inicial del contador o índice, N será el valor final o terminal y P es el incremento dado a la variable I para que se incremente desde J hasta N, en el momento que el valor de I sobrepase el valor de N el ciclo ya no se realiza y se salta a la siguiente instrucción o línea del programa.

SUBPROGRAMAS: FUNCIONES Y SUBRUTINAS

Estos subprogramas ejecutan una instrucción o conjunto de instrucciones que se repiten varias veces a lo largo del programa y se dividen en:

Funciones científicas

Son funciones incorporadas a la minicomputadora a las que también se les suele llamar funciones de biblioteca y estas ejecutan operaciones matemáticas o trigonométricas que se emplean comúnmente como seno (sin), coseno (cos), tangente (tan), logaritmo natural (log), raíz cuadrada (sqr), etc.

Por ejemplo:

SQR(X) Calcula la raíz cuadrada de la expresión X.

SGN(X) Da el signo de la expresión X; así,

si X es positivo, se obtiene 1.

si X = 0 se obtiene 0.

si X es negativo, se obtiene -1.

ABS(X) Calcula el valor absoluto de la expresión X, así ABS(-8.6) resulta 8.6.

Funciones de caracteres

Son funciones que realizan diferentes operaciones sobre grupos de caracteres alfanuméricos o también conocidos como cadenas de caracteres. Entre estas funciones se incluyen STR\$, VAL, MID\$, las cuales se explican a continuación.

STR\$(X) Convierte los valores numéricos especificados en X en cadenas de caracteres, los valores positivos convertidos incluyen un espacio guía, mientras que los valores negativos convertidos van precedidos de un signo menos. Así,

Si X = 123, se obtiene X\$ = " 123"

Si X = -123, se obtiene X\$ = "-123"

VAL(X\$) Convierte una cadena de caracteres constituidos por números en un valor numérico. Esta función retorna un valor de cero cuando el primer carácter de la cadena no es numérico, así

Si X\$ = "-123" resulta X = -123

Si X\$ = "123" resulta X = 123

Si X\$ = "AL32" resulta X = 0

MID\$(X,Y,Z) Retorna una parte de la cadena de caracteres X, de Y caracteres de largo, empezando en el carácter número Z de la cadena de caracteres. Por ejemplo si se da la instrucción MID\$(A\$, 6, 3) y A\$ = "COMPUTADOR", el resultado será "MPUTAD".

Subrutinas

Son subprogramas que consisten en un conjunto de líneas del programa que realizan una tarea en particular; contienen así mismo una declaración RETURN que regresa el control del programa al punto desde donde se llamo la subrutina a menos que se especifique una línea diferente, en cuyo caso retorna a la línea que se especificó. Las subrutinas se llaman a través de una declaración GOSUB con el formato:

LN GOSUB LN2

donde LN1 es el número de la línea donde se encuentra la declaración GOSUB y LN2 es la línea donde empieza la subrutina. La primera línea de la subrutina puede ir en cualquier lugar dentro del programa, una vez dentro de la subrutina, las proposiciones se ejecutaran en secuencia hasta que se encuentre una declaración RETURN, después de lo cual se regresa hasta el punto donde se llamo la subrutina o bien la línea que se especifique en la declaración RETURN. Es importante mencionar que todos los valores que se estén manejando se pasan del programa a la subrutina y viceversa.

Documentación. Le permite al creador del programa incluir información en el programa, con el objeto de que el programa sea mas fácil de usar y de entender por el usuario del mismo. esto se logra a través de una declaración de información REM o mediante el símbolo " ". Esta es una declaración no ejecutable, es decir, que no realiza ninguna operación dentro del programa, que tiene el siguiente formato:

20 REM Aquí se puede teclear cualquier cosa.

En el caso de que la declaración REM sea sustituida por un símbolo " ", la anterior declaración se vería así:

' Aquí se puede escribir cualquier cosa.

2.5 ENTRADA Y EJECUCION DE PROGRAMAS

Una vez que se ha determinado la forma y los pasos lógicos para resolver un problema, es decir, el algoritmo del programa y este se ha escrito en algún lenguaje de alto nivel, los siguientes pasos consisten en introducirlo en la maquina y ejecutarlo a fin de resolver el problema para el que ha sido creado el programa. En los siguientes párrafos se describe como se realizan estas 2 operaciones en la minicomputadora.

ENTRADA DE PROGRAMAS

Para entrar programas en BASIC se necesita acceder al modo de programación BASIC, lo cual se logra pulsando la tecla de toque BASIC a través del modo "MENU", de este modo se visualizará el mensaje "Ready" (listo) en la pantalla. En este momento un archivo de trabajo se prepara en forma automática y la minicomputadora queda lista para la entrada de líneas del programa. Para borrar programas que puedan existir previamente en el archivo de trabajo se utiliza el comando NEW, de este modo se logra borrar el archivo de trabajo BASIC para poder entrar un nuevo programa.

Los programas se entran línea a línea, presionándose la tecla "EXE" cuando se termina la entrada de sentencias para una línea. Es importante resaltar que la tecla "EXE" debe ser el último paso cada vez que se entra o modifica una línea, con el fin de que la entrada o modificación de la línea tenga validez. Los comandos que son usados mas frecuentemente en la programación en BASIC se encuentran disponibles por medio de una sola tecla en la minicomputadora, sin la necesidad de teclear toda la palabra a modo de hacer la programación mas rápida y fácil. Por ejemplo, el comando INPUT puede ser entrado presionando las teclas "SHIFT" y "I" en forma simultanea.

Para modificar líneas que aun no han sido entradas a través del uso de la tecla "EXE", bastará posicionar el cursor en el carácter o lugar donde deseemos realizar la modificación y utilizar las teclas "INS", "SHIFT" + "DEL" y "BS" para borrar o agregar caracteres. La línea se entra, como ya se menciona simplemente apretando la tecla "EXE" sin importar la posición del cursor, siempre y cuando este se encuentre en la línea que se desea entrar. Las líneas de programa que ya se han entrado pueden ser modificadas simplemente moviendo al cursor hacia arriba, siempre y cuando dichas líneas se encuentren dentro de las ocho anteriores entradas, para visualizar una línea que se encuentre fuera de este rango bastará pulsar en forma simultanea "SHIFT" y "L" y el número de línea, apareciendo la línea del programa solicitada.

EJECUCION DE PROGRAMAS

Ya que el programa ha sido entrado, este se puede ejecutar utilizando el comando RUN dentro del modo de programación BASIC, esta ejecución también se puede empezar desde una línea especifica si a continuación del comando RUN entramos el número de línea a partir de la cual queremos que empiece la ejecución del programa. Otra forma de

ejecutar los programas consiste en presionar la tecla de toque "RUN" cuando se encuentra en el modo de edición BASIC. La última forma de correr un programa consiste en asignarle al programa una tecla de toque en la pantalla lo cual permitirá su ejecución dentro del modo "CAL". Esto se logra apretando la tecla "preset" a través de la tecla "MENU" con el nombre del archivo seleccionado por el puntero del "MENU". De este modo se pueden asignar hasta 4 archivos a teclas de toque, permitiéndonos ejecutar programas con la simple presión de una tecla de toque de la pantalla.

3 PROGRAMA DE CURVA MASA

3.1 ESPECIFICACIONES DEL PROGRAMA

En esta parte se describe el programa de curva masa mencionándose los objetivos, alcances y limitaciones que presenta el mismo, así como los procesos que el programa lleva a cabo a medida que va determinando los diferentes elementos necesarios para calcular las ordenadas de la curva masa. Se menciona también la cantidad de memoria que el programa requiere, así como los archivos y variables que se utilizan para el manejo y almacenamiento de los datos.

OBJETIVO DEL PROGRAMA

El objetivo primario del programa es convertirse en una herramienta auxiliar en el cálculo de los movimientos de tierras, pretendiéndose que se manejen las diferentes alternativas que se le pueden dar al proyecto, a fin de encontrar la mejor solución; sin que lograr esto implique un desperdicio de tiempo. Entre los objetivos secundarios del programa se encuentran el proporcionar información que abarca desde las áreas de las secciones transversales de construcción hasta la ordenada de la curva masa para los cadenamientos de un tramo de camino dado.

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROGRAMA

Para el cálculo de los volúmenes de terracerías y en consecuencia el cálculo de las ordenadas de la curva masa el programa proporciona una configuración de datos para la sección de proyecto del camino la cual deberá ser ajustada a cada caso en particular. La configuración se constituye por 7 datos básicos integrados cada uno por una distancia y una pendiente como se muestra en la figura 1. Por medio de esta configuración básica será posible la determinación de las ordenadas de la curva masa en un tramo de camino determinado.

La introducción de datos se facilita enormemente dentro del programa, ya que este nos requerirá los datos necesarios a través de mensajes alfanuméricos o letreros, según la etapa de cálculo o proceso en el que se encuentre el programa, otra gran ventaja la constituye el hecho de que los datos a parte de poder ser entrados a través de la rutina que para tal efecto tiene el programa, también podrán ser entrados y modificados en forma manual por el usuario del programa, lo que le convertirá en una perfecta herramienta para el ensayo de valores ya que no existirá la necesidad de introducir todos los datos correspondientes al lado de una sección solo para modificar alguno o algunos de los datos, con dicha característica el usuario podrá ensayar diversas soluciones del proyecto a fin de encontrar la mas idónea. Claro que para esto el usuario deberá respetar el orden en que los datos se almacenan en los archivos, a fin de que el programa los pueda interpretar correctamente, dicho orden se menciona mas adelante. Para la entrada de datos al programa es necesario dividir a la sección de proyecto del camino en 2 partes, una hacia la izquierda y otra hacia la derecha, ambas a partir del eje

CONFIGURACION
BASICA

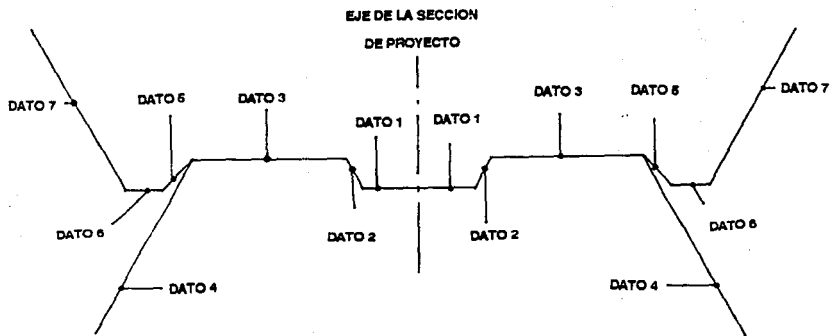


FIGURA 1

del camino. Esta división se realiza debido a que en algunas ocasiones los datos hacia un lado de la sección pueden resultar diferentes a los del otro lado, tal y como se presenta en los tramos en curva o en transición, donde la pendiente transversal de la corona a un lado del eje no es la misma a la del lado opuesto. Un aspecto importante es que los cadenamientos que constituyan el tramo en análisis deberán ser numerados en forma ascendente, de tal modo que el primer cadenamiento será numerado y llamado en el programa como sección 1, el segundo será considerado como sección 2, etc. Los resultados que el programa nos proporcionará serán de acuerdo a la numeración con la que los cadenamientos se hayan introducido es decir que los resultados de la sección 1 corresponderán al primer cadenamiento, los de la segunda sección al segundo, etc, según el tramo que se este analizando. Esta forma de numerar los cadenamientos es con el propósito de facilitar el proceso de utilización de los datos por parte del programa pues este reconocerá que después de la sección 1 sigue la sección 2, etc, hasta terminar con el número de secciones que se tengan en la memoria

Otra característica importante del programa es la capacidad que este tiene para modificar la rasante en el tramo que se este analizando para lo cual solo bastará indicarle al programa la cantidad que deseamos que la rasante sea elevada o bajada. El programa también es capaz de calcular los volúmenes de las terracerías por medio de la fórmula del prismoide. Se cree que con estas 2 características el programa se constituye en un verdadero auxiliar en el cálculo de los volúmenes de terracerías al ofrecer nos la posibilidad de modificar la rasante del camino si la original no resultará satisfactoria durante el cálculo de las ordenadas de la curva masa o bien calcular los volúmenes mediante un método que por su laboriosidad se ha hecho a un lado en forma tradicional pero que se considera ofrece resultados mas cercanos a la realidad.

Ciertamente el programa tiene sus límites aunque tal vez el mas importante que presenta se relaciona con la capacidad de memoria de la minicomputadora, la cual es de aproximadamente 36 Kb (36 Kilobytes) de los cuales aproximadamente 18 Kb son utilizados para el almacenamiento del programa y los restantes 18 mil bytes son utilizados durante la ejecución del mismo, estos últimos se emplearan básicamente para la creación de archivos donde se almacenaran los datos que el programa utilizará así como los resultados que este proporcionará. Se calcula que bajo estas condiciones el programa estará en posibilidad de calcular aproximadamente 30 secciones o cadenamientos en una sola ejecución del mismo. Esta capacidad de ejecución se verá disminuida casi a la mitad en el caso de que se utilice la fórmula del prismoide ya que se generan casi el doble de secciones durante el cálculo de las dimensiones medias entre cadenamientos, las cuales son necesarias para aplicar la fórmula del prismoide. Es pues la capacidad de memoria el principal límite que tiene el programa aunque esto no resulta significativo si se considera que el análisis de la curva masa se realiza por lo general en tramos de 500 metros, por lo que con los 30 cadenamientos que pueden ser analizados por medio del programa esta distancia en la mayoría de los casos será satisfactoria.

3.2 DATOS DE ENTRADA NECESARIOS PARA EL PROGRAMA DE CURVA MASA

Dentro del programa de curva masa los datos necesarios para su cálculo se van introduciendo de acuerdo a como se les requiere según el tipo de proceso que se vaya a efectuar. El primer paso para la obtención de las ordenadas de la curva masa es la determinación de las áreas de las secciones de construcción que se generan al sobreponer la sección del terreno natural con la sección de proyecto del camino este cálculo es sin duda alguna el que mayor datos requiere dentro del proceso de cálculo de las ordenadas de la curva masa. Para fines del programa los datos de entrada necesarios se agrupan de la siguiente forma:

Datos del grupo 1

En este grupo se incluyen aquellos datos que se considera no presentan grandes variaciones a lo largo del proyecto del camino, y son:

Espesor del pavimento. Considerando la suma de la base y la subbase.

Espesor de caja en corte.

Espesor de la capa subrasante.

Ancho de las cuñas de afine en los terraplenes.

Despalme.

La disposición de estos datos dentro de la configuración básica que el programa maneja se muestra en la figura 2.

Datos del grupo 2

Aquí se incluirán aquellos datos relacionados con los dimensiones geométricas del camino. Estas dimensiones se deberán suministrar al programa de acuerdo a una nomenclatura especial a fin de que este las interprete en forma correcta, dicha nomenclatura se explica mas adelante. Dentro de este grupo de datos se encuentran:

Semianchos de la corona del camino.

Anchos de cuneta.

Taludes de corte, terraplén, cunetas y camellón central.

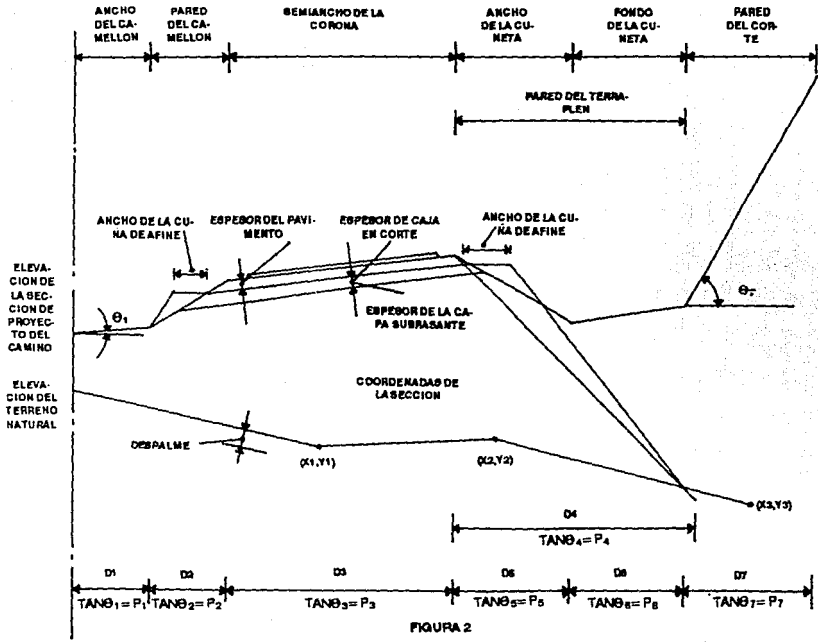
Ancho e inclinación del camellón central.

La disposición de estos datos dentro de la configuración básica del programa se muestra en la figura 2.

Datos de identificación de la sección

Aquí agrupamos a los datos que nos marcan la configuración del terreno natural, y la relación de esta con la sección de proyecto del camino, datos que están constituidos básicamente por:

Elevación de la sección de proyecto del camino o altura de la rasante.



Elevación del terreno natural.

Coordenadas de la sección del terreno natural.

Datos volumétricos

Aquí se agrupan aquellos datos relacionados en forma directa con el cálculo de volúmenes y ordenadas de la curva masa como:

Ordenada de la curva masa inicial.

Longitud entre secciones.

Coefficientes de variación volumétrica para las secciones.

La entrada de datos al programa se efectuará en el orden en que los datos se han mencionado en los párrafos anteriores, aunque en el caso de los datos volumétricos estos se introducirán hasta que se efectúe el cálculo de los volúmenes y ordenadas de curva masa a través del proceso que para tal efecto se dispone en el menú principal.

Los datos que corresponden a los grupos 1, 2 y de identificación de la sección serán almacenados en archivos de nombre DERN y IZQN según el lado de la sección al que correspondan. Por ejemplo si el archivo esta nombrado DER1 esto significará que corresponde a la sección número 1 y a el lado derecho de dicha sección; esta característica nos permitirá modificar con facilidad los datos en forma manual, sin la necesidad de llevar a cabo la ejecución de la parte del programa correspondiente a la entrada de datos. En esta parte de introducción o entrada de datos se presenta una característica que nos permitirá la entrada de los datos en una forma mas rápida, esta característica a la cual se le llama uso de modelos o simplemente modelos consiste en entrar datos indicándole al programa que lea estos datos de un archivo determinado sin la necesidad de que el usuario tenga que entrar uno a uno cada dato. Estos archivos o modelos podran ser creados dentro de la rutina de entrada de datos. Con esta característica podremos introducir datos en forma sistemática y aun cuando estos datos se hayan utilizado en anteriores secciones siempre se podrá acceder a ellos sin mas que proporcionarle el nombre del modelo al programa, permitiendonos una gran versatilidad y sobre todo una gran facilidad en el manejo de los datos ya que si tenemos que analizar grandes tramos de camino y se presentan características del mismo en forma mas o menos constante bastará llamar a estos modelos para realizar la entrada de datos en forma mucho mas rápida. Este procedimiento podrá ser utilizado para los grupos 1 y 2 de datos ya que de alguna forma son datos que en un momento dado podran mantenerse constantes en tramos considerables del camino o puede darse el caso que debido a las condiciones cambiantes que se presentan en un proyecto se recurra a un tipo de sección y luego a otro para tal vez después volverse a recurrir al tipo inicial. Esta característica también influye en la entrada de datos para los lados de la sección ya que no se necesitaran entrar datos para ambos lados sino solo recurrir a los modelos en el caso de que estos datos sean iguales para ambos lados de la sección.

Este procedimiento de utilizar modelos no se hace extensivo a los datos de identificación de la sección, ya que se sabe que en muy pocas ocasiones estos datos presentan algún tipo de regularidad en sus valores, de hecho son los que mas

variaciones presentan a lo largo del proyecto por lo que el uso de modelos para este tipo de datos no se considero necesario.

Quando se ha terminado la introducción de datos para un lado de la sección, el programa nos preguntará si queremos introducir otro lado o bien salir de la rutina hacia el menú principal, se tecléará una letra S para el caso de que se haya terminado con la entrada datos de lados de las secciones o con una palabra de formato DERN o IZQN para el caso de que queramos entrar otro lado de alguna sección, donde N corresponderá a la sección cuyo lado, sea izquierdo o derecho, deseamos introducir. A continuación se explicaran los elementos que componen los grupos de datos y las diversas consideraciones que tenemos que hacer en cada uno de ellos.

DATOS DEL GRUPO 1

Los términos empleados para la identificación de los datos del grupo 1 se describen a continuación.

Espesor del pavimento

Este dato es considerado como la suma de la base y la subbase. Dentro del programa será identificado con el letrero "ESPAV".

Espesor de la caja en corte

Este dato corresponde al espesor de la capa de materiales finos de la cual se hará uso en el caso de la sección en corte. Dentro del programa será identificado con el letrero "ESCAJA".

Espesor de la subrasante

Este dato considerará el espesor de la capa de materiales finos que se utiliza en la sección en terraplén. Dentro del programa será identificado con el letrero "ES-SUBRASA".

Ancho de cuña de afine en el camellón

Este dato es el que corresponderá al ancho de la cuña de afine en el talud del camellón (dato número 2 en la configuración básica). Dentro del programa será identificado como "AC1".

Ancho de cuña de afine en el terraplén

Este dato corresponderá al ancho de la cuña de afine en el terraplén (dato número 4 en la configuración básica). Dentro del programa será identificado como "AC2".

Despalme

Este dato será el espesor del material a quitar en el terreno natural debido a que no se considera apto para formar parte de las terracerías. Este dato será identificado dentro del programa como "DESP"

Estos son los datos que para fines del programa se consideran datos del grupo 1 y que han sido listados en el orden en que el programa los requiere, a continuación se describirán los datos del grupo 2.

DATOS DEL GRUPO 2

Aquí se agrupan los datos correspondientes a la sección de proyecto del camino los cuales rigen las secciones de construcción del mismo. La entrada de los datos como ya se ha mencionado se hará considerando a la sección del camino dividida en dos lados uno a la izquierda del eje del camino y otro a la derecha del mismo eje como se observa en la figura 3. Las razones para esto son básicamente que en la mayoría de los casos existen variaciones en los datos de un lado del camino al otro sobre todo en los tramos en curva y los tramos en transición del camino.

En este tipo de datos se considera una configuración básica, la cual se constituye por siete distancias con sus respectivas pendientes. A continuación describiremos los términos que se utilizan en el programa para la entrada de este grupo de datos cuya nomenclatura y descripción gráfica se mostro en la figura 2.

D1

Es la proyección horizontal de la base del camellón. En caso que no exista el camellón se le deberá asignar un valor de cero durante el proceso de entrada de este grupo de datos.

P1

Es la pendiente que se le puede dar a la base del camellón ya mencionado. El signo de la pendiente dependerá de la inclinación que presente hacia la parte externa del camino ya sea esta ascendente (positiva) o descendente (negativa) aunque generalmente será ascendente y por lo tanto positiva.

D2

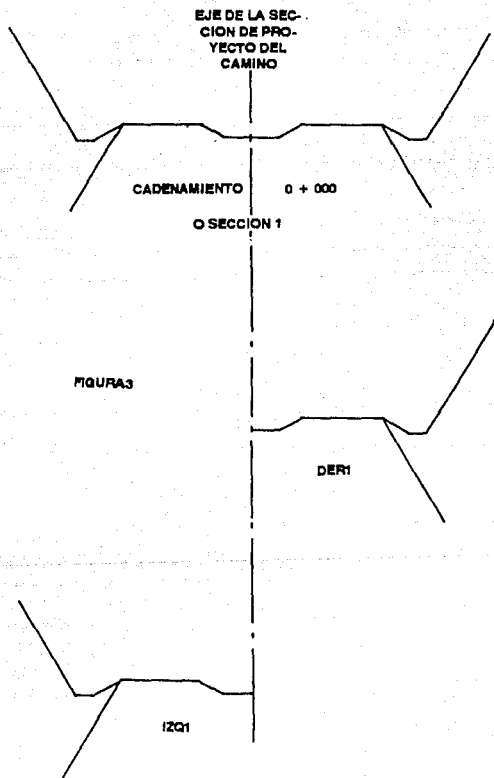
Es la proyección horizontal de la pared del terraplén interno del camino en el caso de que se contemple la existencia de un camellón. Es lógico que si no existe la base del camellón este dato no existirá; en estos casos se debe entrar un valor de cero para este dato.

P2

Es la pendiente de la pared del terraplén interno del camellón, este valor dependerá de los materiales que constituyan a dicho terraplén y su valor siempre será positivo, al igual que todas las pendientes su signo dependerá de su inclinación hacia la parte exterior del camino.

D3

Este dato corresponderá básicamente al ancho de la corona del camino del lado izquierdo o derecho según sea el lado que se vaya a entrar, en el caso de que se con-



sidere un camellón central, para el caso que no se considere la existencia de un camellón central su valor corresponderá a la mitad de la corona del camino.

P3

Este dato corresponde a la pendiente transversal con la que se construye la corona del camino, ya sea esta pendiente de bombeo, transición o de sobreelevación y su valor deberá ser entrado como valor fraccionario y no como porcentaje, como normalmente se expresa.

D4

Este dato corresponderá a la proyección horizontal del talud del terraplén, debiéndosele asignar un valor lo suficientemente grande a fin de que se intersecte con la sección del terreno natural, ya que se desconoce dicho punto de intersección de antemano, generalmente un valor de 10 veces el ancho de la corona será suficiente para tal propósito.

P4

Este dato corresponderá a la pendiente del terraplén o talud del terraplén, por lo que siempre tendrá un valor negativo en el proceso de entrada de datos.

D5

Este dato corresponde al ancho de la cuneta en su proyección horizontal a partir de los hombros del camino. Cuando en la construcción del camino se contemple la existencia de una cuneta provisional se deberá entrar el valor este dato pero con signo negativo a fin de indicarle al programa que se trata de una cuneta provisional.

P5

Este dato corresponderá a la pendiente que se le proporcionará a la pared de la cuneta o talud de la cuneta. Generalmente el valor del talud de la cuneta es de 1:3 siempre con signo negativo.

D6

Este dato corresponderá a la proyección horizontal de la base de la cuneta en el caso de que se contemple en la sección de proyecto del camino la construcción de una cuneta de sección trapecial.

P6

Este dato corresponderá a la pendiente que se le asigna a la base de la cuneta en el caso de que, como se menciona anteriormente, se contemple la construcción de una cuneta de sección trapecial en la sección de proyecto del camino.

D7

Este dato corresponderá a la proyección horizontal del talud del corte y al igual que en el caso del talud del terraplén su distancia deberá ser lo suficientemente grande para que se intersecte con la sección del terreno natural. Generalmente un valor de 10 veces el ancho de la corona será suficiente para este propósito.

P7

Es la pendiente que corresponde al talud del corte por lo cual siempre contará con un valor de signo positivo en el proceso de entrada de datos.

Estos son los datos que se requieren en lo que respecta a aquellos denominados o incluidos en los del grupo número 2. Es importante aclarar que las pendientes consideradas en este grupo de datos deberán ser entradas como la relación existente entre desplazamiento vertical y el desplazamiento horizontal. Los símbolos con los que estarán representados estos datos a lo largo del programa corresponden a aquellos con los que empieza la explicación de cada dato, por ejemplo la distancia del dato 1 estará representada a lo largo del programa por D1, la distancia del dato 2 por D2, etc. A continuación se mencionan los datos incluidos dentro del grupo denominado "datos de identificación de la sección".

DATOS DE IDENTIFICACION DE LA SECCION

Los datos que se agrupan en los correspondientes a los de identificación de la sección son:

Elevación de la sección de proyecto

Esta es la elevación que corresponde a la intersección de la sección de proyecto con el eje del camino y que en términos generales corresponderá a la rasante. Este dato se representará en el programa por "ALTSEC".

Elevación del terreno natural

Es la elevación del terreno en su punto de intersección con el eje del camino. Este dato se obtiene del perfil del terreno natural y se representará en el programa por "ALTER".

Coordenadas del terreno natural (X, Y)

La configuración de la sección del terreno natural se entrará al programa por medio de coordenadas, las cuales representaran puntos significativos del mismo, es decir aquellos puntos donde se presenten cambios importantes del terreno natural y que sean relevantes para el cálculo de las áreas de las secciones de construcción del camino. Estos datos pueden ser obtenidos directamente de los registros de campo.

A continuación mencionaremos los lineamientos que se deben seguir para la entrada de las coordenadas del terreno natural.

Coordenada en "X". Esta coordenada siempre deberá estar referida al eje del proyecto del camino, en donde se considera que $X = 0$, tal y como se muestra en la figura 4. Esta coordenada siempre tendrá un valor absoluto o positivo sin importar el que pertenezca al lado derecho o al lado izquierdo de una sección.

Coordenada "Y". Está coordenada deberá referirse al mismo sistema de ejes, a los cuales se hayan referido tanto la elevación del terreno natural como la de la sección de

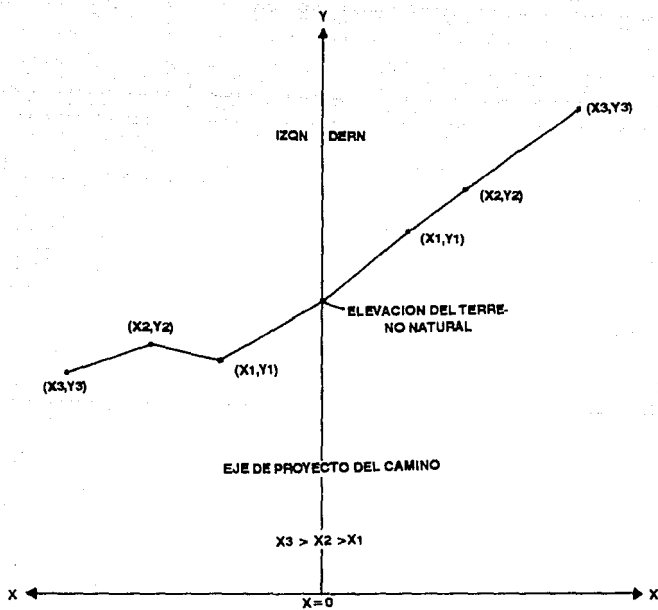


FIGURA 4

proyecto del camino, de tal modo de hacer congruentes con estas alturas las coordenadas de la sección del terreno natural.

Al entrar estos datos el programa requerirá en primera instancia el número de coordenadas para el lado que se quiera entrar, las coordenadas en "X" deberán introducirse en un orden ascendente de tal modo que cada par de coordenadas se encontrará mas alejada del eje del camino en relación con la previamente entrada. La forma en que se representaran en el programa serán X1, Y1, X2, etc., dependiendo del número de coordenada que se este entrando.

DATOS VOLUMETRICOS

Estos datos nos permitirán calcular los volúmenes de terracerías entre secciones consecutivas ya sea que estos volúmenes se calculen por la fórmula de las áreas medias o por la fórmula del prismoide, también aquí se introducen los datos que nos permitirán hacer los volúmenes de corte y terrapién congruentes de acuerdo a las características de abudamiento y contracción que presenten. A continuación se enlistan los datos integrantes de este grupo:

Ordenada de la curva masa inicial

Esta ordenada nos servirá de punto de partida para iniciar el cálculo de las ordenadas de la curva masa, generalmente se le deberá asignar un número lo suficientemente grande de tal modo que durante el cálculo de las ordenadas del gráfico de la curva masa este valor no llegue a alcanzar valores negativos. Este dato se representará en el programa mediante "OCMI".

Coefficiente de variación volumétrica

Este coeficiente nos permitirá hacer congruentes las volúmenes de corte con las volúmenes correspondientes a los terraplenes. Este dato se representará en el programa por "CVV".

Longitud del cadenamieto

Es la distancia a la que se encuentran entre si las secciones que se están analizando, la cual en términos generales se considera de 20 metros pero en ocasiones se toman cadenamietos en tramos mas cercanos por lo que el programa aceptará cualquier distancia. Este dato se representará como "LC".

A continuación se muestra en términos generales la ejecución de las diferentes fases del programa en lo que al proceso de entrada de datos se refiere,mostrandose el requerimiento que el programa realiza y la acción que se debe realizar.

PROCESO DE ENTRADA DE DATOS.

| REQUERIMIENTO | PROCEDIMIENTO A SEGUIR. |
|--|---|
| LADO > NOMBRE TERMINAR > S? | A nte este requerimiento se deberá teclear el nombre del modelo en formato DERn o IZQn o una S para terminar el proceso de entrada de datos y regresar al menú principal. |
| DATOS GRUPO 1 MANUAL > S MODELO > NOMBRE? | A quí deberá teclearse el nombre del modelo en caso de que exista o una S para empezar a entrar datos en forma manual. |
| ALMACENAR COMO MODELO DATOS GRUPO 1 SECCN S/N? | U na vez que se ha terminado la entrada de datos del grupo 1 en forma manual se nos preguntará si queremos generarlo como modelo, si así fuera se teclaea una letras S de lo contrario se deberá teclear una letra N. |
| QUE NOMBRE? | S i deseamos entrar los datos como un modelo, aquí se nos pide el nombre que le deseamos asignar |
| DATOS GRUPO 2 SECCN MODELO > NOMBRE MANUAL > S? | A quí se nos preguntará si deseamos entrar datos en forma manual o emplear un modelo entrando el nombre del mismo o una letra S para entrar los datos en forma manual. |
| ALMACENAR COMO MODELO DATOS GRUPO 2 SECCN S/N? | U na vez terminada la entrada de los datos del grupo 2 se nos preguntará si deseamos entrar estos datos como un modelo, en caso de que así sea se deberá entrar una letra S o de lo contrario una letra N. |
| QUE NOMBRE? | P ara almacenar el modelo de datos para el grupo 2 se deberá introducir el nombre que deseamos asignar |
| ALTURA DE LA SECCION? ALTURA DEL TERRENO? # DE COORDENADAS? | U na vez terminada la entrada de datos del grupo 2 empezará la entrada de datos de identificación de la sección, empezando por la elevación de la sección de proyecto, la elevación del terreno natural para terminar con las coordenadas del terreno natural. Una vez terminada la entrada de los datos de este grupo el programa nuevamente nos preguntará si deseamos introducir otro lado o salir de este proceso hacia el menú principal. |

Para finalizar lo referente al proceso de entrada de datos se muestra la forma en que los datos serán almacenados en los archivos, lo cual tiene una gran importancia sobre todo en el caso de que el usuario decida modificar estos archivos en forma manual, esto es, sin hacer uso del programa, ya que de no respetarse el orden en que los datos se almacenan esto ocasionará datos totalmente erróneos o en su defecto que el programa se pare durante su ejecución al no poder interpretar correctamente los datos que se le estén proporcionando. Estos archivos presentaran un ultimo valor el cual no es entrado por el usuario, este valor se genera al momento mismo de entrar los datos correspondientes al grupo 2 y se obtiene al multiplicar la 5a pendiente por su respectiva distancia, de tal modo que el usuario al entrar los datos en forma manual también deberá calcular este valor y almacenarlo. Este dato generado corresponde simplemente a la profundidad de la cuneta y dentro del programa se usa al momento de calcular los puntos de intersección del terreno con la sección de proyecto.

ORDEN EN EL QUE SE ALMACENAN LOS DATOS EN LOS ARCHIVOS.

- Dato 1 Número de coordenadas.
- Dato 2 Espesor del pavimento.
- Dato 3 Espesor de corte en caja.
- Dato 4 Espesor de la capa subrasante.
- Dato 5 Ancho de la cuña de afine #1.
- Dato 6 Ancho de la cuña de afine #2.
- Dato 7 Altura de la sección.
- Dato 8 Altura del terreno natural.
- Dato 9 Despalme.
- Dato 10 Distancias y pendientes de la sección de proyecto.
- Dato 11 Coordenadas de la sección (X,Y).
- Dato 12 Profundidad de la cuneta.

3.3 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Una vez concluida la entrada de los datos correspondientes a los lados de los cadenamientos, podemos iniciar el cálculo de las ordenadas de la curva masa. A continuación se describirán los procesos fundamentales que están relacionados con el procesamiento de los datos a fin de obtener las ordenadas de la curva masa. Estos procesos son básicamente: la determinación de las secciones medias para su utilización en el método del prismoide, el cálculo de las áreas, cálculo de volúmenes y ordenadas de la curva masa y elevación o disminución de la altura de la rasante en el tramo en análisis. Estas funciones son mostradas en el menú principal del programa y para acceder a cada uno de estos procesos bastará presionar el letrero del proceso a realizar y el programa enlazará la rutina deseada.

PREPARACION DE LAS SECCIONES PARA LA FORMULA DEL PRISMOIDE

La determinación de los elementos necesarios para poder aplicar la fórmula del prismoide en el cálculo de volúmenes de terracerías, es un proceso sencillo aunque laborioso, siendo tal vez esta la causa que propicia su escasa utilización, ya que teóricamente se considera que con esta fórmula resultan valores mas cercanos a la realidad. El proceso que lleva a cabo el programa para la determinación de las secciones medias necesarias en la fórmula del prismoide se describe a continuación.

1.- Para cada par de secciones o cadenamientos consecutivos, se obtienen los promedios aritméticos de los grupos 1 y 2 de datos. Por ejemplo el espesor del pavimento de un lado se suma algebraicamente con el espesor del pavimento del otro lado y se divide esta suma entre 2, el ancho de la corona de un lado se suma algebraicamente con el del otro lado y se divide entre 2, etc. Para ejemplificar suponemos que se tienen los siguientes datos para dos lados derechos de secciones consecutivas:

DER10

ESPAV = 0.30 METROS
 ESCAJA = 0.30 METROS
 AC1 = 0.00 metros
 AC2 = 0.20 metros
 DESP = 0.10 metros
 D1 = 0 metros
 P1 = 0
 D2 = 0 metros
 P2 = 0
 D3 = 5 metros
 P3 = -.02
 D4 = 15 metro
 P4 = -.333333
 D5 = 1 metros
 P5 = -.666666
 D6 = 0
 P6 = 0
 D7 = 50 metros
 P7 = 1

DER11

ESPAV = 0.10 METROS
 ESCAJA = 0.10 METROS
 AC1 = 0.15 metros
 AC2 = 0.10 metros
 DESP = 0.00 metros
 D1 = 5 metros
 P1 = 0
 D2 = 0 metros
 P2 = 0
 D3 = 6 metros
 P3 = -.092
 D4 = 1 metro
 P4 = -.333333
 D5 = 1 metros
 P5 = -.666666
 D6 = 0
 P6 = 0
 D7 = 20 metros
 P7 = 0.75

Las dimensiones medias que se obtendrían para estos 2 cadenamientos consecutivos serian:

CADENAMIENTO PROMEDIO O SECCION MEDIA.

ESPAV = 0.15 METROS
 ESCAJA = 0.15 METROS
 AC1 = 0.75 metros
 AC2 = 0.15 metros
 DESP = 0.05 metros
 D1 = 0 metros

| | |
|----|--------------|
| P1 | = 0 |
| D2 | = 0 metros |
| P2 | = 0 |
| D3 | = 5.5 metros |
| P3 | = -.047 |
| D4 | = 1 metro |
| P4 | = -.333333 |
| D5 | = 1 metros |
| P5 | = -.666666 |
| D6 | = 0 |
| P6 | = 0 |
| D7 | = 35 metros |
| P7 | = 0.875 |

Como podemos observar el programa calcula un estricto promedio aritmético para los grupos de datos 1 y 2. En el caso de los datos denominados de identificación de la sección este proceso es de la misma forma solo en lo que a las elevaciones de la sección de proyecto del camino y a la elevación de la sección del terreno natural se refiere, ya que para el caso de las coordenadas se sigue un proceso diferente que a continuación se explica.

Supongamos que tenemos el siguiente registro para las coordenadas de 2 lados correspondientes a cadenamientos consecutivos:

| | |
|----------------|----------------|
| DER10 | DER 11 |
| ALTSEC = 33.50 | ALTSEC = 33.60 |
| ALTER = 33.30 | ALTER = 33.45 |
| 3.25,33.45 | 2.75,33.51 |
| 6.72,33.58 | 5.18,33.70 |
| 10,34.10 | 10,33.90 |

Como podemos observar la coordenada media en el caso de las coordenadas con abscisa $X = 10$ puede ser calculada bajo los mismos criterios que se siguen para los grupos de datos 1 y 2. Sin embargo para calcular las coordenadas medias en los demás casos es necesario establecer una relación entre las coordenadas de una sección con las de la otra. En el caso de la primera coordenada para el lado DER11 podemos observar que no existe ninguna coordenada de abscisa similar en el otro lado en análisis. Para obtener una coordenada de abscisa similar en el lado DER10 bastará calcular por medio de una interpolación en el tramo 0 a 3.25 el valor de ordenada que se tendría para un valor de abscisa de 2.75. Esto se hará de la siguiente forma:

$P1(0, 33.30)$ (en este caso se toma la altura del terreno por ser la ordenada que corresponde a $X = 0$)

$P2(3.25, 33.45)$

De la figura 5 obtenemos que:

$2.75 * 0.15 / 3.25 + 33.30 = 33.43$, que es el valor para 2.75 en el lado DER10, por lo que nuestra ordenada promedio sería:

$(33.43 + 33.51) / 2 = 33.47$, entonces nuestra coordenada promedio sería:
2.75, 33.47

Para el caso de los lados tomados como ejemplo la sección media resultante sería

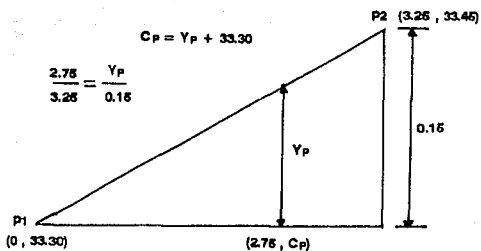


FIGURA 5

SECCIÓN MEDIA 10-11

ALTSEC = 33.550

ALTER = 33.375

2.75,33.47

3.25,33.50

5.18,33.61

6.72,33.67

10,34.00

Este proceso se lleva a cabo en forma similar para todas y cada una de las coordenadas de los lados en análisis, observándose como la determinación de las secciones medias incrementa en forma considerable los cálculos implicados en la determinación de las ordenadas de la curva masa.

En la medida que se vayan calculando las secciones medias de los lados del camino estas se irán almacenando en la memoria de la computadora en archivos de nombres PDER12, PDER89, PIZQ34, etc. donde por ejemplo el archivo PDER78 corresponderá a la sección media de los lados almacenados con los nombres DER7 y DER8. Con esto se termina la descripción del proceso de cálculo de las secciones medias las cuales serán necesarias en el cálculo de los volúmenes utilizando la fórmula del prismaide, a continuación describiremos los procedimientos a través de los cuales se obtienen las áreas de las secciones el cual se aplica tanto para las secciones normales del camino como para las secciones medias generadas para la aplicación de la fórmula del prismaide.

CALCULO DE LAS AREAS

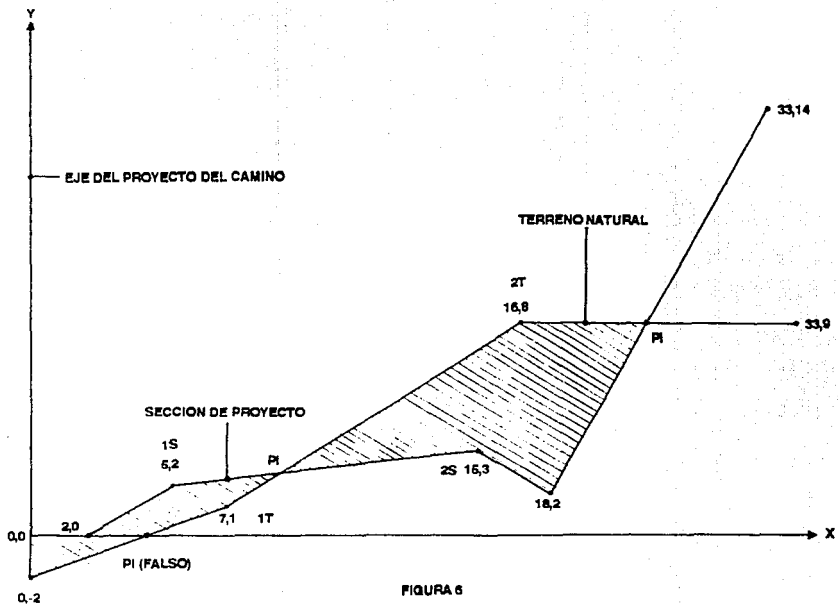
El cálculo de las áreas, dentro de la determinación de la curva masa, es sin duda alguna el proceso mas complicado debido sobre todo a la irregularidad que caracteriza las secciones del terreno natural. En los siguientes párrafos se explica en términos generales el proceso que lleva a cabo el programa para el cálculo de estas áreas.

El cálculo de los puntos de intersección que se generan al sobreponer la sección de proyecto del camino con la sección del terreno natural se logra al comparar las coordenadas de la sección del terreno natural con la sección de proyecto del camino. Por ejemplo consideremos la figura 6, es claro al observar la figura que en la corona y en el talud del corte existen puntos de intersección. Para determinar su posición exacta por medios analíticos se realiza el siguiente procedimiento.

Se calcula el punto de intersección que exista entre un par de coordenadas con cada una de las dimensiones que integran la sección de proyecto del camino, esto se logra mediante las ecuaciones de las rectas de la parte de la sección de proyecto (la cual puede ser generada a partir de sus dimensiones geométricas) y de las coordenadas del terreno natural que se estén analizando. Por ejemplo para el caso del punto de intersección de la corona con el par de coordenadas 1T y 2T, el cálculo se haría de la siguiente forma:

Punto 1S(5,2), Punto 2S(15,3)

Punto 1T(7,1), Punto 2T(16,8)



$$Y-2 = (3-2)/(15-5)*(X-5) \quad (1)$$

$$Y-1 = (8-1)/(16-7)*(X-7) \quad (2)$$

despejando Y de ambas ecuaciones, igualandolas en Y y despejando X se tiene que:

X = 8.76, y sustituyendo este valor en cualquiera de las ecuaciones resulta que **Y = 2.38**, por lo que el punto de intersección es **Pi (8.76, 2.38)**

Una vez determinado este punto de intersección se verifica que se encuentre tanto dentro de los límites de la dimensión de la sección de proyecto del camino como del par de coordenadas que estamos analizando. Por ejemplo para el caso de la figura 6 al calcular el punto de intersección de la corona con el par de coordenadas este resulta ser valido pues su abscisa se encuentra dentro de los límites marcados por las abscisas de los puntos 1T, 2T, 1S y 2S. Este procedimiento de verificación se realiza ya que en la mayoría de los casos podran existir puntos de intersección entre cada sección y cada par de coordenadas pero estos pueden caer fuera de los límites marcados por las propias coordenadas de la sección de proyecto y del terreno natural, por ejemplo el primer par de coordenadas se intersecta con el fondo del camellón en **X = 4.67**, pero el punto de intersección se localiza ya dentro de límites correspondientes a la corona del camino y no en los límites de fondo del camellón por lo que no es valido.

Una vez determinados los puntos de intersección el siguiente paso es el cálculo de las áreas de las secciones de construcción, las cuales quedan delimitadas por los puntos de intersección previamente calculados, es importante mencionar que este programa calculará las áreas de la sección del terreno natural y la de la sección del proyecto en forma separada. Con el fin de explicar lo anterior consideremos la figura 7.

Al contar con los puntos de intersección el programa procederá a calcular en primera instancia el área comprendida por los puntos **Pi-D-E-Pi-1-A-B-C-Pi**, para después pasar a calcular el área comprendida entre los puntos **Pi-D-E-Pi**.

Una vez determinadas estas áreas se procede a restar la área correspondiente al terreno natural de la obtenida a partir de la sección de proyecto.

La forma en que lograremos identificar la naturaleza de la sección, es decir, si el área encontrada pertenece a un terraplén o a un corte es muy sencilla. Como se menciono en el primer capítulo cuando se calcula el área de una figura de vértices concidos por medio del método de coordenadas el signo que se obtenga dependerá única y exclusivamente de la forma en que se recorran las coordenadas de la figura, el programa hará uso de tal característica para determinar la naturaleza del área. El programa para el cálculo de las áreas recorre las figuras en el sentido de las manecillas del reloj, por lo que de acuerdo a lo expresado en el capítulo 1 el área que resulte ha de ser negativa. Por ejemplo para el caso de la figura 7, naturalmente que el valor del área que corresponde al terreno natural tendrá mayor valor absoluto en relación con la área que se obtenga para la sección de proyecto del camino; supongamos que el área que corresponde al terreno natural resultará de 50 metros cuadrados y el área que cor-

responde a la sección de proyecto del camino resultará de 20 metros cuadrados, al restar del área de la sección la área del terreno natural como se menciono tenemos que:

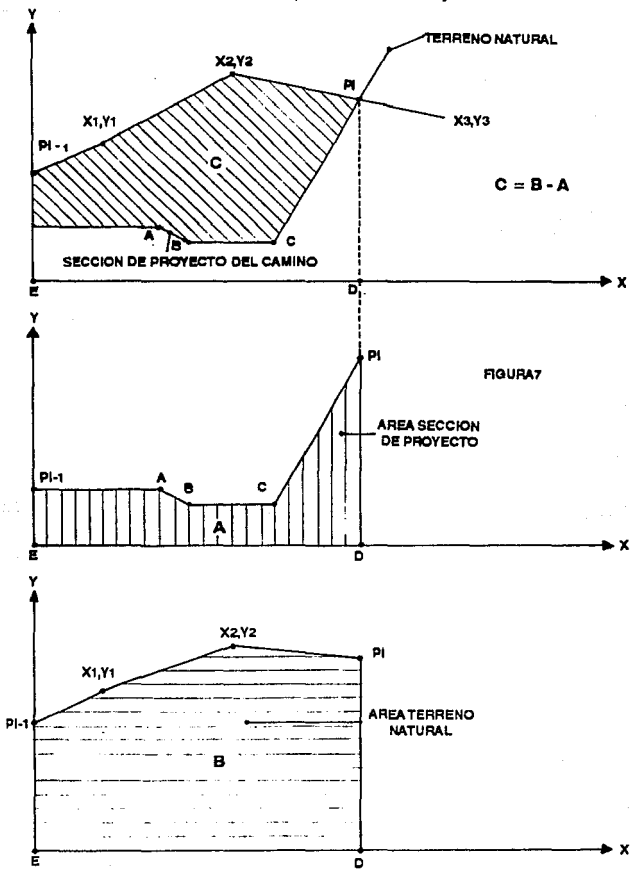
$$-15 - (-5) = 35 \text{ metros cuadrados}$$

Esto significa que es un área en corte ya que como podemos observar en la figura 7 el área de la sección natural es mayor a la área de la sección de proyecto. Cuando el área resulte de signo negativo significará lo contrario, es decir que el área de la sección de proyecto es mayor a la del terreno natural y por lo tanto es una sección en terraplén.

Ya que el área ha sido calculada y se ha determinado la naturaleza de la misma se procede a determinar los posibles elementos que le pueden constituir, dependiendo si es un área en corte o una área en terraplén, por ejemplo para el caso de que el área calculada corresponda a un corte el único elemento que se le puede agregar será el de la caja en corte si es que este elemento fue considerado en la sección de proyecto del camino, si así fuera el programa auxiliandose de los puntos de intersección generados al sobreponer la sección de proyecto del camino y la sección del terreno natural, procederá a el cálculo de estos elementos, para el caso de una sección en corte solo se le agregaran estos elementos si de alguna forma el área calculada abarca la corona ya que es la única forma en que se incluya el área de caja en corte.

Para el caso de que se trate de una área en terraplén se podran agregar valores de área para otros dos elementos que pueden formar parte de ella como lo son las cuñas de afine o sobreancho y la capa subrasante. Es conveniente resaltar que la inclusión de estos elementos dependerá de la posición del área de terraplén encontrada ya que si los puntos por donde intersecta esta área a la sección de proyecto no abarcan ni la corona ni los taludes no habrá necesidad de considerar ninguno de estos dos elementos. Para el caso de que el área abarque alguna parte de la corona o en su caso la totalidad de esta se deberá tomar en cuenta la área que corresponda a la capa subrasante y a las cuñas de afine si es que esta área abarca alguno de los taludes.

Una vez que se han determinado las áreas que integran a un lado de la sección se procede a analizar el otro lado de la misma sección de la misma forma que se hizo en el primer lado, procediéndose después a sumar las áreas obtenidas para el lado derecho y el izquierdo, obteniéndose de esta forma las áreas totales para una sección dada. Otros elementos importantes que se determinan en este proceso son los limites de construcción que se generan en la intersección del terreno natural con los taludes del corte o del terraplén. El cálculo de estos elementos se reduce a determinar el ultimo punto de intersección que se calcula para un lado el cual se constituye en el límite constructivo del lado en análisis. Estos limites tienen una gran utilidad en la construcción del camino ya que nos marcan los límites del trabajo y la área a limpiar durante la construcción del mismo. En los siguientes párrafos se mencionara la forma en que se determinan los volúmenes de terracería y ordenadas de la curva masa.



CALCULO DE VOLUMENES Y ORDENADAS DE CURVA MASA

El cálculo de los volúmenes de terracerías, como se ha venido mencionando, se podrá realizar de dos formas tanto por la fórmula del prismoide como por la fórmula de las áreas medias que es la mas utilizada. El requisito que existirá para poder efectuar el cálculo de los volúmenes mediante la fórmula del prismoide será el de haber efectuado previamente el cálculo de las secciones medias el cual en el menú se cataloga simplemente como "PRISMA" así como haber ejecutado el proceso de cálculo de áreas el cual se cataloga en el menú principal como "AREAS", es importante mencionar que el programa verificará que estos procesos se hayan realizado y de no ser así nos lo señalará en la pantalla.

Al empezar el proceso de cálculo de volúmenes y ordenadas de curva masa el programa nos preguntará primeramente el tipo de método que deseamos emplear para el cálculo de los volúmenes, una vez entrado el tipo de método a emplear el programa nos solicitará la ordenada de la curva masa inicial, solicitandonos inmediatamente la longitud existente entre las secciones en las cuales se va a determinar el volumen de las terracerías, en este punto también se nos requeriran los coeficientes de variación volumétrica para cada una de las secciones que se estén analizando. Una vez que se han entrado los datos anteriores el programa procederá a el cálculo de los volúmenes mediante las siguientes formulas:

$$V = (A_1 + A_2) * L / 2$$

Para el caso del método de las secciones medias

$$V = (A_1 + A_2 + A_m * 4) * L / 6$$

Para el caso del método del prismoide

Donde:

A_j = Area de la sección j.

A_{j+1} = Area de la sección j + 1

A_m = Area media obtenida a partir de las secciones j y j + 1

L = Longitud existente entre las dos secciones consecutivas que se están analizando.

Ya que se ha determinado el volumen entre las secciones consecutivas en análisis se procede a obtener la ordenada de la curva masa, sumando algebraicamente el volumen de terracerías obtenido y la ordenada de la curva masa anterior o la ordenada de la curva masa inicial en el caso de que sea el primer volumen obtenido. En general para el cálculo de las ordenadas de la curva masa se cumple que:

$$\text{Ordenada de la curva masa} = \text{Anterior ordenada} + \text{Volumen obtenido}$$

MOVIMIENTO DE LA RASANTE

Este es el ultimo proceso que lleva a cabo el programa, siendo el mas sencillo de todos pues solo consiste en elevar o disminuir la rasante del camino para lo cual el programa

sumará o restará a la elevación de la sección de cada uno de los cadenamientos existentes en memoria la cantidad entrada mediante este proceso. Una vez que se ha modificado el valor de la rasante se deberán volver a ejecutar los procesos que se han descrito en los párrafos anteriores para obtener las ordenadas de la curva masa ya que los datos que se tengan en memoria no corresponderán con los de la modificación de la rasante efectuada.

A continuación se muestra un esquema de la forma en que se relacionan los procesos que efectúa el programa y las relaciones de precedencia que existen entre estos procesos las cuales deben ser respetadas en cualquier momento.

3.4 RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CURVA MASA

Los resultados que se obtienen por medio de la utilización del programa son las áreas transversales para cada una de las secciones en análisis, los volúmenes entre secciones y las ordenadas de la curva masa. Estos resultados son descritos a continuación.

AREAS TRANSVERSALES

Las áreas que se obtienen a través del programa de curva masa son básicamente las siguientes:

Area total en terraplén

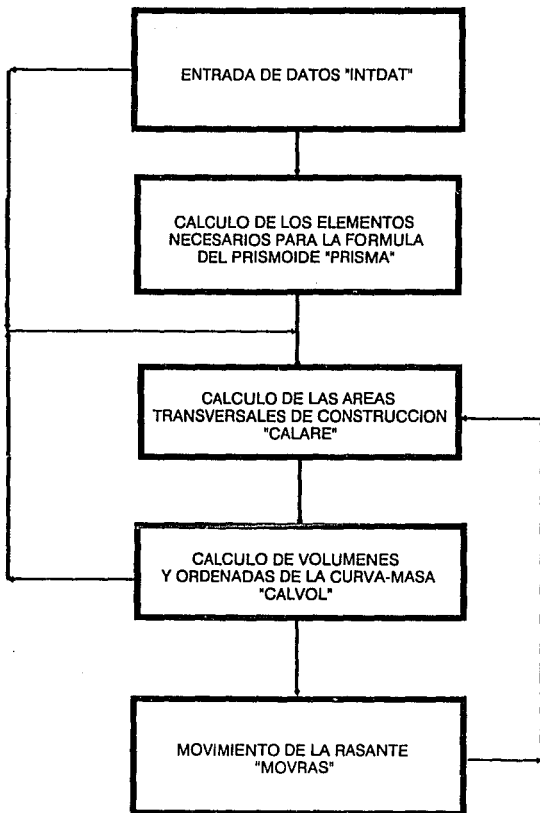
Esta área corresponderá a la suma de todas las áreas en terraplén que se hayan calculado para una sección dada, el hecho de que esta área no se sume en forma directa con el área obtenida de los cortes, a fin de obtener el área neta para una sección dada, responde al hecho de que estas áreas aun no se hacen congruentes entre sí, es decir no se le ha aplicado en lo que se refiere a la área en corte, su correspondiente coeficiente de variación volumétrica, por lo que no puede ser sumada en forma directa con el área de terraplén.

Area total en corte

Es la área que corresponde a la suma de todas las áreas en corte que se hayan obtenido para una sección dada es decir será el área total en corte de la sección, que como ya se ha señalado deberá ser multiplicada por su coeficiente de variación volumétrica antes de que se pueda sumar a la área obtenida de terraplén a modo de obtener el área neta para una sección, sea en corte o en terraplén.

Area de capa

Es el área que comprenderá a la capa de materiales finos que son utilizados cuando se considera que los materiales encontrados en el terreno natural y que servirán de apoyo a la rasante del camino no tienen las características necesarias para tal fin. Estas áreas corresponderán a la caja en corte y a la capa subrasante para el caso de una sección en corte y terraplén respectivamente, por lo que esta área de capa total



RELACIONES DE PRECEDENCIA
ENTRE LOS PROCESOS DEL PROGRAMA DE CURVA-MASA

abarcará todas las áreas que de este tipo se obtengan, ya sea que pertenezcan a un corte o a un terraplén. Estas áreas se suman ya que las características y funciones de ambas serán análogas. A esta área también se le sumará las áreas correspondientes a las cuñas de afine, debido a que se considera que serán del mismo tipo de material que el de las capas subrasantes y caja en corte.

Las áreas anteriormente señaladas nos serán mostradas durante la ejecución del programa con un letrero alfanumérico y que señalará el área total obtenida, sea esta en corte, terraplén y la área de capa, el programa almacenará estos resultados en archivos que serán creados para tal fin por el programa y a los cuales podrá acceder el usuario en forma manual, dichos archivos serán nombrados con formatos SECC1, SECC10, etc. donde el número indicará la sección a la cual pertenece el área. Para el caso de las áreas obtenidas a partir de las configuraciones medias que se utilizaran en el cálculo de volúmenes por la fórmula del prismoide también nos serán mostradas durante la ejecución del programa con un letrero alfanumérico similar al de las secciones normales. Al igual que en el caso de las áreas totales estas áreas también serán almacenadas en archivos los cuales llevaran por nombre PSECCAB donde las letras AB corresponderán a la primera y segunda secciones a partir de las cuales se obtuvo la área media. Al igual que todos los archivos que el programa crea, estos también podrán ser manipulados en forma manual por el usuario del programa a fin de que una vez obtenidos los resultados el usuario pueda acceder a ellos sin necesidad de ejecutar el programa en lo absoluto.

En términos generales el programa nos mostrará tres áreas ya sea que estas correspondan a una sección media o a una sección normal del camino. Estas áreas nos serán mostradas en la pantalla de la minicomputadora mas o menos con el siguiente formato, agregándose en este caso las distancias horizontales tanto a la derecha como a la izquierda y que marcan los límites de construcción del camino.

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Area total en terraplén | = -135.58 |
| Area total en corte | = 55.85 |
| Area de capa | = 2.56 |
| Límite derecho | = 5.62 |
| Límite izquierdo | = 4.86 |

La disposición con que se muestran estos elementos será la misma con la que son almacenados en la memoria de la minicomputadora.

El valor de las áreas será reportado en unidades cuadradas dependiendo el tipo de unidades que se hayan utilizado en la entrada de datos, debiendo ser en este sentido congruentes todos los datos que se entren al programa, es decir, si los datos se entran en metros todos deberán ser entrados en metros, en centímetros todos en centímetros, etc. Esto se aplica de igual forma para todos los resultados que el programa produce, pues estos se expresaran de acuerdo a las unidades que en forma congruente se hayan suministrado, como ya se señalo anteriormente. A continuación describimos los últimos resultados que el programa proporcionará los cuales serán los volúmenes de terracería y las ordenadas de la curva masa.

VOLUMENES DE TERRACERIAS Y ORDENADAS DE LA CURVA MASA

El programa proporciona los volúmenes que se obtendrán en cada tramo dentro de dos secciones consecutivas analizadas, El volumen por cada tramo se podrá obtener ya sea aplicando la fórmula del prismoide o la de las áreas medias en forma alternada. Los volúmenes serán desglosados para cada tramo de la siguiente forma:

Volumen total

Este volumen corresponderá al volumen neto que se obtenga en el tramo de análisis ya sea que este pertenezca a un corte o un terraplén. Este volumen será mostrado en la pantalla con un letrero que nos indicará que se trata del volumen total y con el signo que corresponda en cada caso (+ para corte y - para terraplén).

Volumen de capa

Son los volúmenes netos de capa que se obtienen en el tramo que se esta analizando. Los volúmenes obtenidos para ambos casos serán reportados en unidades cubicas en relación con las unidades que se hayan utilizado en la entrada de los datos,

En esta etapa del programa los volúmenes ya habrán sido afectados por los coeficientes de variación volumétrica respectivos por lo que ya pueden considerarse volúmenes netos para cada cadenamieto, lo que nos permitirá la correcta compensación de los volúmenes de terracerías a lo largo del camino.

ORDENADAS DE LA CURVA MASA.

Las ordenadas de la curva masa serán calculadas a partir de la suma algebraica del volumen resultante para cada sección y la ordenada de anterior de la curva masa. Es por esta razón que a los volúmenes de corte se les asigna un valor positivo y a los correspondientes a terraplén un signo negativo, de tal forma que si lo que predominan son los volúmenes de corte las ordenadas de curva masa tendrán una tendencia ascendente siendo que si por lo contrario los que predominan son los correspondientes a los terraplenes la tendencia de la curva será descendente.

En el caso del volumen obtenido para el primer cadenamieto este se sumará a la ordenada inicial de curva masa que se entra en el grupo de datos volumétricos, dicho valor deberá tener una magnitud tal que, al irse sumando los volúmenes de las secciones en el tramo en análisis, el valor de la ordenada de la curva masa no llegue a alcanzar valores negativos.

3.5 DIAGRAMA DE FLUJO Y LISTADO DEL PROGRAMA.

En las siguientes paginas se muestran los diagramas de flujo y los listados del programa de curva masa. Los primeros son herramientas básicas para la comprensión

de los diferentes procesos que constituyen al programa, los cuales tienen como objetivo la obtención de las ordenadas de curva masa, mientras que los segundos hacen posible la implementación de dichos procesos en la minicomputadora.

DIAGRAMA DE FLUJO.

Los diagramas de flujo que se presentan a continuación pertenecen a los 2 procedimientos que constituyen la estructura principal del programa de curva masa, estos procedimientos son:

- 1.- Cálculo de las áreas transversales de construcción. ("CALARE")
- 2.- Cálculo de los elementos necesarios para la aplicación de la fórmula del prisma. ("PRISMA")

Se muestran también algunos dibujos que permiten una mejor comprensión de algunos términos empleados dentro de la simbología de los diagramas de flujo.

Nota: Los términos empleados dentro de los diagramas de flujo que no aparecen dentro de los dibujos, corresponden a aquellos manejados en el apartado 3.2 de esta misma unidad.

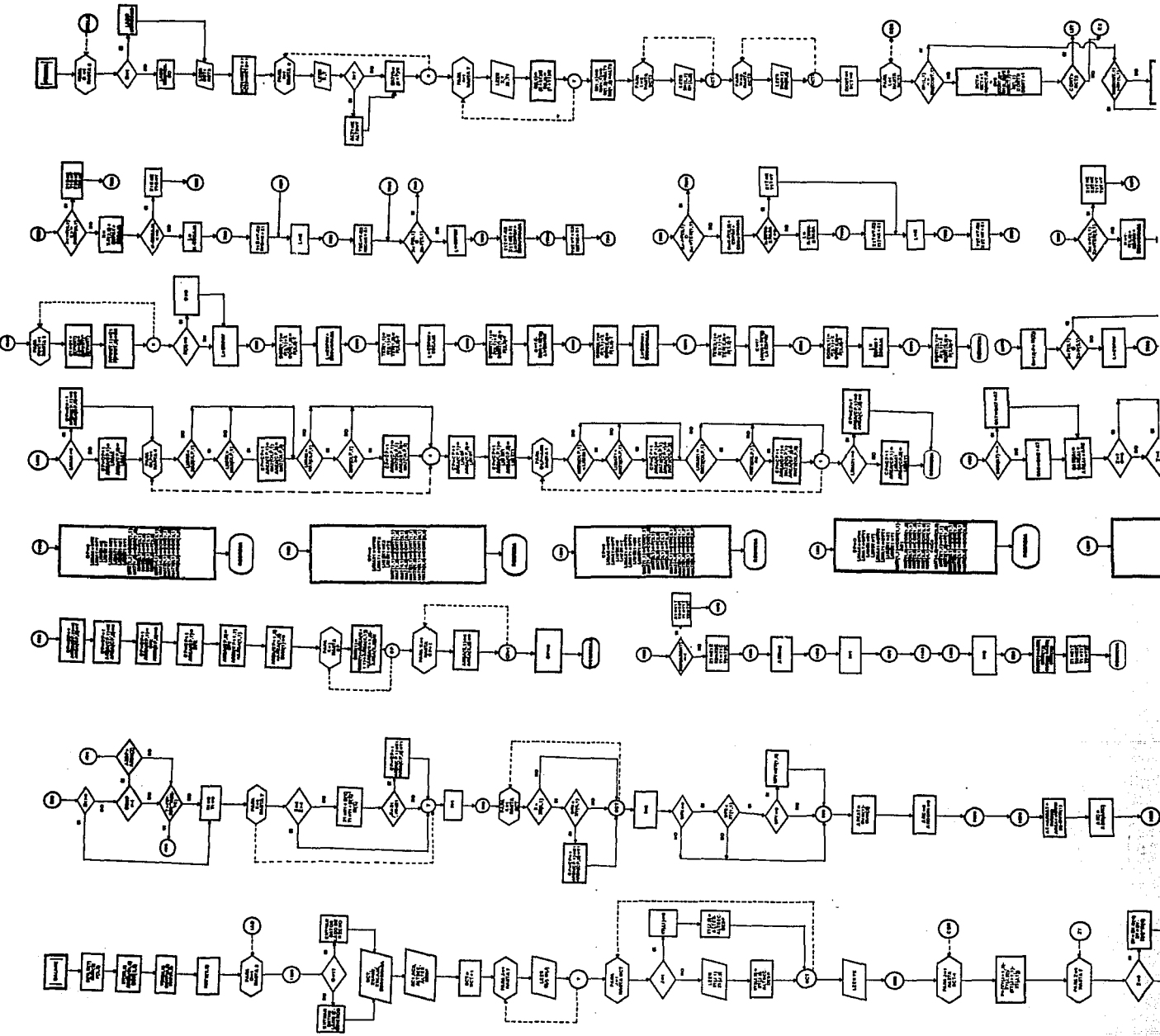
LISTADO DEL PROGRAMA.

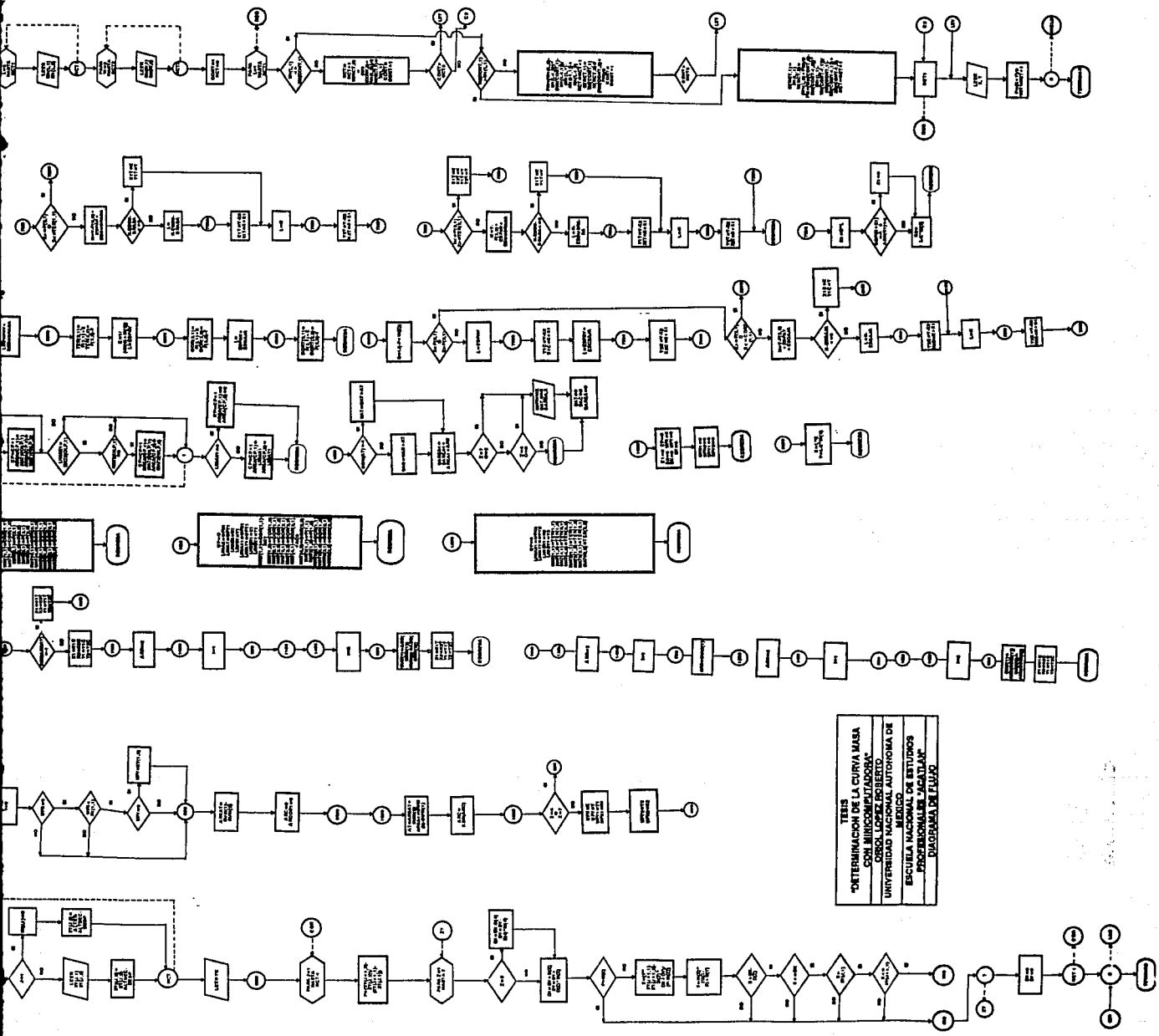
El programa de curva masa se compone de 5 subprogramas, los cuales son independientes el uno del otro, es decir se constituyen por sí solos en auténticos programas y como tales deben ser manejados al momento de introducirlos a la minicomputadora. Estos programas son manejados por medio del programa denominado "MENU", el cual se encarga de emplear el programa apropiado según los requerimientos del usuario, permitiéndonos de igual modo la finalización del programa de curva masa.

Los listados del programa se presentan en el siguiente orden: 1.- MENU, 2.- INTDAT, 3.- PRISMA, 4.- CALARE, 5.- CALVOL, 6.- MOVRAS.

Estos son los nombres con los que los listados de los programas deberán ser entrados en la minicomputadora, pues con ellos son identificados en la estructura del programa y por lo tanto dichos nombres no deberán ser alterados, a fin de lograr un perfecto funcionamiento del programa.

Adicionalmente se presenta dos listados denominados "curmas" y "correr", así como algunas correcciones que deberán realizarse a los listados de los programas presentados en primer término, estos programas y correcciones deberán ser implementados en el caso de que se pretenda utilizar el programa de curva masa en una "PC" o "Compatible".





TESIS
 "DETERMINACION DE LA CURVA MASA
 CON CONJUGUADOS"
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
 MÉXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES "JACINTAR"
 PROGRAMA DE LINGÜA

de los diferentes procesos que constituyen al programa, los cuales tienen como objetivo la obtención de las ordenadas de curva masa, mientras que los segundos hacen posible la implementación de dichos procesos en la minicomputadora.

DIAGRAMA DE FLUJO.

Los diagramas de flujo que se presentan a continuación pertenecen a los 2 procedimientos que constituyen la estructura principal del programa de curva masa, estos procedimientos son:

- 1.- Cálculo de las áreas transversales de construcción.("CALARE")
- 2.- Cálculo de los elementos necesarios para la aplicación de la fórmula del prismoide.("PRISMA")

Se muestran también unos dibujos que permiten una mejor comprensión de algunos términos empleados dentro de la simbología de los diagramas de flujo.

Nota: Los términos empleados dentro de los diagramas de flujo que no aparecen dentro de los dibujos, corresponden a aquellos manejados en el apartado 3.2 de esta misma unidad.

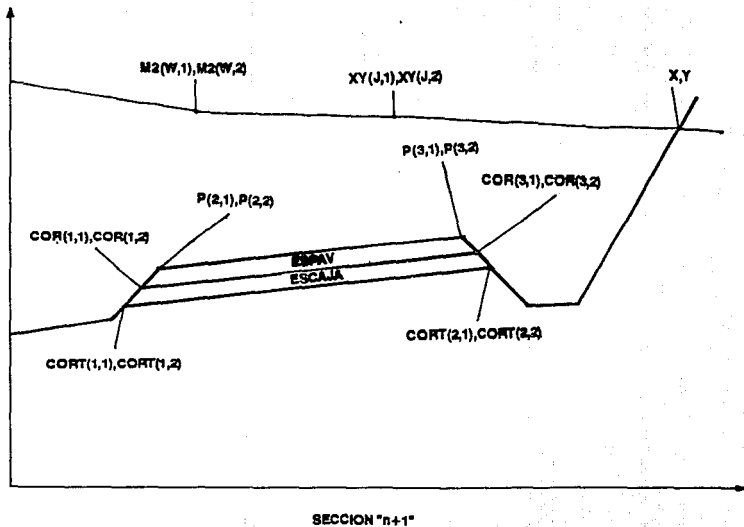
LISTADO DEL PROGRAMA.

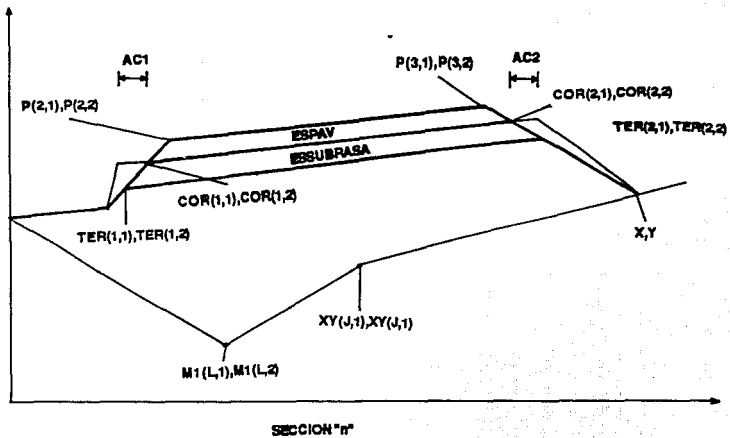
El programa de curva masa se compone de 5 subprogramas, los cuales son independientes el uno del otro, es decir se constituyen por si solos en auténticos programas y como tales deben ser manejados al momento de introducirlos a la minicomputadora. Estos programas son manejados por medio del programa denominado "MENU", el cual se encarga de emplear el programa apropiado según los requerimientos del usuario, permitiendonos de igual modo la finalización del programa de curva masa.

Los listados del programa se presentan en el siguiente orden: 1.- MENU, 2.- IN-TDAT, 3.- PRISMA, 4.- CALARE, 5.- CALVOL, 6.- MOVTRAS.

Estos son los nombres con los que los listados de los programas deberán ser entrados en la minicomputadora, pues con ellos son identificados en la estructura del programa y por lo tanto dichos nombres no deberán ser alterados, a fin de lograr un perfecto funcionamiento del programa.

Adicionalmente se presenta dos listados denominados "curvas" y "correr", así como algunas correcciones que deberán realizarse a los listados de los programas presentados en primer término, estos programas y correcciones deberán ser implementados en el caso de que se pretenda utilizar el programa de curva masa en una "PC" o "Compatible".





4 EJEMPLO PRACTICO

4.1. ESPECIFICACION DEL EJEMPLO

A fin de mostrar el funcionamiento básico del programa de curva masa se resolverá un ejemplo práctico del cálculo de las ordenadas de curva masa de un camino. Este ejemplo consiste en un tramo de 400 metros de una carretera de dos carriles de doble sentido de circulación del tipo C, conforme a las especificaciones que señala la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su manual del proyecto geométrico de carreteras, perteneciente a la carretera Las Varas-San Blas en el estado de Nayarit. En la solución del ejemplo se aplicaran todas las rutinas que se muestran en el menú principal las cuales nos permiten la variación de las alturas de la rasante del camino así como el uso de las formulas del prismoide y las áreas medias para el cálculo de los volúmenes de terracerías, obteniéndose en todos los casos las gráficas de la curva masa del tramo en análisis.

CARACTERISTICAS DEL EJEMPLO

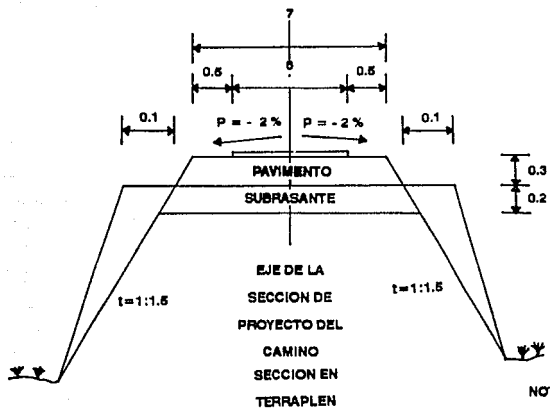
Las características que se especifican para un camino del tipo C son:

Ancho de corona = 7 metros

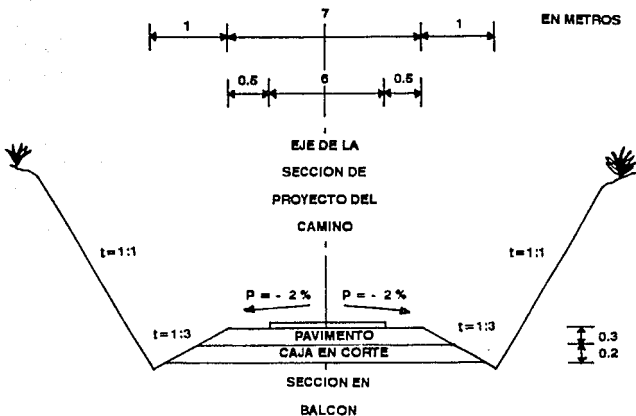
Ancho de calzada = 6 metros

Ancho de acotamientos = 0.50 metros

En este caso el eje de la sección de proyecto del camino coincidirá con el eje de la sección del terreno natural, por lo que tendremos un ancho de corona de 3.5 metros tanto a la izquierda como a la derecha del eje del camino y un ancho de calzada de 3 metros a ambos lados. La suma de los espesores de base y sub-base será de 0.30 metros, así mismo se considerará un espesor de subrasante para los tramos en terraplén de 0.20 metros y un espesor de caja para los tramos en corte de 0.20 metros. El bombeo o pendiente transversal que se le dará en los tramos roctos al camino será del 2%, con origen en el centro de la sección de proyecto del camino. Se consideran cunetas de 1 metro de ancho y con un talud de 1:3, se contempla en todo el tramo de camino en análisis la construcción de cunetas provisionales. El talud del terraplén será de 1:1.5 con cuñas de afine de 0.20 centímetros, en el caso del talud del corte este tendrá un valor 1:1. Estos valores para la sección de proyecto del camino permanecerán constantes a lo largo de todo el tramo al no contemplarse cambios en dichas dimensiones. En las figuras mostramos las características que presentará tanto en corte como en terraplén la sección de proyecto del camino de nuestro ejemplo, en estas figuras se muestran los anchos de corona, calzada, acotamientos, pendiente transversal, espesor de base y subbase, espesor de caja en corte, espesor de subrasante ancho de cuñas de afine, anchos de cuneta, así como los taludes de la cuneta, el corte y el terraplén.



NOTA:
TODAS LAS
ACOTACIONES
EN METROS



En el tramo que se va a analizar, el camino presenta un cambio de dirección en su sentido horizontal, originándose una zona en curva, dicha curva presenta las siguientes características:

Punto de comienzo de la curva (PC) = 0 + 083.62

Punto de inflexión de la curva (PI) = 0 + 127.45

Punto de término de la curva (PT) = 0 + 173.45

Deflexión derecha (Δ) = 35 56'

Grado de curvatura (G) = 08 00'

Radio de la curva (R) = 143.25

Esta curva horizontal nos definirá las variaciones que presentará nuestra sección de proyecto en los tramos de transición, originados al pasar de un tramo recto a un tramo en curva para lo cual se deberán calcular tanto las pendientes transversales como las ampliaciones que se le deberán aplicar a nuestra sección de proyecto según sea la zona de transición en que se encuentre. En la tabla 1 se muestran las ampliaciones y pendientes transversales que tendrá nuestra sección de proyecto del camino en los tramos en curva y transición del mismo.

| SEMICORONA IZQUIERDA | | CADENAMIENTO. | SEMICORONA DERECHA | |
|----------------------|-----------|---------------|--------------------|-----------|
| PENDIENTE | ANCHO (m) | | ANCHO (m) | PENDIENTE |
| -0.0180 | 3.50 | 0 + 030 | 3.50 | -0.0200 |
| 0.0030 | 3.50 | 0 + 040 | 3.53 | -0.0200 |
| 0.0238 | 3.50 | 0 + 050 | 3.73 | -0.0238 |
| 0.0450 | 3.50 | 0 + 060 | 3.93 | -0.0450 |
| 0.0658 | 3.50 | 0 + 070 | 4.13 | -0.0658 |
| 0.0870 | 3.50 | 0 + 080 | 4.33 | -0.0870 |
| 0.0940 | 3.50 | 0 + 100 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 0 + 120 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 0 + 140 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 0 + 160 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0800 | 3.50 | 0 + 180 | 4.28 | -0.0800 |
| 0.0595 | 3.50 | 0 + 190 | 4.07 | -0.0595 |
| 0.0390 | 3.50 | 0 + 200 | 3.87 | -0.0390 |
| 0.0178 | 3.50 | 0 + 210 | 3.67 | -0.0200 |
| -0.0030 | 3.50 | 0 + 220 | 3.50 | -0.0200 |

Como se menciona en el primer capítulo las ampliaciones generadas por una curva se suman al ancho de corona de la sección de proyecto del camino para obtener el ancho de corona en una sección localizada en un tramo en transición, dicha ampliación se sumará al lado interior de la curva, el cual en nuestro caso es el lado derecho por lo tanto las ampliaciones se sumarán en los lados derechos de la corona a fin de obtener

el ancho de corona en una sección en transición. Una vez que se han determinado las ampliaciones y sobreelevaciones que corresponden a los tramos de camino en transición podemos crear una tabla (tabla 2) que contenga todos los cadenamientos con sus respectivos anchos de corona, en esta tabla además de las columnas correspondientes a los cadenamientos, anchos de corona y pendientes transversales se agregan dos columnas que en su parte superior marcan DER y IZQ, en estas columnas se anotaran números en orden ascendente, ya que a través de estos números se identificarán los lados de los cadenamientos dentro del programa, por ejemplo para el cadenamiento 0 + 000 de nuestro ejemplo este se identificará como la sección 1 dentro

| SEMICORONA IZQUIERDA | | IZQ | CADENAMIENTO | DER | SEMICORONA DERECHA | |
|----------------------|-----------|-----|--------------|-----|--------------------|-----------|
| PENDIENTE | ANCHO (m) | | | | ANCHO (m) | PENDIENTE |
| -0.0200 | 3.50 | 1 | 0 + 000 | 1 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 2 | 0 + 020 | 2 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0180 | 3.50 | 3 | 0 + 030 | 3 | 3.50 | -0.0200 |
| 0.0030 | 3.50 | 4 | 0 + 040 | 4 | 3.53 | -0.0200 |
| 0.0238 | 3.50 | 5 | 0 + 050 | 5 | 3.73 | -0.0238 |
| 0.0450 | 3.50 | 6 | 0 + 060 | 6 | 3.93 | -0.0450 |
| 0.0655 | 3.50 | 7 | 0 + 070 | 7 | 4.13 | -0.0655 |
| 0.0870 | 3.50 | 8 | 0 + 080 | 8 | 4.33 | -0.0870 |
| 0.0940 | 3.50 | 9 | 0 + 100 | 9 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 10 | 0 + 120 | 10 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 11 | 0 + 140 | 11 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0940 | 3.50 | 12 | 0 + 160 | 12 | 4.40 | -0.0940 |
| 0.0800 | 3.50 | 13 | 0 + 180 | 13 | 4.28 | -0.0800 |
| 0.0595 | 3.50 | 14 | 0 + 190 | 14 | 4.07 | -0.0595 |
| 0.0390 | 3.50 | 15 | 0 + 200 | 15 | 3.87 | -0.0390 |
| 0.0178 | 3.50 | 16 | 0 + 210 | 16 | 3.67 | -0.0200 |
| -0.0030 | 3.50 | 17 | 0 + 220 | 17 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 18 | 0 + 240 | 18 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 19 | 0 + 250 | 19 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 20 | 0 + 260 | 20 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 21 | 0 + 300 | 21 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 22 | 0 + 320 | 22 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 23 | 0 + 340 | 23 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 24 | 0 + 360 | 24 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 25 | 0 + 350 | 25 | 3.50 | -0.0200 |
| -0.0200 | 3.50 | 26 | 0 + 400 | 26 | 3.50 | -0.0200 |

TABLA 2

del programa con sus respectivos lados DER1 y IZQ1, el 0 + 020 será identificado como la sección 2, y así sucesivamente con los subsecuentes cadenamientos, permitiendonos de este modo hacer mas fácil la introducción de los datos en la minicomputadora.

Los valores de las elevaciones tanto del perfil del terreno como de la rasante en el tramo de camino en análisis se muestran en la tabla número 3.

| ESTACION | SECCION | ALTURAS (m) | | ESPEORES (m) | |
|----------|---------|----------------|---------|-----------------|-----------|
| | | TERRENO | RASANTE | CORTE | TERRAPLEN |
| 0 + 000 | 1 | 114.10 | 114.06 | 0.04 | |
| 0 + 020 | 2 | 114.89 | 114.46 | 0.11 | |
| 0 + 030 | 3 | 114.75 | 114.66 | 0.10 | |
| 0 + 040 | 4 | 114.88 | 114.86 | 0.03 | |
| 0 + 060 | 5 | 114.86 | 116.06 | | 0.20 |
| 0 + 080 | 6 | 114.96 | 116.26 | | 0.30 |
| 0 + 070 | 7 | 115.12 | 115.46 | | 0.34 |
| 0 + 080 | 8 | 115.29 | 115.66 | | 0.37 |
| 0 + 100 | 9 | 115.53 | 116.01 | | 0.48 |
| 0 + 120 | 10 | 115.79 | 116.26 | | 0.47 |
| 0 + 140 | 11 | 115.21 | 116.47 | | 1.26 |
| 0 + 160 | 12 | 115.14 | 116.67 | | 1.53 |
| 0 + 180 | 13 | 115.36 | 116.66 | | 1.53 |
| 0 + 200 | 14 | 115.50 | 116.99 | | 1.44 |
| 0 + 210 | 15 | 115.73 | 117.00 | | 1.36 |
| 0 + 220 | 16 | 115.80 | 117.19 | | 1.39 |
| 0 + 230 | 17 | 115.93 | 117.29 | | 1.36 |
| 0 + 240 | 18 | 116.55 | 117.60 | | 0.95 |
| 0 + 260 | 19 | 116.18 | 117.71 | | 1.53 |
| 0 + 280 | 20 | 117.08 | 117.93 | | 0.85 |
| 0 + 300 | 21 | 117.39 | 118.12 | | 0.73 |
| 0 + 320 | 22 | 117.52 | 118.35 | | 0.83 |
| 0 + 340 | 23 | 117.73 | 118.89 | | 1.16 |
| 0 + 360 | 24 | 120.88 | 119.44 | 1.44 | |
| 0 + 380 | 25 | 120.13 | 120.01 | 0.12 | |
| 0 + 400 | 26 | 120.69 | 120.67 | 0.02 | |

TABLA 3

Estos valores son los valores iniciales con los que se calcula la curva masa, ya que como se menciona esta será modificada a fin de resolver mediante el programa 2 casos adicionales, uno en el cual la altura de la rasante es disminuida y otro cuando esta altura es aumentada con respecto a la rasante original.

Las secciones del terreno natural se obtuvieron a distancias de 20 metros en el caso de los tramos rectos y en curva del camino y a distancias de 10 metros en los tramos del camino en transición que se originan al pasar de un tramo recto a un tramo en curva. Se establece que se deberá efectuar un despalme de 10 centímetros en el terreno natural en todo el tramo en análisis a fin de retirar material no apropiado para la construcción del camino. Las coordenadas del terreno natural son mostradas en la tabla número 4 donde se marca claramente el cadenamamiento y lado al que corresponden. En esta tabla se agregan las elevaciones de la rasante y el terreno natural para cada cadenamamiento, apareciendo al igual que en el registro de los anchos de corona dos columnas adicionales marcadas con los letreros DER y IZQ, que nos servirán para identificar los datos dentro del programa, de acuerdo con el criterio seguido en los anchos de las coronas. En estas coordenadas aun no se considerará el despalme al que se verá sometido el terreno ya que el programa tomará en cuenta este valor al momento utilizar las coordenadas de cada una de las secciones durante el cálculo de las áreas de construcción.

Una vez determinadas tanto las secciones de proyecto del camino como las secciones del terreno natural para cada uno de los cadenamamientos se procede a trasladar la sección de proyecto del camino a la configuración básica de distancias y pendientes que el programa maneja, esto se logra comparando la sección de proyecto del camino con la configuración básica de distancias y pendientes. A fin de realizar dicha comparación se muestran ambas secciones en la figura 1.

Si relacionamos la sección de proyecto del camino con la configuración básica que el programa maneja observamos que los 2 primeros datos de la configuración básica del programa no existen en nuestra sección de proyecto por lo que en consecuencia su valor en el proceso de entrada de datos será de:

Distancia 1 = 0

Pendiente 1 = 0

Distancia 2 = 0

Pendiente 2 = 0

Al seguir la comparación observamos que la pendiente y distancia del dato número 3 de la configuración básica del programa corresponden a la pendiente transversal y ancho de la corona respectivamente, por lo que los valores de entrada de este dato serán:

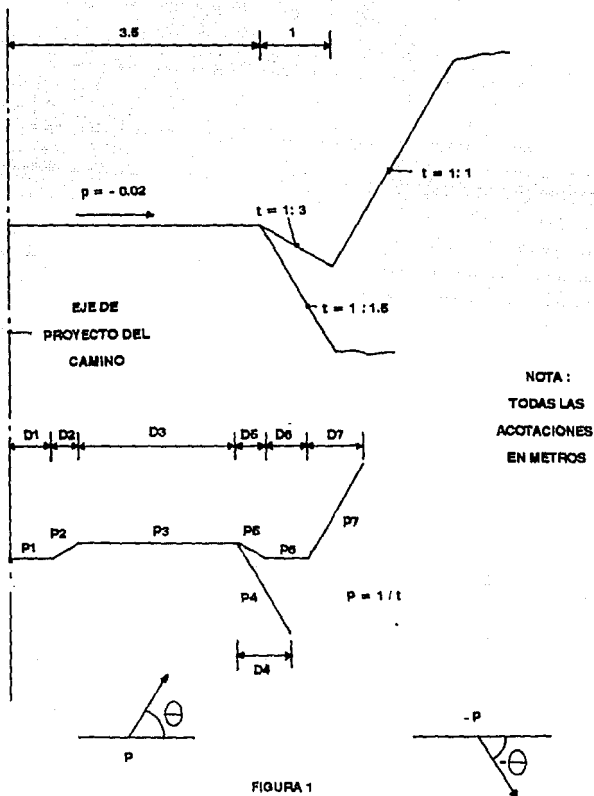
Distancia 3 = Ancho de la corona, ya sea en tramo recto, en curva o en transición.

Pendiente 3 = Pendiente transversal de la corona, pudiendo ser de bombeo, sobreelevación o transición dependiendo del tramo en que se encuentra la sección a entrar.

Al continuar la comparación de la sección de proyecto del camino con la configuración básica del programa, observamos que el talud del terraplén corresponderá al dato marcado con el número 4, considerándose un valor de la distancia para este dato de 35 metros de acuerdo a las consideraciones marcadas en el

| REGISTRO DE COORDENADAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|-----|--------------------------|--------------|--------------------------|-----|------------------------|--------|--------|
| SECCION IZQUIERDA (m) | | | IZQ | ALTURA PASANTE (m) | CADENAMIENTO | ALTURA TERRENO (m) | DER | SECCION DERECHA (m) | | |
| | 10 | 5.60 | 1 | 114.06 | 0 + 000 | 114.10 | 1 | 4 | 7.36 | 10 |
| | 114.40 | 114.25 | | | | | | 113.70 | 113.90 | 113.95 |
| | 10 | 5.5 | 2 | 114.48 | 0 + 020 | 114.66 | 2 | 2 | 8.25 | 10 |
| | 114.75 | 114.70 | | | | | | 114.26 | 113.96 | 114.66 |
| 10 | 7.00 | 4.75 | 3 | 114.66 | 0 + 030 | 114.75 | 3 | 3.90 | 10 | |
| 115.60 | 115.05 | 114.95 | | | | | | 114.46 | 114.05 | |
| 10 | 6.46 | 3.36 | 4 | 114.66 | 0 + 040 | 114.66 | 4 | 4.66 | 7.30 | 10 |
| 115.36 | 115.00 | 115.16 | | | | | | 114.25 | 114.20 | 114.26 |
| 10 | 5.14 | 2.65 | 5 | 115.06 | 0 + 050 | 114.65 | 5 | 5.08 | 8.18 | 10 |
| 115.49 | 115.40 | 115.25 | | | | | | 114.69 | 114.66 | 114.43 |
| 10 | 4.66 | 3.19 | 6 | 115.25 | 0 + 060 | 114.66 | 6 | 4.30 | 10 | |
| 115.62 | 115.40 | 115.07 | | | | | | 114.63 | 114.96 | |
| 10 | 6.36 | 3.36 | 7 | 115.46 | 0 + 070 | 115.12 | 7 | 3.67 | 10 | |
| 115.60 | 115.73 | 115.28 | | | | | | 114.91 | 114.70 | |
| 10 | 6.78 | 2.66 | 8 | 115.66 | 0 + 080 | 115.29 | 8 | 5.10 | 6.18 | 10 |
| 115.77 | 115.27 | 115.32 | | | | | | 115.06 | 114.90 | 114.70 |
| | 10 | 5.26 | 9 | 116.01 | 0 + 100 | 115.63 | 9 | 3.46 | 4.68 | 10 |
| | 116.08 | 115.76 | | | | | | 115.60 | 114.62 | 114.39 |
| 10 | 6.75 | 4.00 | 10 | 116.26 | 0 + 120 | 115.79 | 10 | 2.67 | 5.95 | 10 |
| 117.58 | 117.69 | 115.96 | | | | | | 115.06 | 114.71 | 114.46 |
| 10 | 6.66 | 3.63 | 11 | 116.47 | 0 + 140 | 115.21 | 11 | 4.18 | 10 | |
| 116.62 | 115.26 | 115.78 | | | | | | 115.30 | 114.76 | |
| 10 | 7.26 | 2.78 | 12 | 116.67 | 0 + 160 | 115.14 | 12 | 7.81 | 8.16 | 10 |
| 116.39 | 115.08 | 115.63 | | | | | | 115.06 | 115.30 | 115.16 |
| 10 | 6.31 | 4.10 | 13 | 116.86 | 0 + 180 | 115.35 | 13 | 3.71 | 6.26 | 10 |
| 115.78 | 115.48 | 115.29 | | | | | | 115.18 | 115.01 | 115.16 |
| 10 | 4.66 | 2.26 | 14 | 116.99 | 0 + 190 | 115.60 | 14 | 5.18 | 10 | |
| 116.76 | 116.40 | 116.07 | | | | | | 115.29 | 115.46 | |
| 10 | 6.66 | 4.10 | 15 | 117.09 | 0 + 200 | 115.73 | 15 | 3.29 | 10 | |
| 116.96 | 115.76 | 116.06 | | | | | | 115.60 | 115.31 | |
| 10 | 6.61 | 3.46 | 16 | 117.19 | 0 + 210 | 115.60 | 16 | 4.36 | 7.16 | 10 |
| 116.91 | 116.29 | 116.17 | | | | | | 115.62 | 115.76 | 115.46 |
| 10 | 6.31 | 2.36 | 17 | 117.29 | 0 + 220 | 115.93 | 17 | 3.71 | 6.21 | 10 |
| 116.67 | 116.66 | 115.25 | | | | | | 115.06 | 115.60 | 115.62 |
| 10 | 6.29 | 3.66 | 18 | 117.50 | 0 + 240 | 115.65 | 18 | 4.61 | 7.12 | 10 |
| 117.46 | 117.42 | 117.12 | | | | | | 116.40 | 116.26 | 116.10 |
| 10 | 6.18 | 2.36 | 19 | 117.71 | 0 + 260 | 115.18 | 19 | 3.41 | 7 | 10 |
| 117.36 | 116.96 | 116.69 | | | | | | 115.00 | 116.46 | 116.19 |
| 10 | 7.13 | 2.76 | 20 | 117.93 | 0 + 280 | 117.06 | 20 | 4 | 6.18 | 10 |
| 117.99 | 117.79 | 117.49 | | | | | | 116.91 | 117.10 | 117.40 |
| 10 | 8.20 | 5.18 | 21 | 118.12 | 0 + 300 | 117.39 | 21 | 3.6 | 10 | |
| 118.22 | 118.11 | 117.79 | | | | | | 117.30 | 117.21 | |
| 10 | 7.06 | 4.12 | 22 | 118.36 | 0 + 320 | 117.62 | 22 | 3.61 | 6.13 | 10 |
| 118.60 | 118.29 | 117.96 | | | | | | 117.26 | 117.10 | 117.41 |
| 10 | 7.06 | 4.12 | 23 | 118.69 | 0 + 340 | 117.73 | 23 | 3.2 | 4.60 | 10 |
| 119.20 | 118.95 | 118.29 | | | | | | 117.99 | 117.97 | 118.11 |
| 10 | 6.36 | 2.66 | 24 | 119.44 | 0 + 360 | 120.66 | 24 | 4.46 | 6.76 | 10 |
| 120.67 | 120.71 | 120.95 | | | | | | 120.60 | 120.65 | 120.74 |
| | 10 | 3.46 | 25 | 120.01 | 0 + 380 | 120-13 | 25 | 4.13 | 6.66 | 10 |
| | 120.62 | 120.30 | | | | | | 120.16 | 120.40 | 120.03 |
| 10 | 4.61 | 1.60 | 26 | 120.57 | 0 + 400 | 120.69 | 25 | 3.67 | 5.33 | 10 |
| 121.06 | 120.65 | 120.60 | | | | | | 120.65 | 120.70 | 120.19 |

TABLA 4



capítulo número 3, estos valores como ya se menciono permanecerán constantes en todo el tramo en análisis por lo que siempre se entraran los mismos valores sin importar el tramo en que se encuentre la sección que se entra. En general en nuestro ejemplo siempre tendrá los siguientes valores:

Distancia 4 = 35 (distancia horizontal para el cálculo de los puntos de intersección)

Pendiente 4 = -.666666667 (Pendiente del terraplén = 1 / talud del terraplén)

Al analizar el valor correspondiente a la cuneta de la sección de proyecto del camino, considerando tanto su ancho como su pendiente, encontramos que este valor corresponde al dato marcado con el número 5 en la configuración básica del programa que al igual que el caso del talud del terraplén se mantendrá constante a lo largo de todo el tramo en análisis. En nuestro caso se deberá entrar el ancho de la cuneta con un valor negativo al considerar que es una cuneta provisional de acuerdo a los lineamientos que se marcaron en el capítulo 3. Los valores de entrada de este dato al programa serán:

Distancia 5 = -1 metro (ancho de la cuneta)

Pendiente 5 = 1/3 = -.3333333 (pendiente de la cuneta = 1 / talud de la cuneta)

Continuando con la comparación de la configuración básica y la sección de proyecto del camino, observamos que el dato correspondiente al número 6 de la configuración básica no existe en nuestra sección de proyecto por lo que sus valores de entrada en el programa serán:

Distancia 6 = 0

Pendiente 6 = 0

Para terminar, podemos observar que el dato correspondiente al talud del corte corresponde con el dato marcado con el número 7 en nuestra configuración básica por lo que los valores de entrada para este dato serán:

Distancia 7 = 35

Pendiente 7 = 1

Una vez establecidas las características básicas del ejemplo y la equivalencia de la sección de proyecto del camino con la configuración básica que el programa maneja podemos pasar a la aplicación del programa a nuestro ejemplo, lo cual se describe a continuación.

4.2 EJECUCION DEL PROGRAMA

En los siguientes párrafos se describe paso a paso la manera en que se emplea el programa para la solución del ejemplo presentado, desde la introducción misma de los datos hasta la obtención de las ordenadas de la curva masa.

INICIO DEL PROGRAMA

El programa esta dispuesto de tal forma que el momento mismo de encender la mini-computadora este arrancará en forma automática, mostrándose en pantalla lo que se ha denominado el menú principal, desde donde tendremos acceso a las rutinas que componen el programa de curva masa las cuales incluyen procesos tales como: la entrada de datos, el cálculo de las áreas de las secciones transversales, obtención de las secciones medias para el cálculo de los volúmenes por medio de la fórmula del prismoide, cálculo de los volúmenes y ordenadas de curva masa así como la modificación de la altura de la rasante en el tramo en análisis. El acceso a las rutinas se realizará simplemente presionando el letrero correspondiente a la rutina que se desee ejecutar como se indica a continuación:

| LETRERO PRESIONADO | PROCESO QUE SE EJECUTA. |
|--------------------|---|
| [1] DATOS | Se accede a la rutina de entrada de datos. |
| [2] PRISMA | Se accede a la rutina que determina los datos necesarios para el cálculo de volúmenes por el método del prismoide. |
| [3] AREAS | Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino. |
| [4] CURVA MASA | Se calculan los volúmenes de terracerías, así como las ordenadas de la curva masa. |
| [5] MOVER RASANTE | Permite mover la altura de la rasante en todo el tramo en análisis. |
| [6] TERMINAR | Acaba con la ejecución del programa de curva masa y retorna al programa al modo "CAL" o modo normal de calculadora. |

Ademas de los cinco letreros de los procesos y sus respectivos números también se nos mostrará un letrero en el lado derecho de la pantalla en la parte media de la misma, que dice "TERMINAR", el cual al ser presionado terminará con la ejecución del programa y la minicomputadora pasará al modo CAL o modo de calculadora.

4.3 ENTRADA DE DATOS

A continuación mostraremos como se entran los lados del cadenamamiento 0 + 000, el cual será representado dentro del programa como la sección 1 con sus correspondientes lados DER1 e IZQ1. Cuando se ejecuta por primera vez al programa, lo primero que se necesita realizar es la entrada de los datos del camino, por lo que se procede a presionar el letrero [1] ENTRAR, una vez presionado el programa nos requerirá la entrada de los datos del grupo 1, en los cuales se incluyen el espesor de la base y sub-base, el espesor de la caja en corte, el espesor de la subrasante, el despalme y los anchos de caña de afine, de acuerdo a la simbología que se describio en el capítulo 3. Al iniciar el proceso de entrada de datos se nos preguntará que lado de sección se va a entrar de la siguiente forma:

LADO > NOMBRE TERMINAR > S? DER1 + "EXE"

En este caso como se trata de los datos del lado derecho del cadenamamiento 0 + 000 o sección 1, deberemos teclear DER1, en este punto es conveniente aclarar que los lados de las secciones se pueden entrar sin ningún orden en particular, es decir, que en un momento dado podemos entrar el lado derecho de la sección 15 y después el de la sección 2 sin ningún problema ya que en el proceso de cálculo de las áreas de las secciones el programa determina cuantas secciones se tienen en memoria, utilizandolas de acuerdo al número asignado, en esta numeración es donde se debe tener cuidado ya que dependiendo del número que se le asigne será la posición en que los lados sean utilizados en el calculo de las áreas.

Una vez que se ha establecido la sección y el lado que se va a entrar el programa nos preguntara, si se van a introducir datos en forma manual, entendiéndose por manual la entrada de los datos uno a uno, o bien, si se va a ser uso de un modelo con lo cual el programa entrará los datos del archivo cuyo nombre se haya especificado. Como ya se menciona dicho modelo se puede generar a través de esta rutina o uno mismo lo puede crear mediante la función de la minicomputadora de creación de archivos explicada en el capítulo 2. El requerimiento de estos datos se hará por medio del siguiente letrero en la pantalla, el cual contendrá el lado de sección que se esta entrando a fin de hacer mas sencillo este proceso.

DATOS GRUPO 1 DER1

MODELO > NOMBRE MANUAL > S?

Si se va a emplear un modelo para la entrada de datos se deberá teclear el nombre de este y el programa entrará los datos contenidos en el archivo señalado y pasará a la entrada de datos del grupo 2, como en este caso no se cuenta aun con un modelo se teclaea una letra S después de lo cual el programa nos requerirá los datos del espesor del pavimento, que en nuestro caso será de 0.30 metros, el espesor de la caja en corte, el cual para nuestro caso será de 0.20 metros, el espesor de la subrasante que para nuestro caso será de 0.20 metros, el espesor del despalme que para nuestro caso será de 0.10 metros, y los anchos de cuña de afine, siendo cero para el caso de la cuña de afine del camellón al no contemplarse este en la sección de proyecto del camino y de 0.10 metros para el caso de la cuña de afine del talud del terraplén. A continuación se muestran los mensajes que nos presenta la minicomputadora al requerirnos estos datos y la forma en que se introducen estos.

| REQUERIMIENTO | TECLEAR |
|---------------|--------------|
| ESPAV? | 0.30 + "EXE" |
| ESCAJA? | 0.20 + "EXE" |
| ESSUBBRASA? | 0.20 + "EXE" |
| DESP? | 0.10 + "EXE" |
| AC1? | 0.00 + "EXE" |
| AC2? | 0.10 + "EXE" |

Una vez entrados los datos del grupo 1 el programa nos preguntará si los datos que recién se han entrado los queremos convertir a un modelo con la finalidad de

utilizarle posteriormente, como en este caso los datos se mantienen constantes en el tramo que estamos analizando teclearemos una letra S a fin de crear el modelo, una vez que se ha tecleado la letra S el programa nos preguntará el nombre que se le asignará a dicho modelo, en este caso lo llamaremos GEO, por lo que en la entrada de otros lados de secciones solo bastará entrar este nombre para que el programa haga el llamado automático de estos datos. El proceso descrito anteriormente se nos mostrará en la pantalla de la siguiente forma:

DATOS GRUPO 1

MODELO S/N?

S + "EXE"

QUE NOMBRE?

GEO + "EXE"

Una vez que se han entrado el grupo de datos número 1 el programa procede a la entrada del grupo de datos número 2 en donde se incluyen básicamente los datos de la sección de proyecto del camino, nuevamente se nos preguntará, si deseamos entrar los datos del grupo 2 en forma manual o si queremos hacer uso de un modelo mediante el siguiente mensaje.

DATOS GRUPO 2 DER1

MODELO > NOMBRE MANUAL > S?

Como en este caso aun no contamos con la presencia de algún modelo para este grupo de datos deberemos teclear una letra S para poder entrar los datos del grupo 2 en forma manual. En esta etapa el programa nos preguntará las distancias y pendientes de la configuración básica manejada, debiéndose entrar las distancias y pendientes que en nuestra sección de proyecto son análogas a dicha configuración básica y que ya fueron establecidas en párrafos anteriores. El proceso para la entrada de estos datos se llevará a cabo en la pantalla de la minicomputadora de la siguiente forma:

D1 DER1?

0 + "EXE"

P1 DER1?

0 + "EXE"

D2 DER1?

0 + "EXE"

P2 DER1?

0 + "EXE"

D3 DER1?

3.5 + "EXE"

P3 DER1?

-.02 + "EXE"

D4 DER1?

50 + "EXE"

P4 DER1?

-.666666 + "EXE"

D5 DER1?

0 + "EXE"

P5 DER1?

0 + "EXE"

D6 DER1?

1 + "EXE"

P6 DER1?

-.333333 + "EXE"

D7 DER1?

50 + "EXE"

P7 DER1?

1 + "EXE"

Una vez que se ha terminado de entrar los datos correspondientes al grupo 2 el programa nos preguntará si deseamos guardar estos datos como un modelo, ante lo cual responderemos afirmativamente con una letra S como el mismo programa nos lo señala, después de entrada la letra S el programa nos preguntará bajo que nombre deseamos entrar estos datos ante lo cual responderemos con las letras CAR, y el programa procederá al almacenamiento de los datos recién entrados en un archivo bajo este nombre para su posterior utilización.

Una vez que se ha entrado el nombre del modelo para los datos del grupo 2 el programa nos pedirá los datos que identifican a la sección que estamos analizando de ahí que se hayan nombrado de tal forma "datos de identificación de la sección", empezando por preguntarnos la altura del terreno que en el caso del lado DER1 es de 114.10 metros, requiriéndonos después de la altura de la rasante para este mismo lado, la cual será de 114.06 metros. Una vez que se han entrado los datos de las elevaciones del terreno natural y de la rasante, el programa pregunta cuantas coordenadas se van a introducir, las que en este caso serán 3, procediendo inmediatamente a la entrada de dichas coordenadas. Al entrar las coordenadas, el programa nos requerirá en primera instancia la coordenada X y después la coordenada Y, las cuales deberán ser introducidas en orden ascendente con relación a las abscisas o eje de las "X". El proceso que se ha descrito para la entrada de datos de identificación de la sección se realizará en la pantalla de la siguiente forma:

| | |
|--------------|----------------|
| ALTSEC DER1? | 114.06 + "EXE" |
| ALTER DER1? | 114.10 + "EXE" |
| # DE COORDE- | |
| NADAS DER1? | 3 + "EXE" |
| 1X DER1? | 4 + "EXE" |
| 1Y DER1? | 113.70 + "EXE" |
| 2X DER1? | 7.35 + "EXE" |
| 2Y DER1? | 113.80 + "EXE" |
| 3X DER1? | 10 + "EXE" |
| 3Y DER1? | 113.95 + "EXE" |

Al momento que se entra la última ordenada correspondiente a el lado DER1 se concluye con la entrada de los datos correspondientes al lado derecho del cadenamamiento 0 + 000 que para fines de identificación en el programa será considerado como la sección 1. A continuación se describe la entrada de datos correspondientes al lado izquierdo del mismo cadenamamiento.

Al terminar de entrar la última coordenada del lado DER1 el programa nos preguntará si deseamos entrar mas lados de secciones o si deseamos terminar con el proceso de entrada de datos con el siguiente letrero:

LADO > NOMBRE TERMINAR > S?

Como lo que deseamos es entrar los datos para el lado izquierdo del cadenamamiento 0 + 000 lo que deberemos hacer será entrar el nombre del lado de la siguiente forma:

IZQ1 + "EXE"

Una vez que se ha establecido cual es el lado a entrar el programa nos empezará a pedir los datos correspondientes a dicho lado de la misma forma que para el lado derecho, empezando por preguntarnos si deseamos introducir los datos del grupo 1 mediante un modelo o en forma manual por medio del siguiente mensaje:

DATOS GRUPO1 IZQ1

MODELO > NOMBRE MANUAL > S?

Debido a que los datos del grupo 2 se mantendrán constantes a todo lo largo del camino, bastará entrar el nombre del modelo que generamos en el lado DER1 para dar

concluido el proceso de entrada de datos de este grupo. Esto se realiza en la pantalla de la siguiente forma:

GEO + "EXE"

Una vez entrado el nombre del modelo para el grupo de datos 1, el programa pasará a entrar los datos del grupo 2, requiriendo dichos datos mediante el siguiente letrero:

DATOS GRUPO 2 IZQ1
 MODELO > NOMBRE MANUAL > S?

En este caso serán los mismos valores que introdujimos para el lado DER1, cabe mencionar que estos valores permanecerán constantes en este grupo de datos para todos los tramos en recta o tangente del camino por lo que solo tendremos que entrar el nombre que le asignamos al modelo en la entrada de los datos del lado derecho para que el programa entre en los datos correspondientes a este grupo en forma correcta. Dicho nombre se tecleará de la siguiente forma:

CAR + "EXE"

Una vez que se ha señalado el nombre del modelo el programa entra los datos en forma automática y pasa a requerirnos los datos llamados de identificación de la sección, preguntandonos la elevación del terreno natural, la elevación de la rasante, el número de coordenadas y las coordenadas de la sección del terreno natural para este lado, a lo que responderemos de la siguiente forma:

| | |
|------------------------|----------------|
| ALTSEC IZQ1? | 114.06 + "EXE" |
| ALTER IZQ1? | 114.10 + "EXE" |
| # DE COORDENADAS IZQ1? | 2 + "EXE" |
| X1 IZQ1? | 5.80 + "EXE" |
| Y1 IZQ1? | 114.25 + "EXE" |
| X2 IZQ1? | 10 + "EXE" |
| Y2 IZQ1? | 114.49 + "EXE" |

Una vez terminada la entrada de las coordenadas del lado izquierdo, el programa nos preguntará el nombre del siguiente lado que queremos entrar o bien una letra S si deseamos dar por terminado el proceso de entrada de datos. A continuación se describirá el proceso de entrada de datos para un cadenamamiento del camino ubicado en un tramo en curva, para tal efecto se entraran los datos correspondientes al cadenamamiento 0 + 120, el cual para efectos del programa será manejado como sección 10 con sus correspondientes lados DER10 Y IZQ10.

Como en todos los casos al empezar el proceso de entrada de datos debemos establecer el lado y número de sección que se va a entrar por lo que en este caso deberemos entrar DER10 de la siguiente forma:

LADO > NOMBRE TERMINAR > S? DER10 + "EXE"

Una vez que se ha entrado la sección cuyos datos se van a entrar el programa nos preguntará si deseamos hacer uso de un modelo para entrar los datos del grupo 1 o haremos este proceso de forma manual, ya que en este caso los datos del grupo 1 permanecen constantes en todas las secciones del camino sin importar si estas, se encuentran en curva, en recta o transición, nuevamente podremos hacer uso del modelo

que para este grupo de datos fue generado al entrar los datos del grupo 1 en el lado DER1, el cual ya fue utilizado en la introducción de los datos del grupo 1 para el lado izquierdo de la sección 1 y al cual nombramos GEO, el proceso de entrada de estos datos para el lado DER10 se llevará a cabo en la pantalla de la siguiente forma:

DATOS GRUPO 1 DER10
 MODEL>O MANUAL>S? GEO + "EXE"

Al ser entrado el nombre del modelo de los datos del grupo 1 el programa cargará estos datos para inmediatamente pasar a la entrada de los datos del grupo 2 donde se entran los datos de la sección de proyecto. En la entrada de este grupo de datos se nos preguntará al igual que para el caso de los datos del grupo 1 si deseamos hacer uso de un modelo o haremos en forma manual la entrada de los datos, como en este caso los datos difieren de aquellos que se introdujeron para el lado DER1 por ser un aquel un tramo en recta y este un tramo en curva será necesario la entrada de los datos del grupo 2 en forma manual desarrollándose el procedimiento de entrada de datos para este grupo de la siguiente forma:

| REQUERIMIENTO | ENTRADA |
|-------------------------|---------------------|
| DATOS GRUPO 2 DER10 | |
| MODELO>NOMBRE MANUAL>S? | S + "EXE" |
| D1 DER10? | 0 + "EXE" |
| P1 DER10? | 0 + "EXE" |
| D2 DER10? | 0 + "EXE" |
| P2 DER10? | 0 + "EXE" |
| D3 DER10? | 4.40 + "EXE" |
| P3 DER10? | -0.94 + "EXE" |
| D4 DER10? | 100 + "EXE" |
| P4 DER10? | -.666666666 + "EXE" |
| D5 DER10? | 0 + "EXE" |
| P5 DER10? | 0 + "EXE" |
| D6 DER10? | -1 + "EXE" |
| P6 DER10? | -.333333333 + "EXE" |
| D7 DER10? | 100 + "EXE" |
| P7 DER10? | 1 + "EXE" |

Ya que se ha terminado el proceso de entrada de datos para el grupo 2 el programa nos preguntará si deseamos convertir estos datos a un modelo ante lo cual contestaremos con el nombre que se le quiera asignar a este grupo de datos, en esta ocasión les llamaremos "CURVDER", obedeciendo este nombre a que este grupo de datos será utilizado en las secciones en curva en el lado derecho de las mismas para entrar el grupo 2 de datos, para evitar entrar uno a uno los datos de este grupo en dichas secciones.

Una vez que se han ingresado el nombre del modelo el programa empezará a requerir los datos de identificación de la sección DER10 llevándose a cabo el procedimiento de entrada de datos de la siguiente forma:

| | |
|----------------------|----------------|
| ALTSEC DER10? | 116.26 + "EXE" |
| ALTER DER10? | 115.79 + "EXE" |
| # COORDENADAS DER10? | 3 + "EXE" |
| X1 DER10? | 2.87 + "EXE" |

| | |
|-----------|----------------|
| Y1 DER10? | 115.06 + "EXE" |
| X2 DER10? | 5.73 + "EXE" |
| Y2 DER10? | 114.71 + "EXE" |
| X3 DER10? | 10 + "EXE" |
| Y3 DER10? | 114.78 + "EXE" |

Con esto se termina el proceso de entrada de datos para el lado derecho del cadenamiento 0 + 120 o sección 10 que es como se le identificará en el programa, a continuación se muestra el proceso total que se efectúa en la pantalla de la minicomputadora para la entrada de los datos del lado izquierdo de la misma sección 10 al cual se le denominará IZQ10, abarcando los grupos de datos 1 y 2, y los datos de identificación del lado, en esta ocasión ya sin explicación alguna pues se considera que con los tres lados que se han entrado previamente el proceso de entrada de datos ha quedado suficientemente ejemplificado.

```

DATOS GRUPO 1 IZQ10
MODELO > NOMBRE MANUAL > S? GEO + "EXE"
DATOS GRUPO 2 IZQ10
MODELO > NOMBRE MANUAL > S? S + "EXE"
D1 IZQ10?          0 + "EXE"
P1 IZQ10?          0 + "EXE"
D2 IZQ10?          0 + "EXE"
P2 IZQ10?          0 + "EXE"
D3 IZQ10?          3.5 + "EXE"
P3 IZQ10?          .094 + "EXE"
D4 IZQ10?          100 + "EXE"
P4 IZQ10?          -.666666666 + "EXE"
D5 IZQ10?          0 + "EXE"
P5 IZQ10?          0 + "EXE"
D6 IZQ10?          -1 + "EXE"
P6 IZQ10?          -.3333333333 + "EXE"
D7 IZQ10?          100 + "EXE"
P7 IZQ10?          1 + "EXE"
DATOS GRUPO 2 MODELO S/N? S + "EXE"
QUE NOMBRE?        CURVIZO + "EXE"
ALTSEC IZQ10?      116.26 + "EXE"
ALTER IZQ10?       115.79 + "EXE"
# COORDENADAS IZQ10?
X1 IZQ10?          4.31 + "EXE"
Y1 IZQ10?          115.96 + "EXE"
X2 IZQ10?          6.75 + "EXE"
Y2 IZQ10?          117.68 + "EXE"
X3 IZQ10?          10 + "EXE"
Y3 IZQ10?          117.58 + "EXE"

```

Con esto se concluye la entrada de los datos para la sección 10 o cadenamiento 0 + 120, el cual correspondió a un tramo en curva, a continuación se muestra el proceso de entrada de datos para un tramo en transición para lo cual se escogió el cadenamiento 0 + 190, el cual para fines del programa será considerado como la sección 14.

```

DATOS GRUPO 1 DER14
MODELO > NOMBRE MANUAL > S? GEO + "EXE"

```

DATOS GRUPO 2 DER14
 MODELO > NOMBRE MANUAL > S? S + "EXE"
 D1 DER14? 0 + "EXE"
 P1 DER14? 0 + "EXE"
 D2 DER14? 0 + "EXE"
 P2 DER14? 0 + "EXE"
 D3 DER14? 4.07 + "EXE"
 P3 DER14? -.0595 + "EXE"
 D4 DER14? 100 + "EXE"
 P4 DER14? -.666666666 + "EXE"
 D5 DER14? 0 + "EXE"
 P5 DER14? 0 + "EXE"
 D6 DER14? -1 + "EXE"
 P6 DER14? -.3333333333 + "EXE"
 D7 DER14? 100 + "EXE"
 P7 DER14? 1 + "EXE"
 DATOS GRUPO 2 MODELO S/N? N + "EXE"
 ALTSEC DER14? 116.99 + "EXE"
 ALTER DER14? 115.50 + "EXE"
 # COORDENADAS DER14? 3 + "EXE"
 X1 DER14? 4.31 + "EXE"
 Y1 DER14? 115.96 + "EXE"
 X2 DER14? 6.75 + "EXE"
 Y2 DER14? 117.68 + "EXE"
 X3 DER14? 10 + "EXE"
 Y3 DER14? 117.58 + "EXE"
 DATOS GRUPO 1 IZQ14
 MODELO > NOMBRE MANUAL > S? GEO + "EXE"
 DATOS GRUPO 2 IZQ14
 MODELO > NOMBRE MANUAL > S? S + "EXE"
 D1 IZQ14? 0 + "EXE"
 P1 IZQ14? 0 + "EXE"
 D2 IZQ14? 0 + "EXE"
 P2 IZQ14? 0 + "EXE"
 D3 IZQ14? 3.5 + "EXE"
 P3 IZQ14? 0.0595 + "EXE"
 D4 IZQ14? 100 + "EXE"
 P4 IZQ14? -.666666666 + "EXE"
 D5 IZQ14? 0 + "EXE"
 P5 IZQ14? 0 + "EXE"
 D6 IZQ14? -1 + "EXE"
 P6 IZQ14? -.3333333333 + "EXE"
 D7 IZQ14? 100 + "EXE"
 P7 IZQ14? 1 + "EXE"
 DATOS GRUPO 2 MODELO S/N? N + "EXE"
 ALTSEC IZQ14? 116.99 + "EXE"
 ALTER IZQ14? 115.50 + "EXE"
 # COORDENADAS IZQ14? 3 + "EXE"
 X1 IZQ14? 4.31 + "EXE"
 Y1 IZQ14? 115.96 + "EXE"

| | |
|-----------|----------------|
| X2 IZQ14? | 6.75 + "EXE" |
| Y2 IZQ14? | 117.68 + "EXE" |
| X3 IZQ14? | 10 + "EXE" |
| Y3 IZQ14? | 117.58 + "EXE" |

Como podemos observar en el tramo en curva se crearon dos modelos de sección de proyecto tanto para el lado derecho como para el lado izquierdo de los tramos en curva con lo cual se agilizará la entrada de los datos para las secciones que se encuentren en estos tramos. En el caso de los lados en transición que se entrarán no se crearán modelos debido a que las características de estos lados son únicas dentro del tramo de camino en análisis por lo que no se justifica la creación de modelos en este tipo de casos. Con esto damos por terminado la muestra de la operación de la rutina de entrada de datos ya que por cuestiones de espacio y sobre todo al ser un proceso bastante sencillo resulta fuera de lugar la muestra de la entrada de datos de todas y cada una de las secciones del tramo de camino en análisis.

4.4 CALCULO DE AREAS

Una vez que se han entrado todos los datos de los cadenamientos del tramo de camino en análisis, debemos proceder al cálculo de las áreas de las secciones, en este caso se nos presentan 2 alternativas: una que consiste en ejecutar la parte llamada PRISMA en el menú principal, la cual calcula las secciones medias o cadenamientos promedios entre cadenamientos consecutivos, a las cuales también se les deberán calcular sus áreas transversales para que puedan ser utilizadas en la fórmula del prismoide o bien se puede ir directamente al cálculo de las áreas de los cadenamientos entrados solo que al momento del cálculo de los volúmenes no se podrá hacer uso de la fórmula del prismoide, como en este caso obtendremos los volúmenes mediante ambas formulas es conveniente proceder al cálculo de las dimensiones medias de los secciones entradas para después pasar al cálculo de las áreas transversales de construcción.

Para llevar a cabo la determinación de las secciones medias el proceso de su cálculo dentro del programa se reduce simplemente a ejecutar la parte que dentro del mismo se marca como "PRISMA", lo cual se logra con la simple presión del letrero mostrado en el menú principal, ante lo cual el programa nos mostrará el siguiente mensaje:

"CALCULANDO ENTRE SECCIONES"

Mostrándose a continuación de dicho mensaje el par de secciones que se encuentra analizando hasta que se ha concluido el cálculo de todas y cada una de las secciones medias que se generan en el tramo de camino en análisis, retornando el programa al menú principal.

Una vez que se han suministrado los datos de las secciones del camino o en su caso se han determinado las secciones medias necesarias para el cálculo de los volúmenes por medio de la fórmula del prismoide, podemos acceder a la rutina para el cálculo de las áreas de todas las secciones que se encuentren en la memoria lo cual es

determinado por el programa, siendo importante mencionar que cuando el programa encuentre que existen en la memoria también secciones medias generadas para la utilización de la fórmula del prisma, el programa procederá a calcular el área de estas secciones una vez que haya finalizado el cálculo de las áreas de las secciones que se introdujeron.

Para acceder al cálculo de las áreas de las secciones de construcción desde el menú principal del programa, bastará con presionar el letrero que dice "[3] AREAS". Al iniciarse el procedimiento del cálculo de las áreas de las secciones, se nos preguntará si deseamos que se vayan mostrando en pantalla las áreas de cada una de las secciones que se calculan o si solo deseamos que se calculen dichas áreas sin que sean mostradas en pantalla, esto se nos requerirá en pantalla mediante el siguiente letrero:

MOSTRAR AREAS EN PANTALLA S/N

Ante este requerimiento deberemos contestar con una letra S si deseamos que muestre las áreas al momento que estas son calculadas y una letra N si deseamos que las áreas no sean mostradas en la pantalla de la minicomputadora. En ambos casos las áreas de todas y cada una de las secciones transversales del camino serán almacenadas en la memoria de la minicomputadora para su posterior utilización en el cálculo de los volúmenes de las terracerías, es importante mencionar que si elegimos que las áreas no sean mostradas en pantalla el programa nos avisará la terminación de este proceso por medio de un zumbido. En el caso de que se haya elegido que las áreas sean mostradas durante el proceso de cálculo estas nos serán mostradas en pantalla de la siguiente forma:

```

SECCION N AREA TERR
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
SECCION N AREA CORT
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
SECCION N AREA CAPA
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
SECCION N LIMIT DER
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
SECCION N LIMIT IZO
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

```

Los letreros antes mostrados tienen el siguiente significado:

SECCION N AREA TERR

Este letrero nos indica en primer término la sección a la que corresponden los resultados por ejemplo si se está analizando la sección 1, el valor de n será sustituido por el número 1 y así sucesivamente, AREA TERR nos marca que es el área de la sección correspondiente al terraplén.

SECCION N AREA CORT

En este letrero nuevamente la letra N representa la sección que nos encontramos analizando y el letrero AREA CORT nos marca que es el área en corte de la sección.

SECCN LIMIT DER

Al igual que en los casos anteriores la letra N nos representa la sección a la cual corresponden los datos y el letrero LIMIT DER nos marca la distancia horizontal que abarca el camino hacia la derecha a partir del eje del camino.

SECC N LIMIT IZQ

Nuevamente la letra N nos representa la sección a la cual corresponden los datos que se están mostrando y el letrero LIMIT IZQ nos marca que es la distancia horizontal que abarca el camino hacia la izquierda a partir de su propio eje.

Por ejemplo, en el caso de que hayamos elegido que se muestren las áreas calculadas en nuestro ejemplo, para el primer cadenamamiento estas nos serán mostradas en la pantalla de la siguiente forma:

SECC 1 AREA TERR**0****SECC 1 AREA CORT****3.80****SECC 1 AREA CAPA****1.78****SECC 1 LIMT DER****4.77****SECC 1 LIMIT IZQ****5.28**

La aparición de estos resultados se hará presentando solo un resultado a la vez en la pantalla de la minicomputadora y para que aparezca el siguiente resultado bastará con apretar cualquier tecla de la minicomputadora. Estos datos de acuerdo a los conceptos que representan significan que el camino esta totalmente en corte ya que no se presenta área en terraplén siendo el área en corte de 3.80 unidades cuadradas y que el área de capa es de 1.78 unidades cuadradas, también se nos indica que el límite del camino hacia la derecha es de 4.77 metros y hacia la izquierda de 5.28 metros, medidos ambos a partir del eje del camino. Al momento de ser presentados los resultados en la pantalla de la minicomputadora esta nos avisará por medio de un sonido el cual será similar al que emitirá en el caso de que se haya elegido no mostrar las áreas en pantalla, avisandonos en este caso solamente de la finalización del proceso de cálculo de las áreas.

En la tabla número 5 se resumen los resultados obtenidos en cuanto a las áreas, para nuestro tramo en análisis, también se añade una tabla (número 6) con las áreas calculadas para las secciones medias entre cadenamamientos las cuales serán utilizadas para el cálculo de los volúmenes de terracerías por medio del método del prismaoidal, estas áreas son presentadas en el formato que se presentan en la pantalla, que por cierto es el mismo con el que se almacenan en la memoria de la minicomputadora.

| CADENAMIENTO | SECCION | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|--------------|---------|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 0 + 000 | 1 | | 3.60 | 1.78 | 4.77 | 5.28 |
| 0 + 020 | 2 | | 4.27 | 1.78 | 4.74 | 5.35 |
| 0 + 030 | 3 | | 3.63 | 1.20 | 4.86 | 5.35 |
| 0 + 040 | 4 | | 3.67 | 1.78 | 4.45 | 5.23 |
| 0 + 060 | 5 | | 3.16 | 1.65 | 5.18 | 5.30 |
| 0 + 080 | 6 | | 0.64 | 1.49 | 5.24 | 5.04 |
| 0 + 070 | 7 | | 0.27 | 1.51 | 4.75 | 4.99 |
| 0 + 080 | 8 | 0.64 | 0.66 | 1.24 | 5.63 | 4.65 |
| 0 + 100 | 9 | 0.63 | 0.03 | 1.66 | 5.67 | 4.56 |
| 0 + 120 | 10 | 3.25 | | 1.66 | 6.29 | 4.31 |
| 0 + 140 | 11 | 6.36 | | 1.69 | 5.63 | 4.66 |
| 0 + 160 | 12 | 10.06 | | 1.92 | 6.32 | 5.37 |
| 0 + 180 | 13 | 13.23 | | 1.94 | 6.69 | 6.19 |
| 0 + 190 | 14 | 9.09 | | 1.65 | 5.35 | 4.62 |
| 0 + 200 | 15 | 9.60 | | 1.81 | 6.31 | 4.67 |
| 0 + 210 | 16 | 9.15 | | 1.78 | 5.95 | 5.17 |
| 0 + 220 | 17 | 7.04 | | 1.72 | 5.53 | 4.81 |
| 0 + 240 | 18 | 3.60 | 0.19 | 1.65 | 5.25 | 4.67 |
| 0 + 260 | 19 | 9.03 | | 1.73 | 5.65 | 4.73 |
| 0 + 280 | 20 | 2.66 | 0.01 | 1.66 | 4.95 | 4.60 |
| 0 + 300 | 21 | 2.10 | 0.23 | 1.69 | 4.80 | 4.63 |
| 0 + 320 | 22 | 3.52 | | 1.64 | 5.34 | 4.23 |
| 0 + 340 | 23 | 4.57 | | 1.69 | 4.91 | 4.36 |
| 0 + 360 | 24 | | 20.70 | 1.91 | 6.69 | 6.43 |
| 0 + 380 | 25 | | 6.46 | 1.91 | 5.24 | 5.46 |
| 0 + 400 | 26 | | 3.96 | 1.81 | 4.97 | 5.42 |

TABLA 5

4.5 CALCULO DE LOS VOLUMENES

Habiéndose determinado las áreas de las secciones de construcción se puede pasar al cálculo de los volúmenes de las terracerías y ordenadas de la curva masa. Mediante el programa se pueden calcular los volúmenes de las terracerías y ordenadas de la curva masa por medio de dos formulas: por la del prismoide o bien por la de las áreas medias, para acceder a esta proceso bastará con oprimir desde el menú principal el letrero que dice CURVA y el programa se enlazará automáticamente con la parte del programa que realiza estos cálculos, ya dentro del proceso que calcula los volúmenes de terracerías y ordenadas de la curva masa, el primer requerimiento que se nos hará

| ENTRE SECCION | | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|---------------|----|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 1 | 2 | | 4.03 | 1.78 | 4.75 | 5.31 |
| 2 | 3 | | 4.45 | 1.78 | 4.80 | 5.35 |
| 3 | 4 | | 2.97 | 0.95 | 4.80 | 5.29 |
| 4 | 5 | | 3.46 | 1.70 | 4.80 | 5.26 |
| 5 | 6 | | 1.15 | 0.98 | 5.21 | 5.17 |
| 6 | 7 | | 0.90 | 1.62 | 5.29 | 5.02 |
| 7 | 8 | 0.20 | 0.45 | 1.80 | 5.48 | 4.29 |
| 8 | 9 | 0.73 | 0.46 | 1.95 | 5.30 | 4.81 |
| 9 | 10 | 2.01 | | 1.98 | 5.09 | 4.40 |
| 10 | 11 | 4.70 | | 1.99 | 5.11 | 4.53 |
| 11 | 12 | 8.15 | | 1.91 | 5.14 | 5.11 |
| 12 | 13 | 11.59 | | 1.93 | 5.52 | 5.77 |
| 13 | 14 | 10.99 | | 1.99 | 5.52 | 5.51 |
| 14 | 15 | 9.30 | | 1.83 | 5.33 | 4.85 |
| 16 | 16 | 9.32 | | 1.79 | 5.12 | 4.99 |
| 16 | 17 | 8.08 | | 1.75 | 5.75 | 4.98 |
| 17 | 18 | 5.21 | | 1.71 | 5.38 | 4.42 |
| 18 | 19 | 5.19 | | 1.71 | 5.47 | 4.39 |
| 19 | 20 | 5.80 | | 1.71 | 5.31 | 4.41 |
| 20 | 21 | 2.49 | 0.14 | 1.81 | 4.98 | 4.85 |
| 21 | 22 | 2.94 | | 1.55 | 5.06 | 4.16 |
| 22 | 23 | 3.99 | | 1.70 | 5.11 | 4.30 |
| 23 | 24 | | 7.11 | 1.91 | 5.36 | 5.52 |
| 24 | 25 | | 13.27 | 1.91 | 5.89 | 5.94 |
| 25 | 26 | | 5.80 | 1.81 | 5.10 | 5.44 |

TABLA 6

será el valor inicial para la primera ordenada de la curva masa, debiendo ser este valor lo suficientemente grande a fin de evitar que surjan números negativos durante el cálculo de las ordenadas de la curva masa, se considera que con un valor de 10000 que se le asigne a la primera ordenada se evita la aparición de números negativos durante el cálculo de las ordenadas. Este requerimiento se hará en la pantalla de la siguiente forma:

OCMI?

10000 + "EXE"

Después de este requerimiento el programa nos preguntará por que método deseamos que se calculen los volúmenes de las terracerías ya sea por la fórmula de las áreas medias o bien por la fórmula del prismoide, realizándose este requerimiento en la pantalla de la siguiente forma:

MEDIAS1 O PRISMOIDE2**QUE ESCOGES?**

Si se entra el número 1, el cálculo de los volúmenes se hará mediante la fórmula de las áreas medias, entrando el número 2 el cálculo se realizará mediante la fórmula del prismoide y al entrar el número 3 se saldrá de la rutina y se regresará hacia el menú principal. Una vez que se ha entrado el número de la elección que relaciona mediante que método se van a calcular los volúmenes de las terracerías el programa nos empezará a pedir los datos que han sido denominados datos volumétricos y que incluyen básicamente a la coordenada de curva masa inicial, la longitud existente entre los cadenamientos a partir de los cuales se va a calcular el volumen, así como los coeficientes de variabilidad volumétrica para cada uno de los cadenamientos en análisis, los cuales son necesarios para la correcta compensación de los volúmenes de corte y terraplén. Para el caso de los dos primeros cadenamientos de nuestro ejemplo este proceso se efectuará de la siguiente forma en la pantalla:

| | | | |
|-----------------------------|-------|----|------|
| OCSI? | 10000 | | |
| LONG ENTRE SECCIONES 1 Y 2? | 20 | | |
| CVV'S DE LAS SECC'S 1? | 1.08 | 2? | 1.08 |

En nuestro ejemplo se considerará que el coeficiente de variabilidad volumétrica se mantendrá constante a lo largo del tramo de camino en análisis de ahí que se entren valores similares para ambos cadenamientos. Una vez que se hayan entrado los valores de los coeficientes de variación volumétrica para ambos cadenamientos el programa nos mostrará en pantalla los volúmenes correspondientes al tramo tanto de corte o terraplén como el de capa y la ordenada de la curva masa de cada cadenamiento de la siguiente forma:

VOL TRAMO 1-2 = 87.16

VOL DE CAPA = 35.60

ORDENADA DE LA CURVA MASA EN LA SECCION 2 ES

1087.16

Después de presentarse la ordenada de la curva masa el programa nos pedirá la longitud existente entre el siguiente par de secciones así como los coeficientes de variabilidad volumétrica para ambas secciones repitiéndose de esta manera el proceso hasta que se terminen las secciones que existan actualmente en memoria dando en ese momento el programa por terminado el cálculo de volúmenes de terracerías y ordenadas de curva masa. El proceso descrito en los párrafos anteriores es el mismo para el caso de que los volúmenes se calculen por la fórmula del prismoide. En las siguientes tablas (7 y 8) se muestran los volúmenes obtenidos para cada uno de los tramos así como las ordenadas de la curva masa para cada una de nuestras secciones, tanto por la fórmula de las áreas medias como por la fórmula del prismoide.

Al terminar el cálculo de los volúmenes y las ordenadas de la curva masa podemos ejecutar a la última rutina que se presenta en el menú principal del programa bajo el letrero de "MOVER", la cual nos permitirá ensayar valores de la rasante a fin de determinar la influencia que dicha modificación tiene en los volúmenes de terracerías y en

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DE LAS AREAS MEDIAS (m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 87.16 | 36.00 | 10087.16 |
| 3 | 0 + 030 | | 43.74 | 14.90 | 10130.90 |
| 4 | 0 + 040 | | 40.60 | 14.00 | 10171.40 |
| 5 | 0 + 060 | | 36.86 | 17.16 | 10208.28 |
| 6 | 0 + 060 | | 21.60 | 16.70 | 10229.06 |
| 7 | 0 + 070 | | 6.99 | 16.00 | 10235.87 |
| 8 | 0 + 080 | | 1.62 | 16.76 | 10237.69 |
| 9 | 0 + 100 | 7.25 | | 37.20 | 10230.46 |
| 10 | 0 + 120 | 40.48 | | 37.00 | 10169.97 |
| 11 | 0 + 140 | 96.10 | | 37.70 | 10093.87 |
| 12 | 0 + 160 | 164.10 | | 38.10 | 9929.77 |
| 13 | 0 + 180 | 233.80 | | 38.00 | 9696.97 |
| 14 | 0 + 190 | 111.60 | | 18.95 | 9586.37 |
| 15 | 0 + 200 | 92.96 | | 18.30 | 9482.42 |
| 16 | 0 + 210 | 93.26 | | 17.96 | 9399.17 |
| 17 | 0 + 220 | 80.96 | | 17.60 | 9316.22 |
| 18 | 0 + 240 | 104.36 | | 36.70 | 9213.87 |
| 19 | 0 + 260 | 124.26 | | 36.90 | 9086.63 |
| 20 | 0 + 280 | 119.09 | | 34.10 | 8970.63 |
| 21 | 0 + 300 | 47.31 | | 36.70 | 8923.23 |
| 22 | 0 + 320 | 53.72 | | 36.30 | 8869.61 |
| 23 | 0 + 340 | 80.90 | | 33.30 | 8786.61 |
| 24 | 0 + 360 | | 177.66 | 36.00 | 8666.47 |
| 25 | 0 + 380 | | 293.33 | 36.20 | 8269.60 |
| 26 | 0 + 400 | | 112.64 | 36.20 | 9372.33 |

TABLA 7

consecuencia en el gráfico de la curva masa, para acceder a esta rutina como en el caso de todas las rutinas que se presentan en el menú principal bastará con presionar el letrero, accediéndose en forma automática a este proceso. Aquí el único requerimiento que se nos hará por parte del programa será la cantidad que deseamos mover la rasante ya sea hacia arriba o hacia abajo, en este proceso se deben seguir 2 reglas básicas para la modificación de la rasante, por ejemplo en el caso de que deseemos subirla deberemos entrar la cantidad con signo positivo y para bajarla la cantidad se deberá entrar con signo negativo. Este requerimiento se llevará a cabo en la pantalla de la siguiente forma:

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DEL PRISMOIDE (m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 87.08 | 35.80 | 10087.08 |
| 3 | 0 + 030 | | 46.62 | 16.83 | 10133.70 |
| 4 | 0 + 040 | | 34.88 | 11.30 | 10168.50 |
| 5 | 0 + 060 | | 37.21 | 17.65 | 10205.79 |
| 6 | 0 + 080 | | 18.48 | 10.97 | 10221.27 |
| 7 | 0 + 070 | | 7.76 | 17.13 | 10228.03 |
| 8 | 0 + 080 | | 2.69 | 17.58 | 10231.62 |
| 9 | 0 + 100 | 5.66 | | 37.20 | 10226.96 |
| 10 | 0 + 120 | 40.29 | | 37.80 | 10186.67 |
| 11 | 0 + 140 | 95.37 | | 37.77 | 10090.30 |
| 12 | 0 + 160 | 163.37 | | 38.17 | 9926.94 |
| 13 | 0 + 180 | 232.00 | | 38.60 | 9694.04 |
| 14 | 0 + 190 | 110.47 | | 18.92 | 9594.47 |
| 15 | 0 + 200 | 92.98 | | 18.30 | 9491.48 |
| 16 | 0 + 210 | 93.22 | | 17.92 | 9398.27 |
| 17 | 0 + 220 | 80.86 | | 17.80 | 9317.42 |
| 18 | 0 + 240 | 104.25 | | 34.70 | 9213.17 |
| 19 | 0 + 250 | 123.95 | | 34.73 | 9089.22 |
| 20 | 0 + 280 | 117.03 | | 34.17 | 8972.19 |
| 21 | 0 + 300 | 48.95 | | 36.03 | 8925.24 |
| 22 | 0 + 320 | 55.77 | | 32.43 | 8890.46 |
| 23 | 0 + 350 | 80.17 | | 33.77 | 8769.30 |
| 24 | 0 + 360 | | 161.67 | 37.47 | 8980.97 |
| 25 | 0 + 380 | | 288.86 | 36.20 | 9239.83 |
| 26 | 0 + 400 | | 118.15 | 37.20 | 9357.98 |

TABLA 6

CANTIDAD A MODIFICAR LA RASANTE? 0.10 + "EXE"

En nuestro ejemplo se resolverán 2 casos adicionales a aquel que se resuelve con la altura original de la rasante, en uno de los cuales la rasante será bajada en 10 centímetros y otro en que la rasante se verá aumentada 10 centímetros con respecto a la rasante original, resolviéndose ambos casos tanto por la fórmula del prismoide como, por la fórmula de las áreas medias. En las siguientes paginas se muestran los resultados obtenidos mediante el programa para cada uno de los casos mencionados, abarcando dichos resultados desde las áreas hasta las ordenadas de curva masa para cada

| CADENAMIENTO | SECCION | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|--------------|---------|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 0 + 000 | 1 | | 2.90 | 1.72 | 4.22 | 5.18 |
| 0 + 020 | 2 | | 3.29 | 1.65 | 4.18 | 5.25 |
| 0 + 030 | 3 | | 3.81 | 1.78 | 4.77 | 5.24 |
| 0 + 040 | 4 | | 2.70 | 1.79 | 4.63 | 5.14 |
| 0 + 060 | 5 | | 1.48 | 1.29 | 5.09 | 5.20 |
| 0 + 080 | 6 | 0.08 | 0.12 | 1.58 | 4.58 | 4.94 |
| 0 + 070 | 7 | 0.46 | | 1.68 | 4.91 | 4.15 |
| 0 + 080 | 8 | 1.11 | | 0.84 | 4.91 | 4.81 |
| 0 + 100 | 9 | 1.86 | | 1.90 | 6.04 | 4.70 |
| 0 + 120 | 10 | 4.32 | | 1.89 | 6.45 | 4.38 |
| 0 + 140 | 11 | 7.45 | | 1.90 | 6.10 | 4.98 |
| 0 + 160 | 12 | 11.24 | | 1.03 | 6.47 | 5.50 |
| 0 + 180 | 13 | 14.53 | | 1.95 | 6.83 | 6.32 |
| 0 + 190 | 14 | 10.22 | | 1.66 | 6.49 | 4.96 |
| 0+ 200 | 15 | 10.63 | | 1.02 | 6.46 | 4.96 |
| 0 + 210 | 16 | 10.28 | | 1.79 | 6.09 | 5.31 |
| 0 + 220 | 17 | 8.09 | | 1.73 | 5.70 | 4.94 |
| 0 + 240 | 18 | 4.58 | | 1.57 | 5.41 | 4.17 |
| 0 + 260 | 19 | 10.22 | | 1.74 | 5.78 | 4.86 |
| 0 + 280 | 20 | 3.79 | | 1.61 | 5.08 | 4.21 |
| 0 + 300 | 21 | 2.94 | | 1.64 | 4.96 | 4.23 |
| 0 + 320 | 22 | 4.43 | | 1.71 | 5.51 | 4.36 |
| 0 + 340 | 23 | 5.51 | | 1.70 | 5.06 | 4.48 |
| 0 + 360 | 24 | | 19.42 | 1.91 | 6.40 | 6.33 |
| 0 + 380 | 25 | | 5.40 | 1.91 | 5.14 | 5.36 |
| 0 + 400 | 26 | | 2.54 | 1.08 | 4.87 | 5.31 |

TABLA 9
(CON AUMENTO DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS.)

sección según el caso resuelto, mostrándose al final una sobreposición de las gráficas de curva masa obtenidas para cada una de las alturas de la rasante tanto por la fórmula del prismoide como por la fórmula de las áreas medias, con la finalidad de mostrar las interrelaciones que guardan los resultados según los métodos utilizados y la altura de la rasante empleada.

| ENTRE SECCION | | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|---------------|----|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 1 | 2 | | 3.10 | 1.89 | 4.20 | 5.21 |
| 2 | 3 | | 2.55 | 0.95 | 4.20 | 5.25 |
| 3 | 4 | | 3.24 | 1.78 | 4.28 | 5.19 |
| 4 | 5 | | 2.57 | 1.73 | 4.36 | 5.17 |
| 5 | 6 | | 0.81 | 1.45 | 5.11 | 5.07 |
| 6 | 7 | 0.31 | | 1.64 | 4.74 | 4.91 |
| 7 | 8 | 0.80 | | 1.58 | 4.92 | 4.42 |
| 8 | 9 | 1.29 | | 1.87 | 5.47 | 4.78 |
| 9 | 10 | 3.08 | | 1.89 | 5.25 | 4.50 |
| 10 | 11 | 5.93 | | 1.89 | 5.28 | 4.62 |
| 11 | 12 | 9.29 | | 1.92 | 5.30 | 5.23 |
| 12 | 13 | 12.62 | | 1.94 | 5.66 | 5.90 |
| 13 | 14 | 12.21 | | 1.90 | 5.66 | 5.64 |
| 14 | 15 | 10.43 | | 1.84 | 5.45 | 4.95 |
| 15 | 16 | 10.44 | | 1.80 | 5.27 | 5.10 |
| 16 | 17 | 9.17 | | 1.76 | 5.91 | 5.12 |
| 17 | 18 | 6.21 | | 1.72 | 5.55 | 4.55 |
| 18 | 19 | 7.19 | | 1.72 | 5.61 | 4.62 |
| 19 | 20 | 6.79 | | 1.72 | 5.44 | 4.54 |
| 20 | 21 | 3.35 | | 1.53 | 5.03 | 4.22 |
| 21 | 22 | 3.93 | | 1.70 | 5.22 | 4.29 |
| 22 | 23 | 4.94 | | 1.71 | 5.26 | 4.42 |
| 23 | 24 | | 6.03 | 1.91 | 5.25 | 5.50 |
| 24 | 25 | | 12.10 | 1.91 | 5.77 | 5.94 |
| 25 | 25 | | 3.67 | 1.59 | 5.00 | 5.33 |

TABLA 10
(CON AUMENTO DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS)

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DE LAS AREAS MEDIAS (m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 66.65 | 33.70 | 10066.65 |
| 3 | 0 + 030 | | 37.26 | 17.15 | 10104.11 |
| 4 | 0 + 040 | | 34.07 | 17.65 | 10138.19 |
| 5 | 0 + 060 | | 22.57 | 15.40 | 10160.76 |
| 6 | 0 + 080 | | 8.24 | 14.35 | 10169.00 |
| 7 | 0 + 070 | 2.05 | | 16.30 | 10166.05 |
| 8 | 0 + 080 | 7.65 | | 12.50 | 10169.10 |
| 9 | 0 + 100 | 29.60 | | 27.30 | 10129.60 |
| 10 | 0 + 120 | 61.70 | | 37.80 | 10067.60 |
| 11 | 0 + 140 | 117.70 | | 37.90 | 9950.10 |
| 12 | 0 + 160 | 186.90 | | 36.30 | 9763.20 |
| 13 | 0 + 180 | 257.70 | | 36.60 | 9505.50 |
| 14 | 0 + 190 | 123.75 | | 19.05 | 9381.75 |
| 15 | 0 + 200 | 104.25 | | 18.40 | 9277.50 |
| 16 | 0 + 210 | 104.65 | | 18.05 | 9172.95 |
| 17 | 0 + 220 | 91.65 | | 17.60 | 9081.10 |
| 18 | 0 + 240 | 126.77 | | 33.00 | 8954.40 |
| 19 | 0 + 260 | 146.60 | | 33.10 | 8807.80 |
| 20 | 0 + 280 | 136.70 | | 33.60 | 8699.10 |
| 21 | 0 + 300 | 67.30 | | 32.50 | 8601.80 |
| 22 | 0 + 320 | 73.70 | | 33.50 | 8528.10 |
| 23 | 0 + 340 | 99.40 | | 34.10 | 8428.70 |
| 24 | 0 + 350 | | 154.64 | 36.10 | 8583.33 |
| 25 | 0 + 380 | | 268.06 | 36.20 | 8851.39 |
| 26 | 0 + 400 | | 65.75 | 29.90 | 8937.14 |

TABLA 11.
(CON AUMENTO DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS.)

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DE EL PRISMOIDE(m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|---|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 65.92 | 33.77 | 10065.92 |
| 3 | 0 + 030 | | 30.78 | 12.05 | 10097.70 |
| 4 | 0 + 040 | | 34.69 | 17.62 | 10132.39 |
| 5 | 0 + 050 | | 25.03 | 16.57 | 10158.42 |
| 6 | 0 + 060 | | 8.58 | 14.45 | 10167.00 |
| 7 | 0 + 070 | 2.25 | | 16.37 | 10164.75 |
| 8 | 0 + 080 | 7.95 | | 14.73 | 10155.90 |
| 9 | 0 + 100 | 27.07 | | 34.03 | 10129.73 |
| 10 | 0 + 120 | 61.63 | | 37.80 | 10066.10 |
| 11 | 0 + 140 | 118.97 | | 37.83 | 9951.13 |
| 12 | 0 + 160 | 185.17 | | 38.37 | 9784.97 |
| 13 | 0 + 180 | 255.83 | | 38.80 | 9508.13 |
| 14 | 0 + 190 | 122.65 | | 19.02 | 9385.48 |
| 15 | 0 + 200 | 104.28 | | 18.40 | 9201.20 |
| 16 | 0 + 210 | 104.45 | | 18.02 | 9175.75 |
| 17 | 0 + 220 | 91.75 | | 17.60 | 9085.00 |
| 18 | 0 + 240 | 125.03 | | 33.93 | 8959.97 |
| 19 | 0 + 250 | 144.73 | | 33.97 | 8815.23 |
| 20 | 0 + 280 | 135.77 | | 34.10 | 8578.47 |
| 21 | 0 + 300 | 67.23 | | 32.67 | 8511.23 |
| 22 | 0 + 320 | 72.97 | | 33.83 | 8538.27 |
| 23 | 0 + 340 | 99.00 | | 34.17 | 8439.27 |
| 24 | 0 + 360 | | 138.38 | 37.50 | 8577.64 |
| 25 | 0 + 380 | | 263.59 | 38.20 | 8841.23 |
| 26 | 0 + 400 | | 81.43 | 31.17 | 8922.67 |

TABLA 12.
(CON AUMENTO DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS.)

| CADENAMIENTO | SECCION | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|--------------|---------|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 0 + 000 | 1 | | 5.00 | 1.97 | 4.67 | 5.36 |
| 0 + 020 | 2 | | 5.29 | 1.78 | 4.63 | 5.45 |
| 0 + 030 | 3 | | 5.34 | 1.69 | 4.95 | 5.46 |
| 0 + 040 | 4 | | 4.68 | 1.72 | 4.26 | 5.33 |
| 0 + 060 | 5 | | 4.17 | 1.73 | 5.27 | 5.40 |
| 0 + 060 | 6 | | 1.16 | 0.91 | 5.34 | 5.15 |
| 0 + 070 | 7 | | 1.22 | 1.55 | 5.42 | 5.12 |
| 0 + 080 | 8 | 0.18 | 0.33 | 1.26 | 5.72 | 4.50 |
| 0 + 100 | 9 | 0.36 | 0.61 | 1.67 | 5.70 | 4.42 |
| 0 + 120 | 10 | 2.21 | | 1.66 | 6.13 | 4.23 |
| 0 + 140 | 11 | 5.29 | | 1.66 | 5.73 | 4.74 |
| 0 + 160 | 12 | 6.90 | | 1.91 | 6.17 | 5.25 |
| 0 + 180 | 13 | 11.95 | | 1.93 | 6.55 | 6.05 |
| 0 + 190 | 14 | 7.98 | | 1.64 | 6.21 | 4.69 |
| 0 + 200 | 15 | 6.40 | | 1.60 | 6.15 | 4.78 |
| 0 + 210 | 16 | 6.05 | | 1.77 | 5.61 | 5.03 |
| 0 + 220 | 17 | 6.02 | | 1.72 | 5.36 | 4.66 |
| 0 + 240 | 18 | 3.06 | 0.42 | 1.60 | 5.06 | 4.96 |
| 0 + 260 | 19 | 6.00 | | 1.72 | 5.53 | 4.61 |
| 0 + 280 | 20 | 1.95 | 0.30 | 1.91 | 4.62 | 4.91 |
| 0 + 300 | 21 | 1.18 | 0.16 | 1.75 | 4.65 | 5.10 |
| 0 + 320 | 22 | 2.63 | | 1.69 | 5.17 | 4.80 |
| 0 + 340 | 23 | 3.69 | | 1.65 | 4.76 | 4.25 |
| 0 + 360 | 24 | | 22.01 | 1.91 | 6.59 | 6.54 |
| 0 + 380 | 25 | | 7.54 | 1.91 | 5.33 | 5.56 |
| 0 + 400 | 26 | | 5.29 | 2.32 | 5.06 | 5.52 |

TABLA 13
(CON DISMINUCION DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS)

| ENTRE SECCION | | AREAS (m ²) | | | ANCHOS DEL CAMINO (m) | |
|---------------|----|-------------------------|-------|------|-----------------------|-----------|
| | | TERRAPLEN | CORTE | CAPA | DERECHA | IZQUIERDA |
| 1 | 2 | | 5.05 | 1.78 | 4.85 | 5.42 |
| 2 | 3 | | 5.07 | 1.59 | 4.89 | 5.46 |
| 3 | 4 | | 5.05 | 1.78 | 4.80 | 5.39 |
| 4 | 5 | | 4.80 | 1.80 | 4.96 | 5.36 |
| 5 | 6 | | 2.22 | 1.29 | 5.31 | 5.28 |
| 6 | | | 1.40 | 1.54 | 5.39 | 5.14 |
| 7 | 8 | | 0.54 | 1.11 | 5.57 | 4.16 |
| 8 | 9 | 0.28 | 0.83 | 1.59 | 5.13 | 4.47 |
| 9 | 10 | 0.96 | | 1.87 | 5.92 | 4.30 |
| 10 | 11 | 3.70 | | 1.88 | 5.94 | 4.43 |
| 11 | 12 | 7.04 | | 1.90 | 5.98 | 4.99 |
| 12 | 13 | 10.36 | | 1.92 | 6.37 | 5.54 |
| 13 | 14 | 9.80 | | 1.88 | 6.38 | 5.37 |
| 14 | 15 | 8.19 | | 1.82 | 6.18 | 4.75 |
| 15 | 16 | 6.22 | | 1.78 | 5.98 | 4.68 |
| 16 | 17 | 7.02 | | 1.74 | 5.61 | 4.85 |
| 17 | 18 | 4.25 | | 1.70 | 5.22 | 4.29 |
| 18 | 19 | 5.22 | | 1.70 | 5.33 | 4.26 |
| 19 | 20 | 4.94 | | 1.70 | 5.18 | 4.28 |
| 20 | 21 | 1.86 | 0.37 | 1.96 | 4.74 | 4.98 |
| 21 | 22 | 1.87 | 0.25 | 1.89 | 4.90 | 4.92 |
| 22 | 23 | 3.18 | | 1.57 | 4.95 | 4.18 |
| 23 | 24 | | 6.22 | 1.91 | 5.46 | 5.73 |
| 24 | 25 | | 14.48 | 1.91 | 5.95 | 6.05 |
| 25 | 26 | | 6.66 | 1.91 | 5.19 | 5.54 |

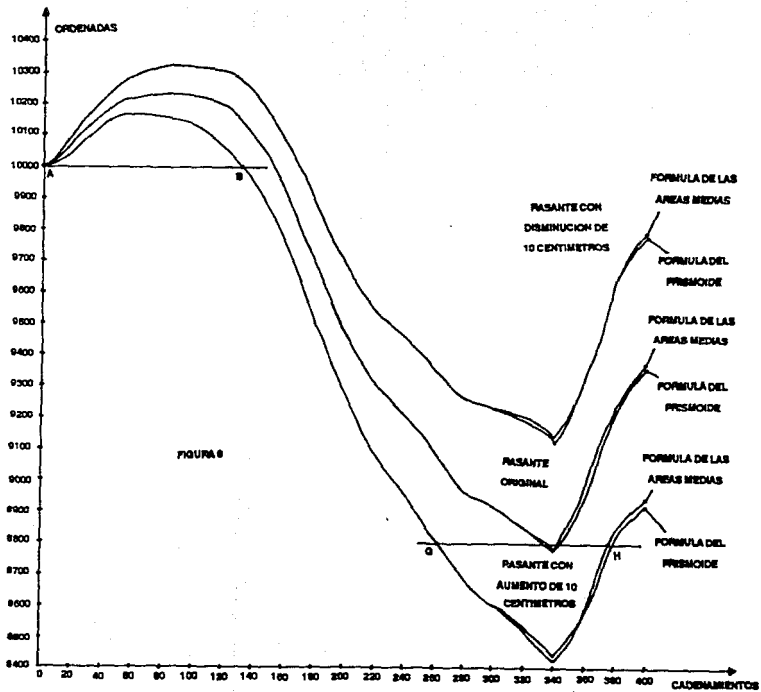
TABLA 14
(CON DISMINUCION DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS)

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DE LAS AREAS MEDIAS (m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 111.13 | 37.60 | 10111.13 |
| 3 | 0 + 030 | | 67.40 | 17.35 | 10168.63 |
| 4 | 0 + 040 | | 63.67 | 17.06 | 10222.10 |
| 5 | 0 + 050 | | 47.25 | 17.25 | 10269.35 |
| 6 | 0 + 060 | | 28.78 | 13.20 | 10298.13 |
| 7 | 0 + 070 | | 12.95 | 12.30 | 10310.99 |
| 8 | 0 + 080 | | 7.47 | 14.05 | 10318.46 |
| 9 | 0 + 100 | | 4.55 | 31.30 | 10323.01 |
| 10 | 0 + 120 | 19.31 | | 37.60 | 10303.70 |
| 11 | 0 + 140 | 75.00 | | 37.60 | 10226.70 |
| 12 | 0 + 180 | 141.90 | | 37.60 | 10086.80 |
| 13 | 0 + 180 | 208.60 | | 38.40 | 9878.30 |
| 14 | 0 + 190 | 99.65 | | 18.85 | 9778.65 |
| 15 | 0 + 200 | 81.70 | | 18.20 | 9696.75 |
| 16 | 0 + 210 | 62.85 | | 17.85 | 9614.60 |
| 17 | 0 + 220 | 70.35 | | 17.45 | 9544.15 |
| 18 | 0 + 240 | 66.25 | | 33.20 | 9487.88 |
| 19 | 0 + 260 | 106.05 | | 33.20 | 9361.62 |
| 20 | 0 + 280 | 96.36 | | 36.30 | 9255.46 |
| 21 | 0 + 300 | 26.43 | | 36.60 | 9229.03 |
| 22 | 0 + 320 | 36.25 | | 34.40 | 9192.76 |
| 23 | 0 + 340 | 63.09 | | 33.40 | 9129.67 |
| 24 | 0 + 360 | | 200.61 | 35.60 | 9330.48 |
| 25 | 0 + 380 | | 319.14 | 38.20 | 9649.62 |
| 26 | 0 + 400 | | 149.36 | 42.30 | 9798.96 |

TABLA 15.
(CON DISMINUCION DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS.)

| SECCION | CADENAMIENTO | VOLUMENES OBTENIDOS POR LA FORMULA DE EL PRISMOIDE (m ³) | | | ORDENADA CURVA MASA (m ³) |
|---------|--------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | VOLUMEN EN TERRAPLEN | VOLUMEN EN CORTE | VOLUMEN DE CAPA | |
| 1 | 0 + 000 | | | | 10000.00 |
| 2 | 0 + 020 | | 109.78 | 38.23 | 10109.78 |
| 3 | 0 + 030 | | 55.36 | 16.38 | 10165.40 |
| 4 | 0 + 040 | | 54.18 | 17.65 | 10219.76 |
| 5 | 0 + 050 | | 48.15 | 17.75 | 10287.91 |
| 6 | 0 + 060 | | 25.58 | 13.00 | 10293.49 |
| 7 | 0 + 070 | | 15.01 | 14.37 | 10308.60 |
| 8 | 0 + 080 | | 6.38 | 12.08 | 10314.88 |
| 9 | 0 + 100 | | 9.74 | 32.97 | 10324.62 |
| 10 | 0 + 120 | 19.50 | | 37.43 | 10305.11 |
| 11 | 0 + 140 | 74.33 | | 37.60 | 10230.78 |
| 12 | 0 + 160 | 141.17 | | 37.97 | 10089.61 |
| 13 | 0 + 180 | 207.63 | | 38.40 | 9881.98 |
| 14 | 0 + 190 | 98.55 | | 18.82 | 9783.43 |
| 15 | 0 + 200 | 81.90 | | 18.20 | 9701.53 |
| 16 | 0 + 210 | 82.22 | | 17.62 | 9619.31 |
| 17 | 0 + 220 | 70.25 | | 17.42 | 9549.05 |
| 18 | 0 + 240 | 85.42 | | 33.73 | 9463.64 |
| 19 | 0 + 260 | 104.95 | | 33.73 | 9358.69 |
| 20 | 0 + 280 | 96.65 | | 34.77 | 9262.03 |
| 21 | 0 + 300 | 24.28 | | 38.60 | 9237.75 |
| 22 | 0 + 320 | 33.42 | | 36.67 | 9204.33 |
| 23 | 0 + 340 | 63.43 | | 32.07 | 9140.90 |
| 24 | 0 + 360 | | 185.30 | 37.33 | 9328.20 |
| 25 | 0 + 380 | | 314.60 | 38.20 | 9640.61 |
| 26 | 0 + 400 | | 145.69 | 39.57 | 9786.50 |

TABLA 16.
(CON DISMINUCION DE LA RASANTE ORIGINAL DE 10 CENTIMETROS.)



4.6 APLICACION DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CURVA MASA

Una vez que se ha dibujado la curva masa se pueden dibujar en ella las líneas horizontales que nos limitaran cantidades iguales tanto de corte como de terraplén, estas líneas son llamadas compensadoras. A partir de estas se desprenden criterios importantes en el movimiento de tierras de un proyecto de caminos, criterios que se ejemplifican en los siguientes párrafos.

Consideremos la curva masa inferior de la figura 6, si en ella se trazan 2 líneas horizontales, una a la altura de la ordenada 10000 y otra a la altura de la ordenada 8800, las intersecciones que se generan entre dichas líneas y la curva masa marcan los límites tanto de terraplén como de corte que se compensan con dichas líneas horizontales. Por ejemplo consideremos el tramo limitado por la línea A-B, tal y como se observa en la figura 7.

En este tramo de la curva masa la línea AB nos indica que el volumen delimitado entre A y 10169 será el suficiente para construir el volumen que queda delimitado por 10169 y B, si se baja la referencia del punto 10169 de tal forma que cruce el eje de las "X" o eje de los cadenamientos, se observa que el corte que se genera en el tramo 0 - 000 a 0 + 060 será el suficiente para construir el terraplén de 0 + 060 a 0 + 132. En este caso y de acuerdo a lo mencionado en el capítulo 1, el sentido que tendrá el movimiento del volumen de corte generado será en este caso hacia adelante es decir hacia la derecha en el gráfico de la curva masa, ya que dicho volumen se encuentra por encima de la línea compensadora.

Con auxilio de la curva masa es posible de igual forma calcular los límites del acarreo libre, es decir, aquellos puntos en que si un material es acarreado mas allá de ellos, origina que dicho acarreo se deba hacer con un cargo extra por parte del constructor. La determinación de estos límites se logra trazando en cada cresta o columpio de la curva masa una línea horizontal de longitud igual al acarreo libre, de tal forma que los extremos de esta línea se intersecten con la curva masa. Por ejemplo consideremos que en nuestro caso la distancia de acarreo libre sea de 20 metros, de tal forma la línea CD en la figura 7 sería de 20 metros y por lo tanto los puntos de intersección C y D marcan los límites del acarreo libre. Al bajar las referencias de los puntos C y D a fin de intersectarlos con el eje de las "X" o de los cadenamientos se observa que el límite del corte esta dado en el cadenamiento 0 + 052, mientras que el límite del terraplén se marca en el cadenamiento 0 + 072 aproximadamente.

Cuando un material se transporta a una distancia mayor a la del acarreo libre el material recibe el nombre de material sobreacarreado y la distancia en la cual este movimiento es recomendable recibe el nombre de distancia de sobreacarreo. Esta dis-

Y (VOLUMENES)

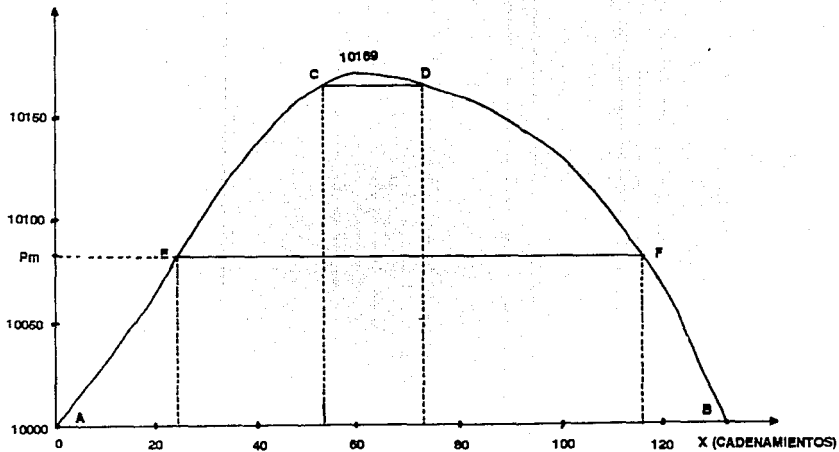


FIGURA 7

tancia de sobreacarreo se calcula dividiendo en partes iguales la distancia delimitada por la línea de compensación y la línea de acarreo libre, trazando a su vez una línea horizontal por este punto a fin de que se intersecte en sus extremos con la curva masa. Una vez trazada la línea se determina su longitud y se le resta posteriormente la longitud del acarreo libre dando como resultado la distancia de sobreacarreo. Por ejemplo si en la figura 7 se divide entre 2 la distancia comprendida entre las rectas CD y AB se obtiene el punto Pm, si por este punto se traza una línea horizontal que se intersecte en sus extremos con la curva masa obtenemos la línea EF. Al medir la longitud de la línea EF se obtiene una distancia de 91.5 metros, por lo que al restarle la distancia de acarreo libre nuestra distancia de sobreacarreo será de:

$$91.5 - 20 = 71.5 \text{ metros}$$

Lo que implica que mas allá de una distancia de 71.5 metros lo más conveniente será desperdiciar el material producto del corte y construir el terraplén a base de préstamos.

Ahora consideremos el tramo de la curva delimitado por la línea compensadora GH la cual fue trazada a la altura de la ordenada 8800, como se puede observar en la figura 8. En este tramo la línea GH nos indica que el volumen delimitado entre 8428 y H será el suficiente para construir el terraplén cuyo volumen queda comprendido entre G y 8428. Al bajar la referencia del punto 8428 de tal manera que cruce el eje de las "X" o de los cadenamientos observamos que el corte que se genera en el tramo de $0 + 340$ a $0 + 376$ será el suficiente para construir el terraplén comprendido en el tramo de $0 + 260.5$ a $0 + 340$. En este caso al encontrarse el volumen de corte por debajo de la línea compensadora el movimiento de este material se realizara hacia atrás a fin de compensar el terraplén previo.

Con la finalidad de determinar los límites del acarreo libre en esta línea compensadora, consideramos un acarreo libre de 20 metros y siguiendo los criterios mencionados en la anterior línea compensadora analizada, resulta que la línea IJ tiene una longitud de 20 metros y los puntos de intersección de la línea con IJ con la curva masa nos marcan los límites del acarreo libre. Bajando las referencias de los puntos de intersección I y J a fin de intersectarlos con el eje de las X o de los cadenamientos, se encuentra que el límite del terraplén esta dado en el cadenamiento $0 + 329$, mientras que el límite del corte esta dado en el cadenamiento $0 + 349$. De lo anterior se puede decir que más allá de estos límites el acarreo del material originará un cargo extra por parte del constructor.

Para la determinación de la distancia de sobreacarreo en esta línea compensadora bastara dividir por la mitad la distancia comprendida entre las líneas GH y IJ lo que da como origen el punto PM, por este punto se traza una línea horizontal de tal forma de generar los puntos de intersección K y L con la curva masa. Al medir la distancia existente entre los puntos K y L y restarle la distancia del acarreo libre se obtiene la distancia de sobreacarreo. En este caso la distancia existente entre ambos puntos es de 76 metros por lo que nuestra distancia de sobreacarreo será de:

$$76 - 20 = 56 \text{ metros}$$

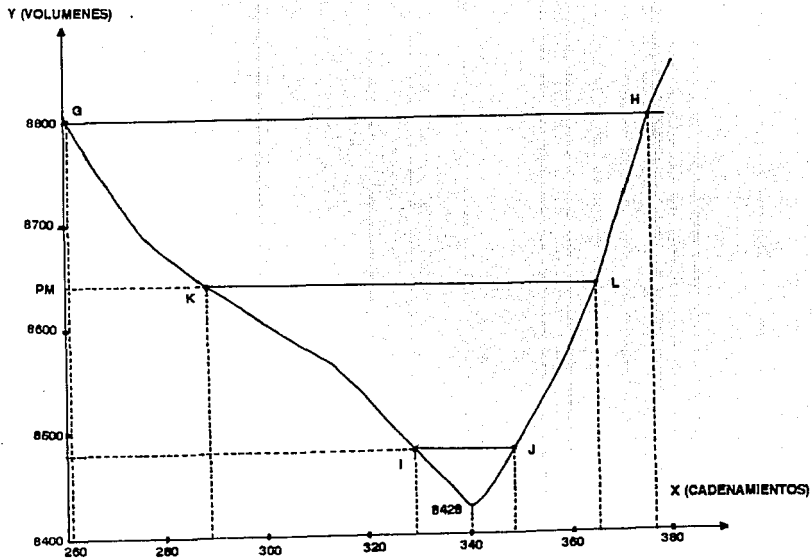


FIGURA 6

Entonces a una distancia de acarreo mayor a los 56 metros lo mas indicado será desperdiciar el material producto del corte y construir los terraplenes a base de préstamos.

En la figura 6 se puede observar que existen tramos de la curva masa inferior que no han sido tomados en cuenta en los análisis anteriores, como por ejemplo el tramo de terraplén BG, lo que indica que el material a utilizar para construir el terraplén deberá ser material de préstamo y cuyo volumen es:

$$1000 - 8800 = 1200 \text{ metros cúbicos}$$

para el caso del tramo de corte HM el material obtenido deberá ser desperdiciado, siendo su volumen de:

$$8937 - 8800 = 137 \text{ metros cúbicos}$$

Esta es una de las razones por las que se dice que la línea compensadora que corta un mayor número de veces la curva masa de un camino es en términos generales la mejor compensadora, sobre todo en tramos de gran longitud, ya que como hemos constatado si se utiliza mas de una línea compensadora esto origina tramos que no estén compensados ya sea que estos volúmenes de materiales se tengan que obtener de préstamos en el caso de los terraplenes o bien desperdiciarse en el caso de los cortes, estos volúmenes de materiales quedarán delimitados por las diferencias existentes entre las ordenadas de líneas compensadoras consecutivas.

CONCLUSIONES

Mediante la utilización del programa se logra eliminar el trabajo rutinario que el cálculo de la curva masa representa cuando éste se realiza en forma manual, permitiéndonos con esto optimizar los volúmenes de las terracerías y el movimiento de los mismos sin que esto represente un esfuerzo excesivo, ya que la totalidad de los cálculos serán realizados por el programa.

Con la utilización del programa en la minicomputadora el cálculo de los 26 cadenamientos del tramo del camino presentado como ejemplo práctico en la unidad 4 se lleva a cabo en alrededor de 2 horas y 50 minutos, abarcando este lapso de tiempo desde la entrada misma de los datos hasta la obtención de las ordenadas de la curva masa del tramo de camino en análisis.

Este tiempo no resulta significativo si consideramos que de esas 2 horas, 50 minutos; los últimos 50 minutos pueden ser dedicados a otra actividad, pues el programa dedica este tiempo al cálculo de las áreas transversales de las secciones de construcción determinando la naturaleza de estas y su magnitud, así como los diferentes elementos que las componen, por lo que si el usuario así lo dispone el programa es capaz de realizar dicho proceso en forma continua calculando de una sola vez todos los cadenamientos existentes en memoria, proporcionándonos con ello un tiempo libre o muerto, en el cual el usuario se puede desatender del proceso de cálculo de la curva masa.

En el caso de que en el análisis del tramo de camino se este empleando el método del prismoide el tiempo de 50 minutos que se tiene libre aumenta a aproximadamente 1 hora 40 minutos lo que nos da aproximadamente 3 horas 40 minutos de cálculo total, aunque en este caso al calcular los volúmenes de terracerías, esto se podrá realizar tanto por la fórmula del prismoide como por la fórmula de las áreas medias.

Estos tiempos podrán parecer excesivos pero de ninguna manera lo son, por ejemplo se estima que el cálculo en forma manual de 400 metros de camino requiere de 8 horas en promedio, y esto solamente calculando los volúmenes de las terracerías con la fórmula de las áreas medias ya que de contemplarse el cálculo de dichos volúmenes por la fórmula del prismoide, el tiempo de cálculo aumentaría a alrededor de 16 horas. La dimensión real de los tiempos obtenidos mediante el programa de curva masa se visualiza al considerar que las 8 horas contempladas en los cálculos manuales requieran de la atención del calculista durante todo ese lapso de tiempo, mientras que con la utilización del programa el tiempo de atención al cálculo se reduce a aproximadamente 2 horas, el cual corresponde básicamente a la entrada de datos al programa.

Los tiempos obtenidos con la implementación del programa pueden ser reducidos en forma casi increíble al ejecutar el programa en una computadora "PC" o "micro compatible", gracias a que el programa esta dispuesto de tal forma que pueda ser implementado en cualquier computadora simplemente introduciéndolo tal y como se lista al final de la unidad 3, para esto la computadora en cuestión deberá contar con el sistema operativo MS-DOS (Micro Soft Disk Operating System) en cualquiera de sus versiones de la 2 a la 5, o bien si se cuenta con el lenguaje de programación Micro Soft QuickBasic mejor conocido como "QuickBasic". Por ejemplo al utilizar una "PC" con un

procesador 386 a una velocidad de 33 Mhz el tiempo de 50 minutos se reduce a 1 minuto, si solo se emplea el método de las áreas medias y a 2 minutos y medio si se implementa el método del prismoide. En consecuencia el tiempo de cálculo total sería de alrededor de 2 horas 2 minutos. Es importante mencionar que el tiempo que corresponde a la entrada de datos al programa sera básicamente el mismo en cualquier tipo de computadora que se utilice pues en este caso la velocidad del proceso de entrada de datos queda limitada a la habilidad de la persona que se encargue de entrar los datos al programa.

La reducción del tiempo empleado en la obtención de las ordenadas de la curva masa es interesante si consideramos el costo de la minicomputadora y su tamaño, pues con una unidad de un costo promedio de 450,000 pesos (1'200,000 con la unidad de discos "Floppy") y 19 centímetros de ancho por 10 centímetros de largo, es posible un aumento considerable en la capacidad de cálculo de este tipo de problemas, por ejemplo 1 Km de camino se lleva aproximadamente 20 horas de cálculo en forma manual, mientras que con la utilización del programa en la minicomputadora en esas 20 horas se pueden analizar 4 kilómetros de camino, lo que nos muestra en forma clara el potencial e impacto que tienen estos aparatos en el cálculo de este tipo de problemas.

Si se desea una mayor capacidad de análisis en cuanto a los cadenamientos se recomienda la utilización de la unidad de disco "Floppy" de 3.5" que es compatible con la minicomputadora con la cual se estima que se podran analizar tramos de camino de hasta 200 cadenamientos, esto si solo se contempla la utilización de la fórmula de las áreas medias en el cálculo de los volúmenes o bien 100 cadenamientos utilizando la fórmula del prismoide. También es posible la ejecución del programa en una unidad mas avanzada de minicomputadora como por ejemplo el modelo CASIO PB200 con el cual se incrementa a 60 aproximadamente, el número de cadenamientos que es posible analizar sin la necesidad de utilizar un disco "Floppy". En el caso de la utilización de una computadora "PC" el número de cadenamientos que se pueden analizar queda limitado por la capacidad de almacenamiento que se tenga y para dar una idea aproximada de la capacidad de análisis que se podría tener en un momento dado basta decir que por cada millón de bytes (o mega) que se tenga se podran analizar aproximadamente 700 cadenamientos lo que implicaría en tramos normales de 20 metros el análisis de aproximadamente 14 kilómetros de camino, es decir 14 Km/mega, esta cantidad se acentúa si consideramos que la mayoría de las computadoras actuales cuentan con capacidades de almacenamiento de 20 megas cuando menos.

Al analizar los resultados obtenidos en el problema práctico resuelto en la última unidad, realizar una comparación entre las 3 diferentes alturas de rasante utilizadas en los cálculos y considerar los dos métodos empleados para el cálculo de los volúmenes de terracerías (las formulas de las áreas medias y del prismoide) se desprenden algunas conclusiones importantes, las cuales se expresan a continuación:

Como podemos observar en las tablas de resultados de las áreas para los casos resueltos se verifica lo expresado en el capítulo 1 al decir que las secciones en balcón se encontraban en las cercanías de los puntos en donde la rasante del camino cortaba

el terreno natural, es decir donde se pasaba de un espesor de corte a un espesor de terraplén o viceversa, pues si observamos en todas las tablas de resultados de áreas se observa claramente como antes de los puntos de transición de corte a terraplén o viceversa, se empiezan a presentar secciones que cuentan tanto con área de corte como con área de terraplén (secciones en balcón), especialmente en el caso en que la altura de la rasante fue disminuida.

Un efecto que tiene el movimiento de la rasante se observa en los límites de construcción del camino hacia los lados del mismo, ya que si observamos las tablas de resultados vemos como en los tramos que se encuentran en corte los límites de construcción del camino disminuyen cuando se aumenta la rasante del camino, es decir, la faja que abarca la construcción del camino se reduce y por el contrario cuando la altura de la rasante es aumentada los límites de construcción en las secciones de terraplén aumentan, originando con ello el ensanchamiento de la zona de construcción del camino. Esto es importante sobre todo cuando se tengan limitantes en cuanto a las zonas que la construcción del camino puede afectar, lo que en algunas ocasiones se convierte en un criterio muy importante en la construcción de un camino

En las gráficas de la curva masa de todos los casos resueltos podemos observar que cuando la transición de corte a terraplén se hace de manera suave esto se refleja en el gráfico de la curva masa pues la curva resulta con una cima de pendiente suave, mientras que cuando la transición se hace de una manera mas violenta la cima de la curva resulta de pendiente mas pronunciada.

Otro efecto que tienen las variaciones bruscas de los cambios de espesores de corte a terraplén o viceversa se refleja en el gráfico de la curva central en los puntos de la gráfica correspondientes a los cadenamamientos del 0 + 260 al 0 + 300, observándose como parece que la pendiente de la curva se acelera en el tramo de 0 + 260 al 0 + 280, para volver a su ritmo normal en el tramo 0 + 280 al 0 + 300, esto causado por el repentino incremento del espesor de terraplén para el cadenamamiento 0 + 260, el cual rompe el ritmo mas o menos gradual que presentan los otros cadenamamientos.

En cuanto a las diferencias que se presentan en los resultados al utilizar la fórmula del prismoide y la fórmula de las áreas medias, podemos observar como también aquí tienen influencia las transiciones de corte a terraplén o viceversa, pues cuando las transiciones se presentan en forma gradual las variaciones en los resultados entre los dos métodos son mínimos, y por lo contrario cuando las transiciones son muy bruscas las variaciones entre los resultados aumentan, de aquí se puede concluir que en los casos en que las transiciones del corte al terraplén o viceversa se presenten en forma mas o menos esporádica o estas se den en forma gradual la fórmula de las áreas medias es lo mas indicado, por el contrario cuando las transiciones se presentan en forma constante y sobre todo estas sean muy bruscas el uso de la fórmula del prismoide se justifica.

Las características mencionadas en los párrafos anteriores reflejan la gran utilidad de la curva masa en los movimientos de tierras, el cual si bien no es un método exacto si resulta ser el mas preciso que se conoce en la actualidad.

En síntesis:

El programa creado en el presente trabajo permite resolver un problema específico de la ingeniería como lo es la determinación de la curva masa el cual puede catalogarse como uno de esos problemas laboriosos de la ingeniería civil debido al volumen y monotonía de las operaciones que su solución implica, volumen y monotonía que se eliminan mediante la utilización del programa.

El programa se puede utilizar tanto en una unidad ampliamente usada dentro del alumnado como en cualquier computadora que cuente con el sistema operativo MS-DOS, otorgándole con ello una característica de amplia versatilidad de uso.

El programa reduce en aproximadamente el 80 % el tiempo necesario para el cálculo de las ordenadas de la curva masa en un tramo de camino, dándole al usuario mas tiempo para la experimentación de diversas circunstancias en el tramo de camino que se este analizando a fin de encontrar una óptima solución.

El programa permite calcular los volúmenes por medio de la fórmula del prismolde prácticamente sin uso en nuestros días, sin que esto represente un esfuerzo adicional para el usuario.

El programa tiene la capacidad de mover la rasante del camino en el tramo en análisis lo que nos permite observar los efectos que dicho cambio tiene en la curva masa y en consecuencia en el movimiento de las terracerías.

De acuerdo a lo expresado en este apartado el programa de curva masa desarrollado en el presente trabajo reúne los requisitos suficientes para convertirse en un valioso auxiliar en el cálculo de la curva masa, así mismo demuestra que es posible solucionar problemas específicos de la ingeniería civil que involucren una gran cantidad de operaciones en herramientas de cálculo accesibles a una gran parte del alumnado de ingeniería, haciendo uso del gran potencial de solución de problemas que dichas herramientas ponen a nuestra disposición.

GLOSARIO

Asentamiento. Disminución en el volumen de un material por efecto del acomodo de las partículas que le constituyen.

Banco de préstamo. Lugar donde se obtienen materiales de características adecuadas para la construcción de un camino.

Cadenamientos. Son puntos equidistantes a 20 metros, generalmente se ubican a lo largo de la ruta de un camino u obra similar.

Capacidad de un camino. Es el volumen máximo que alcanza un camino antes de congestionarse o antes de perder la velocidad estipulada.

Capacidad hidráulica. Cantidad de gasto o caudal que determinada obra hidráulica es capaz de conducir o soportar.

Caudal o gasto. Cantidad de volumen de un líquido que pasa en un determinado lapso de tiempo.

Compactación. Procedimiento de mejoramiento de los suelos logrado mediante el incremento de su densidad a través de procesos mecánicos, siendo el aumento de la resistencia de los suelos uno de los objetivos mas comunes.

Concreto asfáltico. Tipo especial de concreto a base de arena, grava y asfalto o alquitrán que se usa para pavimentar fundamentalmente.

Concreto hidráulico. Material de construcción formado por la mezcla de aglutinante (cemento), arena, otro material árido y agua.

Corte. Excavación o desalojo de tierra que se realiza con el objeto de hacer un canal, un camino u obra similar.

Curva Masa. Es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerías y las abscisas el cadenamamiento correspondiente, a través de este diagrama se lleva a cabo el estudio de las cantidades de materiales tanto de excavación como de relleno, determinando la compensación y movimiento de los mismos; a fin de alcanzar la máxima economía posible.

Dígito. Cada uno de los números que en determinado sistema de numeración se utilizan para la formación de números

Dimensionar. En el lenguaje de programación se le llama dimensionar a la acción de indicar el número de elementos de una lista o vector; o bien el número de renglones y columnas que tiene una tabla o matriz.

Discos flexibles (Floppy Disk). Son discos delgados y flexibles por su tamaño y capacidad de almacenamiento se dividen en disquets estándar de 5.25 pulgadas y una capacidad de almacenamiento hasta 1.2 MB, resguardados por una funda blanda, y de 3.5 pulgadas con una cubierta de plástico mucho más resistente con una capacidad de almacenamiento de hasta 1.4 MB.

Ejecutar. Es la acción de indicarle a un computador que realice cierta instrucción o conjunto de instrucciones a fin de alcanzar una tarea específica.

Erosión. Desgaste o destrucción en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o interpestiva de otro cuerpo.

Estación. Son puntos de referencia del terreno, desde y hacia los cuales se realizan mediciones a fin de obtener las características del terreno.

Humedad óptima. Es la cantidad de agua que contiene un suelo al momento de presentarse el peso volumétrico seco máximo de dicho suelo.

Interpolar. Es la estimación de valores intermedios tomando como base valores conocidos.

Junta. Unión o acoplamiento de dos materiales.

Ladera. Inclinación de un monte.

Mampostería. Obra hecha a mano con piedra sin labrar.

Matriz. Término matemático para referirse a una tabla de elementos, en este caso se trata de un arreglo de 2 dimensiones.

Memoria. Es la cantidad de información que se puede almacenar directamente en el computador.

MS-DOS (Micro Soft Disk Operating System). Sistema operativo basado en disco, es básicamente un programa de computadora que administra los recursos de la misma; leyendo instrucciones que le son enviadas desde el teclado, visualizando la información en la pantalla de video y la impresora, y ejecutando los programas del usuario.

PC o Micro Compatible. Toda aquella computadora pequeña o microcomputadora que vende la IBM, AT&T, Tandy, HP o similares. Como la IBM fue la primera compañía en vender computadoras de este clase, hoy en día se les conoce como computadoras IBM o compatibles con IBM.

Pendiente. Es la relación existente entre los desplazamientos vertical y horizontal de una línea o recta.

Perfil. Corte vertical del terreno que tiene como finalidad poner de manifiesto el contorno del mismo.

Proyecciones. Las proyecciones de una recta de longitud "l" que forma un ángulo recto de θ grados con respecto a la horizontal son: $\sin\theta \cdot l$ en el sentido vertical y $\cos\theta \cdot l$ en el sentido horizontal; es decir son los catetos necesarios para formar un triángulo rectángulo considerando a la longitud "l" como la hipotenusa.

QuickBasic. Lenguaje de programación para programar en lenguaje BASIC avanzado.

Talud. Es la inclinación de las paredes en los cortes o los terraplén.

Terracerías. Es el volumen de material necesario para formar el camino hasta la sub-corona de un camino.

Terraplén. Acumulación de tierra que se levanta con la finalidad de hacer una defensa, camino u otra obra semejante.

Tipo de tránsito. Es la clase de vehículos que transitan o van a transitar por un camino dado.

Vector. Término matemático para referirse a una lista de elementos, siendo en términos generales un caso especial de una matriz de una sola dimensión.

Volumen de tránsito. Es la cantidad de vehículos de motor que transitan en un determinado tiempo y en un mismo sentido.

Zanja. Excavación larga y angosta.

BIBLIOGRAFIA

Canales de la Parra Salvador. Carreteras (Proyección Horizontal), Temas 9 y 10 del Curso "Movimientos de tierras" impartido en el Palacio de Minería. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (UNAM).

CASIO. Personal Computer PB-1000 Command Reference. CASIO Computer Co. Ltd.

CASIO. Personal Computer PB-1000 Owner's Manual. CASIO Computer Co. Ltd.

Chapra C. Steven y Canale P. Raymond. Métodos Numéricos para Ingenieros. McGraw-Hill, 1987.

Crespo Villalaz Carlos. Vías de Comunicación. Editorial Limusa, 1992.

Etcharren Gutierrez René. Manual de Caminos Vecinales. Editorial Alfaomega, 1990.

Jenkins M. W. y Coulthard J. M. Computación BASIC para Ingeniería Civil. Editorial Limusa, 1990.

Martínez Fernández Edgar. Formulario "Temas de Ingeniería Civil". Editorial Diana, 1992.

Montes de Oca Miguel. Topografía. Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1982.

Rico Rodríguez Alfonso y Del Castillo Hermilo. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Volumen 2. Editorial Limusa, 1977.

Salazar Torres Alfredo. Temario Problemario y sus Soluciones de Topografía, Volumen 2. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlan, 1987.

Salazar y Arce Manuel. Apuntes de Vías Terrestres. Escuela Nacional de Ingenieros, 1954.

SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT, 1974.

Stern B. Nancy. Diagramas de Flujo. Editorial limusa, 1990.