

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



28

156

APLICACION DE LA CALCULADORA DE BOLSILLO
EN LA RESOLUCION DE LOS PROYECTOS
DE ENTRONQUES CARRETEROS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
JOSE ALEJANDRO RAMIREZ CANTON

MEXICO, D. F.

1984.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pag.
PROLOGO.	I
INTRODUCCION.	1
I. GENERALIDADES.	6
1.1 Computación.	6
1.1.1 Elementos de una computadora.	8
1.1.2 Cómo funciona la computadora.	10
1.1.3 Diagramas de flujo.	11
1.1.4 Proceso para resolver un problema por Computadora.	19
1.1.5 Características principales de la - - HI-41CV.	22
1.2 Diseño de entronques.	33
1.2.1 Definición y clasificación de intersec <u>ción</u> y cruce.	33
1.2.2 Areas de maniobras y puntos de confli <u>ct</u> to.	39
1.2.3 Vehículo de proyecto.	43
1.2.4 Curvas horizontales.	46
1.2.5 Isletas.	59
1.2.6 Glorietas.	62
1.2.7 Distancia de visibilidad en los enlaces.	64
1.2.8 Carriles de cambio de velocidad.	65
1.2.9 Procedimiento general para el proyecto de intersecciones.	69
1.2.10 Principios de diseño.	104

	Pag.
II. SOLUCION GEOMETRICA DE UN ENTRONQUE, UTILIZANDO EL METODO TRADICIONAL.	120
III. SOLUCION GEOMETRICA DE UN ENTRONQUE UTILIZANDO --- PROGRAMAS DE COMPUTADORA.	149
IV. CONCLUSTONES.	198
. APENDICE.	200
. GLOSARIO.	203
. OBRAS CONSULTADAS.	212

PROLOGO

Al finalizar mis estudios profesionales, realicé el servicio social en la Oficina de Intersecciones y Señalamiento perteneciente al Departamento de Vías Terrestres de la Dirección General de Carreteras Federales en la extinta Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHO).

La estancia en dicha oficina fué de seis meses y en ese lapso estudié el proceso y los criterios básicos para la elaboración de los proyectos de intersecciones y entronques, prestándose gentilmente para mi instrucción el Sr. Raúl Martínez, Jefe en dicha época de la Sección de Anteproyecto. Bajo su asesoramiento realicé los proyectos de los entronques denominados "Aeropuerto" y "Palomas", localizados en las carreteras Jalapa-Veracruz y acortamiento Parral-Chihuahua, respectivamente.

En la metodología utilizada para la resolución de los proyectos, observé que algunos cálculos eran factibles de programarse, ahorrándose tiempo y asegurando exactitud en ellos. En ese tiempo la calculadora de bolsillo más avanzada era la HP-41CV y en ella comencé a programar algunos problemas. Al término de mi servicio social, en el Grupo IPESA (Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A.), realicé tres proyectos más de entronques localizados sobre la autopista Tepic-San Blas.

En la elaboración de éstos proyectos comprobé las ventajas de utilizar la calculadora programable sobre los cálculos que tradicionalmente se utilizan. De tales experiencias surgió la idea de presentar dichas -- ventajas de cálculo con programas de calculadoras como tema de la presente tesis profesional.

Agradezco a la SAHOP por las facilidades que me ofreció para poder realizar gran parte de esta tesis, concediendo el permiso de utilizar parte de su material de proyecto. En particular extendiendo mi agradecimiento al Ing. Ricardo Revelo P., Jefe del Departamento de Vías Terrestres, al Sr. Mario Rangel, Jefe de la Oficina de Intersecciones y Señalamiento -- y, en especial, al Sr. Raúl Martínez, Jefe de la Sección de Anteproyecto -- y de quien recibí toda la instrucción relacionada con este tipo de proyectos.

También agradezco al Grupo IPESA por el respaldo que me brindó y en particular al Ing. Carlos Ayala B., Director de Ingeniería Básica.

Agradezco a todas las personas que en una ó en otra forma ayudaron a la terminación de la presente tesis.

J. Alejandro Ramírez Cantón.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene el propósito de contribuir, en forma modesta, al desarrollo de la ingeniería. Mediante un ejemplo particular, se muestra el uso de las calculadoras programables de bolsillo (CPB) como un nuevo recurso para resolver algunos problemas de cálculo que afronta el ingeniero.

Estos problemas presentan varias características en común:

- a) La solución se puede expresar por medio de un algoritmo, ó sea -- que está perfectamente definido el proceso y se apega a una secuencia ordenada y sin confusiones.
- b) Para su solución normalmente se requiere sólo de las operaciones básicas de la aritmética y la trigonometría.
- c) Algunos métodos desarrollados para solucionarlos son mediante -- aproximaciones sucesivas.
- d) Para la solución completa se requiere repetir un mismo proceso -- considerando diferentes datos de entrada.

Gracias a las computadoras, los problemas con las características arriba mencionadas se resuelven con gran rapidez y facilidad, ya que --

programando el algoritmo del problema, la computadora obtiene los resultados en fracciones de segundo.

La reciente aparición en el mercado de las calculadoras programables de bolsillo ha puesto al alcance de un mayor número de ingenieros el instrumento de cálculo con recursos suficientes para resolver los problemas cotidianos de su profesión.

El funcionamiento de dichas calculadoras es semejante al de las computadoras, excepto por las limitaciones en cuanto a capacidad de almacenamiento de la información (memoria), disponibilidad de unidades de entrada y salida y tiempo de proceso.

Sin embargo, las calculadoras programables de bolsillo ofrecen el atractivo de tener un costo de adquisición y mantenimiento bastante bajo, comparado con los sistemas de computación; además, por el pequeño espacio que ocupan, se pueden transportar con gran facilidad, lo cual no sucede con las computadoras las cuales requieren de un local especialmente construido y acondicionado. El lenguaje de programación en las CPB es más sencillo, ya que cuenta con instrucciones completas (programadas) mediante la pulsación de una sola tecla. Las reglas de programación son más sencillas permitiendo que cualquier persona con conocimientos elementales de computación pueda hacer uso de ellas sin tener que tomar cursos de programación especializados.

En el presente trabajo se tomó como ejemplo de aplicación de las CPB al caso del cálculo geométrico de un entronque carretero.

Se supone que el lector cuenta con los conocimientos básicos - - para la elaboración de los proyectos de camino abierto, por lo que se tocarán únicamente aquellos conceptos y normas técnicas relacionados directamente con la elaboración de los proyectos de entronques carreteros.

La elaboración completa del proyecto de un entronque carretero - se puede resumir en las siguientes fases:

- a) Investigación de Antecedentes.
- b) Determinación de Volúmenes de Tránsito actuales y de proyecto.
- c) Soluciones alternas de Proyectos (Anteproyectos).
- d) Análisis de Beneficio - Costo.
- e) Ejecución del proyecto definitivo del entronque.

Sin embargo, por el tema central de la tesis, la fase que se - - abarcará con más detalle en este trabajo será la de "Ejecución del proyecto definitivo del entronque" desarrollando, de dicha fase, la solución geométrica del trazo. ya que en ella se presentan los problemas y cálculos -- que son factibles de resolver por medio de algoritmos.

Las fases restantes sólo se mencionan como partes integrantes en la solución del proyecto completo pero no se desarrollan con detalle por estar fuera del tema.

Primeramente se plantean los problemas a estudiar y se resuelven utilizando los métodos tradicionales y convencionales obteniendo resultados numéricos. Posteriormente se replantean y se resuelven utilizando la programación de la calculadora programable marca Hewlett Packard modelo 41-CV.

Al estudiar y analizar individualmente los problemas encontrados, se identificaron aquellos que guardaban alguna relación entre sí, tal como formar parte de una solución más general, o ser algún cálculo intermedio de otra solución aparentemente ajena.

De los problemas encontrados se establecieron los algoritmos correspondientes y se encontró que algunos son subrutinas de casos más complicados. Se modificaron los algoritmos originales de manera que abarcaran el mayor número de casos aislados, aparentemente, pero relacionados entre sí en alguna forma. Al programar los algoritmos se formó un sistema de programas que son capaces de resolver problemas con cierto grado de complejidad, además de relacionarse entre sí pudiendo resolverse uno a partir de la solución de otros más sencillos, funcionando automáticamente el proceso.

La metodología presentada es solamente la base para elaborar -- otra más sofisticada y compleja, capaz de abarcar otros problemas planteados en la solución de los proyectos de entronques, ya que los mostrados -- son solamente algunos de los más comunes que admiten solución por medio de la programación.

La metodología es, a su vez un ejemplo para aplicarse en otras -- especialidades de la ingeniería civil y en la ingeniería en general.

Los diagramas de flujo presentados sirven para programar los problemas en cualquier lenguaje de computación, ya sea en otro tipo de calculadora programable o en una computadora de gran capacidad.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 COMPUTACION.

Dos innovaciones radicales distinguen al Ingeniero de ayer al de hoy. Una es El Método (la Ingeniería de Sistemas) que le permite coordinar y planear perfectamente obras y proyectos que hubieran sido imposibles en épocas anteriores. La otra innovación es El Instrumento (la Computadora Electrónica), que realiza cálculos tan exactos y con gran rapidez que le permite al Ingeniero utilizar nuevas técnicas y analizar diferentes soluciones de un mismo problema para decidir por la más económica. El uso de la computadora, en algunos casos, evita al Ingeniero el uso del método empírico, ya que se pueden diseñar modelos del problema y ejecutar simulaciones del mismo, pudiéndose estudiar y mejorar el diseño gracias a la rapidez con que se obtienen resultados. Un ejemplo de lo anterior es el diseño de vías terrestres que realizan algunos países, entre ellos Noruega, en donde se estudia la rasante de un camino en pantallas conectadas a una computadora para observar, en perspectiva, a la vía en diferentes puntos de ella y, de acuerdo a las imágenes observadas, se proponen nuevas pendientes para mejorar el alineamiento vertical.

Hoy día, la computadora electrónica es tan importante para el Ingeniero como en el pasado, fué la regla de cálculo. La computadora representa la culminación de una larga serie de herramientas de cálculo, tales como el ábaco, la regla de cálculo, tablas, monogramas, calculadoras mecánicas y eléctricas, etc., las cuales han tenido una aplicación importante -

en la práctica de la ingeniería y las ciencias. Sin embargo, estas herramientas no cambiaron significativamente la manera de plantear los problemas a resolver en la práctica ingenieril. El advenimiento de la computadora - ha hecho posible el aprovechamiento óptimo de herramientas matemáticas tales como el cálculo matricial, vectorial y los métodos numéricos.

La aparición y desarrollo de las computadoras ha permitido que los problemas y sus métodos para solucionarlos, se enfoquen desde una perspectiva totalmente diferente de como se habían venido observando en el pasado. Las computadoras no sólo son capaces de controlar su propio funcionamiento, sino también de dirigir y comunicarse con otras máquinas, recibir la información que le envíen y procesarla, alertar sobre posibles deficiencias y -- subsanarlas en caso de que se produzcan.

Las computadoras son sólo herramientas que no sustituyen al Ingeniero, sino que le permiten mayor libertad en la solución de los problemas ingenieriles y le proporcionan un notable ahorro de tiempo, el cual puede utilizar en labores puramente intelectuales, aliviándolo de la rutina engorrosa de las operaciones aritméticas.

Los datos e instrucciones deben ser proporcionados a la computadora por el hombre, ya que ella, por sí misma, no tiene capacidad de decisión -- o de actuación, dependiendo ésta de la inteligencia y habilidad del ser humano.

1.1.1 ELEMENTOS DE UNA COMPUTADORA

Toda computadora está compuesta de una parte física llamada - - - "HARDWARE" y otra lógica conocida como "SOFTWARE".

El "hardware" es el conjunto de equipos electrónicos, mecánicos y electromecánicos que forman la estructura de la computadora. Esta parte se encarga de captar la información, de las operaciones aritméticas y lógicas, del almacenamiento de la información y de imprimir los resultados.

El "hardware" está compuesto de:

- a) Elementos de entrada, o equipos periféricos, encargados de la captación de datos. Como ejemplo de estos elementos están la lectora de tarjetas y el lector óptico.
- b) Procesador central o CPU, en donde residen las unidades de operación aritmética y lógica.
- c) Dispositivo de almacenamiento o memoria, donde se guarda la información traducida a números, tanto el problema en sí como la información generada en el curso de las operaciones de cálculo. Para ello se utiliza un conjunto de "bits" (dígitos binarios), que son la mínima unidad de almacenamiento en la computadora. A la agrupación de estos "bits" se le conoce con el nombre de "palabra", ésta constituye la mínima unidad de almacenamiento que puede ser direccionable.
- d) Elementos de salida que, al igual que los de entrada, también son dispositivos periféricos, encargados de la impresión de los resultados; como ejemplo de estos elementos están las impresoras y graficadoras.

Cabe señalar que existen teletipos y terminales de video, que son - pequeñas máquinas mediante las cuales es posible establecer una comunicación directa (vía línea telefónica) con el equipo central, funcionando como elementos de entrada y salida.

La parte lógica de la computadora, llamada "software", está formada por los programas escritos en un lenguaje apropiado a la estructura física de las máquinas, y con los cuales es posible utilizarlas.

Basicamente se compone de:

- a) Sistema operativo.- Es un programa almacenado en memoria que se en carga de controlar la asignación del procesador y coordinar las funciones - del "hardware"; este programa sirve para repartir los recursos de la máquina en forma óptima.
- b) Compiladores.- Son programas que generan un grupo de instrucciones máquina (comunmente llamado programa objeto el cual es un código que puede ejecutar la máquina) a partir de un programa escrito en cualquier lenguaje- conocido (este programa es comunmente llamado programa fuente).
- c) Intrínsecos.- Son pequeños módulos de programa que pueden ser uti lizados por diferentes usuarios, sin que éste último tenga que programarlos; como ejemplo tenemos la raíz cuadrada y las funciones trigonométricas.
- d) Intérpretes.- Son programas que traducen instrucciones máquina, - ejecutando cada instrucción traducida sin generar el programa objeto.

e) **Rutinas de utilidad y paquetes de biblioteca.**- Son programas especializados que simplifican procesos que comúnmente se llevan a cabo; por ejemplo se tienen los paquetes de estadística y topografía.

1.1.2 COMO FUNCIONA LA COMPUTADORA

Para que las computadoras cumplan con su tarea, es necesario alimentarlas: se les proporciona el problema y la información que necesitarán a fin de solucionarlo. A partir de este momento, la información suministrada pasará al sistema de control y al sistema de memoria.

El primero toma la información y la organiza para su posterior selección. El segundo comprueba que todos los datos estén correctos y que no haya error alguno; en caso de que advierta uno, avisará cuál es y dónde está. Por ejemplo, si se ha introducido en la computadora un texto y existe una frase en la cual se abre un paréntesis que luego no cierra, el control dará una alarma. Esto sucede porque el sistema observó la apertura del signo y mientras continúa recorriendo las palabras siguientes espera la llegada del cierre, ya que ha sido preprogramada para que cada vez que se abra un paréntesis se cierre posteriormente; si así no ocurre, entonces existe un error.

El sistema de memoria es el que recibe toda la información y la almacena en sus unidades. Le servirá de antecedente cada vez que tenga que retornar al mismo caso. Allí se mantienen todos los datos clasificados y listos para ser utilizados cuando el control los necesite. Existe también-

la biblioteca, que es el lugar donde se guardan los métodos para solucionar problemas. Por medio de circuitos, este sistema brinda las instrucciones básicas que previamente le han dado los operadores.

El paso siguiente es la solución del problema. En forma distinta que el cerebro humano, la computadora actúa por repetición, con la lógica suministrada por un programador humano.

Finalmente, la máquina otorga la respuesta de acuerdo con el sistema en que opere: tarjetas perforadas, cintas magnéticas, hojas escritas a máquina, etc.

La explicación más elemental de una computadora podría realizarse de la siguiente forma: a) suministro de información (alimentación); b) almacenamiento de esa información (memoria); c) solución al problema (elaboración); d) respuesta final del resultado del problema.

1.1.3 DIAGRAMAS DE FLUJO

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de lo que se desea que la computadora haga. Se puede decir también que son bocetos de la forma en que un programa resuelve un problema.

Los diagramas de flujo tienen diversas finalidades: una es la definición del problema que se desea resolver; ayudar a diseñar y desarrollar -

Los programas dividiéndolos en pequeños grupos de instrucciones; servir de guía para la codificación del programa; proveer al programador un medio para visualizar la secuencia lógica, las operaciones aritméticas y las relaciones entre distintas partes del programa; ayudar a organizar los problemas complejos; facilitar la comunicación del "cómo resolver el problema", - entre distintas personas.

La técnica de escribir diagramas de flujo no solamente traza un - - plan en sí mismo para proporcionar instrucciones a la computadora, sino que comunica dicho plan a los demás.

Los diagramas de flujo son útiles en la modificación de programas y sus cambios. Generalmente un programador es responsable de cualquier programa que haya escrito, aún después de un lapso considerable de tiempo. - - Si más tarde se necesitan hacer cambios o modificaciones al programa, el -- programador podrá introducir más fácilmente los cambios si entiende justamente dónde deben hacerse.

Los diagramas de flujo pueden ser generales o detallados, o una --- combinación de ambos. En problemas largos, es conveniente hacer diagramas de flujo más detallados. En problemas extremadamente largos y complejos, los diagramas de flujo deben hacerse con gran detalle. Un diagrama de - - flujo general podría desarrollarse primeramente para asegurar que no exis-- ten grandes lagunas en el sistema (errores). A partir de este diagrama --

general podrán desarrollarse diagramas de flujo detallados, mostrando en -- ellos los procedimientos: paso a paso.

El desarrollo de un diagrama de flujo detallado a partir de uno ge- -- neral es, sin embargo, imposible si no se tiene algún conocimiento de lo -- que se hará con el programa.

En un diagrama de flujo no será lo más importante cómo se trace -- realmente, sino que interesará, sobre todo, entender aquello que aparezca - en él. Esta es la única razón por lo que se trata de tener cierto grado - de estandarización en la escritura de los diagramas de flujo. La direc- - ción del flujo puede ser, para la mayoría de las partes, hacia abajo de las páginas o de izquierda a derecha. No se recomienda cruzar líneas, es me- -- jor utilizar los conectores para retornar a una parte anterior del diagrama. Estas son reglas generales que no pueden considerarse como absolutas. Ca- da desarrollo individual tiene sus propios métodos, los que se mejoran al - , ganar experiencia.

Para elaborar los diagramas de flujo se utilizan las figuras publi- cadas por la "U.S. Standar, publication X3.5-1968". Cada una de las figu- ras tiene una finalidad especial.

Las flechas que conectan a los símbolos entre sí van mostrando el - orden en que van a ser realizadas las distintas instrucciones, es decir, in- dican la secuencia de la solución del problema.

Los fabricantes de computadoras suministran plantillas de plástico para ser usadas por los programadores. La figura 1.1 muestra la plantilla fabricada por la IBM, (International Business Machines).

A continuación se comentan los símbolos más utilizados.



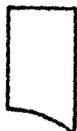
Este es el símbolo TERMINAL. Su función -- consiste en indicar dónde principia y dónde termina un programa. Todo diagrama de flujo debe comenzar con este símbolo y debe estar localizado en la esquina superior izquierda de la primera página del diagrama de flujo.



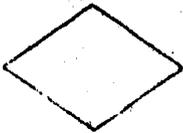
Este es el símbolo PROCESO. Representa una función de proceso, tal como un cálculo.



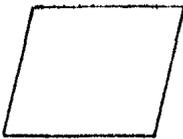
Este es el símbolo de DOCUMENTO. Representa una salida de la computadora en forma de un documento.



Este símbolo indica la cinta de papel de la impresora.



Este símbolo es el de DECISION. Sirve para alterar la acción de un programa después de haber realizado una prueba. Dicha prueba - se indica dentro del diamante. Las etiquetas SI y NO puestas al lado de las flechas - de salida señalan qué es lo que la computadora hará una vez que la pregunta o prueba sea respondida.



Este es el símbolo de ENTRADA/SALIDA y representa información que va a ser leída para ser procesada posteriormente o bien, información - a ser escrita. Por lo consiguiente, si se - desea, este símbolo puede ser usado para mostrar salida impresa en lugar del símbolo DOCUMENTO.



Este es el símbolo llamado CONECTOR y se usa para conectar una parte de un diagrama de flujo con otra.

Los conectores pueden ser evitados dibujando flechas desde una parte del diagrama a otra - parte distante. Pero hacer esto tiende a -- complicar demasiado y aparecer desordenado un diagrama. Puede encerrarse cualquier símbolo

o caracter alfabético dentro de los símbolos.



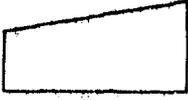
En ocasiones las distintas partes del diagrama se encuentran en páginas distintas, para lo cual se utiliza este símbolo de CONECTOR-DE PAGINA.



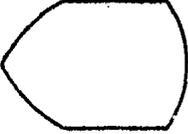
Este símbolo es el de TARJETA PERFORADA. Siempre que se desee indicar una instrucción de lectura de tarjetas, puede usarse el símbolo estándar para ENTRADA/SALIDA. Para los propósitos de ésta Tesis, este símbolo indicará TARJETA MAGNETICA, ya que las calculadoras programables no utilizan tarjetas perforadas.



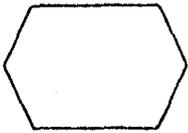
Este símbolo se denomina ANOTACION/COMENTARIO. Sirve para escribir notas que suministran material explicatorio que no cabe en los bloques del diagrama. Este símbolo puede conectarse a cualquier símbolo del diagrama en un lugar donde la anotación sea significativa.



Este es el símbolo de ENTRADA MANUAL y se usa para representar una operación de entrada manual, donde el dispositivo empleado es un teclado o teletipo.



Este símbolo indica CINTA MAGNETICA y normalmente se utiliza para almacenar archivo o programas.



Este símbolo es el de PANTALLA, sirve para indicar el contenido de la pantalla (conocida también como "display").

Este símbolo se denomina PREPARACION, e indica la modificación en un programa o la ejecución de una subrutina.

Las frases usadas dentro de los símbolos de los diagramas de flujo no precisan ninguna formalidad. Cualquier palabra que se use es correcta, con tal que exprese claramente qué es lo que la computadora debe hacer. -- Algunas personas argumentan que el símbolo en sí indica la orden que se desea presentar y suelen omitirse los comentarios. Esto es válido siempre que no se preste a confusiones alguna de las órdenes indicadas. Se puede mostrar más de una tarea a ser realizada en un mismo símbolo de proceso. -- También es común que los símbolos se llenen con palabras o frases íntimamente relacionadas con el lenguaje de programación que se vaya a utilizar. -- Esto hace que pierda generalidad el diagrama de flujo, ya que si se quiere escribir en otro lenguaje de programación, es necesario interpretarlo o inclusive traducirlo. Siempre es recomendable indicar operaciones en forma

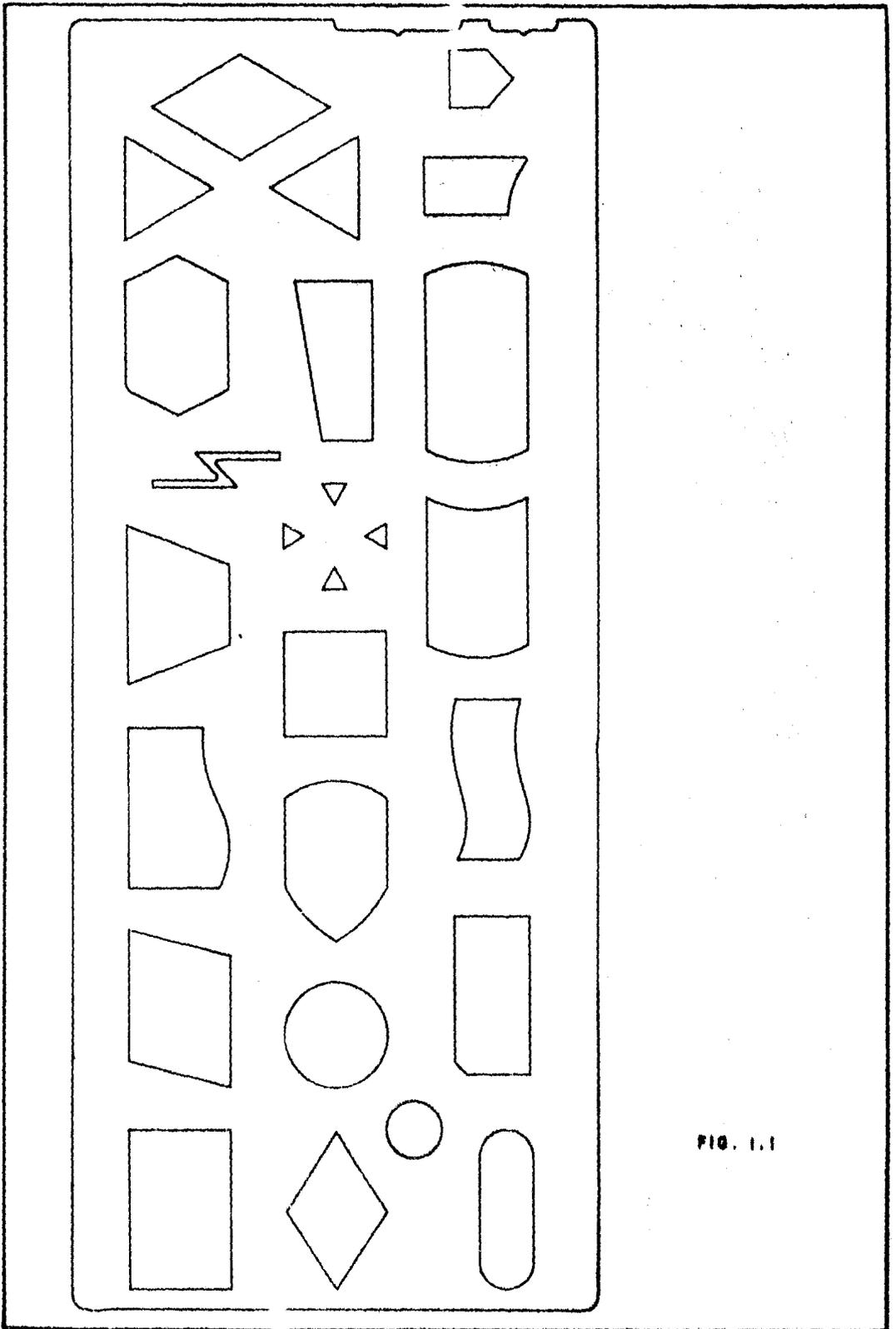


FIG. 1.1

algebraica y órdenes por escrito, en esta forma se presenta en forma general y es claro para escribirlo en cualquier lenguaje de programación.

1.1.4 PROCESO PARA RESOLVER UN PROBLEMA POR COMPUTADORA.

El proceso para elaborar un problema que deba ser resuelto por medio de una computadora es el siguiente:

a) Identificación del problema y definición de la(s) meta(s).

La computadora no puede decidir por nosotros lo que deseamos hacer. Se tiene que decidir lo que el desarrollo del sistema debe realizar, qué meta o combinación de metas se deben alcanzar, bajo qué condiciones debe operar y qué enfoque general se debe dar para resolver el problema. Este paso es sencillo en algunos casos; en otros requiere más tiempo. De cualquier modo, este paso demanda claramente un conocimiento completo del problema y por lo general la computadora poco puede hacer para ayudarnos en esto.

b) Descripción matemática.

Cuando el problema así lo requiera, es necesario comenzar por presentar una descripción matemática del proceso en estudio. Generalmente es to se hace de diversas maneras. Se debe solucionar un enfoque en particular, o bien, desarrollar uno nuevo, si ningún método estándar es aplicable. En este paso, en el que la computadora no hace nada, se requiere un conocimiento completo del problema y de las más importantes técnicas matemáticas.

c) **Análisis numérico.**

La formulación matemática del problema pudiera no ser traducible al lenguaje de la computadora, ya que ésta solamente puede efectuar operaciones aritméticas y tomar decisiones sencillas. Las ecuaciones diferenciales, integrales y coeficientes de correlación (por mencionar algunos ejemplos), se deben expresar en términos de operaciones aritméticas.

d) **Formulación del algoritmo.**

El siguiente paso es elaborar una declaración precisa y sin ambigüedades de lo que exactamente se desea que haga la computadora con respecto a las operaciones que es capaz de efectuar. Una computadora no puede obedecer la orden "resuelve el problema", pero sí puede acatar la orden "eleva al cuadrado el número identificado por el nombre de la variable X TIRANTE" o, "regresa al principio del programa si el valor actual de la variable X DELTA es menor que 0.001". Además, es importante que la secuencia exacta de las acciones sea específica con todo detalle, principalmente en cada uno de los puntos donde la computadora va a tomar una "decisión" basada en las relaciones entre los valores almacenados.

Una definición sin ambigüedad de las acciones que se deben realizar para resolver un problema, se llama algoritmo. Este comúnmente se expresa en una forma gráfica llamada diagrama de flujo.

e) **Programación de la computadora.**

Contando con el algoritmo, es decir, conociendo exactamente lo que deseamos hacer, el siguiente paso es expresar el algoritmo en un lenguaje que la computadora pueda "entender". El lenguaje de computación que se uti

lice impone restricciones propias en términos de qué clase de órdenes puede interpretar y ejecutar, puesto que cada lenguaje tiene diferentes características. Además, la forma exacta en que se escriben las órdenes para la computadora está establecida para cada lenguaje de computación y generalmente las reglas son inflexibles.

Cada computadora puede realizar un número limitado de operaciones fundamentales. Por ejemplo, la mayoría de las computadoras pueden sumar, restar, multiplicar, dividir y elevar a alguna potencia. Estas capacidades se refieren frecuentemente como las capacidades de "hardware", puesto que -- hay, dentro de la computadora, circuitos electrónicos que realizan estas operaciones aritméticas. Para iniciar cada una de estas operaciones existe -- una instrucción correspondiente en lenguaje de máquina y el proceso de programar es el proceso de generar una serie de estas instrucciones con el propósito de realizar una tarea requerida.

f) Verificación del programa.

Existen tantas posibilidades de cometer errores en la programación que la mayoría de los programas no trabajan correctamente la primera vez que se prueban. Por lo tanto, los errores deben ser localizados y corregidos y el programa debe verificarse concienzudamente para tener la seguridad de que funcionará como se pretende.

g) Producción.

Finalmente, el programa puede ser combinado con los datos del problema y ejecutarse o "correrse". En una situación normal, muchos conjuntos de datos se introducen a la computadora en una sola corrida y las solu--

ciones se obtienen entre dichos conjuntos, sin intervención humana. Este paso puede requerir desde pocos segundos hasta muchas horas, dependiendo del problema y del tipo de computadora.

h) Interpretación.

Los resultados impresos por la computadora no siempre constituyen una respuesta final al problema. El usuario de la computadora debe interpretar los resultados para ver lo que significan en términos de las combinaciones de metas y del sistema propuesto. A menudo es necesario repetir algunos o todos los pasos anteriores para que el problema quede realmente resuelto.

Se pueden obtener varias conclusiones de esta exposición: primero, la computadora no puede por sí misma resolver problemas, sólo sigue cuidadosamente procedimientos de computación definidos. Segundo, la computadora no releva al usuario de la responsabilidad de una planeación mucho más cuidadosa, sino al contrario: demanda mayor cuidado. La computadora es más rápida y más exacta que un humano, pero no puede decidir cómo proceder o -- qué hacer con los resultados. Tercero, la computadora no reduce en forma alguna la necesidad de un entendimiento completo y detallado del problema o del conocimiento completo de las matemáticas correspondientes.

1.1.5 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA HP-41CV

La HP-41CV es una de las primeras calculadoras programables de bolsillo en ofrecer la capacidad de caracteres alfabéticos y numéricos.

Los caracteres alfabéticos permiten nombrar y rotular programas y funciones, proveer indicaciones para el ingreso de datos con palabras o instrucciones significativas, presentar mensajes de error, rotular constantes y variables, así como resultados finales.

La calculadora posee más de 130 funciones, pero no todas están impresas en el teclado de la máquina; sólo 68 (las estándar) son accesibles directamente pulsando las teclas de función.

Para tener acceso al resto de las funciones existen dos formas de hacerlo: la primera es asignándola a alguna tecla mediante la función auxiliar ASN (asignar); de esta forma, estando la calculadora en la modalidad de USUARIO, se puede ejecutar la función asignada cuantas veces se desee, pulsando la tecla en que fué asignada. Si se deseara utilizar la función que originalmente ejecutaba la tecla asignada, simplemente se cambia a la modalidad normal (no de USUARIO) de la calculadora. La segunda forma de tener acceso al resto de las funciones es utilizando la función auxiliar -- XEQ (ejecutar) e ingresando, en la modalidad ALFA (alfa numérica) el nombre de la función. Si se necesitara una función que no se encuentra en la calculadora, se cuenta con la posibilidad de escribir un programa que pueda satisfacer esa necesidad especial. Estos programas especiales, así como los que se elaboren, pueden ser asignados a cualquier tecla, mediante un nombre y ser ejecutados como cualquiera de las funciones estándar.

En esta forma la calculadora se puede adaptar totalmente a las necesidades personales escribiendo las funciones especiales que sean necesarias y asignándolas, junto con las que no siendo estándar sean convenientes, a las teclas que se especifique.

Para rotular el teclado en forma personal, existen plantillas plásticas sobre las que se puede escribir el nombre de las funciones especiales creadas o de las que no son estándar y en esta forma tener la configuración nueva del teclado.

Las teclas reasignadas permanecen en ese estado hasta que se borren la memoria de la calculadora, los programas correspondientes, o se reasigne nuevamente a la tecla la función original.

Otra de las características importantes de la HP-41CV es que retiene toda la información dentro de la "Memoria Contínua" de la calculadora. Toda la información (programas y asignaciones de tecla), se conservan en la Memoria Contínua cuando se le apaga. Al volverla a encender se puede continuar operando tanto con la cifra que se estaba manejando, como en la parte del programa que se había interrumpido.

La Memoria Contínua de la calculadora conserva los programas en forma permanente hasta que expresamente se eliminen.

La Memoria Contínua de la calculadora está dividida en registros -

de almacenamiento. Estos pueden ser de dos tipos: registros de programa y registros de datos. Los primeros se utilizan para almacenar instrucciones de programas, los segundos para almacenar y recuperar manualmente números y series ALFA (secuencia de caracteres alfabéticos)..

La memoria de la calculadora se puede distribuir en tres combinaciones: enteramente para los registros de datos, enteramente para los registros de programa, y para cualquier combinación específica de ambos.

En total, la Memoria Continua cuenta con 319 registros. Estos, -- si son distribuidos como registros de datos, se denominan simplemente como "memorias", o sea que la calculadora puede contar de cero a 319 "memorias";- en estas "memorias" se puede almacenar cualquier número o una serie ALFA de seis caracteres como máximo, es decir, palabras de seis letras.

Los registros de programa están divididos en siete partes. Cada -- una de estas partes es llamada "byte de memoria de programa" o simplemente "byte".

En los registros de programa se almacena la información que será -- usada como parte de un programa. A una sola operación completa almacenada en la memoria de programa se denomina "instrucción" o "línea de programa". - La mayoría de las funciones de la HP-41CV, requieren sólo un "byte" de registro de programa para almacenar una instrucción, pero algunas requieren de -- dos o aún más "bytes", pero son mínimas.

Los caracteres alfabéticos requieren un byte por cada uno de ellos, más un byte adicional cuando se almacena la serie en la memoria del programa. Cada dígito de un número requiere un byte cuando es almacenado en la memoria.

De lo anterior se concluye que si todos los registros de almacenamiento se utilizaran como registros de programa y todas las instrucciones utilizadas fueran de un byte, se podría almacenar un programa de $319 \times 7 = 2233$ instrucciones de programa.

SISTEMA DE PERIFERICOS.- Se denominan periféricos al conjunto de dispositivos que se conectan directamente con la calculadora y proporcionan otro tipo de servicios complementarios, haciendo más eficiente y cómoda la utilización de ella.

Entre los más importantes tenemos a la lectora de tarjetas, la impresora, el lector óptico, los módulos programados y un sistema más ampliamente conocido como "Interface Loop" (sistema de interconexión de lazo cerrado) - que consta de una casetera y otro tipo de impresora, además de módulos para ampliar la capacidad de la Memoria Continua y controladores de tiempo -- con ampliación de funciones para la calculadora.

Todos estos periféricos constituyen una ampliación tanto en el "software" como en el "hardware" de la calculadora, creando un sistema personal de computación flexible ya que se puede combinar el uso de periféri-

cos que más convenga.

La lectora de tarjetas permite leer y escribir sobre tarjetas magnéticas información relacionada con programas, datos o estados en que se encuentre la calculadora. Este periférico permite almacenar información - - para utilizarla en cualquier momento que sea requerida, sin necesidad de telear instrucción tras instrucción; esto es muy práctico para programas de gran extensión. Este periférico incluye un compilador para leer tarjetas magnéticas de modelos anteriores a la HP-41CV, los cuales no eran alfanuméricos.

Se puede instruir a la lectora, desde la calculadora, de modo que solamente pueda ejecutar el programa, sin poder visualizarlo ni alterarlo.

Las tarjetas magnéticas se clasifican en cuatro categorías, dependiendo del tipo de información que se almacene magnéticamente en ellas:

- a) Tarjetas de programa.
- b) Tarjetas de datos.
- c) Tarjetas de estado.
- d) Tarjetas de escribir todo.

Cada tarjeta magnética tiene dos posiciones o pistas. Cada pista puede pertenecer a una de esas cuatro categorías. Una tarjeta puede retener hasta 32 registros de almacenamiento, 16 registros en cada pista. A

pesar de esto, ningún programa o grupo de registros estarán limitados por -- una longitud de una tarjeta, ya que ellos se pueden segmentar en tantas tarjetas como sea necesario.

- a) Tarjeta de Programa.- Es aquella que tiene almacenadas instrucciones de programa.
- b) Tarjeta de Datos.- Son aquellas que contienen información proveniente de los registros de datos de la calculadora. En forma similar a -- las tarjetas de programa, cada una contiene hasta 32 registros (16 sobre cada pista).
- c) Tarjetas de Estado.- Las tarjetas de estado tienen escritas sobre ellas información especial de estado. La información incluye el estado de las señales indicadoras 0 a 43 (que incluye formato de la presentación y modalidad trigonométrica); ubicación de registros estadísticos; cantidad de registros de datos; reubicación de teclas de las funciones estándar de la calculadora y funciones del módulo de aplicación.
- d) Tarjetas Escribir Todo.- Estas son tarjetas especiales que retienen el contenido completo de la calculadora.

La impresora es el periférico que grafica y escribe, en papel térmico, caracteres alfanuméricos.

Cuando se elabora un programa se puede obtener un registro impreso del número de líneas de programa o el listado de las instrucciones que lo

componen. Cuando se ejecuta un programa, la impresora se puede programar, a su vez, para que se impriman únicamente los resultados y datos, o imprima cada instrucción que va ejecutando. También se puede controlar la intensidad de la impresión.

El lector óptico de código de barras es el periférico que realiza las mismas funciones que la lectora de tarjetas, pero utiliza un código de barras de diferentes espesores (según la instrucción de que se trate). Este accesorio tiene la ventaja de leer los programas mucho más rápido que -- con el teclado o la lectora de tarjetas.

El fabricante de la calculadora ofrece una serie de programas relacionados con un tema específico grabados de fábrica y reunidos físicamente en un circuito integrado conocido como "Módulo de Aplicación". Los programas grabados en dichos módulos pueden ser transferidos a la memoria principal de la calculadora. Al transferirse a la memoria principal (sin que esto quiera decir que se borren del módulo) se pueden ejecutar paso a paso, -- modificarlos, listarlos con la impresora o grabarlos en tarjetas magnéticas. La única condición que se requiere para poder transferir un programa es que el tamaño de la memoria principal sea suficiente para recibirlo.

Los periféricos que pertenecen al llamado "sistema de interconexión de lazo cerrado", fueron diseñados para adaptarse a las necesidades de las computadoras portátiles y convertirlas en unidades orientadas hacia el concepto de sistema.

El ahorro en consumo de energía se logra gracias al método empleado de utilización de ésta. Mediante dicho método, la información que manipula el lazo es retransmitida por cada dispositivo, el cual utiliza únicamente la energía necesaria para llevar el mensaje hasta el próximo elemento del lazo.

El objeto fundamental del sistema de lazo cerrado es proporcionarle memoria masiva y capacidad de impresión a la computadora de mano. Para ello, el sistema incluye el equipo digital de almacenamiento de datos en cassettes y una impresora/trazadora térmica.

La interconexión de los diferentes equipos que componen el sistema de lazo cerrado con la calculadora se realiza por medio de un módulo de interconexión denominado "interface". El módulo se conecta a cualquiera de los cuatro accesos de entrada/salida de la calculadora convirtiéndola, en esta forma, en un controlador de propósito múltiple.

El dispositivo digital de almacenamiento en cassettes utiliza mini cassettes para su funcionamiento. La capacidad de almacenamiento es de -- 131,071 bytes, lo cual indica que el dispositivo de memoria almacenada en cassettes posee 50 veces más memoria que la HP-41V. Dichos bytes pueden ser datos, programas, información y directorios que se nombran según las -- necesidades personales.

Con esta capacidad de memoria, la HP-41CV es capaz de recopilar datos y realizar funciones administrativas que anteriormente requerían computadoras de mayor tamaño.

La velocidad de desplazamiento del cassette durante el proceso de exploración de la cinta es de 30 pulgadas por segundo. La velocidad normal de escritura o lectura es de 9 pulgadas por segundo (900 bytes por segundo).

La impresora/trazadora térmica es un equipo portátil que proporciona al usuario la conveniencia de una copia tangible de los datos, listas de programas, código de barras y gráficas.

La impresora incluye 128 caracteres estándar, líneas de 24 caracteres tanto especiales como definidos por el usuario; posee dos modos de impresión; permite destacar las palabras o títulos que el usuario desee en la copia impresa; también puede imprimir en simple y doble espacio. Otra de las ventajas de este dispositivo es que será compatible con todos los otros elementos de control del sistema de lazo cerrado que estén en el mercado en el futuro.

Además del sistema de interconexión de lazo cerrado, se pueden conectar a la calculadora tres módulos: uno de tiempo y otros dos para ampliar la capacidad de memoria y proporcionar nuevas funciones.

El módulo de tiempo permite incorporar tiempos precisos y fechas - en la calculadora. Con dicho módulo, la HP-41CV puede convertirse en un reloj, un calendario, un cronómetro, una alarma, etc.

Se pueden establecer 253 alarmas separadas, dependiendo de la cantidad de memoria disponible y cualquier alarma puede ser ajustada para repetirse ella misma una y otra vez después de un intervalo de tiempo establecido por el usuario. Una alarma se puede activar estando prendida o apagada la calculadora y cuando se ajusta una alarma en especial puede cambiar para convertirse en una alarma de tono, un mensaje de alarma o una alarma de control. Cuando una alarma de control se activa, la HP-41CV inmediatamente se inicia la ejecución de un programa en específico.

El módulo de extensión de memoria y funciones expande la HP-41CV - con 47 nuevas funciones y 889 bytes de memoria extendida.

Con este módulo se pueden crear tres tipos de archivos: de programas, de datos y de control. Esto da a la HP-41CV las características de las grandes computadoras.

Existe otro módulo que sólo extiende la memoria, adicionando 1 666 bytes de memoria extendida. Utilizando dos de estos módulos y el de extensión de funciones, se puede tener en la HP-41CV un total de 6.4k bytes de memoria.

1.2 DISEÑO DE ENTRONQUES

1.2.1 DEFINICION Y CLASIFICACION DE INTERSECCION Y CRUCE

Una intersección es el área donde dos o más caminos se unen o cruzan. Comprende todo el espacio destinado a facilitar los movimientos de los vehículos que circulan por ella. La función primordial de la intersección es la operacional para proporcionar los diferentes cambios en la dirección del usuario.

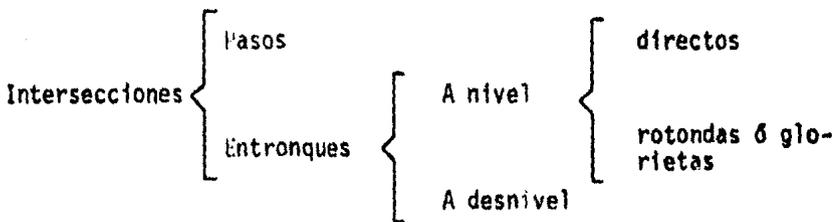
La intersección es un elemento sumamente importante del camino y un buen proyecto de la misma se traduce en eficiencia, seguridad, costos de operación bajos, reducciones moderadas de velocidad y mayor capacidad.

En general, se pueden considerar dos tipos de intersecciones: los entronques y los pasos. Un entronque es la intersección que permite la mezcla e intercambio de las diferentes corrientes de tránsito que circulan en él. Un paso, en cambio, es la intersección que no permite la mezcla de las corrientes vehiculares; esto indica que los pasos se efectúan sólo a desnivel.

El entronque, en general, consta de tres elementos básicos: ramas o ramales, enlaces y rampas. Una rama o ramal es cualquier vía o camino que entra o sale de un entronque y forma parte de él. El enlace es la vía o camino que une dos ramas distintas en una intersección. Finalmente, las rampas son los enlaces que unen dos ramas de diferente nivel.

Los entronques pueden ser de dos clases: a desnivel, si en el punto o puntos de cruce de los caminos existe un puente que permita la separación física de los flujos vehiculares en dos ó más niveles; la otra clase de entronques se nominan a nivel, en los cuales no existe una estructura de puente para separar los flujos vehiculares en el punto de cruce. A su vez, los entronques a nivel pueden subdividirse atendiendo a la forma en que se realizan los cruces en él: directos y rotatorios. Los primeros existen -- cuando los movimientos vehiculares implican un cruce franco entre ellos. -- Los segundos son aquellos en los que el movimiento de cruce se resuelve con maniobras de entrecruzamiento y los vehículos dan vueltas parciales alrededor de una zona central; este tipo de entronque es conocido como "rotonda" ó "glorieta".

La clasificación anterior se muestra en el siguiente cuadro sinóptico:



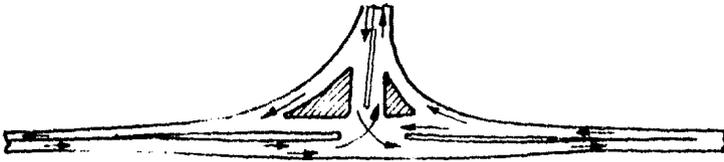
Existe un criterio más para clasificar a los entronques dependiendo si el movimiento vehicular se restringe ó no, resultando tres tipos: --- canalizados, sin canalizar y con ensanchamiento ó ampliaciones. Los entronques canalizados se auxilian de superficies a nivel ó realizadas (llama-

das isletas) para encauzar e indicar las trayectorias que deben seguir los vehiculos; en esta forma se evita el movimiento desordenado de éstos. -- Los entronques sin canalizar no presentan en su diseño las isletas y por lo tanto existe más libertad en el movimiento vehicular.

Los entronques con ensanchamiento o ampliaciones son aquellos que presentan una superficie de rodamiento adicional para proporcionar una zona de refugio y/o espera. Este último tipo de entronque es usual para resolver los movimientos de vuelta izquierda. En las figuras 1.2 y 1.3 se muestran ejemplos de esta clasificación de entronques.

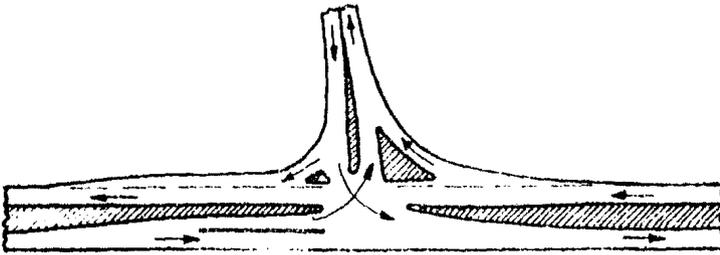
Los dos criterios de clasificación mencionados se pueden combinar entre sí y en el diseño real de un entronque presentarse el caso de tener uno a desnivel, canalizado y con ampliaciones, como es el caso del entronque "Distribuidor Mazatlán" localizado en la ciudad de Tepic, en el estado de Nayarit.

De acuerdo a la forma geométrica en planta que presentan los entronques, se tiene otro criterio de clasificación. Los entronques a nivel con tres ramales pueden adoptar la forma de "T" o de "Y". Los que constan de cuatro ramas se les denomina entronques en "Cruz". Aquellos con cinco o más ramas se les denomina entronques de "Ramas Múltiples". Estos entronques deben ser evitados siempre que sea posible o, en su defecto, sustituirlos por una rotonda. En la figura 1.5 se presentan las formas geométricas de esta clasificación.



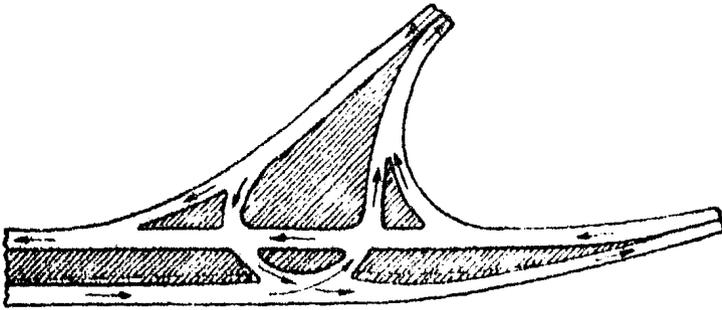
CON ISLETAS SEPARADORAS Y ENLACES

-A-



CON CARRILES EN LA FAJA SEPARADORA

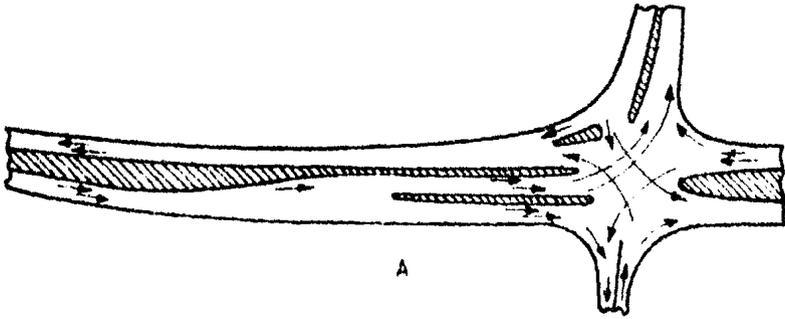
-B-



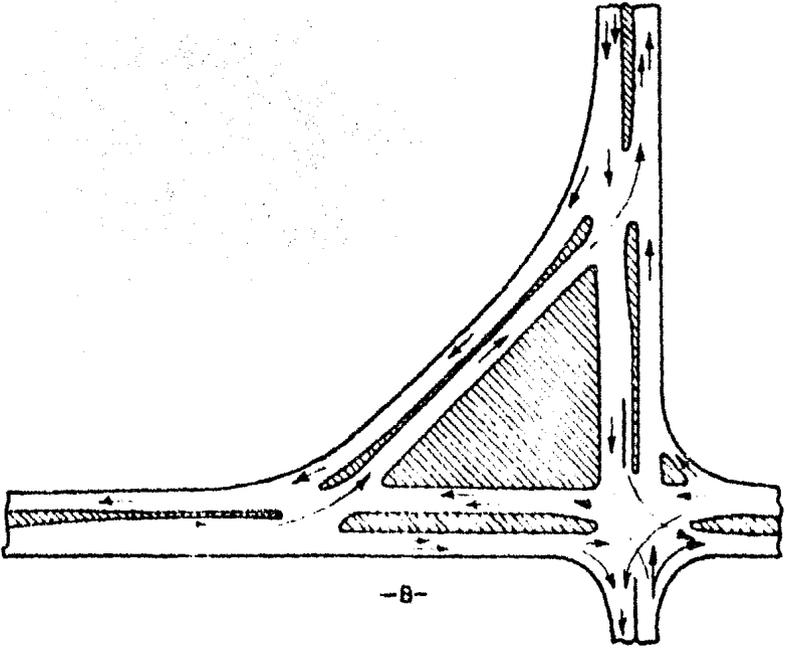
EN FORMA DE BULBO

-C-

FIGURA 12 ENTRONQUES DE TRES RAMAS, CON ALTO GRADO DE CANALIZACION

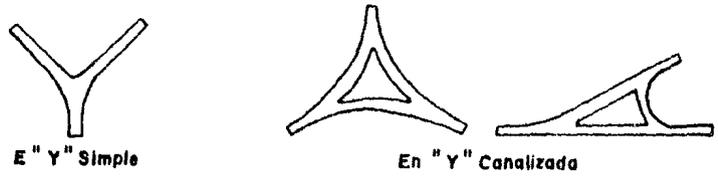
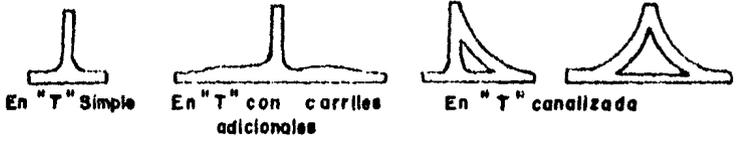


A

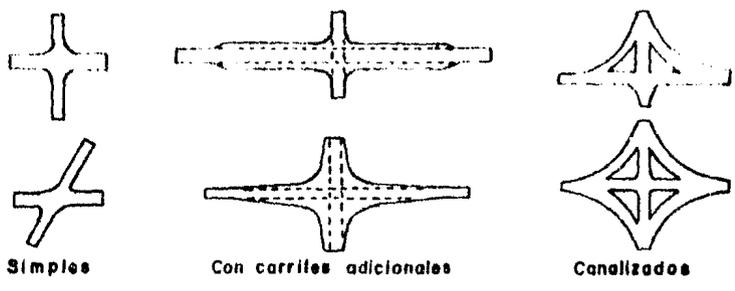


-B-

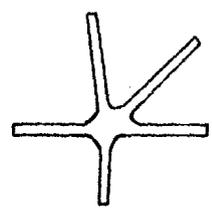
FIGURA 1.3 ENTRONQUES DE CUATRO RAMAS, CON ALTO GRADO DE CANALIZACION



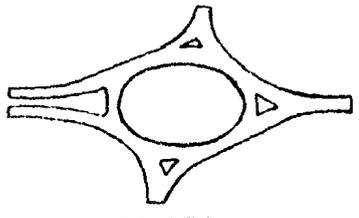
DE TRES RAMAS



DE CRUATRO RAMAS



DE RAMAS MÚLTIPLES



GLORIETA

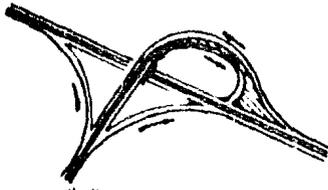
Dentro de esta misma clasificación, los entronques a desnivel se designan de acuerdo con la forma que adoptan, más que por el número de ramas. Así tenemos al entronque en "T" o "Trompeta"; los "Direccionales" son los que permiten que los movimientos principales con vuelta izquierda se efectúen en forma directa; el "Trébol" es el que está constituido por enlaces de un sólo sentido de circulación, y no es posible dar vuelta directa hacia la izquierda; el entronque denominado "Trébol Parcial" es aquel al que le falta algún enlace; el tipo "Diamante" tiene cuatro enlaces de un sólo sentido de circulación; finalmente se tiene el tipo "Glorieta", que es el más adecuado para los entronques de ramas múltiples. En la figura 1.6 se muestran los diferentes tipos de entronques a desnivel atendiendo a su forma geométrica.

1.2.2 AREAS DE MANIOBRAS Y PUNTOS DE CONFLICTO

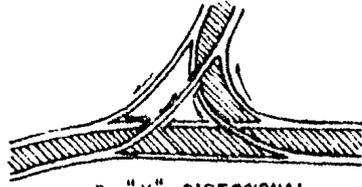
La solución de los problemas relacionados con la circulación en las intersecciones es uno de los objetivos fundamentales de la Ingeniería de Tránsito.

El cambio de una trayectoria en una intersección se efectúa por medio de una maniobra. Con ella se genera un punto de conflicto entre los usuarios que intervienen en ella o, algunas veces, abarcando también a los que se aproximan.

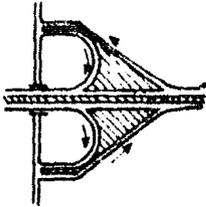
Un punto de conflicto es un accidente potencial, por lo que entre menor número de conflictos existan, menor número de accidentes ocurrirán.



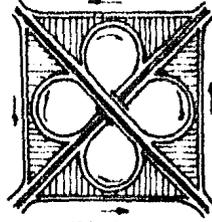
A- "T" O TROMPETA



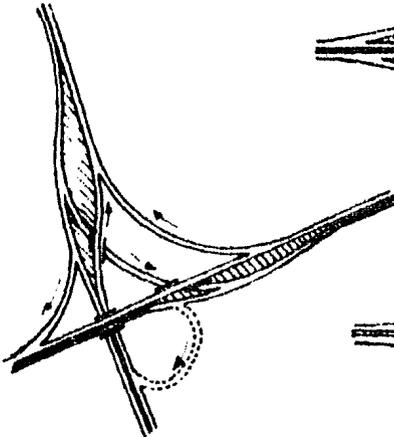
B- "Y" - DIRECCIONAL



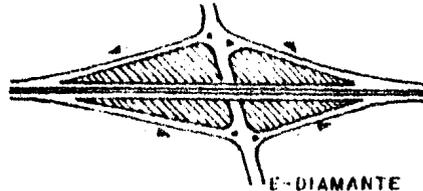
C - TREBOL PARCIAL



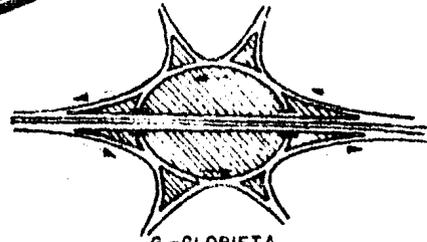
D - TREBOL



F - DIRECCIONAL



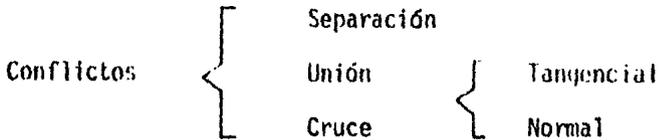
E - DIAMANTE



G - GLORIETA

FIGURA 10. TIPOS GENERALES DE ENTRONQUES A DISM. 'E'

Los conflictos se pueden clasificar en la siguiente manera:



La combinación de la unión y la separación dá origen a otra maniobra conocida como entrecruzamiento.

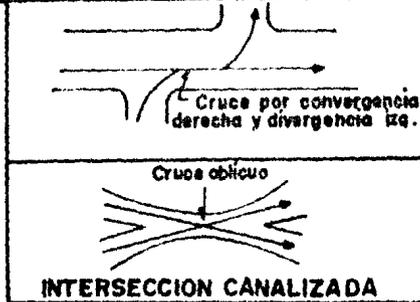
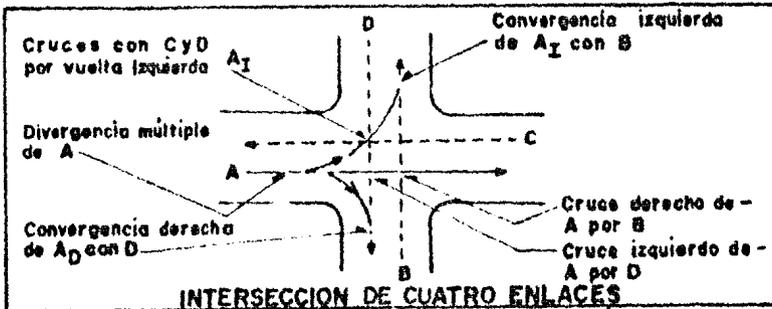
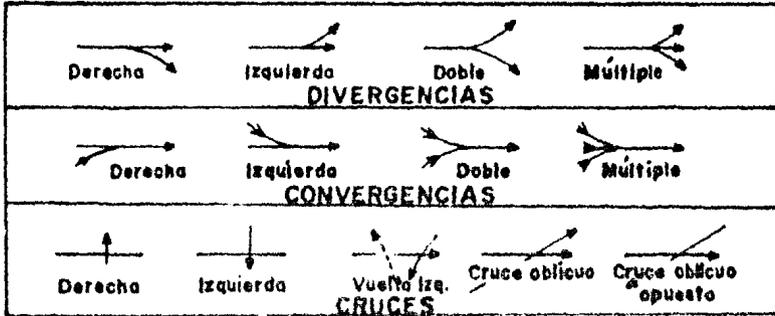
La zona de un entronque donde el conductor de un vehiculo realiza las operaciones de cambio de trayectoria, es decir, donde se generan los puntos de conflicto, se le llama "Area de Maniobra". Todo proyecto de un entronque se inicia con el estudio de las áreas de maniobras.

Las maniobras que se efectúan entre los vehiculos se dividen en tres categorías (ver fig. 1.7):

Simples.- Se presentan cuando dos vías de un sólo carril y un sólo sentido de circulación cruzan, convergen o divergen.

Múltiples.- Se presentan cuando más de dos vías de un sólo carril y un sólo sentido de circulación cruzan, convergen o divergen.

Compuestas.- Cuando las maniobras antes mencionadas se efectúan en más de un sólo carril de circulación.



1.2.3. VEHICULO DE PROYECTO

Un vehículo de proyecto es un vehículo hipotético cuyas características se emplearán para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de caminos e intersecciones.

El vehículo de proyecto debe seleccionarse de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circulará por el camino y las tendencias de los fabricantes a modificar las características de los vehículos.

En la tabla 1.1 se resumen las características de los vehículos de proyecto que se utilizan en México. La denominación de estos vehículos está en función de la distancia entre ejes externos así p.e. el vehículo DE-620 representa a un vehículo con una distancia en sus ejes extremos de 6.20 m.

En el proyecto de los elementos de una carretera o intersección, deben tenerse en cuenta la operación de los vehículos y las características geométricas de éstos. Las características de operación están definidas principalmente por la relación peso/potencia la cual, en combinación con otras características del vehículo y del conductor, determina la capacidad de aceleración y desaceleración, la estabilidad en las curvas y los costos de operación.

CARACTERISTICAS		VEHICULO DE PROYECTO					
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1825	
DIMENSIONES EN CM.	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DE1				397	915
	Distancia entre ejes del semirremolque	DEB				62	610
	Vuoto delantero	Vd	92	100	122	122	92
	Vuoto trasero	Vt	152	180	185	145	61
	Distancia entre ejes tandem tractor	Tt					122
	Distancia entre ejes tandem semirremolque	Tv				122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	DI				597	488
	Dist. entre ejes interiores tractor y semirremolque	Da				701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entrejea del vehículo	EV	183	244	259	259	259
	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114
	Altura de las faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61
	Altura de las faros traseros	Ht	61	61	61	61	61
	Angulo de desviación del haz de luz de los faros	α	1°	1°	1°	1°	1°
	Radio de giro mínimo (cm.)	Rc	732	1040	1281	1220	1372
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000
	Vehículo cargado	Wc	5000	6000	17000	25000	30000
Relación Peso / Potencia (Kg/HP)	Wt/P	45	50	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		ApVA	C2	B1x	T2-51	T3-52	
	ApVA	93	100	100	100	100	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE		C3	10	75	99	100	
EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO		T2-S1	0	0	1	80	
	T2-S2	0	0	1	93	78	
	T3-S2	0	0	1	18	90	
	ApVAc	98	100	100	100	100	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO.		C2	62	98	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2-S1	6	85	100	100	100	
	T2-S2	6	42	98	98	98	
	T3-S2	2	35	80	80	80	

TABLA I-1 CARACTERISTICAS DE LOS VEHICULOS DE PROYECTO

En México se carece de la información necesaria para definir las características de los vehículos; sin embargo, dado que casi el 100% son de procedencia norteamericana, pueden utilizarse los datos obtenidos en este país, pero tomando en cuenta el tipo de vehículos predominantes en las carreteras mexicanas.

El factor geométrico del vehículo que es más importante en el diseño de un entronque es el radio de giro en las vueltas. Este se define como el radio de la circunferencia descrita por la rueda delantera externa del vehículo cuando éste efectúa un giro o vuelta.

El radio de giro, las distancias entre ejes y la entre-vía del vehículo, definen la trayectoria que siguen las ruedas cuando el vehículo efectúa un giro. Estas trayectorias, especialmente la de la rueda delantera externa y la trasera interna, sirven para calcular las ampliaciones en las curvas horizontales y para diseñar la orilla interna de la calzada en los ramales de las intersecciones.

La distancia entre los límites exteriores de las huellas de la llanta delantera externa y trasera interna, es mayor cuanto menor es el radio de giro, alcanzando su valor máximo cuando el radio de giro es mínimo. A esta distancia se le llama distancia entre huellas externas.

Al radio de giro trazado por un vehículo que circula a una velocidad de 15 km/hr. se le define como "Trayectoria Mínima". Donde sea necesaria

rio proyectar curvas en espacios reducidos, debe usarse como base de diseño la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto.

1.2.4. CURVAS HORIZONTALES

El diseño de las curvas horizontales en los entronques depende de diversos factores: del tipo y forma del entronque; de las velocidades de -- proyecto en los caminos que se intersectan; de la relación entre los volúmenes de tránsito que siguen su trayectoria directa en el entronque y los que cambian de dirección tomando los enlaces; el número y frecuencia de vehículos pesados.

1.2.4.1 CURVAS EN LOS RAMALES. Cuando sea posible, el diseño de las curvas en los caminos principales se debe hacer siguiendo los mismos criterios utilizados en el camino abierto. En esta forma el usuario que utiliza el entronque como paso obligado de su viaje, sin hacer uso de los enlaces, no encuentra alteraciones en las características del camino que venga utilizando. Sin embargo, algunas veces el diseño propio del entronque obliga a modificar las características del camino principal. En este punto, el proyectista debe considerar el hecho de que el usuario acepta condiciones más forzadas en un entronque por tratarse éste de una zona de conflictos. Además, el usuario de un entronque tiende, en forma natural, a circular con velocidades menores que las del camino abierto.

1.2.4.2 CURVAS EN LOS ENLACES. Basándose en un estudio en vehículos que dan vuelta en los enlaces, se establecieron los radios mínimos para las curvas considerando velocidades diferentes. En la tabla 1.2 se presentan los resultados.

La tabla mencionada considera restricciones que los usuarios aceptan en la zona del entronque pero, cuando sea posible, se recomienda diseñar las curvas en los enlaces siguiendo las normas del camino abierto. En esta forma el usuario encuentra características similares en todo el entronque y no se enfrenta a cambios que, al descontrolarlo, pudieran resultar peligrosos.

Donde existan pocos conflictos con peatones o vehículos de otra corriente, el diseño de las curvas se puede hacer considerando la velocidad de marcha en los caminos principales.

1.2.4.3 DISEÑO MINIMO. En el caso de contar con espacios reducidos para diseñar las curvas, se considera un caso límite mínimo. Es entonces cuando se introduce el concepto de la "Trayectoria mínima de un vehículo". -- Esta se define como las huellas dejadas por las llantas delantera externa y trasera interna del vehículo de proyecto que se trate, cuando éste viaja a una velocidad de 15 km/hr. En estos casos, las curvas de las orillas internas de la calzada se adaptan a la trayectoria mínima y se debe considerar -

Velocidad de proyecto km/h	25	30	40	50	60	70
Coefficiente de fricción lateral (μ)	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15
Sobreelevación (s)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
Total $s + \mu$	0.32	0.29	0.27	0.26	0.25	0.25
Radio mínimo calculado (R), metros	15.33	24.36	45.52	75.40	113.40	153.85
Valores para proyecto						
Radio mínimo, metros	15	24	47	75	113	154
Grado máximo de — curvatura	—	4.5	2.4	1.5	1.0	0.8

NOTA: Para velocidades de proyecto de 70 km/h o mayores, úsense valores para condiciones de camino abierto.

Fórmula empleada:

$$s + \mu = 0.00785 \frac{v^2}{R}$$

TABLA 1.2 RADIOS MINIMOS PARA CURVAS.

una distancia de separación de 60 cm. entre la orilla de la calzada y dicha trayectoria. A este tipo de diseño se le conoce como "diseño mínimo".

Dependiendo del vehículo de proyecto y de la deflexión de la curva, se deben proponer curvas compuestas, ya sean simétricas o asimétricas, para encontrar las que se ajusten mejor a la trayectoria deseada.

En la tabla 1.3 se muestran los diseños recomendados para trayectorias mínimas para diferentes tipos de vehículos de proyecto.

1.2.4.4 CURVAS DE TRANSICION. Los vehículos que dan vuelta en las intersecciones lo hacen siguiendo trayectorias de transición.

Las curvas de transición que mejor se ajustan a las trayectorias-naturales son las curvas espirales, las cuales se proyectan entre una tangente y un arco circular, o bien entre dos arcos circulares de radios distintos. También se pueden utilizar curvas circulares compuestas ajustadas a las trayectorias de transición.

A) Longitud de la espiral de transición.

En las intersecciones, la longitud de las espirales de transición

VEHICULO DE PROYECTO	COLECCION	RADIO DE LA CURVA SIMPLE	CURVAS COMPUESTAS SIMETRICAS			CURVAS COMPUESTAS ASIMETRICAS		
			RADIO		DESPLAZA MIENTO	RADIO		DESPLAZA MIENTO
			metros	metros	metros	metros	metros	
DE - 335	50	18.25						
DE - 610		30.25						
DE - 1220		48.75						
DE - 1525		60.25						
DE - 335	48	18.25						
DE - 610		25.00						
DE - 1220		36.75						
DE - 1525		48.00	81.00 - 30.00 - 63.00	0.90				
DE - 335	60	18.25						
DE - 610		18.25						
DE - 1220		28.00						
DE - 1525			61.00 - 28.00 - 61.00	1.70	61.00 - 28.00 - 61.00	0.60 - 1.60		
DE - 335	75	11.00	30.00 - 7.50 - 30.00	0.60				
DE - 610		16.75	36.00 - 13.50 - 36.00	0.60				
DE - 1220		26.00	36.00 - 13.50 - 36.00	1.55	36.00 - 13.50 - 60.00	0.60 - 2.00		
DE - 1525			45.00 - 16.00 - 44.00	1.80	45.00 - 16.00 - 67.00	0.80 - 3.00		
DE - 335	90	9.25	30.00 - 6.00 - 30.00	0.75				
DE - 610		15.25	36.00 - 12.00 - 36.00	0.60				
DE - 1220			38.00 - 12.00 - 38.00	1.80	36.00 - 12.00 - 60.00	0.60 - 1.60		
DE - 1525			54.00 - 18.00 - 54.00	1.80	36.00 - 12.00 - 60.00	0.60 - 3.00		
DE - 335	105		30.00 - 6.25 - 30.00	0.75				
DE - 610			30.00 - 10.50 - 30.00	0.90				
DE - 1220			30.00 - 10.50 - 30.00	1.55	30.00 - 10.50 - 60.00	0.60 - 2.45		
DE - 1525			38.00 - 14.00 - 38.00	2.45	48.00 - 12.00 - 65.00	0.60 - 3.00		
DE - 335	120		30.00 - 6.00 - 30.00	0.80				
DE - 610			30.00 - 9.00 - 30.00	0.80				
DE - 1220			38.00 - 9.00 - 38.00	1.85	30.00 - 9.00 - 64.00	0.80 - 2.75		
DE - 1525			54.00 - 12.00 - 54.00	2.60	48.00 - 10.75 - 67.50	0.80 - 3.60		
DE - 335	135		30.00 - 6.00 - 30.00	0.45				
DE - 610			30.00 - 9.00 - 30.00	1.20				
DE - 1220			38.00 - 9.00 - 38.00	2.00	30.00 - 7.50 - 64.00	0.60 - 2.75		
DE - 1525			48.00 - 10.50 - 48.00	2.75	38.00 - 9.00 - 65.50	0.80 - 4.25		
DE - 335	150		23.00 - 5.50 - 23.00	0.60				
DE - 610			30.00 - 9.00 - 30.00	1.20				
DE - 1220			38.00 - 9.00 - 38.00	1.85	27.00 - 7.50 - 66.00	0.80 - 3.20		
DE - 1525			48.00 - 10.50 - 48.00	2.15	36.00 - 9.00 - 64.00	0.80 - 4.25		
DE - 335	180		18.00 - 4.50 - 18.00	0.15				
DE - 610			30.00 - 9.00 - 30.00	0.45				
DE - 1220			30.00 - 6.00 - 30.00	2.90	25.50 - 6.00 - 66.00	1.65 - 3.95		
DE - 1525			38.50 - 7.50 - 38.50	2.80	30.00 - 7.50 - 64.00	1.80 - 3.95		

TABLA 1.3 RADIOS PARA EL DISEÑO MINIMO DE INTERSECCIONES

puede ser menor que las utilizadas en camino abierto, debido a que los conductores aceptan cambios más rápidos en la dirección del viaje. En la tabla 1.4 se muestran las longitudes mínimas de espirales para curvas en intersecciones.

Las espirales se pueden utilizar entre dos arcos circulares de radios distintos.

B) Curvas circulares compuestas.

Este tipo de curvas son apropiadas para dar la forma que se desea a las curvas en los enlaces de las intersecciones. La relación de los radios más grandes a los más cortos puede llegar a ser de dos, siendo deseable la relación de 1.75. Cuando la relación sea mayor de dos deberá intercalarse entre las dos curvas una espiral de longitud adecuada o un arco circular de radio intermedio.

C) Transiciones en los extremos de los enlaces.

Las transiciones en los extremos de los enlaces coinciden casi siempre con las zonas de aceleración y desaceleración.

En estas zonas, donde los extremos del enlace y la calzada se separan ó se juntan, se debe proporcionar un alineamiento adecuado.

La facilidad y la suavidad de la operación resulta cuando la orilla de la calzada se proyecta con curvas de transición de la forma y longi-

Velocidades de proyecto en la curva, en km/h	25	30	40	50	60	70
Radio mínimo, en m	15.0	24.0	47.0	76.0	113.0	154.0
C supuesto, en m/seg	1.30	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85
Longitud de espiral calculada, en m	17.2	19.3	25.4	33.6	43.1	56.2
Longitud mínima de espiral recomendable, en m	17	19	25	34	43	56
Desplazamiento de la curva circular respecto a la tangente, en m	0.81	0.64	0.57	0.62	0.68	0.85

Nota: Las longitudes de las espirales se determinan de la misma manera que para camino abierto.

TAHIZ - 4 LONGITUDES MINIMAS DE ESPIRALES PARA CURVAS DE INTERSECCIONES

tud necesarias para evitar una desceleración brusca de los vehiculos antes de entrar al enlace y para permitir el desarrollo de la sobre-elevación antes de la curvatura máxima y para que los vehiculos puedan seguir su trayectoría natural.

1.2.4.5 SOBREELEVACION EN LAS CURVAS DE LOS ENLACES

En los enlaces, el desarrollo de las curvas es más limitado y por ello es dificultoso obtener la longitud de transición deseable; por esto - las sobre-elevaciones son mas restringidas comparadas con camino abierto. En la tabla 1.5 se muestran las sobre-elevaciones para diferentes velocidades de proyecto.

En esta tabla se consideró una sobre-elevación máxima del 12% y - deberán preferirse los valores situados en la mitad superior o tercio superior del rango indicado. Una sobre-elevación del dos por ciento se considera mínima para efectos de drenaje.

La forma de efectuar el cambio en la pendiente transversal se basa principalmente en la comodidad y la apariencia. La diferencia entre - el perffl longitudinal del hombro y el de su eje central puede ser hasta - de un 5.3% por cada estación de 20 m, para velocidades de proyecto que oscilen entre 25 y 30 km/hr.

En la tabla 1.6 se muestran dichos valores y los equivalentes a -

RADIO (m)	GRADO DE CURVATURA	RANGO DE LA SOBREELEVACION PARA CURVAS EN ENLACES CON VELOCIDAD DE PROYECTO DE					
		25	30	40	50	60	70
15	76.4	0.02-0.12	—	—	—	—	—
25	45.8	0.02-0.07	0.02-0.12	—	—	—	—
45	25.5	0.02-0.05	0.02-0.08	0.04-0.12	—	—	—
70	16.4	0.02-0.04	0.02-0.06	0.03-0.08	0.04-0.12	—	—
95	12.1	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.06	0.05-0.09	0.06-0.12	—
130	8.8	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.03	0.04-0.07	0.05-0.09	0.09-0.12
180	6.4	0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.05	0.05-0.07	0.07-0.09
300	3.6	0.02	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05	0.05-0.04
450	2.5	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05
600	1.9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04
900	1.3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03

NOTA: Deberán preferirse los valores situados en la mitad superior o el tercio del rango indicado

TABLA 5. SOBREELEVACIONES PARA CURVAS EN ENLACES

Velocidad de proyecto km/h	25	30	40	50	60 o más
Variación de la sobreelevación					
Por estación de 20.00 m	0.053	0.053	0.046	0.039	0.032
Por 5.00 m de longitud	0.013	0.013	0.011	0.010	0.008

TABLA 16 CAMBIO DE LA SOBREELEVACION EN ENLACES

Velocidad de proyecto en los extremos del enlace km/h	Diferencia algebraica máxima m por m
25 y 30	0.05 - 0.08
40 y 50	0.05 - 0.06
60 o más	0.04 - 0.05

TABLA 17 DIFERENCIA ALGEBRAICA MAXIMA ENTRE LAS PENDIENTES DE LA SOBREELEVACION

una longitud de cinco metros para diferentes velocidades. El cambio en la sobre-elevación puede aumentar o disminuir hasta en un 25% de los valores tabulados, siendo aplicables los valores más bajos para las coronas anchas y los más altos para las angostas.

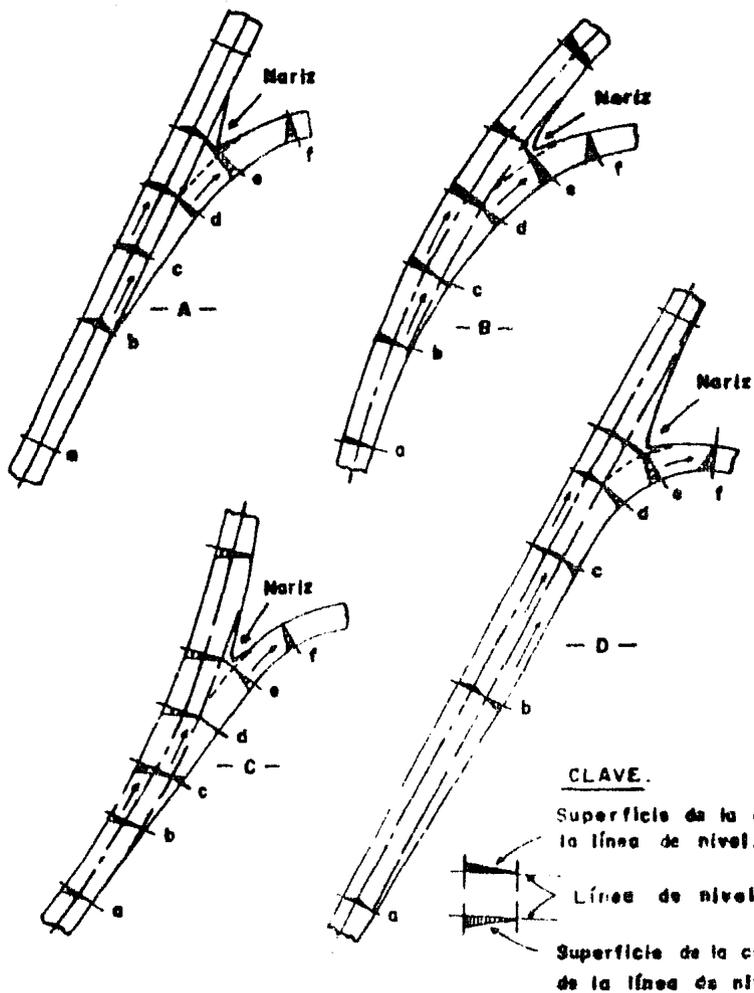
A) Desarrollo de la sobre-elevación en los extremos de los enlaces.

En los enlaces debe fijarse un límite práctico para la diferencia entre la sobre-elevación del camino directo y la del enlace, a modo de evitar la formación de crestas que puedan hacer perder el control de los vehículos.

En el proyecto de entrada o salida, los carriles para el tránsito directo pueden considerarse fijos en perfil y sobre-elevación y, a medida que el enlace se separa o se acerca, la sobre-elevación en la parte que se amplía del camino directo puede variar en forma gradual.

La localización del inicio de la sobre-elevación varía dependiendo de si se cuenta con un carril adicional para el cambio de velocidad. -- Cuando éste existe, parte del cambio de sobre-elevación puede efectuarse -- sobre este carril y, generalmente, más de la mitad del valor de la sobre-elevación total puede obtenerse donde el enlace adquiere el ancho total -- (ver fig. 1.8).

Cuando se carece de carril adicional para el cambio de velocidad,



la sobre-elevación generalmente se inicia en el punto donde el enlace adquiere su ancho correspondiente.

B) Control de paso sobre la cresta de la corona.

Se llama cresta de la corona, a la línea formada por los cambios de sobre-elevación en la calzada. Para controlar la magnitud de esta cresta se recurre a medirla mediante la diferencia algebraica de los valores de la sobre-elevación en ambos lados de ella.

El valor deseable de esta diferencia algebraica oscila entre el cuatro y el cinco por ciento pero para velocidades bajas puede usarse un valor hasta del ocho por ciento. En la tabla 1.7 se indican las diferencias algebraicas máximas entre las pendientes de la sobre-elevación para diferentes velocidades de proyecto en los extremos de los enlaces.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se establecen las sobre-elevaciones en ciertos puntos del perfil en el enlace y éstos sirven como puntos de control para definir los perfiles de los hombros del enlace y, de éstos, la rasante del enlace.

La rasante del enlace se debe ajustar hasta obtener un alineamiento continuo, cómodo, seguro y de buena apariencia; la rasante final puede no producir precisamente las sobre-elevaciones seleccionadas en todos los puntos de control, pero esto no es significativo, siempre y cuando el cambio de la sobre-elevación sea progresivo y dentro de los límites establecidos.

dos.

1.2.5 ISLETAS

Se llama isleta a cualquier superficie prohibida a la circulación, situada en una vía o intersección de vías.

En las intersecciones, las isletas se usan para cumplir con uno o más de los siguientes fines:

- 1) Separar los conflictos vehiculares.
- 2) Limitar los ángulos de cruce.
- 3) Evitar áreas pavimentadas excesivas.
- 4) Regular el tránsito e indicar la circulación correcta en una intersección.
- 5) Favorecer movimientos de giro predominantes.
- 6) Proteger a los peatones.
- 7) Proporcionar refugio a vehículos que van a cruzar o a girar.
- 8) Proveer de lugares para colocar dispositivos reguladores del tránsito.

De acuerdo con su función, puede haber tres clases de isletas: direccionales, divisorias y de refugio.

1.2.5.1 DIRECCIONALES. También conocidas como canalizadoras, son aquellas que sirven para controlar, regular y dirigir los movimientos del - -

tránsito, generalmente los de giro. De esta forma se obliga que el vehículo lo siga ciertas trayectorias definidas. A este fenómeno se le conoce como encauzamiento o canalización de corrientes vehiculares.

Las isletas canalizadoras deben colocarse de tal manera que el curso apropiado del viaje parezca obvio, continuo y fácil de seguir; su diseño se hace de tal forma que permita a las corrientes de tránsito, en la misma dirección, converger con ángulos pequeños y alinear los movimientos de cruce en un ángulo cercano a los 90°. Los radios de las curvas que delimitan las isletas deben corresponder o exceder al mínimo necesario para las velocidades de vuelta.

Las isletas direccionales no deben ser muy pequeñas. Cuando menos deben tener una superficie de 4.5 m²; sus lados, después de redondear las esquinas, no deben ser menores de 2.50 m. En el caso de tratarse de isletas triangulares, las esquinas deberán ser mayores de 3.50 m.

Cuando se trate de isletas alargadas, el ancho mínimo será de 1.20 m y la longitud de 3.50 m. Si no es posible hacerlas más anchas, la medida extrema será de 60 cm. Las isletas divisorias en carreteras de alta velocidad deben medir cuando menos 30 m de largo.

Por regla general, el ancho de la calzada no debe ser menor de 4.25 m, y la posición de las orillas de las isletas deberá ser a 60 cm de la prolongación de la orilla del pavimento. Cuando las isletas tienen las dimen

siones mínimas, deben proveerse de guarniciones.

En zonas rurales, las guarniciones deben ser achaflanadas para hacerlas menos peligrosas al tránsito de frente y para permitir mayor libertad en la operación a los vehículos grandes.

1.2.5.2 ISLETAS DIVISORIAS. Son las que se encuentran situadas longitudinalmente a una vía de circulación y separan el tránsito que circula en el mismo sentido o en sentidos opuestos.

Este tipo de isletas son especialmente ventajosas para controlar el tránsito que dá vuelta a la izquierda en las intersecciones esviajadas.

Cuando se emplea un camino para colocar una isleta separadora, debe hacerse de tal manera que las trayectorias a seguir sean evidentes e inequívocas para el conductor; el alineamiento no debe requerir una maniobra considerable del volante. Cuando el camino es tangente y se requiere una isleta separadora, es necesario usar curvas inversas. En zonas rurales -- donde generalmente las velocidades son altas, el grado de curvatura de las curvas inversas deberá ser de 0.5 grados o menos; en caminos de baja velocidad se pueden aceptar valores no mayores de 1.5 grados.

1.2.5.3 ISLETAS DE REFUGIO. Son áreas para el servicio y seguridad de los peatones cuando cruzan el camino. En este tipo de isletas son necesarias las guarniciones de tipo vertical.

1.2.6 GLORIETAS.

En la intersección a nivel rotatoria o rotonda, se transforman las maniobras de cruce en entrecruzamientos haciendo que los vehículos den vueltas parciales alrededor de una isleta central. Es una solución a bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares.

Las rotondas pueden ser más convenientes que las intersecciones a nivel directas en ciertos lugares. En general, estas funcionan mejor - cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la intersección es aproximadamente igual y su total no excede de los 3,000 veh/h. Su eficiencia depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto, se adaptan mejor a intersecciones donde los vehículos que giran son más que los que siguen de frente.

Ventajas y desventajas de las rotondas:

Ventajas:

- 1) Su proyecto correcto hace que el tránsito circule en forma ordenada y continua con pocas demoras y gran seguridad.

- 2) Como se substituyen los cruces por entrecruzamiento, los conflictos no son tan agudos y los accidentes que puedan ocurrir no resultan tan severos.
- 3) Los giros a la izquierda se hacen fácilmente mediante maniobras de confluencia y separación aunque las distancias a recorrer sean mayores.
- 4) Se adaptan bien a intersecciones con cinco o más ramas.
- 5) Cuestan menos que las intersecciones con pasos a desnivel que realicen funciones equivalentes.

Desventajas:

- 1) No tienen mayor capacidad que las intersecciones a nivel directas, bien proyectadas y reguladas.
- 2) Necesitan mayor espacio y son generalmente más costosas que las intersecciones a nivel directas con función equivalente.
- 3) No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones.
- 4) Se requieren isletas centrales demasiado grandes o velocidades de operación sumamente bajas cuando el volumen de tránsito

to rebasa los 3,000 vehículos por hora.

- 5) Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
- 6) No se pueden ampliar con facilidad, y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.

1.2.7 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN LOS ENLACES.

La distancia de visibilidad de parada es el factor que debe usarse para controlar la visibilidad en los enlaces. En los de doble sentido de circulación no debe usarse la distancia de visibilidad de rebase, pues esta maniobra no es permitida debido a la poca longitud de que generalmente se cuenta.

1.2.7.1 DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE PARADA. En la tabla 1.8 se muestran las longitudes mínimas de visibilidad de parada en los enlaces para diversas velocidades de proyecto; estos valores se obtuvieron por el mismo método empleado para camino abierto, usando un tiempo de reacción de 2.5 seg. y coeficientes de fricción entre 0.420 y 0.325 para velocidades de 25- a 70 km/hr.

1.2.7.2 LONGITUD MINIMA DE LAS CURVAS VERTICALES. La longitud mínima de las curvas verticales se basa, como en el caso de camino abierto, en la distancia necesaria para que el conductor, desde una altura de ojo de 1.14 m, vea un objeto de 0.15 m de altura. En la figura 1.9 se relacionan la velocidad de proyecto, la diferencia algebraica de pendientes y la longitud mínima de la curva vertical.

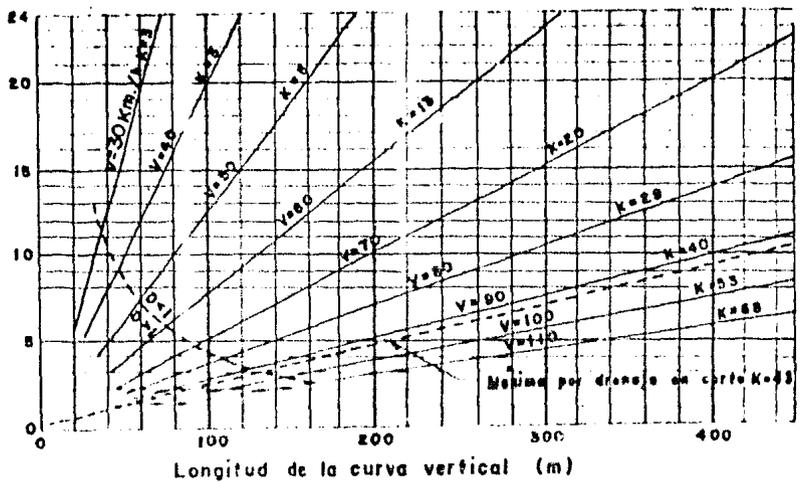
Siempre que sea posible es conveniente usar longitudes mayores a las mínimas.

1.2.7.3 DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD LATERAL PARA CURVAS HORIZONTALES.

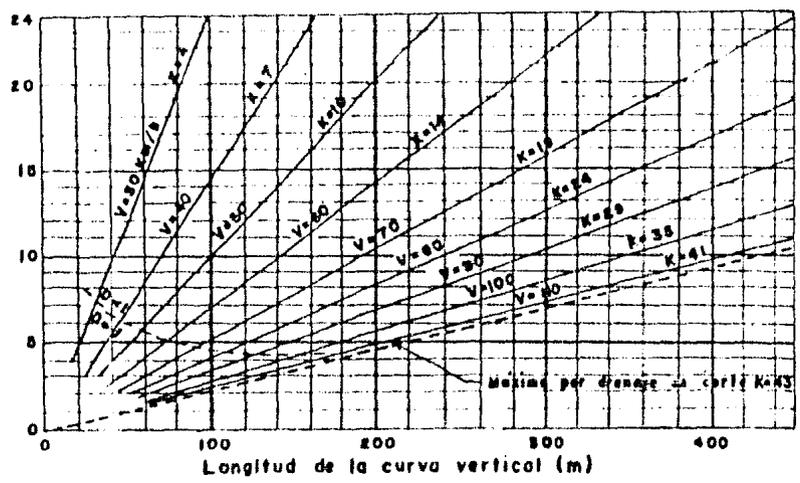
El control de la distancia de visibilidad lateral para curvas horizontales es de gran importancia en los enlaces, ya que la línea visual a través de la parte interior de la curva, libre de obstrucciones, deberá ser tal que la distancia de visibilidad media en la curva a lo largo de la trayectoria del vehículo, iguale o exceda la distancia mínima de velocidad de parada dada en la tabla 1.8. La obstrucción puede ser el remate de una estructura, una pared, la orilla de un corte o la esquina de un edificio.

1.2.8 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

Se denominan carriles de cambio de velocidad a aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada con objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y-



Longitud de curvas verticales en cresta para cumplir con la distancia de visibilidad de parada.



Longitud de curvas verticales en columpio para cumplir con la distancia de visibilidad de parada.

se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, o puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse a un enlace.

El diseño de los carriles debe ser tal que proporcione seguridad al efectuar las maniobras. Esto equivale a tener una distancia suficiente para realizar la operación sin interrumpir la corriente del tránsito principal.

Los carriles de cambio de velocidad son recomendables en todo tipo de intersecciones, ya que mejoran la operación de la misma y se disminuye la posibilidad de accidentes. Se requieren en forma indispensable ese tipo de carriles para caminos de alta velocidad y de alto volumen de tránsito.

1.2.8.1 ANCHO DEL CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

Cuando el carril de cambio de velocidad queda paralelo al eje del camino, la anchura no deberá ser menor de 3.35 m. y preferentemente deberá tener 3.65 m. Se recomienda que la salida se inicie con una deflexión de 4° para hacer notar el principio del carril de desceleración.

Se deben construir acotamientos en el carril de cambio de velocidad aunque no tengan un ancho igual al del camino principal.

1.2.8.2 LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

Para determinar la longitud del carril se deben considerar diferentes factores que intervienen en las maniobras de cambio de velocidad. Entre éstos se encuentran los siguientes:

- 1) La velocidad a la que los conductores entran al carril adicional.
- 2) La velocidad a la que los conductores salen después de recorrer el carril de deceleración.
- 3) La forma de decelerar la cual, a su vez, se ha dividido en dos etapas: retiro del pie del acelerador y aplicación de los frenos.
- 4) Los volúmenes relativos del tránsito directo y del que se incorpora.
- 5) Pendiente gobernadora.

Para caminos de altos volúmenes de tránsito se debe proporcionar la longitud suficiente para que el conductor cuente con suficiente tiempo de incorporación. De esta manera se puede esperar un espacio entre los vehículos que circulan por la corriente principal y efectuar la maniobra con seguridad.

La velocidad deseable de los vehículos al pasar del carril de aceleración a los carriles del tránsito principal debe aproximarse a la de éstos últimos, por lo que el proyecto debe basarse en una velocidad de in-

corporación igual a la velocidad de marcha del camino. Al empezar el carril de aceleración se debe considerar la velocidad de marcha del enlace que precede al carril de aceleración. La diferencia entre la velocidad de marcha del enlace y la del camino es la que determina la longitud del carril de aceleración.

Uno de los factores que debe tomarse en cuenta es la pendiente que existe en los carriles de cambios de velocidad. Las distancias de deceleración son mayores en pendientes descendentes y más cortas en pendientes ascendentes, mientras que las distancias de aceleración son mayores en pendientes ascendentes y más cortas en pendientes descendentes.

Tomando en cuenta los factores anteriores se ha llegado a establecer la longitud de los carriles de cambio de velocidad a nivel y se presentan los resultados en la tabla 1.9

Para tomar en cuenta el efecto de la pendiente sobre la longitud de los carriles de cambio de velocidad se elaboró la tabla 1.10. Los valores obtenidos de ella, de acuerdo a las condiciones particulares, multiplicados por la longitud dada en la tabla 1.9, proporcionan la longitud total del carril en pendiente.

1.2.9 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL PROYECTO DE INTERSECCIONES.

El mejor proyecto geométrico de una intersección es logrado si---

Velocidad de proyecto en el enlace, km/h	Condiciones de parada	25	30	40	50	60	70	80
Radio mínimo de curva, metros.		15	24	45	75	113	154	209

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de DECELERACION, incluyendo la transición, en metros.								
50	45	64	45	—	—	—	—	—	—	—
60	54	100	85	80	70	—	—	—	—	—
70	61	110	105	100	90	75	—	—	—	—
80	69	130	125	120	110	95	85	—	—	—
90	77	150	145	140	130	115	105	60	—	—
100	84	170	160	160	145	135	125	100	—	—
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100	—

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de ACELERACION, incluyendo la transición, en metros.								
50	45	170	45	—	—	—	—	—	—	—
60	54	110	85	75	—	—	—	—	—	—
70	61	160	135	125	100	—	—	—	—	—
80	69	230	125	190	170	125	—	—	—	—
90	77	315	300	285	255	205	160	—	—	—
100	84	405	395	380	350	295	240	160	—	—
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180	—

TABLA 1.9 LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD A NIVEL

CARRILES DE DESCCELERACION									
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN m/h		RELACION DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA:							
TODAS		EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4 %			EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4 %				
		0.9			1.2				
TODAS		EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6 %			EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6 %				
		0.9			1.35				
CARRILES DE ACCELERACION									
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN m/h		RELACION DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA VELOCIDAD DE PROYECTO EN EL ENLACE, EN km/h							
		25	30	40	50	60	70	80	PARA TODAS LAS VELOCIDADES
		EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4 %							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4 %
60		1.30	1.40	1.50	1.50	1.25	1.30	1.30	0.70
80		1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	0.70
70		1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	0.70
60		1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.50	0.70
50		1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50	1.60	0.80
100		1.40	1.40	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60	0.80
110		1.40	1.50	1.50	1.60	1.60	1.70	1.80	0.80
		EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6 %							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6 %
50		1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	0.80
80		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	0.80
70		1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	0.80
60		1.50	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.10	0.80
50		1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	0.80
100		1.70	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40	2.60	0.90
110		1.80	1.90	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	0.90

NOTA: Los valores de esta tabla multiplicados por la longitud obtenida de la tabla 1.9 da la longitud del carril de cambio de velocidad en pendiente.

TABLA 1.10 RELACION DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

guiendo ciertos procedimientos y análisis para asegurar lo adecuado y factible del proyecto. El procedimiento de proyecto no es una parte fundamental de las normas de proyecto, pero es un complemento muy provechoso. - - Mientras que no es posible abarcar el campo completo del procedimiento de proyecto, aquí se presentan aquellos aspectos que tienen un efecto significativo en la geometría y solución final de una intersección. Una intersección apropiada, particularmente un entronque, raramente es concebido y proyectado directamente al primer intento. Todos los factores son analizados y evaluados conjuntamente. El proyecto debe estar en armonía con los volúmenes, velocidades, características del tránsito, la topografía del lugar, el área de influencia, el derecho de vía, los recursos aprovechables y el tipo de intersección. Todas las probables soluciones deben ser probadas y examinadas antes de que las conclusiones sean dibujadas.

El procedimiento general delineado debe regir para entronques importantes y, en muchos casos, para algunos menos importantes. En general, el procedimiento también debe ser seguido en intersecciones a nivel. Una canalización compleja y un proyecto con control de semáforos comúnmente justifica un estudio completo con diferentes alternativas. En intersecciones a nivel de orden inferior puede aplicarse, pero alguno de los detalles pueden simplificarse u omitirse. Para una simple intersección canalizada, el procedimiento puede ser abreviado considerablemente de modo que todavía se tenga un adecuado conocimiento de su costo al compararlo con otras soluciones consideradas.

El siguiente procedimiento pretende abarcar completamente todos los aspectos de un problema de proyecto de intersecciones y evitar refinamientos innecesarios en las etapas preliminares del estudio. El proyecto de cualquier intersección comprende los siguientes pasos:

1.2.9.1 DATOS BASICOS PARA PROYECTO.

A.- Datos de tránsito.

Los datos de tránsito tienen la mayor influencia en el tipo de intersección y sus características geométricas. Los elementos del tránsito, y el volumen horario de proyecto deben obtenerse por alguno de los métodos conocidos.

La información de tránsito se muestra mejor mediante un esquema - indicando volúmenes y direcciones para todos los movimientos. El diagrama preferiblemente deberá indicar los volúmenes horarios de proyecto para todos los movimientos en un sentido y retornos, incluyendo los porcentajes de camiones en cada uno, los cuales ocurren al mismo tiempo. Para intersecciones de bajo volumen unos datos tan complejos o un diagrama, pueden no ser necesarios.

Un diagrama que muestre volúmenes horarios máximos para todos los movimientos, no da una visión verdadera de la situación del volumen de proyecto, porque es un compuesto seleccionado de los volúmenes mas altos que -

ocurren a tiempos diferentes, tales como en una dirección durante la hora - máxima de la mañana y el opuesto durante la hora máxima de la tarde. Para las condiciones de volúmenes bajos a moderados, los proyectos basados en -- los mencionados volúmenes "compuestos" pueden diferir muy poco de aquellos basados en movimientos simultáneos para una hora máxima particular y podrán estar del lado de la seguridad. Pero, para las condiciones de volúmenes - máximos, los proyectos para volúmenes compuestos pueden ser sustancialmente diferentes. Donde los volúmenes de tránsito para uno o más movimientos di reccionales son fuertes y sin equilibrio en su dirección, el uso de los datos de tránsito compuesto para proyecto pueden resultar en un sobrediseño - de la intersección.

Los datos de tránsito pueden ser presentados convenientemente por dos diagramas, uno que muestre los volúmenes horarios simultáneos durante - una máxima demanda, por ejemplo durante la hora de proyecto para la mañana, y el otro en otra máxima demanda, por ejemplo en la hora vespertina de proyecto. Estos datos de tránsito se necesitan para todas las intersecciones mayores, particularmente en los entronques donde grandes volúmenes de camio nes deben ser incluidos en cada movimiento horario.

B.- Datos del lugar.

Los datos físicos del lugar, fundamentales en cualquier proyecto de intersección, se presentan en un plano actualizado del sitio, mostrando la topografía, cultivos, derecho de via, etc., así como la valuación de --

propiedades, suelo en general, condiciones de cimentación y cuencas hidráulicas, si las hay.

C.- Datos de carreteras y desarrollo futuro.

Debe obtenerse información concerniente a carreteras existentes y cualquier mejora planeada en el área que pueda afectar o ser afectada para la intersección que será objeto de mejoramiento. El desarrollo futuro de las tierras adyacentes y otras mejoras deben incluirse. Esto puede tener relación con el tipo y trazo geométrico de la intersección y sus accesos, - incluyendo algunas características como control de accesos, facilidad de estacionamiento, caminos laterales, etc. Toda esta información debe ser recopilada y colocada en el plano del lugar, el cual se reproducirá a una escala conveniente y que será usado como base para los diagramas y planos preliminares.

1.2.9.2 PLANTEAMIENTO Y ESTUDIO DE DIVERSAS SOLUCIONES.

A.- Preparación de diagramas para posibles soluciones alternas.

Los diagramas o dibujos de trazo de ubicación, a escala, son -- hechos en forma rápida; éstos pueden ser desarrollados rápida y fácilmente y deben hacerse para todas las probables alternativas que son merecedoras - de consideración. En su desarrollo, una verificación aproximada es hecha mental y visualmente de ciertos rasgos de proyecto, tales como límite de curvatura, perfiles, localización de isletas, etc., a fin de evaluar la conve-

niencia de cada trazo. En esta etapa sólo los aspectos generales del problema son considerados. No sólo se gasta tiempo sino que causa confusión al proyectista considerar dimensiones detalladas antes que las características generales de los posibles proyectos hayan sido dibujados y examinados. Los cálculos y afinación de detalles pueden reservarse para los pasos finales del proyecto.

a) Intersecciones a nivel.

Los dibujos de estudio para una intersección a nivel se realizan de manera rápida, a mano, con equipo de dibujo o por ambos métodos, a pequeña pero conveniente escala, mostrando en el proyecto los límites de pavimento y localización de isletas, acotamientos, etc. Todas las soluciones prácticas que pueden satisfacer las necesidades del tránsito y limitaciones del lugar serán dibujadas. Los perfiles generalmente no necesitan hacerse, pero puede hacerse una revisión a fin de asegurar que las pendientes de los accesos a la intersección sean generalmente satisfactorios.

Los esquemas de estudio de una intersección a nivel son dibujados mejor en un plano base a una escala 1:500 ó bien 1:1000. Generalmente, -- las escalas menores o mayores exigen más tiempo y dificultan su manejo. -- Pueden utilizarse escalas más pequeñas, como 1:2000, para trazos rápidos. --

b) **Intersecciones a desnivel.**

Ya que las intersecciones son mayores en área y tienen considerablemente más desarrollo y longitud que los caminos que se cruzan que en una intersección a nivel, es posible hacer los esquemas de reconocimiento con -- una sola línea para cada carril o cada mitad de un pavimento de dos senti-- dos. La dirección de las flechas en las líneas muestra la operación pro-- puesta. Los dibujos de línea sencilla para entronques son excelentes para un planteamiento y exámen rápido de todos los esquemas probables. Son hechos en forma expedita, a mano, con equipo de dibujo, o por ambos métodos, en papel transparente sobre el plano base. Estos diagramas, dibujados a -- escala son suficientemente aproximados para esta fase de estudio del pro-- yecto. Las anchuras de pavimento se visualizan rápidamente y, donde go-- biernan el proyecto, los puntos de acceso y rampas finales pueden ser dibu-- jadas. Las estructuras se muestran por indicación de los parapetos. De-- ben usarse los valores que fijan las normas en las relaciones de velocidad/ curvatura, ubicación de cadenamientos, longitud de las secciones de cruza-- mientos, limitaciones de estructuras, etc. Los perfiles rara vez necesi-- tan dibujarse, pero pueden revisarse rápidamente de acuerdo con puntos -- fijos del proyecto. Las pendientes entre esos puntos pueden ser estimadas aproximadamente ó ajustadas utilizando longitudes a escala con la previsión para las curvas verticales. En algunas ocasiones, los perfiles dudosos -- pueden dibujarse como un conjunto, aunque no es muy necesario para desarro-- llar perfiles completos en estos trazos esquemáticos.

Los dibujos de línea sencilla son mejor logrados a escala de ---- 1:500 a 1:1,000.. Se usan escalas menores en estudios de ruta y trazos más completos. Las escalas menores de 1:500 pueden no ser correctas. La escala 1:1,000 puede ser deseable en caso de limitaciones físicas locales u otras condiciones críticas.

B.- Análisis de esquemas alternos.

Después de que todos los posibles diagramas hayan sido preparados para su estudio en forma de dibujo, se analizan en forma general comparando sus ventajas y desventajas. La comparación se hace en forma amplia, analizando puntos sobresalientes del proyecto, características de operación, fac t i b i l i d a d a d a r a a c o m o d a r e l t r á n s i t o, tipo de intersección, etc. Algunos de los diagramas se encontrarán que son francamente inferiores a otros u obviamente inapropiados, por lo -- que se eliminan. Otros mostrarán características atractivas y justifica-- rán más estudios detallados. En la mayoría de los problemas de intersec-- ciones cuando menos dos, y en algunos casos varios de tales esquemas, mere-- cen desarrollarse como proyectos preliminares.

C.- Preparación de proyectos preliminares.

Los proyectos preliminares de los diagramas elegidos son hechos - en mayor detalle que los dibujos de estudio pero como escasamente se requie-- ren cálculos se desarrollan rápidamente como soluciones gráficas. No se - requiere mucho tiempo y gran calidad en el dibujo.

Las alternativas preliminares proyectadas también se hacen en papel transparente sobrepuesto a un plano base el cual, generalmente, está a una escala mayor que la utilizada para los dibujos de estudio. Las escalas convenientes para intersecciones a nivel son aquellas en el rango de 1:1,000 y 1:500; para entronques a desnivel una escala 1:2,000 es ampliamente recomendable. Una escala de 1:1,000 puede ser útil para proyectos de entronques pequeños y para condiciones estrechas y una escala de 1:4,000 para proyectos extensos y complejos.

El trazo del proyecto preliminar empieza por transformar el dibujo de estudio en un nuevo trazo a mano. Donde las escalas varían, como puede ocurrir, la transformación se hace visualmente por relaciones observadas entre los caminos y otras características en el plano base.

La transformación puede hacerse directamente en una ampliación fotográfica del dibujo de línea simple. Las orillas del pavimento o los centros de línea son suavizados o ajustados como se desee utilizando una plantilla u otros útiles de dibujo. En el trazo se aplican las normas fijadas con el debido criterio en todas las limitaciones locales para cada ruta. Se dibujan ambos límites del pavimento, las isletas y los vértices ubicados. Para intersecciones a nivel se dibujan los perfiles de los movimientos directos. Para intersecciones a desnivel los perfiles son dibujados para los movimientos directos y para todas las rampas. Los perfiles también se dibujan sin cálculos. Las plantas y los perfiles son dibujados conjuntamente, realizando en ambos los ajustes que se encuentran necesarios.

Las plantas preliminares de los entronques deberán tener todas -- las vías cadeneadas, a la escala usual, aunque no calculadas, a lo largo de la línea de centro en movimientos directos y a largo de uno de los límites del pavimento en las rampas. Es deseable que el cadenamiento en las rampas sea hecho continuado en el que va por la vía de tránsito directo.

Este procedimiento reduce el número de operaciones a un mínimo y facilita el dibujo y presentación de los perfiles yuxtapuestos de los caminos y las rampas. Los vértices de las isletas y los finales de rampas deben ser localizadas en los perfiles. Los vértices de aproximación de las isletas deben ser achaflanados, alejándolos de los límites normales del pavimento. Aunque esto puede parecer un refinamiento para un plan preliminar, asegura que los perfiles para los pavimentos divergentes se encuentran apropiadamente en los vértices citados. En su posición achaflanada un vértice de isleta puede estar ubicado a cierta distancia de la intersección de los bordes del pavimento, por lo que requiere un ajuste del perfil.

Los perfiles de los caminos y rampas se dibujan a la misma escala horizontal que la planta, en una escala vertical aproximadamente diez veces mayor que la escala horizontal. Con el cadenamiento continuo sugerido, -- los perfiles de la rampa pueden ser superpuestos en los perfiles del camino. Por conveniencia cada rampa debe ser identificada en planta y perfil por una letra o combinación adecuada de letras.

Los puentes se indican en la planta por las líneas de parapeto -- ó banqueta. Donde existan varias estructuras deben numerarse para identificación y rápida referencia en los perfiles. Los puentes deben mostrarse tanto en perfil inferior como superior del camino.

Los perfiles están controlados principalmente por la topografía, pendientes máximas, distancia mínima de visibilidad y claros de las estructuras, pero pueden también ser afectados por la sobreelevación requerida.

En una red de caminos, la sobreelevación de uno de ellos puede -- influir significativamente en el perfil del otro. Esto se toma en consideración al final de la rampa donde la elevación a través del camino y de las rampas son diferentes en cada lado del acceso o de la unión final. Los refinamientos en la aplicación de la sobreelevación en los proyectos preliminares, aunque sean aproximados, aseguran perfiles razonables.

Determinación del plan elegido.

D.- Evaluación de características geométricas y de operación.

Después que el plano preliminar de los esquemas de alternativas -- está completo debe ser examinado con respecto a las características generalmente consideradas en este exámen, las cuales son: adaptabilidad, accesibilidad, características de diseño, capacidad, características de opera--

ción, sostenimiento del tránsito y etapas de desarrollo.

a) Adaptabilidad.- Cada alternativa del plan debe juzgarse con respecto a su adaptabilidad total en el lugar, con el tipo de intersección y al tránsito. Algunos arreglos son mas apropiados que otros a la topografía y circunstancias del lugar. Los proyectos que requieren grandes terraplenes y cortes profundos o drenaje difícil son menos deseables que aquellos que se apegan más a la conformación del terreno natural y se presentan ellos mismos a pendientes apropiadas y al tratamiento del paisaje.

La estética es importante a tal grado que el arreglo de la intersección puede dar realce o deteriorar la zona considerada. Los tipos de intersección y el servicio que se intenta proporcionar son factores importantes en la selección del esquema. Por ejemplo, en una intersección de dos caminos relativamente menores, una canalización de altas especificaciones puede resultar inapropiada, mientras que un proyecto especial puede ser necesario en una intersección de dos carreteras de alta velocidad. Las rampas que acomodan vueltas a nivel a la izquierda pueden ser aceptables en una carretera a lo largo de la cual hay otras intersecciones a nivel. Los entronques direccionales normalmente no son apropiados a menos que ambas carreteras interceptadas sean suficientemente importantes y exista un movimiento fuerte de vuelta izquierda. El uso de intersecciones debe estar de acuerdo con el carácter de las carreteras que se cruzan.

La forma en la cual las vueltas se ajustan al tránsito debe ser considerada como determinante. Es preferible un diseño que dé preferencia al movimiento con mayor volumen de tránsito. El grado y modo de canalización o el tipo y forma de rampas debe reflejar los volúmenes y tipo del tránsito.

b) **Accesibilidad** .- Cada proyecto alterno debe ser examinado según su accesibilidad o posibilidad de realizar el proyecto dentro de la construcción actual. Los efectos económicos locales del mejoramiento de una carretera pueden modificar una conclusión ingenieril. Los aspectos ingenieriles del diseño deben ser considerados juntamente con sus efectos sobre la comunidad, no sólo donde el desarrollo pueda requerir la remoción de ciertos edificios sino también donde ciertos establecimientos comerciales son adquiridos directamente o cuando el daño directo es de otro modo impuesto, pero un daño a menudo no puede ser calculado o pagado. Los daños pueden ser valuados pero también deben ser considerados intangibles. Otro tipo de limitación intangible es la renuncia, arraigada profundamente, a perjudicar instalaciones religiosas o culturales. En nuestro medio los cementerios, también a menudo, son considerados intocables.

c) **Características del diseño** .- Los aspectos geométricos, tales como alineamiento, perfil, distancia de visibilidad, anchura de pavimento, carriles auxiliares, sobreelevación, isletas, vías de acceso, etc., deben ser comparadas en las alternativas para tenerlos en cuenta en la adaptabili

dad del proyecto. De otra manera no se verá fácilmente la diferencia entre el nuevo proyecto geométrico y el que contiene las normas mínimas.

d) Capacidad .- Un análisis de capacidad debe ser hecho en cada proyecto alternativo para determinar qué tan fácilmente lo proyectado acomodará el tránsito probable. Mientras en algunos casos las dimensiones o el número de carriles pueden ser determinados directamente de los datos de volumen y capacidad, en la mayor parte de los casos de proyectos la capacidad es confrontada contra el volumen y el proyecto readaptado, quizá más de una vez.

Es deseable que una comparación de capacidad contra el pronóstico de volúmenes de tránsito sea indicada en el proyecto preliminar. Esta comparación muestra claramente el tránsito adecuado a cada proyecto alternativo. - Donde los costos no difieran mucho, son preferidos los proyectos que proporcionen capacidades en exceso de los volúmenes horarios de proyecto. De esta forma el diseño puede absorber máximas demandas que probablemente ocurran ocasionalmente y será útil para algún período más allá del año para el cual se diseñe. En caso contrario, el congestionamiento durante las horas de máxima demanda ocurriría más pronto y los incrementos de tránsito futuro no podrán ser servidos sin mejoramientos adicionales.

e) Características operacionales.- Las características operacionales de cada proyecto alternativo pueden ser evaluadas basándose en las expe- --

riencias y datos disponibles, considerando comportamiento del conductor y funcionamiento del tránsito. Son considerados los efectos de convergencia, divergencia, cruces y movimientos mezclados. Las relaciones entre capacidad y volúmenes de tránsito son observados para definir el tipo de operación, velocidades probables, interferencia y demora, localización, proximidad, etc.

La secuencia de salidas y entradas son examinadas para determinar sus efectos en la operación como trayectorias claras a seguir, considerando si la intersección puede ser señalizada en forma efectiva. También el aspecto de seguridad debe ser evaluado y deberá recibir serias consideraciones en la selección de los diagramas.

La evaluación de las características de operación para intersecciones mayores se facilita por medio de la preparación de diagramas separados o trazos, indicando las vías para las corrientes mayores de tránsito, tal como las que usa un conductor al atravesar la intersección. Un diagrama separado es hecho para cada movimiento principal indicando sucesivamente las salidas y llegadas. Solamente los conceptos principales tales como isletas, vértices y puentes, por los cuales el conductor pasa, son incluidos. Esto sirve para señalar las obras principales del conjunto de la intersección y que sea evidente a primera vista las que determinan las características de operación en cada viaje a uno y otro lado de la intersección.

f) **Sostenimiento del tránsito durante la construcción** .- La manera que en cada proyecto alterno el tránsito será sostenido durante la construcción deberá ser examinada para definir si será necesario el costo de un desvío o si la no interrupción del tránsito es problemática durante la construcción. Cerca de y en áreas urbanas un plan altamente deseable, desde el punto de vista geométrico y de características de operación, podría ser inconveniente debido a que éste no podría servir en forma adecuada conservando el alto volúmen de tránsito durante el período de construcción. Generalmente en áreas rurales este aspecto no es serio, pero puede haber ventajas substanciales de una alternativa sobre otra en este requisito, particularmente en terrenos escabrosos.

g) **Etapas de desarrollo** .- Durante algún tiempo inicial solamente -- ciertas partes fundamentales de la intersección necesitan ser construídas.- Otras estructuras y rampas serán construídas cuando se tenga advertencia de un crecimiento del tránsito. Algunas veces por falta de fondos se hace necesario construir solamente parte del plan original; el plan completo se -- podrá desarrollar en futuras asignaciones. En tales casos, cada plan de al ternativa deberá ser examinado para su adaptabilidad a cada etapa de construcción. Se ha demostrado ser muy ventajoso el preparar planos preliminares por separado para cada etapa. Las características de operación para la primera etapa, y factibilidad de la siguiente, tomando en consideración el sostenimiento del tránsito, pueden tener valor importante en la selección de diagramas.

E.- Cálculo preliminar de los costos para cada alternativa.

Los costos preliminares o estimados aproximadamente, deberán hacerse para cada plan preliminar alternativo. Todos los conceptos mayores deberán ser incluidos: adquisición del derecho de vía, limpia del lugar, terracerías, pavimento, drenaje, estructuras, y el cambio del sostenimiento del tránsito durante la construcción. El costo estimado anual de la conservación de operación del camino deberá también incluirse si aparentemente hay una diferencia significativa entre las alternativas.

Los costos estimados en planos preliminares pueden ser hechos - - rápidamente aplicando costos unitarios representativos a cantidades aproximadas, y usando un arreglo de sumas para algunos conceptos. Las cantidades aproximadas del derecho de vía, limpia y de la obra pueden ser obtenidas directamente del plano. Los volúmenes de terracerías pueden ser calculados haciendo esquemas de unas cuantas secciones transversales de importancia para ser usadas adecuadamente. Las longitudes de tubo de drenaje, cunetas, banquetas y muros pueden ser dibujados a escala. El costo de las estructuras pueden ser aproximados aplicando costos unitarios para estructuras típicas, según la medida del área cubierta y posiblemente añadiendo - - ciertos arreglos.

El costo de las otras partidas puede ser calculado en la misma - forma, basándose en cantidades estimadas con cierta aproximación. La característica esencial consiste en la inclusión de todas las partes signifi-

cativas, cada una estimada en la misma manera para todos los proyectos - - alternos.

Como en las otras fases del desarrollo y análisis de planos preliminares, los costos estimados deberán ser preparados sólo con la exactitud necesaria para ser consistente con los mismos proyectos. Los métodos más detallados y exactos comunmente usados con planes finales deberán aplicarse para algunas partes, pero para las demás partes deberán usarse métodos rápidos y breves.

F.- Cálculo de costos de operación.

Para completar un análisis económico de proyectos alternos, deben determinarse los costos de operación para los usuarios en cada alternativa. Los costos correspondientes a los usuarios son los costos de operación de los vehículos que incluyen el valor del tiempo. Son calculados considerando el volumen de tránsito, la longitud recorrida y el costo unitario -- por kilómetro para cada movimiento separado a través ó dentro del área - - entre límites comunes para cada proyecto alterno.

El costo unitario del vehículo por kilómetro cubre combustibles, lubricantes, llantas, depreciación, reparaciones, etc., y usualmente se -- consideran también el costo de demoras y detenciones en ruta, el costo de accidentes y valores intangibles tales como falta de comodidad o conveniencia. En muchos casos, el costo de las paradas puede ser significativo y deberá ser considerado por separado.

El total de los costos de operación para cada plan alternativo es algunas veces un excelente factor para comparaciones, reflejando la velocidad, distancia de recorrido, condiciones de operación, paradas necesarias, etc., para todos los movimientos. Los planes alternos pueden compararse directamente en estos aspectos con relaciones de beneficios a los usuarios del camino, indicativos de la reducción en costos de operación con relación a desembolsos de capital.

G.- Análisis de conjunto para determinar la mejor solución.

El paso final para escoger la mejor solución entre dos ó más alternativas, es un análisis de conjunto ó evaluación de las comparaciones hechas para cada una de las características ó partidas discutidas anteriormente.

Escencialmente, ésta es una revisión de los diferentes aspectos estudiados y una expresión total de la calificación combinada para cada plan alternativo. Una guía conveniente es una tabulación dentro de la que cada comparación referente a un aspecto o característica está expresada para cada plan alternativo, por una calificación relativa entre ellos:

A) (El mejor con respecto a la partida en comparación), B) (El siguiente mejor), C) (Menos deseable que B), etc.

Las partidas en comparación no tienen igual valor ó peso. Más aún, la diferencia entre un plan alternativo y otro para cualquier partida,

puede ser menor y sin embargo no estar reflejada en las calificaciones --- A, B y C. Por esta razón, se requiere criterio de ingeniería para llegar a la evaluación correcta y determinar el orden de preferencia de los planes alternos. El análisis de beneficio de los usuarios con respecto a -- planes alternos, expresado en términos de la relación de beneficios, dá -- también una indicación positiva del orden de preferencia, particularmente cuando se combina con las calificaciones de características geométricas y operacionales mencionadas antes. En la mayoría de los casos el examen - objetivo y la asignación de calificaciones a las características de cada plan alternativo, guiarán al proyectista hacia conclusiones imparcialmente -- positivas.

La conclusión a que se llegue por encima del procedimiento analí tico puede no siempre indicar el proyecto que ha sido elegido. Además, el fallo debe ser combinado con el conocimiento de limitaciones de recursos llegando a la conclusión final. Hay además el factor de "factibilidad" y los aspectos intangibles que se mencionaron previamente. El proyecto final seleccionado algunas veces no es el mejor, ingenierilmente, - de los proyectos estudiados pero es el más práctico de los proyectos por lo cual puede ser financiada la construcción.

Cuando se tengan varias alternativas, es recomendable la prepara ción de un reporte preliminar de ingeniería presentando y analizando to-- dos los factores. Los proyectos alternos son presentados separadamente y

las ventajas y desventajas son discutidas en forma narrativa. En un capítulo final se expone la alternativa que se prefirió y se indican las mejores razones por las cuales se escogió. Esta manera de reporte tiene la ventaja de un registro permanente muy conveniente y útil donde varios departamentos tienen que estar de acuerdo con la elección.

1.2.9.3 PROCEDIMIENTO Y PRESENTACION DEL PROYECTO DEFINITIVO.

El desarrollo preliminar del proyecto es, en gran parte, una forma de ensayos de soluciones. En cambio, el proyecto definitivo es la fijación progresiva de todos los detalles en el grado requerido de exactitud para satisfacer las condiciones impuestas.

Una característica de los entronques es la de presentarse en un área limitada y existir una serie de vías que se entrecruzan, unen y separan en el espacio formando un conjunto que, además de ser armónico, debe ser funcional y apegarse a una serie de especificaciones y limitaciones generadas tanto por el tipo de vehículos que circularán en él, como por la topografía y el sistema de drenaje a que estará sujeto.

Para el estudio y diseño de cualquier vía terrestre, ésta se descompone en dos proyecciones ortogonales: la horizontal y la vertical, pudiendo ser esta última transversal o longitudinal.

El hecho de manejar dos proyecciones no supone que la vía tenga - dos representaciones distintas o que esté separada en dos conceptos dife-- rentes. Más bien debe entenderse ésta separación como dos facetas distin-- tas del mismo concepto; son dos proyecciones geométricas, distintas sólo - por necesidades de representación y de cálculo pero que se complementan -- entre sí.

Al estudiar proyectualmente la coincidencia del alineamiento ver-- tical con el horizontal, se reconstruye tridimensionalmente la unidad del conjunto.

En los proyectos de entronques, este concepto de unidad en la vía terrestre y su estudio integral, debe tenerse en mente a lo largo de toda la realización del proyecto.

La ejecución del proyecto definitivo consiste en elaborar los --- planos requeridos para la construcción del entronque. Estos planos deben mostrar en detalle el alineamiento horizontal y el vertical, el proyecto - de las secciones de construcción, el movimiento de terracerías, los lími-- tes del derecho de vía y el señalamiento definitivo. Para este fin es -- recomendable elaborar los siguientes planos:

- 1) Planta General.
- 2) Planta Constructiva Complementaria.
- 3) Perfiles.
- 4) Planta del Gálibo.
- 5) Secciones de Construcción.
- 6) Planta del Derecho de Vía.
- 7) Planta de Señalamiento.

A.- Planta general.

La planta general del proyecto es el plano principal en el que se representan, a una escala apropiada (generalmente 1:500 ó 1:1000), los datos necesarios para poder trazar en el campo los ejes calculados de las diferentes ramas que componen el entronque.

Notación: Se sugiere que se denomine a cada eje con letras en orden alfabético, indicando el principio y el final de cada eje con la misma letra y, para distinguir el sentido del cadenamamiento, poner en el extremo final la letra con apóstrofe; ejemplo: eje principal A - A', eje secundario B - B', ramales C - C', D - D', etc. El origen y el final de cada eje (excepto el principal y el extremo libre del secundario), deben referirse al cadenamamiento del eje al que son comunes; para diferenciar los cadenamamientos de los diferentes ejes, se agrega al número la letra en minúscula que define cada rama, ejemplo: PC = 0 + 000 (c) a 3.65 m. Der. de estación - - - - - 18 + 758.25 (a). Lo que indica que el punto inicial del ramal C - C', --

que es al mismo tiempo principio de curva circular, está situado a 3.65 m. a la derecha (en el sentido del cadenamiento del eje A) de la estación - - 18 + 758.25 del eje A - A', o sea del camino principal.

Cálculo Geométrico.

Con base en el anteproyecto aprobado, se sitúan los trazos de -- cada rama; estos trazos comprenden los del camino principal, el secundario y los enlaces viendo la conveniencia de colocarlos en el centro o en las -- orillas de las calzadas. Cuando existan datos originales de alguno de -- los caminos que formen el entronque, se respetarán tanto la posición del -- trazo como su sistema de coordenadas.

Una vez ubicados los trazos de cada rama, se procede al cálculo -- del principal, obteniendo los cadenamientos y coordenadas de los puntos -- donde intersectan los trazos del camino secundario y los ramales.

Se calculan las curvas horizontales definiendo sus puntos princi- pales, tomando como base los radios o grados de curva especificados en el anteproyecto. En el caso de las curvas compuestas, el proceso de cálculo se hará de acuerdo con la metodología establecida por las especificaciones acordadas.

La determinación exacta de los ángulos, rumbos, tangentes, subtan- gentes, longitudes de curva y deflexiones se deberán de determinar aplican

do la trigonometría, y la geometría analítica tratando de simplificar al máximo el problema.

Los puntos de referencia, distancias, ángulos, rumbos ó azimuts, puntos de intersección, de tangencia, etc., que sean desconocidos pero necesarios para el cálculo de otras referencias o para su trazo en campo, -- deberán calcularse por métodos geométricos y trigonométricos o en su defecto por métodos analíticos. Todos estos cálculos deben ser con respecto al sistema de coordenadas adoptado, estableciendo poligonales abiertas o cerradas (de preferencia éstas últimas para verificar el cierre de las mismas).

En el plano de la "Planta General", se indicarán aquellos datos que son necesarios para el trazo en campo de los ejes de proyecto, los datos auxiliares calculados se conservan solamente en la memoria del cálculo.

Dibujo de los ejes y cadenamientos.

Una vez calculados todos los ejes que en conjunto forman el entronque y a los cuales se referirá todo el proyecto, se procede a dibujarlos en el plano. Asimismo, se indican los cadenamientos de los puntos principales de los elementos de cada ramal y las distancias que separan los ejes en sus puntos de liga (con la notación explicada anteriormente). Se complementa la planta indicando los rumbos, las tangentes y los datos para el trazo de las curvas (PI, Δ , G, ST, LC, y R).

Verificación y cálculo de los anchos de carpeta.

El anteproyecto aprobado debe consignar los anchos de carpeta en los puntos importantes del entronque, sobre todo en las curvas. Estos anchos deben estar basados en las especificaciones vigentes. Una vez verificados los anchos en los puntos importantes, se procede al cálculo de las transiciones para cambiar de un ancho a otro; el proceso consiste en calcular en cada estación el aumento en el ancho de carpeta siguiendo una variación lineal entre dos cadenamientos prefijados.

Topografía.

En el plano de la planta general se indican las curvas de nivel y la planimetría del levantamiento de campo. La equidistancia de las curvas debe ser de 0.50 m. para plantas a escala 1:500 y de 1 m. para escalas - - 1:1,000. Se complementa este plano indicando los datos generales tales - como: la dirección del norte, la escala, los destinos de las ramas, el nombre del entronque, etc.

B.- Planta constructiva complementaria.

En esta planta se indican todos los datos que complementan el proyecto horizontal del entronque, como son los anchos de calzada y los cadenamientos en los puntos de variación y de liga; también se indican las longitudes de las zonas de cambio de velocidad.

División por ramales.

Esta planta sirve de guía al proyecto de las secciones de construcción, puesto que es en ésta etapa donde se establecen, en la forma más adecuada, los límites entre los diferentes ramales para permitir el estudio de las sobreelevaciones.

Se recomienda que los límites de los ramales se definan con líneas rectas para evitar el dibujo de secciones de construcción que pueden causar confusión al constructor.

Determinación de cadenamientos comunes a un punto.

En los límites de los ramales existen puntos que son comunes a dos ó más ejes. Estos puntos deberán tener la misma elevación y serán los que rijan el proyecto de las sobreelevaciones. La identificación de estos puntos para cada ramal se hará con sus cadenamientos respectivos.

En la mayoría de los casos, estos cadenamientos son fáciles de calcular trigonométricamente sin embargo, cuando su cálculo resulte muy complicado, se podrán leer gráficamente de la planta.

Indicación de los anchos en los puntos de quiebre.

La finalidad principal de la planta constructiva complementaria es la de indicar al constructor la forma en que van variando los anchos de corona, por lo que deberán indicarse éstos y los cadenamientos donde em-

pieza o termina alguna variación. Asimismo, deben indicarse los anchos de acotamiento, las dimensiones de las isletas, los anchos de los carriles en las curvas y en las zonas de transición de velocidad, los radios pequeños para redondear las esquinas de las isletas y sus desplazamientos.

C.- Perfiles.

Dibujo del terreno natural.

El perfil del terreno natural correspondiente a cada eje del entronque se dibuja en papel milimétrico. Se utilizan dos escalas diferentes, siendo la horizontal un múltiplo de diez respecto a la escala vertical. Dependiendo si es accidentado o no el terreno, es común utilizar las escalas 1:2,000 (horizontal) y 1:200 (vertical) ó 1:1,000 (horizontal) y 1:100 (vertical) respectivamente.

Son varias las razones para utilizar escalas diferentes en los sentidos vertical y horizontal: ayuda a establecer con más exactitud las pendientes de las rasantes que, como valor máximo, suelen tomar valores del 6%; se define con más precisión el perfil de los cauces y con ello se ubican con seguridad las obras de drenaje.

Dibujo del alineamiento vertical.

Se indican los puntos de inflexión vertical (PIV), su elevación y la estación donde se localizan; se dibujan las rasantes indicando su pendiente y su longitud en tangente; de acuerdo con el cálculo de la curva

vertical, se indican los puntos de comienzo (PCV) y los puntos de término (PTV), así como el trazo de la curva.

Datos de topografía y geotécnia.

En este plano se indica el cadenamiento de cada eje con su respectiva cota de terreno y de rasante o subrasante, según sea el caso.

Al tener estas dos cotas, se indica también el valor del corte o terraplén que se presentará en cada estación.

También se dibuja la localización de los bancos de nivel y sus referencias de campo.

Los datos de geotécnia se especifican según las estaciones que abarquen. Se escriben las características del tramo según los estudios que hayan realizado en campo.

Diagrama de Masas.

Este plano se suele complementar con los diagramas de masas que resultan en el estudio de optimización económica del movimiento de terracerías.

Para el dibujo de los diagramas de masa, se utilizan las escalas más convenientes con el fin de presentar más claros los diagramas en el espacio disponible.

D.- Planta del gálibo.

En el caso de intersecciones a desnivel, la estructura del puente debe cumplir en todos sus puntos con la altura mínima libre de diseño.

Dada la importancia que tiene el construir los caminos que se intersectan dejando dicho espacio libre, se elabora un plano a una escala -- más grande (1:100 normalmente) donde se muestran con detalle tanto las -- cotas de los ejes que se cruzan y las dimensiones de cada camino, como las cotas en los puntos donde se intersectan todas las líneas que los definen.

Al definir las rasantes de estos caminos, se debe revisar la magnitud del gálibo tomando en cuenta el bombeo y/o la sobreelevación de los mismos para considerar las elevaciones reales.

En un primer cálculo se determina el punto o puntos críticos que cumplen con la altura especificada y posteriormente se ajustan las rasantes (tanto la inferior como la superior, según convenga) hasta encontrar -- la altura en dichos puntos.

Las cotas así calculadas en la zona del gálibo son puntos obligados de las rasantes que se intersectan y los cuales deben ser considerados al definirlos.

E.- Secciones de construcción

La presentación de las secciones de construcción se hace normalmente en papel milimétrico a escala 1:100 vertical y horizontalmente.

Este plano se divide en dos etapas: dibujo del terreno natural y el proyecto de secciones.

Dibujo del terreno natural.

En el papel milimétrico se dibuja el perfil transversal del terreno de cada sección. Se indican el cadenamiento de la sección y la posición del eje del trazo que, en estos casos, viene siendo un punto. Este dato es de suma importancia ya que, en los proyectos de entronques, la posición del trazo puede ir al centro del camino o en alguno de sus hombros.

Es recomendable que las secciones sean levantadas en campo y para esto es necesario haber trazado los ejes del entronque.

Proyecto de secciones.

El proyecto de las secciones consiste en dibujar, sobre el perfil transversal del terreno natural del cadenamiento correspondiente, las dimensiones que tendrá el camino o ramal del entronque terminado. Estas dimensiones deben ser las necesarias y suficientes para que el contratista construya el camino.

Los datos que se indican en cada sección de proyecto son los siguientes: elevación de la rasante (cuando se trate de ampliaciones en caminos existentes) o subrasante (cuando se trate de caminos nuevos); sobreelevación y ampliación, en el caso de que la sección se encuentre en una curva; pendiente de bombeo, si la sección es en tangente; ancho de la corona ó en su defecto, la subcorona y la magnitud de los taludes en corte y terraplén.

Cuando se presente el caso en que dos ramales se unen o separan, es importante indicar la forma en que se irá haciendo éste desarrollo.

Con el propósito de no duplicar ó eliminar alguna porción de algún camino, se deben adoptar ciertos criterios para separar cada sección. - Estos criterios pueden ser dos:

El primero consiste en indicar con una línea vertical la separación de los cuerpos de cada ramal; el segundo se adopta cuando alguno de los ramales, siendo de cuerpos separados, se desarrollará su construcción por etapas. En este caso al cuerpo que será construido posteriormente se le elimina la parte de terracerfas consideradas en el otro cuerpo.

Cuando se presenta el caso de ampliar alguno de los caminos, además de indicar en el dibujo de las secciones de construcción los datos mencionados, se debe incluir la forma de ligar las terracerfas de proyecto --

con las existentes; esto normalmente se soluciona con los escalones de - -
liga.

El plano de las secciones de construcción se complementa con los datos que serán necesarios para el cálculo de la curva masa. Estos datos son las áreas transversales de las distintas capas que forman la sección.

F.- Planta del derecho de vía.

En esta planta se indican los límites del derecho de vía ya adquirido por los caminos existentes y el derecho de vía adicional que se debe adquirir para la construcción del entronque. Se debe cuidar que el nuevo límite evite la posibilidad de que alguna construcción limite la visibilidad en las curvas. Se cuantifica el derecho de vía por adquirir obteniendo el área total.

G.- Planta de señalamiento.

En un plano que contenga la planta general se dibujan, fuera de escala, las señales que se consideren necesarias según el entronque particular que se presente.

En este plano se indica la posición y acotación de la señal dentro del entronque; el tipo de señal (preventiva, restrictiva ó informativa); las dimensiones de la misma (según la velocidad de proyecto); las leyendas que deban llevar si así lo amerita el caso. También se indican -

a escala, la posición de las marcas que se pintarán sobre el pavimento -- para mostrar la división de carriles y las flechas y los letreros que se pintarán sobre el pavimento. Finalmente se deben indicar los lugares donde se construirán guarniciones ó se colocarán defensas.

Es conveniente anexar en esta planta un cuadro resumen indicando el número de señales con sus respectivas claves y dimensiones.

1.2.9 PRINCIPIOS DE DISEÑO.

Las intersecciones constituyen un elemento fundamental en los caminos, ya que son las articulaciones de los sistemas de transporte carretero, vitales en la actividad económica tanto de regiones como de países. -- Son los puntos más conflictivos en el camino que forman parte. Su mal diseño puede provocar una disminución considerable en la capacidad de las carreteras al alojar los nuevos volúmenes de tránsito; puede limitar, e incluso interrumpir, el flujo del tránsito. La eficiencia, seguridad, velocidad y costos de operación en el camino dependen en mucho del buen proyecto de la intersección.

Como toda obra viaria, la intersección no es económica ni eficiente si no ofrece al usuario la apropiada orientación a su destino y la máxima comodidad y seguridad en el manejo de su vehículo.

Las áreas de maniobra individual son las unidades elementales en el diseño de intersecciones.

Elas pueden combinarse en forma variada para producir una alternativa de diseño para una intersección. Sin embargo, gran parte de su composición es la gobernada por la demanda del tránsito, la topografía, el uso de la tierra, y consideraciones económicas y ecológicas. El diseño óptimo es compromiso del proyectista, y deberá considerar los siguientes principios fundamentales:

1.- Reducir el número de conflictos. El número de puntos de conflicto entre el movimiento vehicular se incrementa significativamente como el número de ramas se incrementa. Así por ejemplo, una intersección con cuatro ramas de doble circulación tiene un total de 32 puntos de conflicto, pero una intersección con seis ramas de doble circulación tiene 172 puntos de conflicto.

2.- Control de la velocidad relativa. La velocidad relativa es la rapidez de convergencia o divergencia de vehículos en el flujo de una intersección.

Una pequeña diferencia (de 0 a 25 km/hr) en las velocidades de los vehículos que se intersectan y un pequeño ángulo (menor que 30°) entre las trayectorias permiten que los flujos vehiculares que se intersectan operen continuamente.

Velocidades relativas altas ocurren cuando hay una gran diferen--

cia en las velocidades vehiculares o un gran ángulo de convergencia. Cualquiera intersección puede ser diseñada para una u otra condición.

Velocidades relativas bajas requieren la eliminación tanto de la diferencia de velocidades como los ángulos grandes entre los flujos intersectados en el diseño. La intersección de flujos a velocidades relativas altas deberán estar tan cerca como sea posible a los 90° .

3.- Diseño coordinado y control de tránsito. Las maniobras en las intersecciones que se efectúan a velocidades relativas bajas, requieren un mínimo de dispositivos de control de tránsito.

Las maniobras que se realicen a velocidades relativas altas son inseguras a menos que se prevenga un control del tránsito por medio de señales de alto y de tránsito en general, las cuales deben ser físicamente llamativas. También se pueden canalizar o apartar las trayectorias de los vehículos que realicen maniobras peligrosas.

4.- Úsese el mejor método de cruce factible. Las maniobras de cruce de los vehículos puede realizarse en cuatro maneras:

- a) Cruce a nivel sin control.
- b) Cruce a nivel controlado con señales ó dispositivos.
- c) Entrecruzamientos.
- d) Separación de niveles.

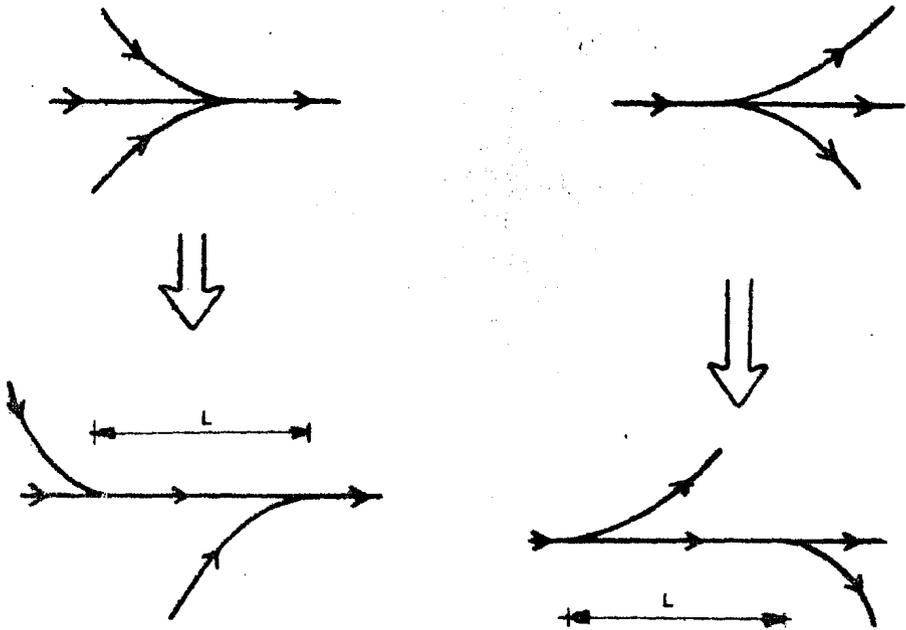
Generalmente, la eficiencia operacional y los costos de construcción se incrementan en este orden. El tipo con numeración más alta deberá ser usado en forma consistente con el número y tipo de vehículos que -- vayan a usar la intersección.

5.- Substituir trayectorias de curva. El método de disponer de -- vueltas puede ser sustituido. Los carriles separados pueden preverse -- para vueltas derechas e izquierdas y así reducir los conflictos en el área de la intersección. Por ejemplo, una conexión directa puede disponerse -- para canalizar vueltas derechas en una intersección.

Evitar las maniobras de mezcla y divergencia múltiples y compuestas. Estas requieren decisiones complejas en el conductor y crean conflictos adicionales . (Ver figura 1.7)

6.- Separar los puntos de conflicto. Los cruces peligrosos y los retardos se incrementan cuando las áreas de maniobras de la intersección están demasiado cerca o cuando ellas se superponen. Estos conflictos pueden ser separados para brindar al conductor suficiente tiempo y distancia entre maniobras sucesivas para ellos y adaptarse a la situación de tránsito que se presente.

7.- Favorecer a los flujos pesados y rápidos. Los flujos pesados y rápidos deben tener preferencia en el diseño de la intersección para mini-



LA DISTANCIA "L" DEBE SER SUFICIENTE PARA ENTRECruzAMIENTOS Y TOMA DE DECISION.

FIG. 17

mizar los retardos y proporcionar mayor seguridad.

8.- Reducir el área de conflicto. Como ya se mencionó, las intersecciones son puntos de conflicto, es decir, son puntos de peligro potencial. Por lo tanto el alineamiento en las intersecciones debe permitir a los conductores discernir con claridad sobre las maniobras necesarias para usarla con seguridad y con interferencias mínimas entre los vehículos. Por ello, el alineamiento horizontal debe ser lo más recto, y las pendientes lo menos pronunciadas posibles.

El área excesiva de intersección causa al conductor confusión y una operación ineficiente. En las áreas extensas los movimientos de "divagación" son comunes. Cuando las intersecciones tienen áreas de conflicto, la canalización debe ser empleada.

Las áreas de maniobras múltiples deben evitarse hasta donde sea posible, pues los conductores que circulan por las diferentes vías se confunden al llegar al área potencial de colisión común y ocasionan problemas de capacidad y seguridad. La excepción a esta regla puede ocurrir cuando se tienen divergencias múltiples debido a la relativa sencillez de este tipo de maniobra.

La misma función de un área de maniobra múltiple puede obtenerse a través de dos o más áreas simples separadas, de tal manera que no influ-

ya la operación de una en la otra, lográndose así una operación más segura y con menos demoras cuando se tienen velocidades relativas bajas.

9.- Separar los flujos no homogéneos. Los carriles separados deberán ser previstos cuando se tengan volúmenes apreciables de tránsito a diferentes velocidades.

Por ejemplo, carriles separados para vuelta deberán diseñarse para un alto volumen de vehículos que den vuelta. Cuando exista gran número de paso de peatones cruzando calles amplias, se les deben disponer de isletas de refugio de manera que no tengan que cruzar más de tres carriles a la vez.

10.- Modificaciones al alineamiento horizontal.- Los elementos geométricos fundamentales de un entronque son: las tangentes a las curvas horizontales, las pendientes y los arcos de enlace horizontales y verticales.- Tomando en cuenta la forma del terreno, tales elementos se adaptan al tipo de entronque por proyectar y a las especificaciones adoptadas. Los arcos de enlace horizontales y verticales tienen un valor dominante en el diseño moderno. En el más general de los casos los arcos de enlace no son planos, pues casi siempre se da la coincidencia, aunque sólo sea parcial, de una curva horizontal, entre dos lados de la planimetría quebrada, con una vertical entre dos pendientes consecutivas del mismo signo o de signo opuesto.

En estos casos se debe evitar que los arcos de enlace horizontal se inicien muy cerca de los verticales muy pronunciados, ya sea en cresta o columpio.

En muchas ocasiones, las condiciones del lugar establecen limitaciones en el alineamiento definitivo y en la pendiente de los caminos en la intersección. Pero a menudo es posible modificarlos para mejorar las condiciones de circulación y reducir peligros.

Independientemente del tipo de intersección, es conveniente, -- tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la economía, que las carreteras se crucen en ángulo recto o casi recto. Aquellas que se intersectan con esviajamiento requerirán superficies extensas para los ramales de enlace y tienden a limitar la visibilidad, particularmente a los -- camiones.

En todo entronque debe existir una rasante que sirva como base a todo el conjunto; generalmente el camino principal es el que se usa para -- tal fin, especialmente cuando ya está construido, y el camino secundario -- se ajusta a él, aunque existen algunos casos que es conveniente invertir -- el alineamiento por razones de economía o de diseño.

Las combinaciones de rasantes que dificultan el control de los -- vehfculos deben ser evitadas en toda intersección. En ningún caso deben

exceder a los valores máximos establecidos para camino abierto; se recomienda que no sean mayores del 3%, pero donde sea elevado el costo del abastimiento, no deben exceder del 6%.

También se recomienda evitar las pendientes que obliguen a los vehículos pesados disminuir apreciablemente su velocidad. En pendientes sostenidas muy largas, la reducción de velocidad de los vehículos causa maniobras de rebase que son peligrosas en la proximidad de los extremos de las rampas; del mismo modo, los vehículos lentos del tránsito directo pueden inducir a los vehículos que entran o dejan la carretera a que se incorporen o salgan bruscamente con el consecuente peligro.

Son de especial interés las elevaciones de los puntos comunes a los otros ejes, que son considerados como puntos obligados.

Antes de llevar a cabo el cálculo de estos puntos, es necesario afinar el estudio previo de sobreelevaciones puesto que las cotas obligadas dependen de ellas. La rasante de un ramal común al eje principal tiene que respetar las elevaciones de éste en la zona de liga y verse obligado a pasar por la cota que resulte de sumar algebraicamente a su elevación el valor obtenido al mutiplicar su distancia al eje principal por el valor de la sobreelevación.

11.- **Funcionamiento del drenaje.** Al proyectar el alineamiento vertical es de vital importancia tener en cuenta la forma en que funcionará el drenaje en la zona del entronque. Se debe preveer el tamaño de las obras para el drenaje transversal de manera que las rasantes permitan su ubicación en el terreno. En las zonas de liga de ramales ó en los cruces, es necesario verificar que las sobreelivaciones proyectadas permitan el drenaje superficial y que éste no se vea interrumpido por las guarniciones o se formen acumulaciones de agua, en forma de lagunas que, además de ser peligrosas a los conductores, deterioran el pavimento y las terracerfas.

12.- **Considerar las vueltas izquierdas y las obstrucciones.** Con objeto de obtener una buena operación y la capacidad adecuada en un entronque a desnivel, puede ser necesario efectuar algunos cambios en el alineamiento y en la sección transversal de las ramas. En una carretera dividida, las vueltas directas a la izquierda pueden hacer necesaria una ampliación en la sección transversal para proporcionar un ancho adecuado de la faja separadora central para asegurar que la vuelta directa a la izquierda se haga en la propia rama y así disminuir el peligro y la confusión. Cuando una carretera de dos carriles pasa a través de un entronque, es probable que ocurran vueltas a la izquierda equivocadas por lo que, para condiciones de alta velocidad ó volúmenes grandes, es aconsejable una sección dividida a través del área del entronque para evitar tales vueltas.

La presencia de la estructura en un entronque a desnivel ofrece -

cierto peligro y este no se debe aumentar con el empleo de especificaciones geométricas menores que tiendan a provocar un comportamiento inseguro de los conductores. De preferencia, las especificaciones geométricas de la estructura deben ser congruentes con las de la carretera para evitar -- cualquier posible sensación de restricción causada por estribos, pilas, -- guarniciones y defensas ó parapetos; también es deseable que los alineamientos del camino principal del entronque a desnivel sean relativamente -- suaves y con un alto grado de visibilidad, procurando que sea igual ó -- mayor a los valores mínimos especificados.

El proyecto del alineamiento vertical es igual que para cualquier otro punto de la carretera excepto, en algunos casos, las curvas verticales en columpio, donde la estructura de un paso inferior puede acortar la distancia de visibilidad. Afortunadamente, en la mayoría de los casos, -- las longitudes requeridas para las curvas verticales en camino abierto son posibles en los entronques a desnivel, ya que la estructura no acorta la -- distancia de visibilidad más allá de la mínima requerida para frenar. En algunas ocasiones, cuando se pretende proporcionar la distancia de visibilidad de rebase, como suele suceder en caminos de dos carriles, conviene -- comprobar la distancia de visibilidad disponible. Para ello lo más conveniente es hacer una verificación gráfica.

Las restricciones en la distancia de visibilidad provocadas por -- las pilas y los estribos de las estructuras en curvas horizontales, gene--

ralmente presentan un problema más difícil que el correspondiente a restricciones verticales. Con la curvatura máxima correspondiente a una velocidad de proyecto dada, el espacio libre lateral usual en pilas y estribos de un paso inferior no proporciona la distancia de visibilidad mínima; de manera similar en un paso superior la distancia usual del parapeto a la orilla interna de la calzada también da por resultado ciertas deficiencias de visibilidad.

Esto muestra la necesidad de usar curvaturas menores que la máxima en entronques a desnivel para estos casos.

13.- Intersecciones a Nivel. El diseño de este tipo de intersección depende de diversos factores, entre los más importantes se pueden mencionar: el volumen horario de proyecto, la composición del tránsito, la velocidad de diseño, el número de ramas que llegan a la intersección, la topografía, los movimientos direccionales y el tipo de operación. La distinta combinación de estos factores en cada caso particular es la que da la pauta para proyectar el diseño correcto.

En las intersecciones con tres y cuatro ramas, la sección de éstas se pueden ampliar para permitir que se alojen los carriles de aceleración y deceleración; asimismo, éstas ampliaciones pueden servir para alojar las zonas de entrecruzamiento. En todos estos casos se dice que la intersección es abocinada. Su característica es la de tener mayor número de carriles ó mayor sección que la del camino.

Cuando en el entronque se reúnan más de cuatro ramas, se puede -- tomar como solución la rotonda o glorieta. Para los diseños modernos se recomienda recurrir a esta solución cuando la suma del volumen horario -- total de todas las ramas no sea mayor de 3,000 vehículos. Esto se debe a la gran superficie que se requiere para que los entrecruzamientos se pue-- dan realizar con las longitudes establecidas en las normas.

14.- Intersección a desnivel. Cuando un camino cruza otro a nivel, -- su capacidad se reduce a la de la intersección. Además, algunos ó todos los vehículos deben reducir su velocidad o detenerse para permitir el paso del tránsito cruzado y el que vira; esto hace que existan muchos puntos de peligro, con las consecuentes posibilidades de que ocurran accidentes. -- Una estructura de separación de nivel elimina estas dificultades. La ca-- pacidad se eleva a la de las vías de tránsito, y los vehículos podrán via-- jar a velocidad uniforme, con lo cual se reduce tanto su tiempo de viaje -- como sus costos de operación y además los accidentes son casi eliminados;-- por otra parte, ya que los costos del derecho de vía, de la construcción y del mantenimiento de las estructuras de separación de nivel son grandes, -- se absorben solamente en los servicios de alta calidad, que llevan volúme-- nes de tránsito elevados.

Condiciones que justifican los pasos a desnivel.

No es fácil establecer las condiciones que justifican la construc--

ción de paso a desnivel, pero pueden considerarse las siguientes:

- a) Autopistas .- Una vfa con limitación total de accesos necesita pasos a desnivel ó entronques en su intersección con otras vfas de cierta importancia.
- b) Congestionamientos .- La falta de capacidad de una intersección a nivel puede justificar la construcción de pasos a desnivel.
- c) Accidentes .- Cuando no es posible evitar satisfactoriamente accidentes frecuentes por otros medios más económicos, entonces están indicados los pasos a desnivel.
- d) Topografía .- A veces los pasos a desnivel resultan más económicos que las intersecciones a nivel, debido a la topografía.
- e) Volumen de tránsito .- No se han determinado aún los volúmenes de tránsito que justifiquen las intersecciones con pasos a desnivel.
- f) Beneficios de los usuarios de las vías .- El costo adicional de este tipo de intersecciones (como cualquier otra mejora) está justificado, si es menor que los beneficios que produce a los usuarios de las vías.

Ventajas y desventajas de los entronques a desnivel:

Ventajas:

- a) Su capacidad para el tránsito directo puede aproximarse ó hacerse -- igual a la de las vías fuera de la intersección.
- b) Son más seguras que otras intersecciones.
- c) No necesitan que la velocidad relativa de las corrientes vehiculares - que se cruzan sea baja y se adaptan a casi todos los ángulos de intersección de las vías.
- d) Evitan detenciones de los vehículos y grandes cambios en sus velocidades.
- e) Se adaptan a la construcción por etapas.
- f) Son esenciales en las vías de accesos limitados, como las autopistas, periféricos, etc.

Deventajas:

- a) Los enlaces son muy costosos.
- b) Los pasos a desnivel pueden causar la introducción de cambios indeseables en el perfil de las vías.
- c) Las estructuras de separación pueden resultar molestas y antiestéticas, especialmente en vías urbanas.

- d) Un entronque sencillo no se adapta fácilmente a una intersección de --
muchas ramas.

Un entronque a desnivel debe tener el mismo grado de eficiencia -
que el de los caminos que lo forman, por lo tanto las especificaciones re-
lativas a la velocidad de proyecto, alineamiento y sección transversal en
el área del entronque deben ser congruentes con las especificaciones de --
los caminos que se intersectan.

C A P I T U L O I I

SOLUCION GEOMETRICA DE UN ENTRONQUE UTILIZANDO EL METODO TRADICIONAL

Este capítulo trata sobre el desarrollo de la etapa del cálculo geométrico de un entronque a desnivel.

Como se explicó en el capítulo anterior, la solución completa de un entronque comprende un gran número de pasos. El cálculo geométrico es sólo una parte del proyecto definitivo, es uno de los últimos pasos en la solución de un entronque.

El cálculo geométrico del entronque es la determinación analítica de las coordenadas, rumbos, distancias y referencias en los puntos importantes, necesarios para el trazo en campo. Para proporcionar todos estos datos, se calculan los elementos de las curvas que se presenten, las longitudes de las tangentes libres y los ángulos de deflexión entre tangentes.

Esta etapa es la más importante desde el punto de vista topográfico, pues los trazos que se establezcan en campo dependerán de los cálculos hechos en gabinete, y en éste se debe verificar el cierre de todas las poligonales que se puedan formar. De ésta manera se asegura que, en campo, el topógrafo no tendrá dificultades al realizar el trazo de los ejes del entronque derivadas por la incongruencia en algunos de los datos.

También es de considerarse que el topógrafo, generalmente, desconoce las especificaciones del diseño de entronques y, por consiguiente, es difícil que resuelva exitosamente en campo alguna dificultad que se le presentara.

Dada la importancia que representa la etapa del cálculo geométrico, es necesario que los cálculos hechos en gabinete sean efectuados con precisión y revisados minuciosamente.

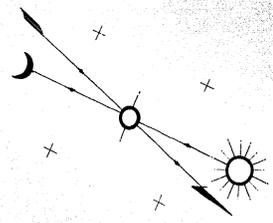
Para mostrar esta etapa del proyecto, se ha tomado como ejemplo un entronque de características sencillas. Se toma como punto de partida el anteproyecto del entronque y se inicia el cálculo geométrico.

Una vez que se ha definido la mejor solución, se elaboró el anteproyecto, cuyo plano se presenta anexo.

Teniendo como referencia el eje A y la carretera actual a San Blas, el primer eje por calcular es el C. De acuerdo al anteproyecto, éste eje se compone de dos curvas izquierdas, ambas de 9° de curvatura, unidas por una tangente. En la fig 2.1 se muestra un croquis de este eje; la primera curva (N°6) parte a 4.10 m a la izquierda de la estación 24+200 (a) - (punto "a") en la figura; y la segunda, la N°7, se localiza a una distancia de 159.75 m (punto "b") de la estación 24+424.50 (a); el punto "b" - se ubica sobre la carretera existente a San Blas.

El problema se reduce a determinar la longitud y rumbo de la tangente que une a dichas curvas y los elementos de éstas últimas.

DATOS DE CURVAS						
ORDEN	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ORDENADA	ALTIMETRIA
1	A	10000	90°	15708	14931.2	
2	B	10000	90°	15708	14931.2	
3	B	10000	90°	15708	14931.2	
4	B	10000	90°	15708	14931.2	
5	B	10000	90°	15708	14931.2	
6	B	10000	90°	15708	14931.2	
7	B	10000	90°	15708	14931.2	
8	B	10000	90°	15708	14931.2	
9	B	10000	90°	15708	14931.2	
10	B	10000	90°	15708	14931.2	
11	B	10000	90°	15708	14931.2	

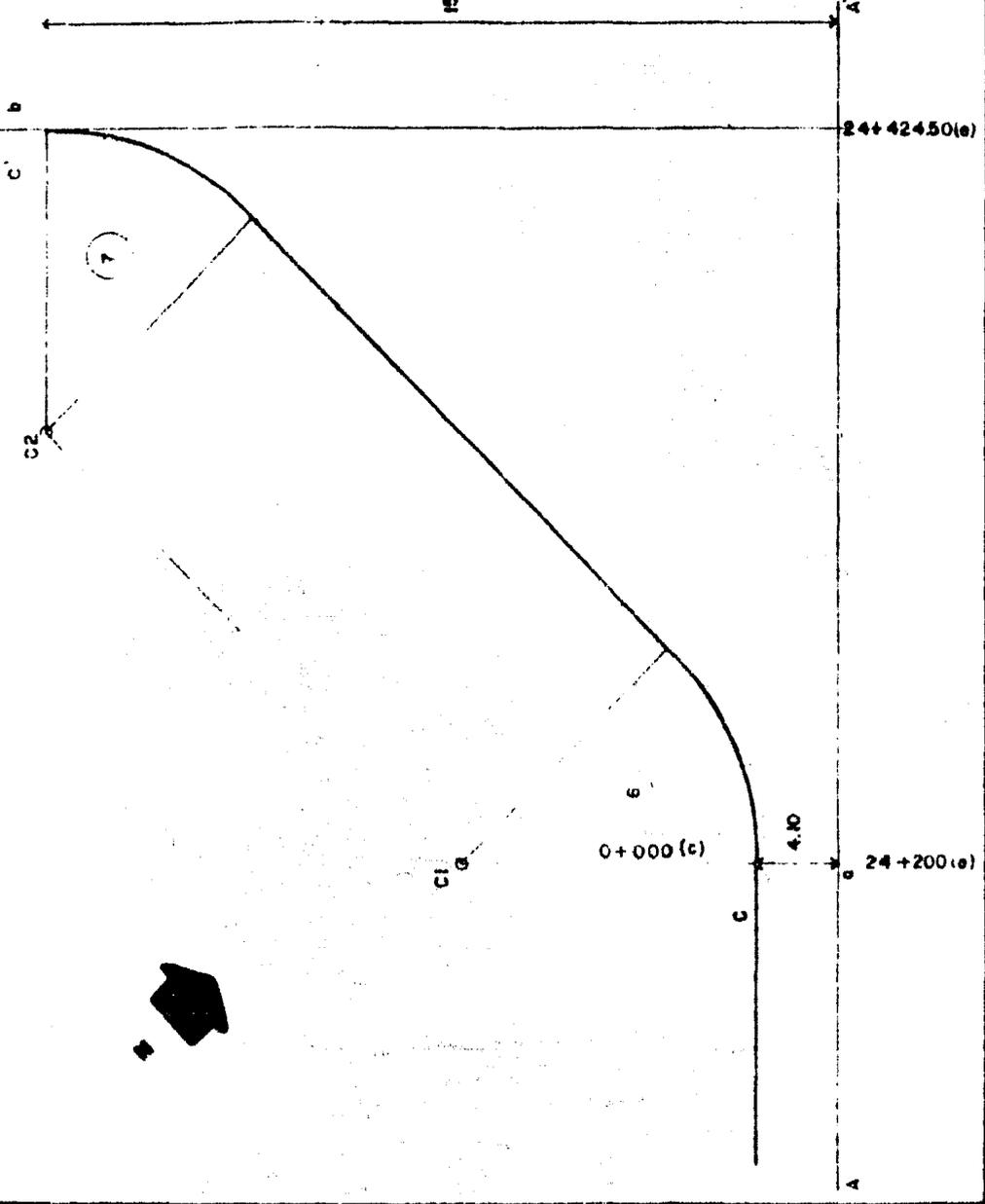


Escala 1:1,000

U. N. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ENTRONQUE
 "SAN BLAS"
 PLANTA GENERAL
 CARRETERA ENTRAJCA-TEREC-SAN BLAS
 TRAMO ACORTAMIENTO TEREC-SAN BLAS
 26+425.50
 ORIGEN: TEREC NAY
 TESIS PROFESIONAL
 J. ALEJANDRO RAMIREZ CANTON

FIG. 2.1

159.75



Como primer paso se calculan las coordenadas de los puntos "a" y "b" a partir de los datos topográficos del camino abierto (tabla 2.1). Las coordenadas de dichos puntos se muestran calculados en la tabla 2.2.

En el caso del eje "C", el cual se compone de dos curvas del mismo radio, la tangente libre a dichas curvas es paralela a la línea que une a los centros C1 y C2; su valor es:

$$\overline{C1-C2} = \sqrt{(118,683.6566 - 118,761.2900)^2 + (86,139.0217 - 86,074.0217)^2}$$

$$\overline{C1-C2} = 101.2198 \text{ m}$$

Y de acuerdo a la posición relativa de los centros en los ejes --- coordenados, el rumbo de la tangente libre es:

$$\tan \alpha = \frac{86,139.0217 - 86,074.0717}{118,761.2900 - 118,683.6566} = 0.8366$$

$$\Rightarrow \alpha = 39^\circ 55' \text{ y el rumbo es N } 39^\circ 55' \text{ W.}$$

La deflexión de la primera curva es:

$$\Delta_6 = (\text{N } 23^\circ 40' \text{ W}) - (\text{N } 39^\circ 55' 00' \text{ W}) = -16^\circ 15'$$

Por lo tanto, sus elementos son:

$$LC_6 = 20 \frac{\Delta_1}{6} = 20 \frac{16.25}{9} = 36.11 \text{ m}$$

CALCULO DE COORDENADAS DEL TRAZO PRELIMINAR

OBRA VIAL ENTRONQUE "SAN BLAS" DE km 24 + 425.50 A km _____
 TRAMO ACORTAMIENTO TEPIC-SAN BLAS ORIGEN TEPIC NAV.
 SUBTRAMO _____

ESTACION	PUNTO OBSERVADO	DISTANCIA	DEFLEXION		RUMBO ASTRONOMICO CALCULADO	PROYECCIONES						COORDENADAS		
			IZQ.	DER.		SENQ	+E	-W	COSINO	+N	-S	X (E)	Y (N)	
	PI=21+429.10				N 7° 53' N								27 558.21	46 385.50
PI=21+429.10	ET=21+410.70	82.55		21° 02'	N 11° 09' E	0.19338	12.10		0.9812	61.37			601.01	546.87
ET=21+429.70	TE=21+514.00	55.36			"	"	4.70		"	34.82			605.21	571.75
TE=21+516.00	PI=21+703.21	187.25			"	"	36.21		"	173.72			542.12	755.47
PI=21+703.21	ET=21+736.12	32.91		77° 49'	N 62° 40' W	0.23142		174.42	0.36379	68.12			547.70	223.59
ET=21+736.12	TE=21+769.94	33.82			"	"		124.65	"	42.22			343.05	272.27
TE=21+769.94	PI=22+103.10	133.20			"	"		124.07	"	42.46			212.82	116.220.73
PI=22+103.10	ET=22+217.27	133.20		52° 22'	N 57° 13' N	0.22510		24.65	0.97222	125.50			181.23	17.25.83
ET=22+217.27	TE=22+266.5	49.23			"	"		2.11	"	42.31			185.22	177.02
TE=22+266.5	PI=22+447.79	152.22			"	"		22.19	"	42.55			157.03	242.57
PI=22+447.79	ET=22+561.0	152.22		43° 35'	N 57° 13' N	0.24215		127.95	0.54220	22.57			27.227.02	322.24
ET=22+561.0	TE=22+675.21	116.64			"	"		92.01	"	33.24			26.431.07	375.42
TE=22+675.21	PI=22+817.00	143.79			"	"		120.22	"	77.26			27.22.25	422.44
PI=22+817.00	ET=22+756.21	143.79		27° 06'	N 30° 24' N	3.62121		72.04	0.6544	124.47			722.21	577.88
ET=22+756.21	PC=23+411.00	454.43			"	"		227.67	"	323.22			512.54	7.391.20
PC=23+411.00	PI=23+512.33	107.22			"	"		50.56	"	27.34			459.22	12.57.50
PI=23+512.33	ET=23+512.33	107.22		15° 03'	N 15° 01' W	0.25710		36.15	0.96521	27.41			432.23	75.27
ET=23+512.33	PC=23+757.15	345.72			"	"		27.27	"	335.27			343.24	211.24
PC=23+757.15	PI=24+245.0	26.87			"	"		22.46	"	23.11			321.42	521.15
PI=24+245.0	ET=24+132.00	76.87		7° 39'	N 22° 10' N	3.42144		34.24	0.91570	79.38			223.67	671.13
ET=24+132.00	PC=24+510.75	322.75			"	"		155.65	"	252.14			86.131.04	2.029.27

CALCULO _____ REVISO _____ APROBADO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____

OBRA VIAL ENTRENQUE "SAN BLAS"
 TRAMO ACORTAMIENTO TERM SAN BLAS.
 SUBTRAMO

DE km 24+425.50 A km
 ORIGEN TERM NAV.

ESTACION	PUNTO OBSERVADO	DISTANCIA	DEFLEXION		RUMBO ASTRONOMICAMENTE CALCULADO	PROYECCIONES					COORDENADAS		
			IZQ	DER		SENO	TE	-W	COSENO	+N	-S	X (E)	Y
	PT 24+514.25				S 23° 40' E							26, 131.04	119, 221.27
24+519.75	24+200.00	317.75	0	0	S 23° 40' E	0.4014	128.2524		0.9159			272.8578	257.3925
24+209.00	2	4.10	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		3.7552	0.4014			1.4458	255.6373
2	2	31.274	0	0	S 67° 20' W	0.9159		16.8156	0.4014			51.1072	159.0277
	PT 24+514.25				S 23° 40' E							26, 131.04	119, 221.27
24+519.75	24+414.50	90.25	0	0	S 23° 40' E	0.4014	38.2252		0.9159			272.8578	257.3925
24+424.50	3	137.12	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		146.3144	0.4014			64.1260	222.9604
3	3	127.324	70	0	S 23° 40' E	0.4014	51.1072		0.9159			116.6156	274.0702
	PT 24+514.25				S 67° 20' W							26, 212.8604	112, 277.2747
24+301.22	4+301.22 (6)	58.78	0	0	S 38° 20' W	0.7159		33.8364	0.4014			23.5752	25.769.1240
4+309.00	4	8.10	70°	0	N 23° 40' W	0.4014		3.2515	0.9159	7.4188		76.5.8726	251.2215
4+314.132.00	5+314.132.00				N 23° 40' W							86.296.67	119.614.13
24+132.00	6	31.766	0	0	S 67° 20' W	0.9159		22.5428	0.4014			2.5227	358.1492
	PT 24+132.00				N 23° 40' W							86.296.67	119.614.13
24+132.00	7	145.766	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		1049.53.78	0.4014			459.9877	85.237.1502
7	7				S 67° 20' W							26.303.8460	118.557.3547
I	8	31.83	0	0	S 67° 20' W	0.9159		27.153	0.4014			12.7704	26.374.6730
	PT 24+253.00				S 10° 01' E							86.343.94	119.511.04
24+253.00	9	159.00	0	0	S 10° 01' E	0.2591	41.1769		0.7659			123.5702	26.325.1249
23+820.13	10+820.13 (6)	8.10	70°	0	S 74° 57' W	0.9259		7.7234	0.2591			2.9727	26.377.3135
10+820.13	11	576.122	0	0	S 74° 57' W							76.123.2177	119.251.1401
	PT 3				N 23° 40' W							26.374.6730	119.251.5747
PT 3	12	276.122	70°	0	N 66° 20' E							26.527.0247	118.257.5718
	PT 24+132.00				N 23° 40' W							26.296.67	119.614.13
24+132.00	13+209.00	107.75	0	0	N 23° 40' W	0.4014		67.4377	0.9159	153.8706		26.212.5213	118.257.3547
24+209.00	14	62.00	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		57.7015	0.4014			25.2211	26.251.5202
	PT 24+132.00				N 23° 40' W							26.296.67	119.614.13
24+132.00	15+225.72	127.72	0	0	N 23° 40' W	0.4014		170.4876	-1.7157	323.1232		26.296.67	119.614.13
24+225.72	16	7.10	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		7.4188	0.4014			3.2515	23.5752
	PT 24+253.00				S 10° 01' E							86.343.94	119.511.04
24+253.00	17	217	70°	0	S 10° 01' E	0.4014	2.2526		0.9159	7.4188		972.3157	119.257.3547
	PT 2				S 67° 20' W							26.374.6730	119.251.5747
P. 2	18	2.51	70°	0	S 67° 20' W	0.9159		7.2020	0.4014			12.7704	26.374.6730

CALCULO
FECHA

REVISO
FECHA

APROBO
FECHA

$$ST6 = R \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 127.3240 \tan \left(\frac{16.25}{2} \right) = 18.1776$$

Como el inicio de la curva es la estación 0+000 del eje C, las estaciones de los puntos PC6, PI6 y PT6 son:

$$PC6 = 0+000$$

$$PI6 = 0+018.18$$

$$PT6 = 0+036.11$$

En forma similar, la deflexión y los elementos de la segunda curva, la N°7, del eje C son:

$$\Delta 7 = (N 39^{\circ}55'W) - (S66^{\circ}20'W) = - 73^{\circ}45'$$

$$LC7 = 20 \frac{73.75}{9} = 163.8889 \text{ m}$$

$$ST7 = 127.324 \tan \left(\frac{73.75}{2} \right) = 95.5107 \text{ m}$$

Como la tangente libre que une a las curvas mide 101.22 m, las estaciones de los puntos PC7, PI7 y PT7, son:

$$PC7 = 0+036.11 + 101.22 = 0+137.33$$

$$PI7 = 0+137.33 + 95.51 = 0+232.84$$

$$PT7 = 0+137.33 + 163.89 = 0+301.22$$

En esta forma queda definido el eje C.

Cálculo del eje E:

De acuerdo al anteproyecto (ver plano anexo), el eje E se inicia - paralelo a 11.60 m a la izquierda del trazo del eje A, y finaliza en una tangente con rumbo S61°20'W. Esta tangente, a su vez, termina en el punto "d" localizado a 8.10 m a la derecha de la estación 0+360 del eje C.- Además, dicho eje E debe alojar una curva, la N°9, de 10°.

Como primer paso se puede calcular el ángulo de deflexión y los -- elementos de la curva, ya que son conocidos los rumbos de las subtangen- tes:

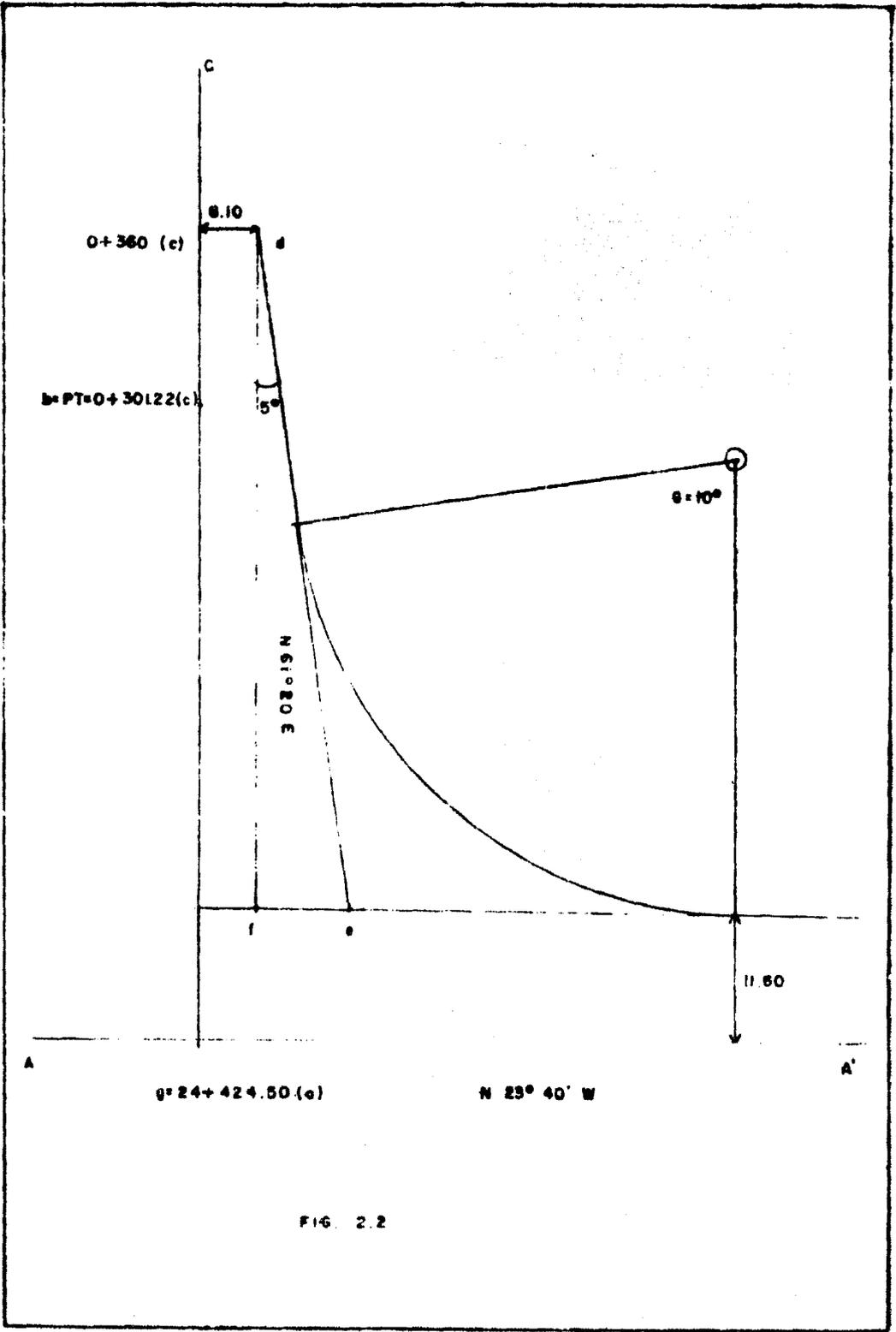
$$\Delta 9 = (S23^{\circ}40'E) - (S61^{\circ}20'W) = +85^{\circ}$$

$$LC9 = 20 \frac{85}{10} = 170 \text{ m}$$

$$ST9 = 114.5916 \tan \frac{85^{\circ}}{2} = 105.0039 \text{ m}$$

Para ubicar la curva dentro de las dos tangentes que la subtienden, se debe conocer la distancia entre el punto de intersección "e" de los -- rumbos y el punto "d" (ver fig 2.2); una de las formas de calcular esa - distancia es considerandola como hipotenusa del triángulo rectángulo for- mado por puntos d, e, f.

La coordenada del punto 0+360 (c) se encuentra en la tabla 2.2; la distancia entre los puntos "g" y 0+360 (c) es;



$$\begin{aligned} \overline{g-0+360(c)} &= \sqrt{(85,969.1240 - 86,169.2748)^2 + (118,854.3097 - 118,942.0309)^2} \\ &= 218.53 \text{ m} \end{aligned}$$

y la distancia $\overline{d-f}$ es:

$$\overline{d-f} = 218.53 - 11.60 = 206.93 \text{ m}$$

La hipotenusa $\overline{d-e}$ tiene un valor de:

$$\overline{d-e} = \frac{\overline{d-f}}{\cos 5^\circ} = \frac{206.93}{0.9962} = 207.7204 \text{ m}$$

El PT de ésta curva se ubica a una distancia del punto "d":

$$\overline{d-e} - ST = 207.7204 - 105.0039 = 102.7165 \text{ m}$$

Para ubicar la estación sobre el eje A donde se ubica el PC de la curva, basta conocer el cateto menor del triángulo mostrado en la fig. - 2.2, ya que es conocida la sub-tangente:

$$\overline{f-e} = \text{sen } 5^\circ (\overline{d-e}) = (0.0872)(207.7204) = 18.1132 \text{ m}$$

por lo tanto la distancia entre el eje C y el PC de la curva es:

$$\overline{g-PC} = 8.10 + 18.1132 + 105.0039 = 131.2171$$

y la estación sobre el eje A es:

$$24+424.50 + 131.22 = 24+555.72$$

por lo que el PC de la curva del eje E se localiza a 11.60 m a la izquierda del PST = 24+555.72 (a).

Considerando el origen del cadenamiento ubicado en el PC de la curva, las estaciones importantes de este eje son:

$$PC = 0+000.00$$

$$PI = 0+105.00$$

$$PT = 0+170.00$$

$$EST d = 0+272.72$$

De este modo quedan definidos los datos necesarios para trazar en campo el eje E.

Cálculo de los ejes B y F.

El eje B se compone de cuatro curvas, todas de 4° de curvatura. - Se inicia separándose del eje A en la estación 23+800 de éste último siguiendo a través de dos curvas inversas; continúa paralelo al eje A separado una distancia de 63.00 m. Termina volviéndose a unir al eje A a la altura de la estación 24+555.72, o sea a la altura de la estación 0+000 del eje E.

La separación del eje B tiene por objeto cejar espacio para alojar al retorno, eje F, y permitir que se desarrolle verticalmente el eje C para alcanzar el gálibo en la zona del paso a desnivel.

Para ubicar las curvas inversas, N°2 y 3, que forman el inicio y separación del eje B, primeramente se determina la posición del retorno, eje F; cuyo radio es $R_{11} = 10.8248$ m según al anteproyecto. Para esto se analiza la fig. 2.3.

Los ejes A y B se encuentran fijos uno con respecto al otro por la separación " d " = 63 m. Cada eje está separado del eje F una distancia definida por el anteproyecto. El eje A está separado una distancia $d_1 = 4.50$ m y el eje B está separado una distancia $d_2 = 11.00$ m.

El trazo de la curva F debe ser tangente a la calzada definida por el eje A, por lo tanto el punto de tangencia t_1 , el centro I y el centro C1 son colineales y el radio, con centro en C1 que define al círculo h, vale $R_h = R_A - (R_F + d_1)$. El centro I es un punto de dicho círculo.

El círculo "f" hace tangencia en t_2 con la calzada definida por el eje B, por lo que el radio R_f es perpendicular al eje B, por tanto el punto I debe estar contenido en la recta j paralela a B y separada de éste una distancia $L = d_2 + R_f$.

Como el centro I se localiza tanto en el círculo h como en la recta j, el punto de intersección de ambos es la posición correcta del centro I.

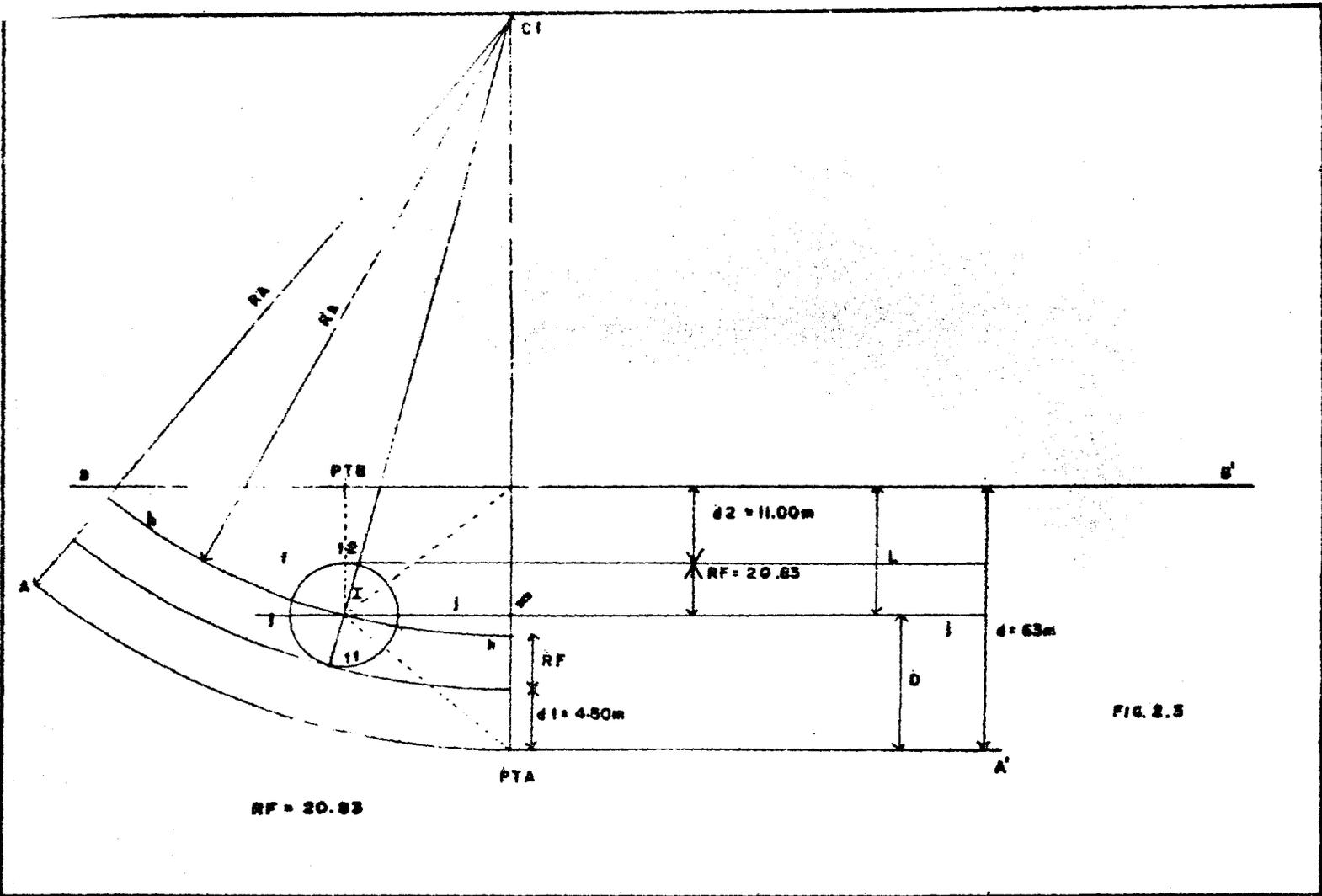


FIG. 2.5

La intersección de la recta y el círculo se puede resolver analíticamente:

Si la ecuación de una recta se expresa como:

$$y = mx + c$$

Y la del círculo:

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$$

Entonces la intersección está dada por la siguiente ecuación cuadrática (ver apéndice):

$$x^2 (1 + m^2) + x (2mc - mk - h) + (h^2 + k^2 + c^2 - 2ck - r^2) = 0 \dots (1)$$

Para poderla resolver se deben calcular las constantes siguientes:

m = pendiente de la recta.

c = ordenada al origen de la recta,

h = abscisa del centro del círculo.

k = ordenada del centro del círculo.

Cálculo de m :

El rumbo de la recta es N 23°40'W (ver figura 2.3) por lo que su pendiente será:

$$m = \tan (90^\circ + 23^\circ 40') = -2.2817$$

Para calcular la ecuación de la recta se debe conocer, cuando menos, las coordenadas de un punto "p" que pertenezca a ella. El cálculo de dicho punto se muestra en la tabla 2.2, para el cual se toma como punto de partida el PC1 de la curva A, cuyas coordenadas se conocen (ver tabla 2.1) y la distancia a la recta j es $D = 63.00 - (RF + d_2)$ (ver fig. 2.3), o sea.

$$D = 63 - (20.8348 + 11.00) = 31.1652$$

Las coordenadas de p son: $x = 86\ 258.1492$, $y = 118\ 661.6213$

por lo que la ecuación de la recta es:

$$m = \frac{y - y_1}{x - x_1} \Rightarrow -2.2817 = \frac{y - 118\ 661.6213}{x - 86\ 258.1492}$$

$$\Rightarrow -2.2817 (x - 86,258.1492) = 118,661.6213$$

$$-2.2817x + 196,815.2190 = y - 118,661.6213$$

$$\Rightarrow y = -2,2817x + 315\ 476.8403 \quad \dots(2)$$

Las coordenadas del centro del círculo se encuentran calculadas en la tabla 2.2. Para ello de la figura 2.3 se observa que la distancia del punto p al c es $R_h = R_A - (d_1 + RF) = 1145.9156 - (4.50 + 20.8343) = 1,120.5808$

$$\begin{matrix} (C) & x = 85,237.1502 & y = 118,214.1423 \\ & (h) & (K) \end{matrix}$$

Calculadas las constantes se puede resolver la ecuación (1); primeramente se calculan los siguientes valores:

$$(1 + m^2) = 1 + (-2.2817)^2 = 6.2062$$

$$2 (mc - mk - h) = 2[(-2.2817)(315\,476.8403) - (-2.2817)(118,214.1423) - (85,237.1502)] = -1,070,662.896$$

$$(h^2 + k^2 + c^2 - 2ck - r^2) =$$

$$(85,237.1502)^2 + (118,214.1423)^2 + (315,476.8403)^2 - 2(315,476.8403)(118,214.1423) - (1,120.5808)^2 = 4.6177 \times 10^{10}$$

y finalmente la ecuación resulta:

$$x^2 (6.2062) + x (-1,070,662.896) + 4.6177 \times 10^{10} = 0;$$

Sus raíces son:

$$X_{1,2} = \frac{1,070,662.896 \pm \sqrt{(-1,070,662.896)^2 - 4 (6.2062) (4.6177 \times 10^{10})}}{2 (6.2062)}$$

$$\frac{1,070,662.896 + 567.4504}{12.4124}$$

$$86,212.4567$$

$$X_1 = 86,212.4567$$

$$X_2 = 86,303.8460$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (2), tenemos:

$$y_1 = 118,765.8778$$

$$y_2 = 118,557.3549$$

observando las coordenadas del anteproyecto se concluye que el centro I del círculo f son:

$$x = 86,303.8460, \quad y = 118,557.3549$$

Para calcular las dos primeras curvas inversas que forman parte -- del eje B es necesario ahora conocer las coordenadas de los puntos PC - de la primera y el PT de la segunda.

De acuerdo al anteproyecto, el PC de la primera se localiza a --- 8.10 m a la izquierda del PST = 23 + 800.00 del eje A; por otro lado, el PT de la segunda curva se localiza a la altura del PC del eje F a la distancia $d_2 + RF$ (ver figura 2.3), o sea a $11.00 + 20.83 = 31.83$ m.

En la tabla 2.2 se muestra el cálculo de las coordenadas de dichos puntos.

En la figura 2.4 se muestra un croquis del problema, cuyo enuncia- do es el siguiente: conocidas las coordenadas de los puntos PC2 y PT3, - los rumbos de las tangentes que salen de ellos y determinado el origen - del cadenamamiento en el PC2, determinar las estaciones de los puntos PT2 y PC3 así como la distancia que existe entre ellos y los elementos de -- las dos curvas, sabiendo que ambas son de 4° .

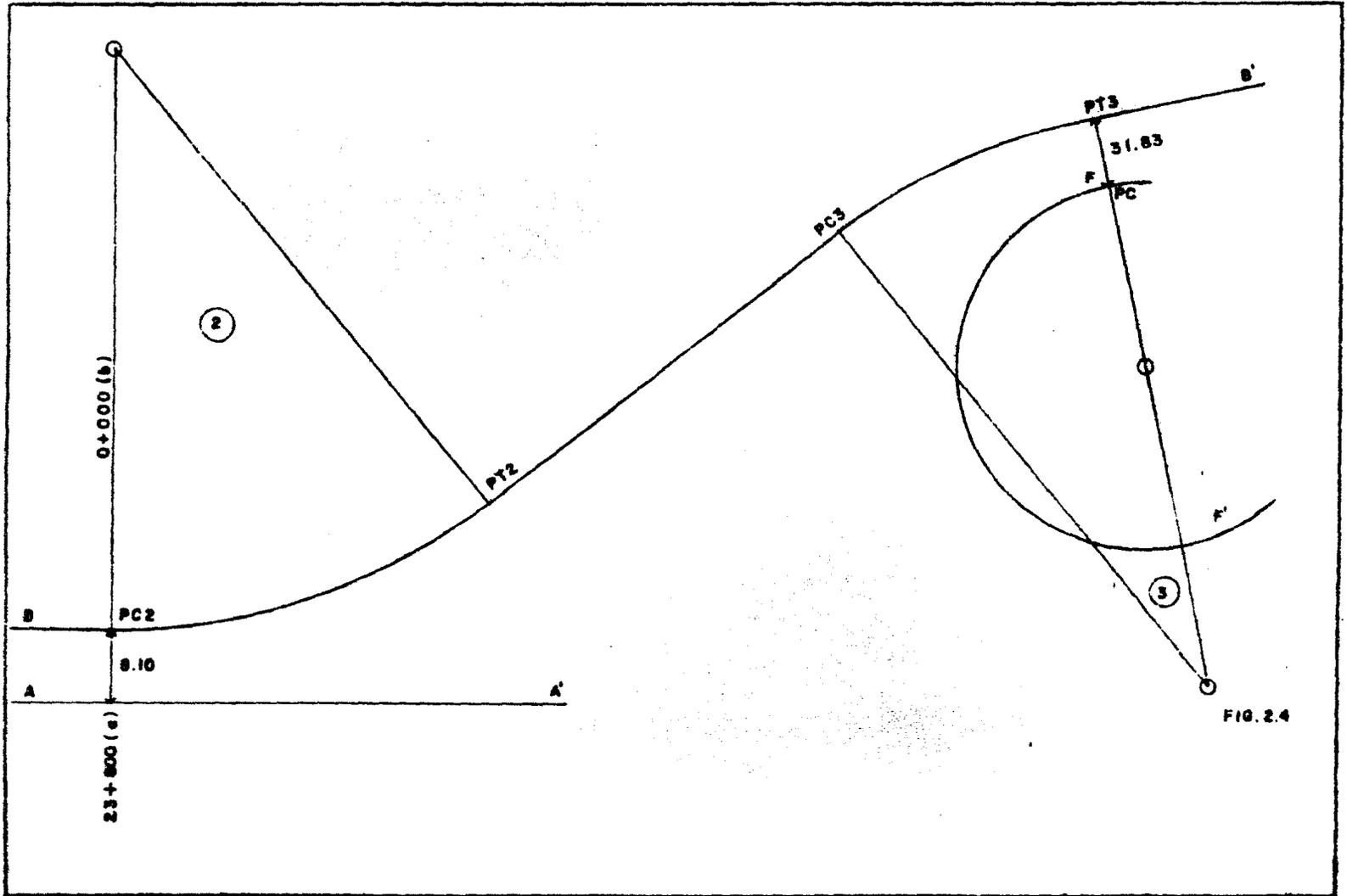


FIG. 2.4

Por geometría elemental se resuelve este problema, mostrándose los resultados en la fig. 2.5; los cálculos de las coordenadas necesarias, en la tabla 2.2 .

Los elementos de cada curva son los siguientes:

$$LC1 = 20 \frac{18.5850}{4} = 92.9250 ; \quad LC2 = 20 \frac{9.9350}{4} = 49.6750$$

$$ST1 = 286.4789 \tan \left(\frac{18.5850}{2} \right) = 46.8742$$

$$ST2 = 286.4789 \tan \left(\frac{9.9350}{2} \right) = 24.8999$$

Como el origen 0 + 000, del eje B se encuentra en el PC de la curva No. 2, los cadenamientos de los puntos más importantes son:

Para la curva No. 2:

$$PC = 0 + 000$$

$$PI = 0 + 046.87$$

$$PT = 0 + 092.93$$

Para la curva No. 3:

$$PC = 0 + 166.58$$

$$PI = 0 + 191.48$$

$$PT = 0 + 216.26$$

En esta forma quedan resueltas las curvas N° 2 y 3 .

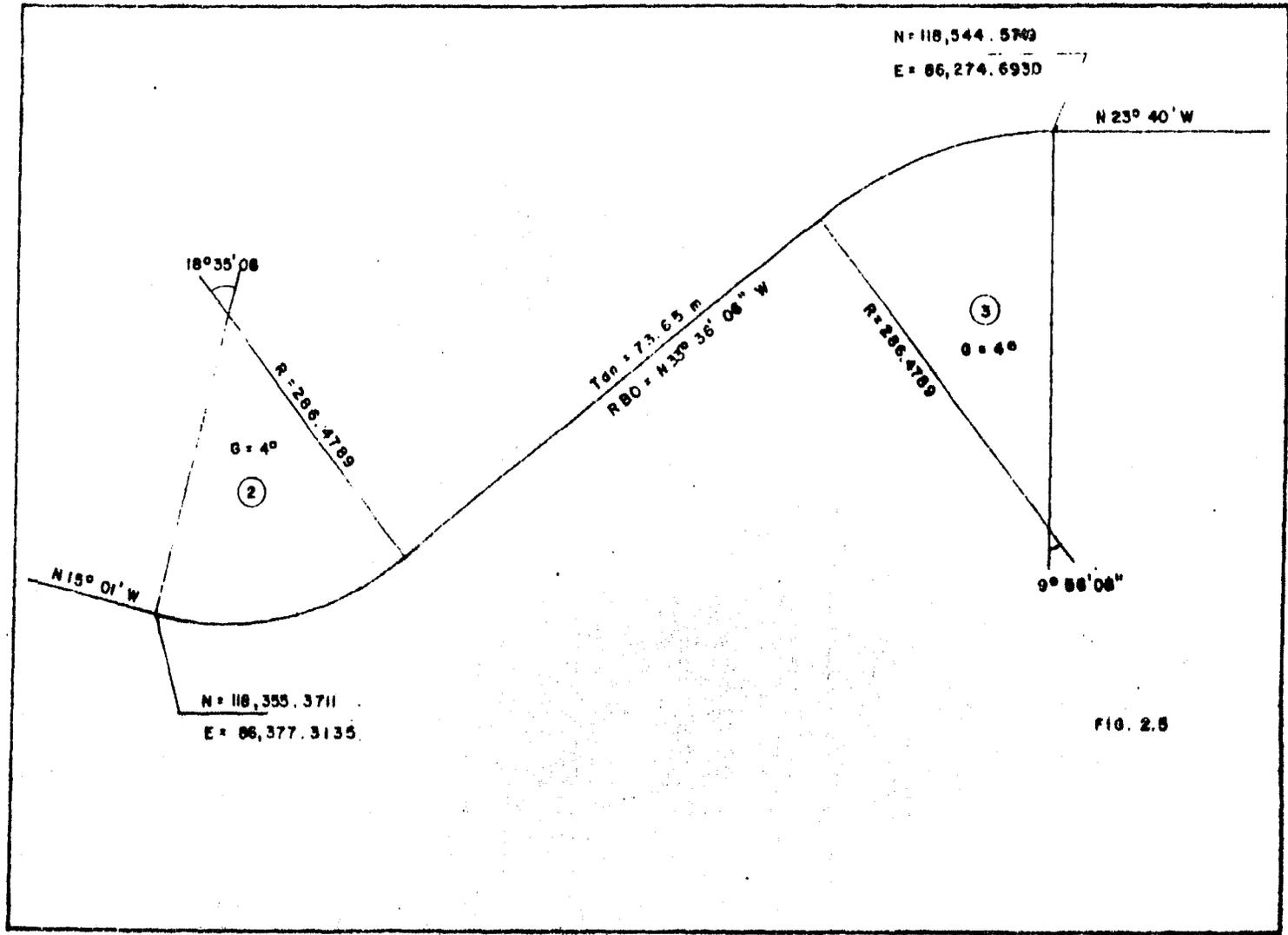


FIG. 2.5

Para completar éste eje hace falta calcular las curvas N° 4 y 5 -- que se presentan al final de él. Estas curvas también son inversas, por lo que su solución es similar a las primeras.

Para las curvas 4 y 5, el anteproyecto indica que el inicio de la 4 debe ser a la altura de la estación 24 + 300 del eje A, y el final de la 5 debe ser a la altura del PC de la curva 9, eje E, separado 8.10 del eje A. Por lo tanto, conocidos ambas coordenadas de los puntos extremos, el problema queda resuelto.

En la tabla 2.2 se encuentran los cálculos para conocer las coordenadas necesarias y en la fig. N°2.6 se muestran los resultados del problema.

Para calcular los cadenamientos correspondientes, primero se calcula la distancia entre en PT3 y el PC4:

$$\begin{aligned}
 \text{PI3} - \text{PC4} &= \sqrt{(86\,274.6930 - 86,161.5508)^2 + (112,544.5749 - 118,802.714)^2} \\
 &= 281.84
 \end{aligned}$$

por lo que el PC4 tiene como cadenamiento:

$$\text{PC4} = 0+216.26 + 281.84 = 0+496.11$$

Los elementos de las curvas son los siguientes:

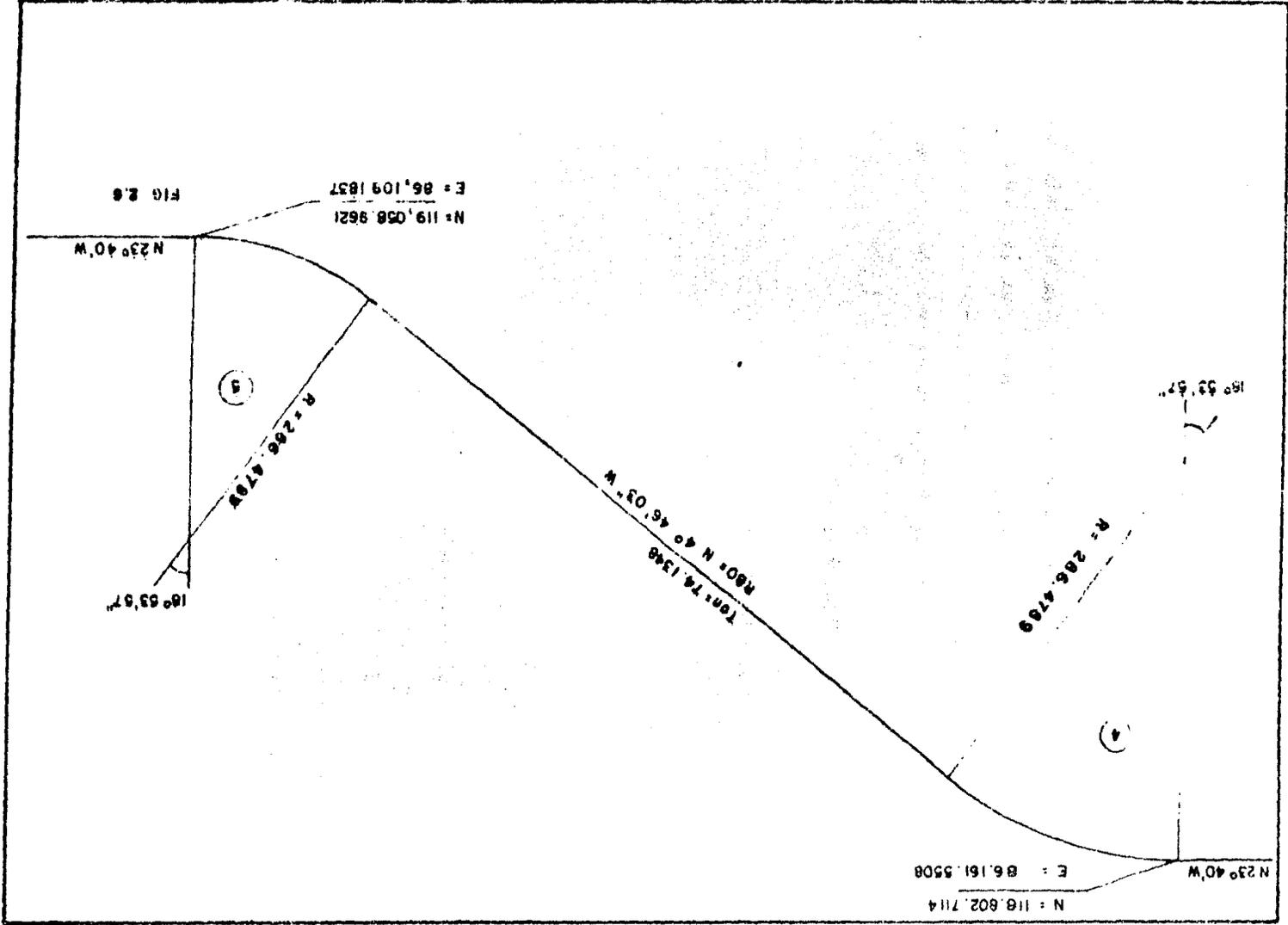


FIG 2.8

N = 119,058,9621
E = 86,109,1837

N 23° 40' W

(3)

R = 206.4709

18° 53' 57"

Tant 74.1348
R80° N 40 46.03' W

R = 206.4709

18° 53' 57"

(4)

N = 116,602,7114
E = 86,161,9508
N 23° 40' W

$$LC = 20 \frac{\Delta}{G} = 20 \left(\frac{18.8992}{4} \right) = 94.4958$$

$$ST = R \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 286.4789 \tan \left(\frac{18.8992}{2} \right) = 47.6814$$

Por lo tanto los cadenamientos en los puntos importantes para el trazado en campo son:

Para la curva 4 :

$$PC = 0 + 498.11$$

$$PI = 0 + 545.79$$

$$PT = 0 + 592.61$$

Para la curva 5 :

$$PC = 0 + 666.74$$

$$PI = 0 + 714.42$$

$$PT = 0 + 761.24$$

En ésta forma queda definido el eje B.

Finalmente, el eje D está formado por una curva de $7^{\circ}30'$ derecha que se inicia paralela al eje C separado una distancia 8.10 m; finaliza paralelo al eje B con una separación de 3.50 m. Como también se conoce el radio de la curva, el problema se reduce a ubicar una curva en dos tangentes de rumbo conocido.

Primeramente se calcula el ángulo de deflexión restando los rumbos.

$$\Delta = (N 23^{\circ}40' W) - (S66^{\circ}20' W) = -90^{\circ}$$

y por tanto los elementos de la curva son:

$$LC = 20 \frac{\Delta}{G} = 20 \frac{90}{7.5} = 240 \text{ m}$$

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2} = 152.7888 \tan 45^{\circ} = 152.7888$$

Como segundo paso se ubica el PI de la curva localizando sus coordenadas. Esto se puede resolver considerando al PI como la intersección de dos rectas. Analíticamente (ver apéndice) dicha intersección se expresa como:

$$X = \frac{C_2 - C_1}{m_1 - m_2} \quad \dots (3)$$

$$y = m_1 \left[\frac{C_2 - C_1}{m_1 - m_2} \right] + C_1 \quad \dots (4)$$

Para calcular las ecuaciones anteriores primero se deben encontrar los valores de las constantes involucradas.

En la figura 2.7 se muestra un croquis del problema planteado. El punto PI7 es la intersección de las rectas $\overline{PC7 - PI7}$ y $\overline{PT7 - PI7}$, las cuales se denominan l_1 y l_2 respectivamente. La pendiente m_1 es igual a $\tan (90^{\circ} 66^{\circ} 20'') = 0.4383$; la recta l_2 , por ser perpendicular a l_1 , tiene como pendiente $m_2 = \frac{-1}{m_1} = -\frac{1}{0.4383} = -2.2817$.

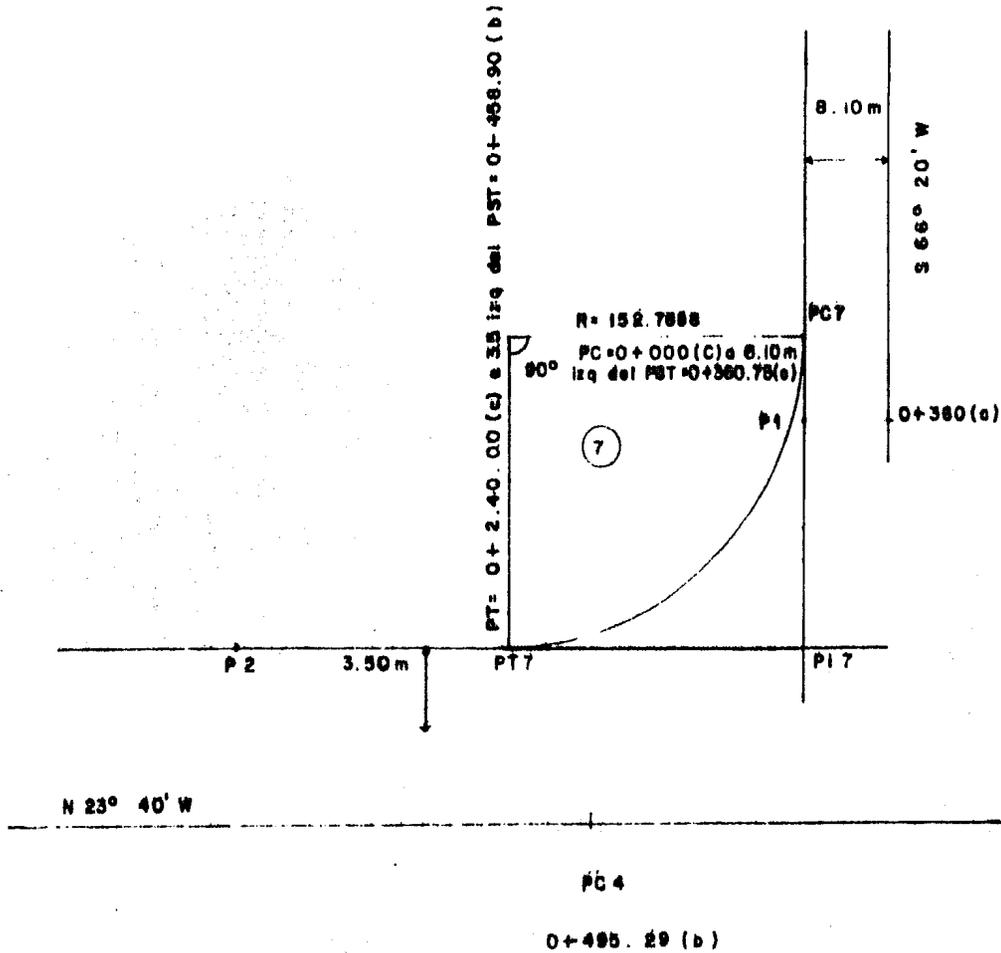


FIG. 2.7.

Para poder definir las ordenadas al origen es necesario conocer -- las coordenadas de un punto sobre cada recta.

Sean tales puntos los P_1 y P_2 , los cuales se localizan en la perpendicular que parte de las estaciones $0 + 360$ en el eje C y $0 + 495.29$ en el eje B respectivamente, (ver fig. Nº 2.7)

Las coordenadas de los puntos P_1 y P_2 se encuentran calculados en la tabla 2.2 .

Las coordenadas del punto P_1 son $x = 85,972.3755$ y $y = 118,846.8909$; como su pendiente vale $m_1 = 0.4383$, la ecuación de la recta l_1 vale:

$$m_1 = \frac{y - y_1}{x - x_1} \Rightarrow 0.4383 = \frac{y - 118,846.8909}{x - 85,972.3755}$$

$$\Rightarrow 0.4383 (x - 85,972.3755) = y - 118,846.8909$$

$$\Rightarrow y = 0.4383 x + 81,165.1987 \quad \dots (5)$$

En forma similar, la ecuación de la recta l_2 vale:

$$- 2.2817 = \frac{y - 118,801.3064}{x - 86,158.3452}$$

$$\Rightarrow - 2.2817 (x - 86,158.3452) = y - 118,801.3064$$

$$\Rightarrow y = -2.2817 x + 315,388.8026 \quad \dots (6)$$

Sustituyendo los valores correspondientes de las ecuaciones (5) y (6) en las (3) y (4), se hallan las coordenadas del punto PI7:

$$x = \frac{C_2 - C_1}{m_1 - m_2} = \frac{315,388.8026 - 81,165.1987}{0.4383 - (-2.2817)}$$

$$\Rightarrow x = 86,111.6191$$

$$y = m_1 \left[\frac{C_2 - C_1}{m_1 - m_2} \right] + C_1 = 0.4383 (86,111.6191) + 81,165.1987$$

$$\Rightarrow y = 118,907.9213$$

Para ubicar los puntos PC y PT de la curva, se calculan las distancias entre el PI7 y los puntos p_1 y p_2 :

$$\overline{PI7 - p_1} = \sqrt{(86,111.6191 - 85,972.3755)^2 + (118,907.9213 - 118,846.8909)^2}$$

$$\overline{PI7 - p_1} = 152.0312 \text{ m}$$

análogamente:

$$\overline{PI7 - p_2} = \sqrt{(86,111.6191 - 86,158.3452)^2 + (118,907.9183 - 118,801.3064)^2}$$

$$\overline{PI7 - p_2} = 116.4920.$$

Como la subtangente de la curva vale $ST = 152.7888$, entonces el PC se ubica a una distancia.

$$ST - (\overline{PI7 - p_1}) = 152.7888 - 152.0312 = .7576 \text{ m}$$

adelante de la estación $0 + 360$ del eje C, o sea a la altura de la estación $0 + 360.75$ (c).

El PT de la curva se encuentra un distancia.

$$ST - (\overline{PI7 - p_1}) = 152.7888 - 116.4020 = 36.3868 \text{ m}$$

atrás de la estación $0 + 495.29$ del eje B, o sea a la altura de la estación $0 + 458.9032$ (b).

En esta forma quedan calculadas las referencias de campo para que se pueda trazar en campo el entronque.

C A P Í T U L O I I I

SOLUCION GEOMETRICA DE UN ENTRONQUE UTILIZANDO PROGRAMAS DE COMPUTADORA

Este capítulo trata sobre el desarrollo de una técnica, por -- medio de programas para calculadoras programables, para resolver los pro-- blemas planteados en el capítulo anterior.

La finalidad es proporcionar las bases para que, además de resol-- ver los problemas presentados, se tenga la capacidad de resolver algunos - similares y/o de complejidad mayor.

Observando la solución de cada caso planteado en el capítulo an-- terior, se observa que existen problemas que se presentan continuamente -- como paso intermedio en una solución particular y a los cuales se les iden-- tificará en lo sucesivo como casos "elementales". Tales casos elementa-- les se pueden numerar y enunciar como sigue:

- 1.- Cálculo de la distancia y rumbo entre dos puntos.
- 2.- Cálculo de la deflexión entre dos rumbos.
- 3.- Cálculo de los elementos de una curva circular.
- 4.- Cálculo de las coordenadas de un punto.
- 5.- Solución de triángulos.
- 6.- Intersección de dos rectas conocidos el rumbo y una coordenada de cada una de ellas.

El caso número tres incluye el cálculo de las estaciones del PI y - PT conocido el cadenamamiento del PC.

El caso número cuatro incluye un problema adicional, y es el de calcular el nuevo rumbo a partir del ángulo de deflexión.

Cada uno de estos casos elementales se pueden utilizar como problemas aislados o como pasos intermedios en la solución de un problema más - complicado.

Para ejemplificar lo anterior se puede recurrir a la colución del - eje C, resuelto en el capítulo anterior.

En la figura 3.1 muestra el croquis del problema.

El problema se enuncia como sigue:

Sean dos rectas definidas cada una por su rumbo (RB01 y RB02) y las coordenadas de un punto (P1 y P2) perteneciente a cada tangente.

Con curvas circulares, de radio R, tangente a las rectas dadas, -- calcular las coordenadas de los puntos A y B así como la longitud y rumbo de la tangente libre y los elementos de las curvas 1 y 2.

Solución:

Utilizando el caso elemental número cuatro se conocen las coordenau

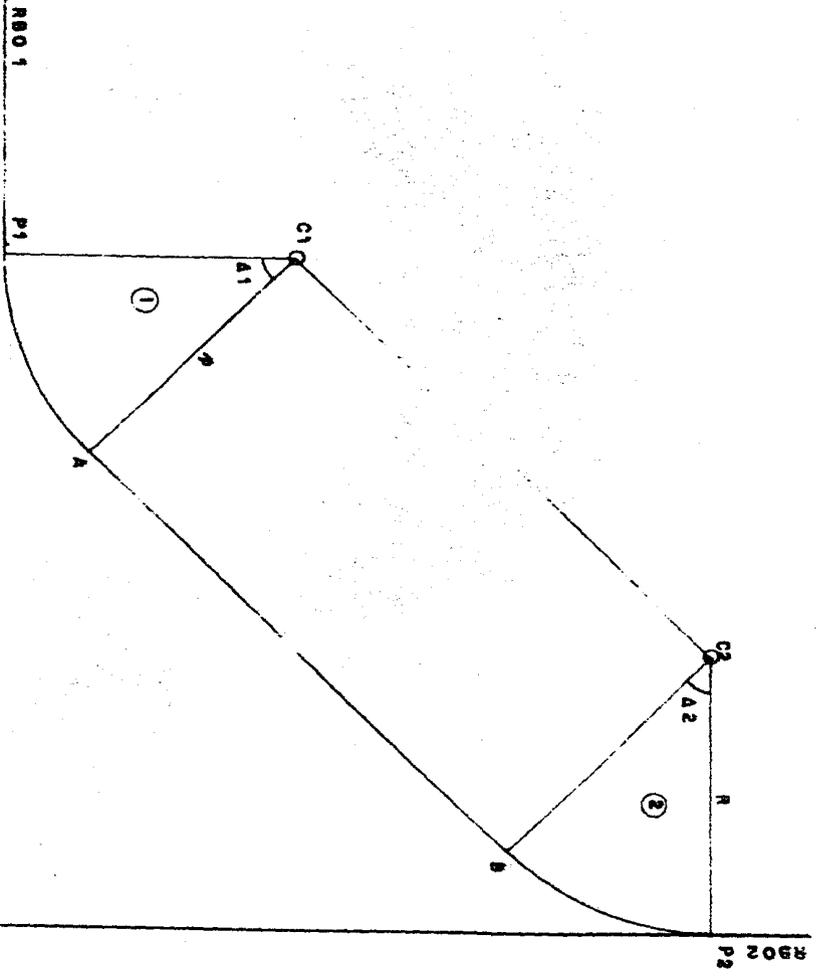


FIG. 3.1

das de C1 y C2.

La línea $\overline{C1 - C2}$ que une a los centros en paralela y de la misma longitud que la tangente libre $\overline{A-B}$; utilizando el caso elemental número uno se conoce tanto la longitud como el rumbo RB03 de la recta $\overline{A-B}$.

Conocido el rumbo RB03 se pueden calcular las deflexiones $\Delta 1$ y $\Delta 2$ con el caso elemental número dos.

Las coordenadas de los puntos A y B se conocen utilizando nuevamente el caso cuatro partiendo de las coordenadas de los centros C1 y C2.

Finalmente, con los datos obtenidos, se recurre al caso número tres para conocer los elementos de las curvas 1 y 2.

Si ordenamos los casos utilizados, siguiendo la secuencia del problema tendremos la siguiente tabla:

Datos	Caso Elemental Utilizado	Resultados
RB01 y P1 RB02 y P2	Caso 4	C1 y C2
C1 y C2	Caso 1	$\overline{A - B}$ y RB03
RB01 y RB03 RB03 y RB02	Caso 2	$\Delta 1$ y $\Delta 2$
C1, RB01 y $\Delta 1$	Caso 4	A
A, RB03, $\overline{A-B}$	Caso 4	B
R, $\Delta 1$	Caso 3	LC1, ST1, PC1, PI1 y PT1
R, $\Delta 2$	Caso 3	LC2, ST2, PC2, PI2 y PT2

En la tabla anterior se observa que, utilizando en cierto orden los casos elementales definidos, se pueden resolver problemas más complicados.

A continuación se muestra el análisis y elaboración de los diagramas de flujo de los casos elementales definidos anteriormente. Con dichos diagramas de flujo se puede utilizar cualquier lenguaje de computadora para elaborar los programas correspondientes.

Posteriormente, en este mismo capítulo, se utilizarán los diagramas de flujo correspondientes a los casos elementales y se elaborarán diagramas de flujo que resuelvan cada uno de los problemas planteados en el capítulo anterior.

Anexo a esta tesis se muestran los programas de cada diagrama de flujo presentado, elaborados para la calculadora programable HP-41CV.

1.- Distancia y rumbo entre dos puntos.

Sean dos puntos P1 y P2 definidos por sus coordenadas norte y este, tal como se muestra en la figura N° 3.2.

De acuerdo a la geometría analítica, la distancia d entre dos puntos definidos por sus coordenadas es:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (y_2 - Y_1)^2}$$

DISTANCIA Y RUMBO ENTRE DOS PUNTOS

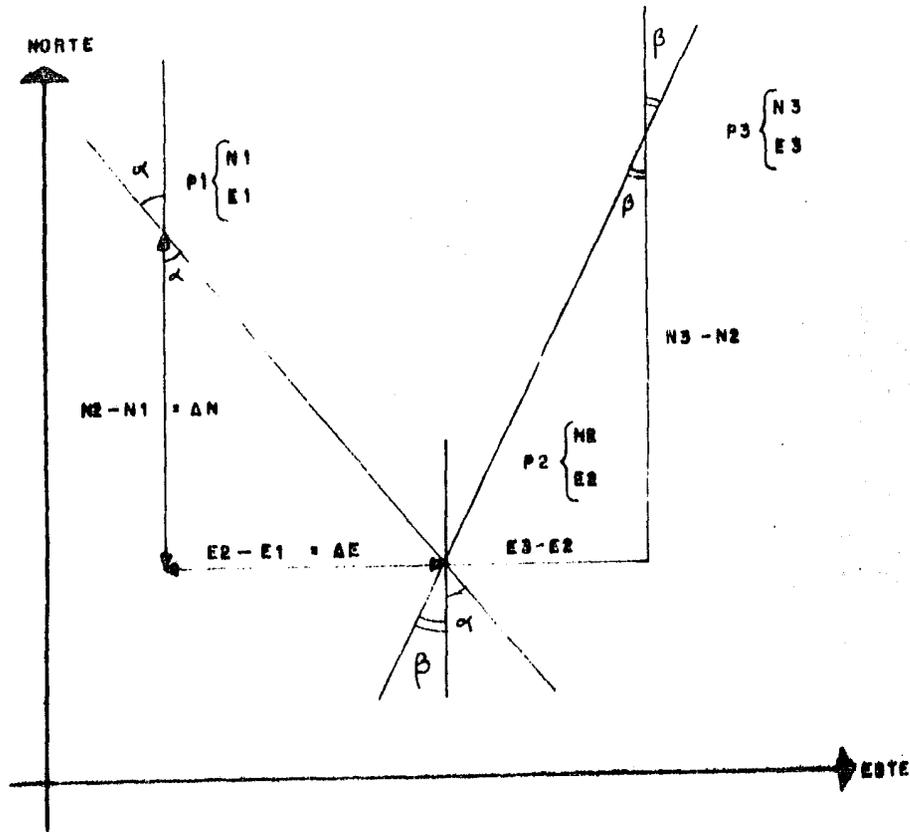


FIG. 3.2

Y utilizando las coordenadas norte y este, en nuestro caso resulta:

$$P1 - P2 = \sqrt{(E2 - E1)^2 + (N2 - N1)^2} \quad \dots (1)$$

Para definir el rumbo de la línea que une a los puntos considerese en primer lugar el ángulo formado con el eje norte.

Tal como se muestra en la figura 3.2 se pueden presentar dos casos: el primero es cuando la línea es inclinada a la izquierda, tal como la $P1 - P2$, en cuyo caso el ángulo α es el que indica el valor del rumbo. Por trigonometría se deduce fácilmente que el ángulo α tiene un valor igual a

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} \frac{E2 - E1}{N2 - N1} \quad \dots(2)$$

El segundo caso que se presenta para calcular el ángulo es cuando la línea esta inclinada a la derecha, tal como la que une a los puntos P2 y P3 en la misma figura 3.2. De la misma se observa que el ángulo B es igual a:

$$\beta = \text{Tan} B = \frac{E3 - E2}{N3 - N1} \quad \dots(3)$$

Considerando el orden de los índices correspondientes a cada punto, se observa que las ecuaciones (2) y (3) son iguales; además, como el ángulo del rumbo siempre es positivo, se debe considerar el valor absoluto, por lo tanto la ecuación para calcular el ángulo del rumbo entre dos puntos conocidas sus coordenadas, es:

$$RBO(1-2) = \left| \tan^{-1} \frac{E2 - E1}{N2 - N1} \right| \dots (4)$$

La ecuación anterior no es válida cuando $N1 = N2$, o sea cuando la línea que une a los puntos es paralela al eje norte. El dato faltante para definir el rumbo es su dirección. Existen cuatro soluciones, según sea el orden relativo de las coordenadas involucradas. Para definir el rumbo es necesario establecer el orden de los puntos, ya que la línea $P1 - P2$ tiene diferente dirección que la $P2 - P1$. En el primer caso la dirección será SE (sureste) según la fig. 3.2, y en el segundo será NW (noroeste). Las otras dos direcciones posibles son el NE (noreste) y el SW (suroeste), las cuales se presentan en el caso de los puntos $P2 - P3$ y $P3 - P2$ respectivamente.

De la figura 3.2 se observa que la combinación entre los factores ΔE y ΔN son los que definen la dirección del rumbo, de tal manera que:

$P2 - P3 :$	$\Delta E > 0$ y $\Delta N > 0$	\Rightarrow	dirección	NE
$P3 - P2 :$	$\Delta E < 0$ y $\Delta N < 0$	\Rightarrow	"	SW
$P1 - P2 :$	$\Delta E > 0$ y $\Delta N > 0$	\Rightarrow	"	SE
$P2 - P1 :$	$\Delta E > 0$ y $\Delta N < 0$	\Rightarrow	"	NW

En esta forma quedan establecidas las ecuaciones involucradas en el problema.

En la figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo para resolver el caso elemental número 1.

DISTANCIA Y RUMBO ENTRE DOS PUNTOS

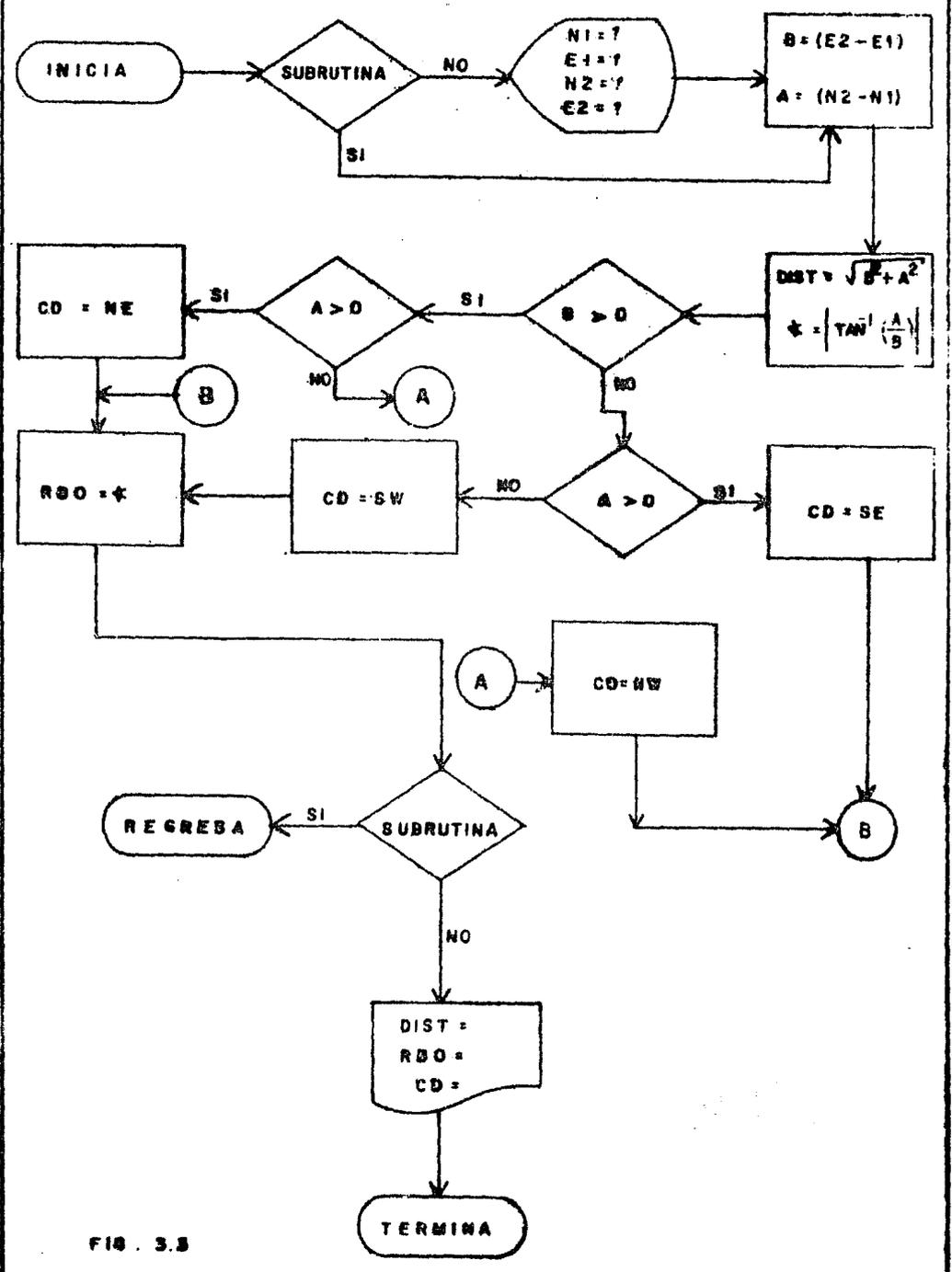


FIG. 3.5

2.- Cálculo de la deflexión entre dos rumbos.

Como la deflexión entre dos rumbos está íntimamente ligado con el ángulo de campo, ya que el primero es el ángulo suplementario del segundo (ver fig. N° 3.4), se tratarán ambos casos en este problema.

La forma más práctica de calcular el ángulo de deflexión entre dos rumbos es transformarlos en sus azimuts correspondientes y efectuar la resta de ellos. Son de considerarse dos casos: cuando la resta es menor de 180° y cuando es mayor de 180° .

El primer caso se muestra en la figura 3.5, y la deflexión es simplemente la resta de los azimuts. El signo resultante indica si es derecha o izquierda la deflexión. El ángulo de campo es el suplemento de la deflexión con signo contrario de este último.

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a este caso. En él se considera como subrutina al proceso de transformar el rumbo en azimut; dicho proceso se resuelve más adelante y se le denomina como caso elemental 2a.

El segundo caso, cuando la resta de los azimuts resulta mayor de 180° , se muestra en la figura 3.7. En estos casos, la deflexión es el complemento al ángulo de 360° . A manera de conservar el signo correcto en la deflexión se deben considerar dos casos: el primero, tal como se muestra en la figura 3.7, es cuando la resta es positiva. Como la deflexión debe ser negativa, entonces $\text{Deflexión} = \text{Resta de Azimuts} - 360^\circ$.

ANGULO DE CAMPO Y DEFLEXION

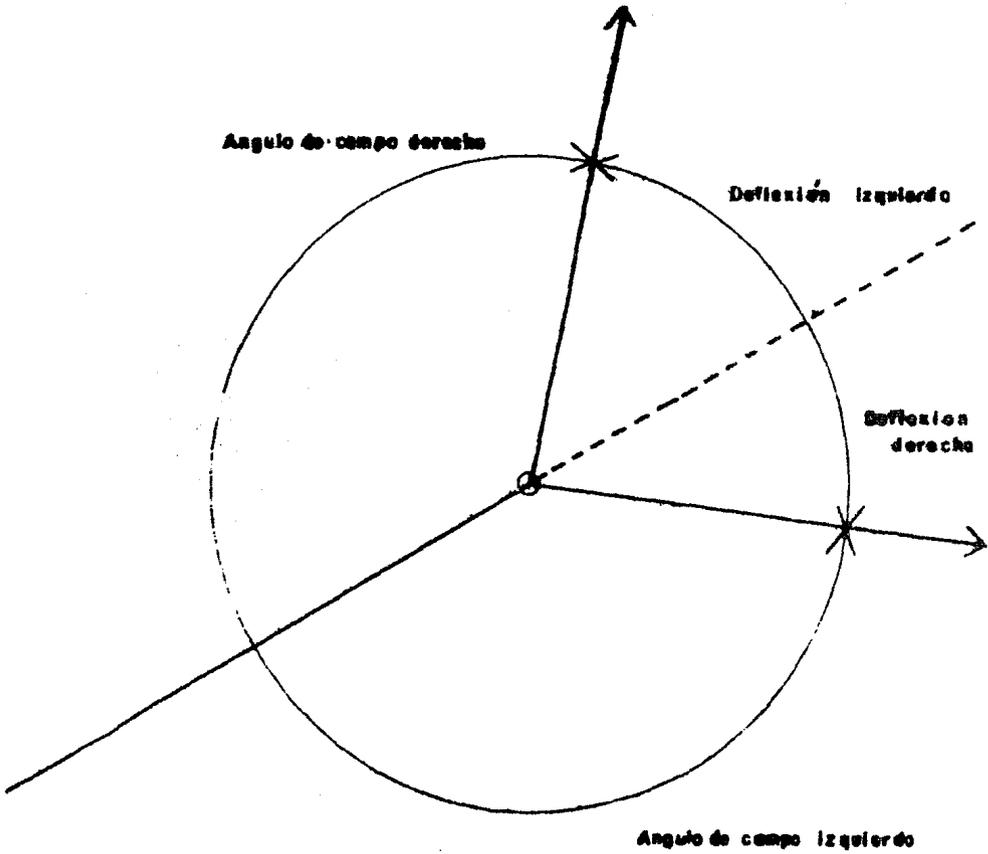
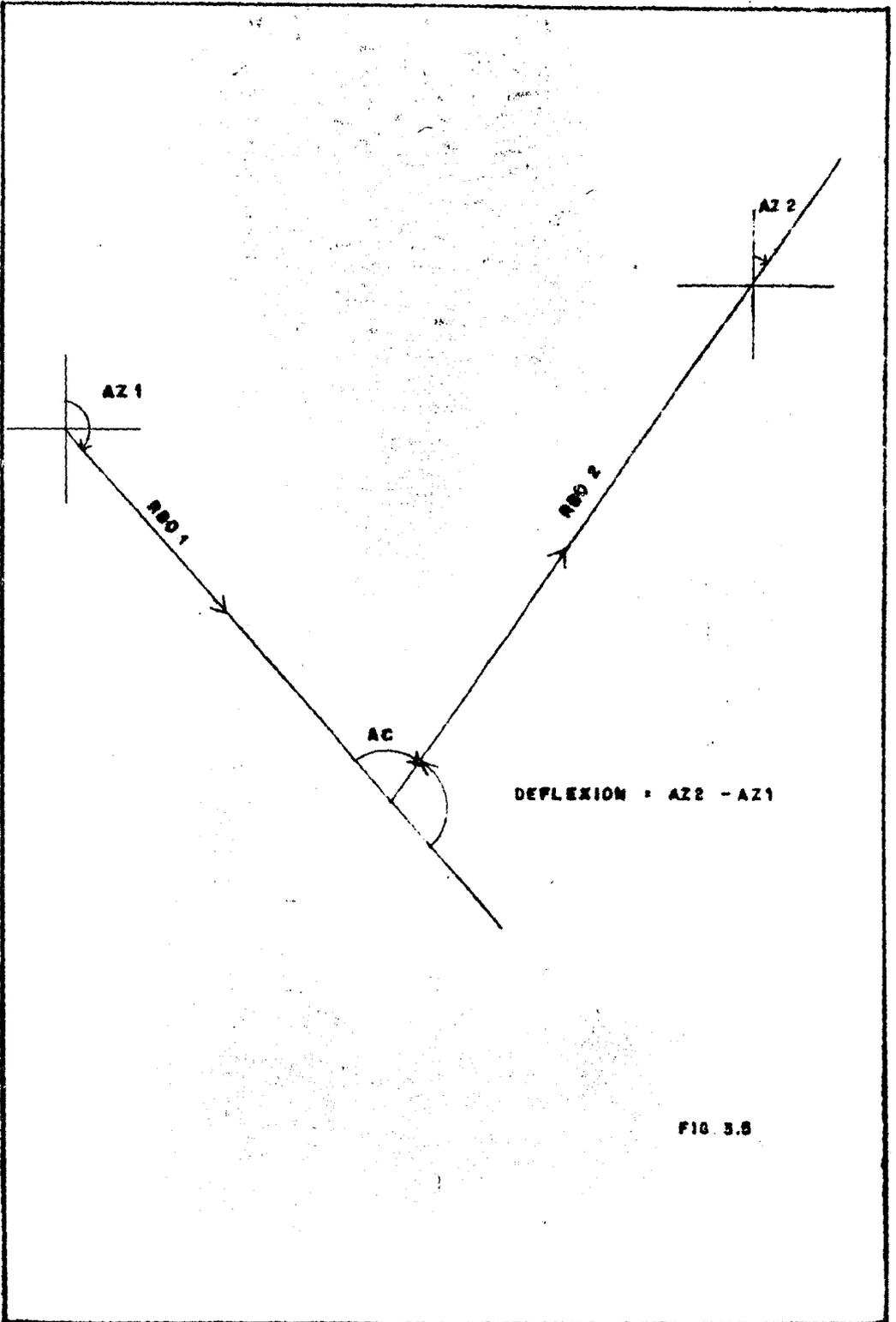


FIG. 3.4



DEFLEXION Y ANGULO DE CAMPO (DAC)

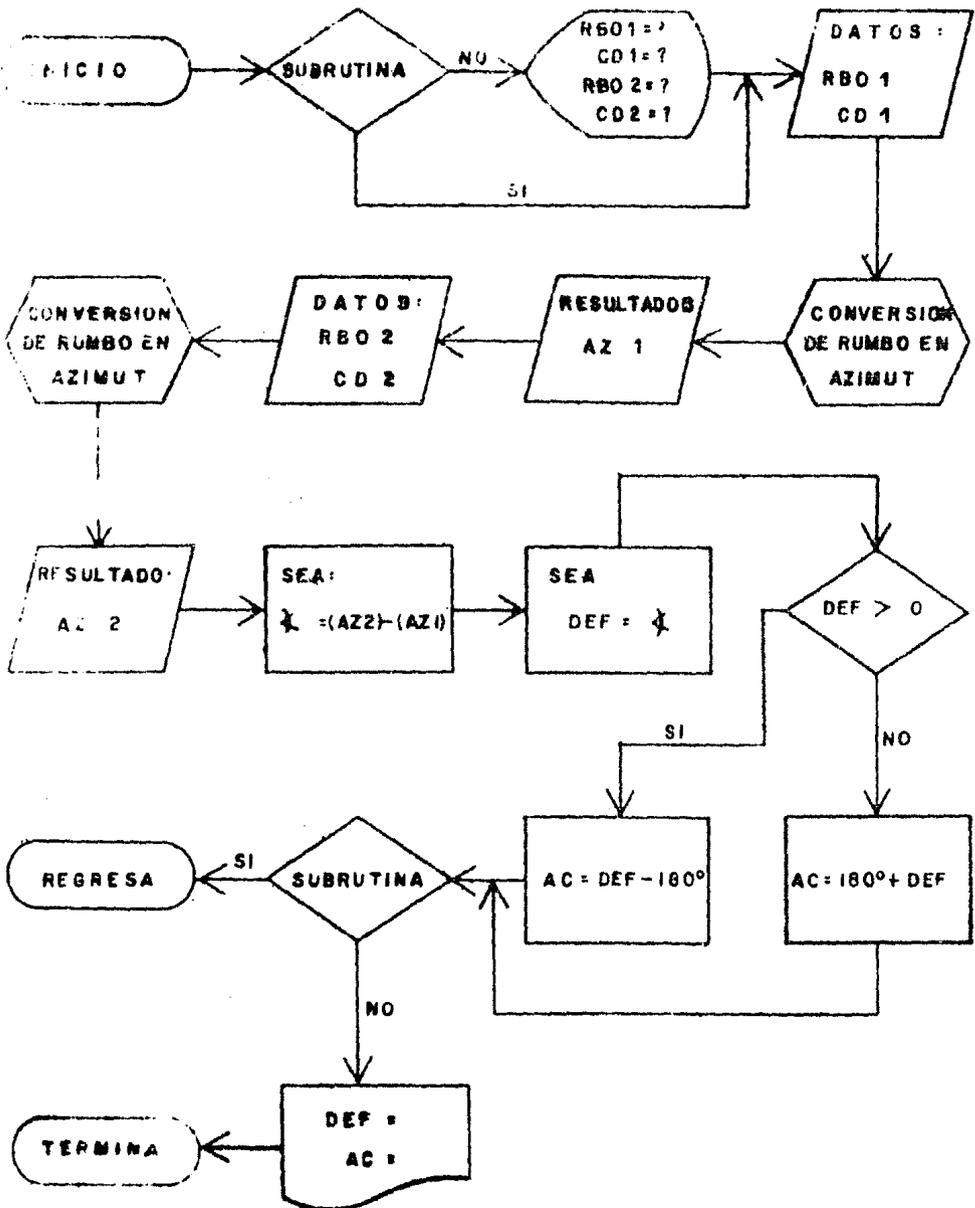


FIG. 3.6

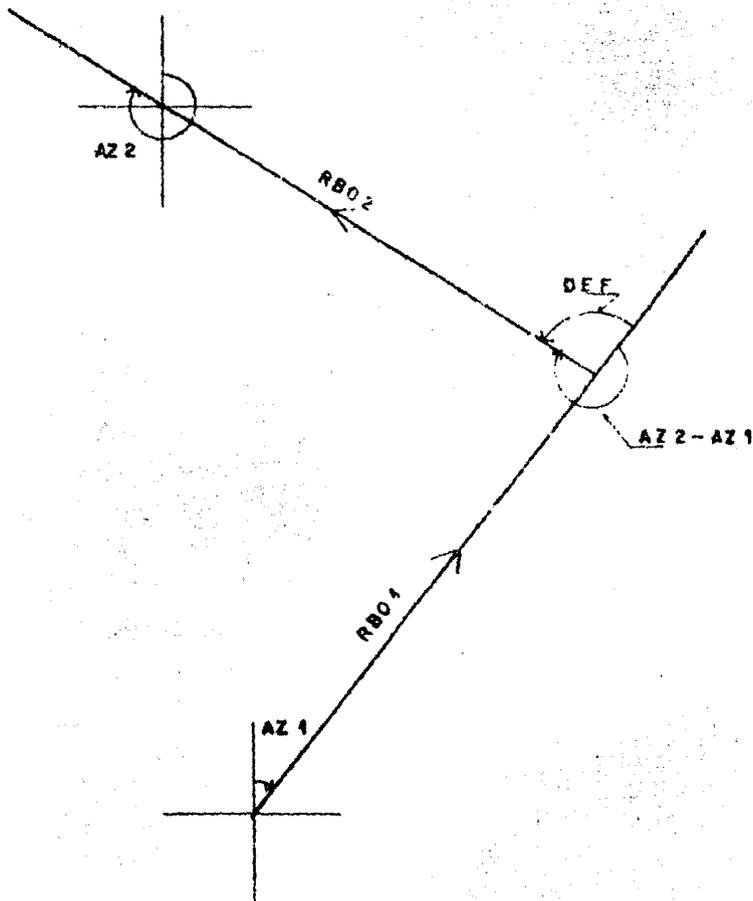


FIG. 37

Cuando la resta de azimuts resulte negativa, la deflexión será Deflexión = $360^\circ + \text{Resta de Azimuts}$.

En la figura 3.8 se muestra el diagrama de flujo considerando el caso general. Este se formó agrupando al diagrama de la fig. 3.6 el segundo caso, cuando la resta de azimuts es mayor de 180° .

2a.- Conversión de rumbo en azimut.

En la solución de este tipo de problemas, se debe considerar al cuadrante en el cual se ubica el rumbo; conocido el cuadrante, el ángulo del rumbo sirve para definir el azimut. En la figura 3.9 se muestran los cuatro cuadrantes; en cada uno de ellos existe una línea definida por su rumbo. Considerando lo anterior y observando la figura 3.7 resulta que:

$$\begin{aligned} \text{Si } CD = \text{NE} & \Rightarrow AZ = \}RBO \\ CD = \text{SE} & \Rightarrow AZ = 180^\circ - \}RBO \\ CD = \text{SW} & \Rightarrow AZ = 180^\circ + \}RBO \\ CD = \text{NW} & \Rightarrow AZ = 360^\circ - \}RBO \end{aligned}$$

En la siguiente ecuación ¹ se han resumido los cuatro casos que se presentan en este problema:

$$AZ = 180 \left(\text{ENT } \frac{CD}{2} \right) - (\}RBO) \cos (180^\circ CD) \quad \dots (5)$$

¹ HEWLETT - PACKARD .- Manual del módulo de topografía.

**CALCULO DE LA DEFLEXION Y EL ANGULO DE CAMPO
ENTRE DOS RUMBOS
(DAC)**

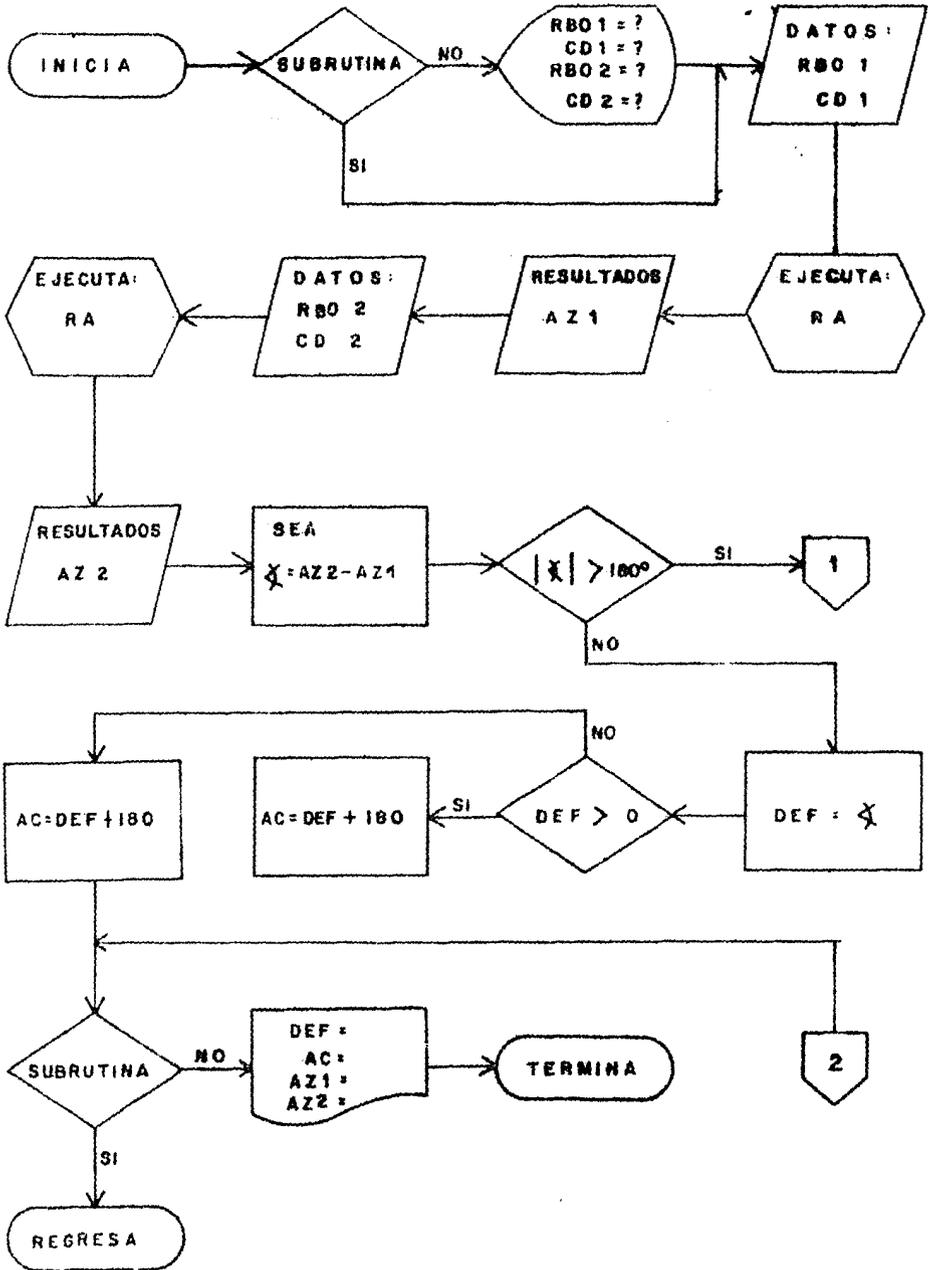
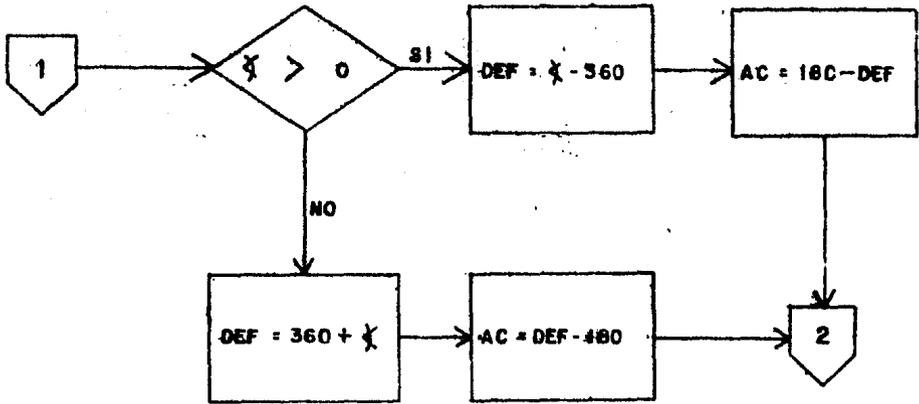


FIG. 3.8



CONTINUACION DE LA FIG. 3.8

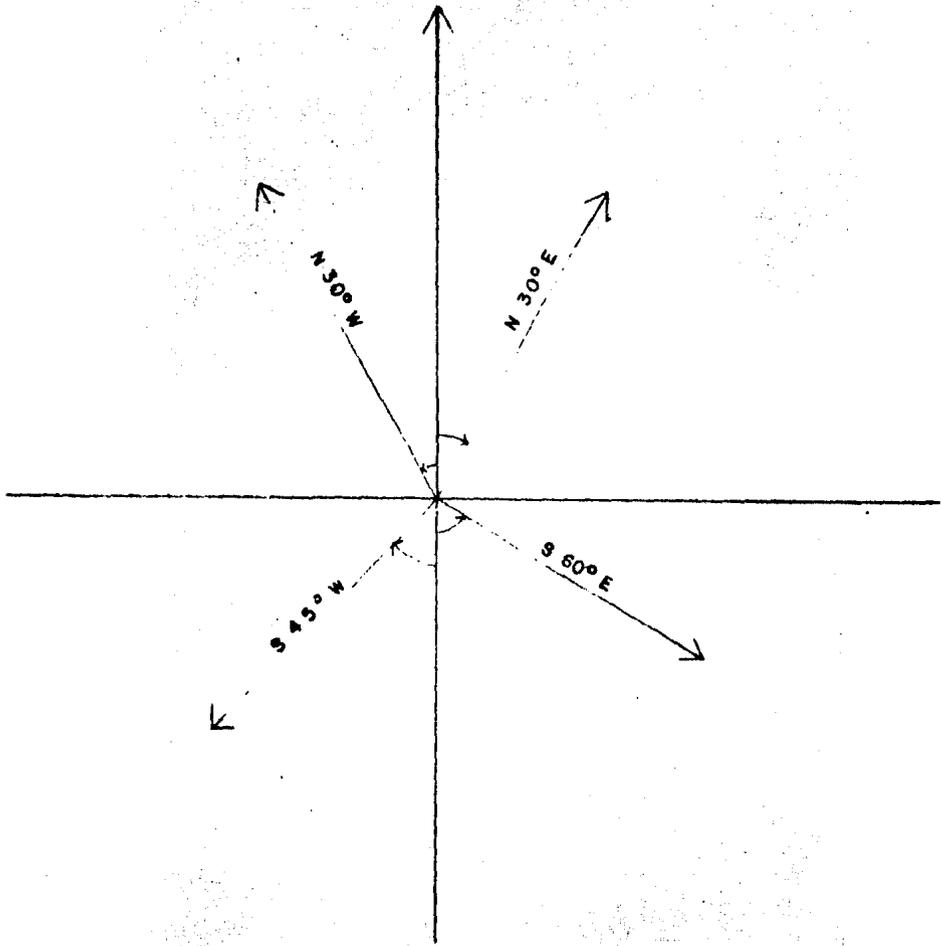


FIG. 3.9

DIAGRAMA DE FLUJO DEL CASO ELEMENTAL 2o.

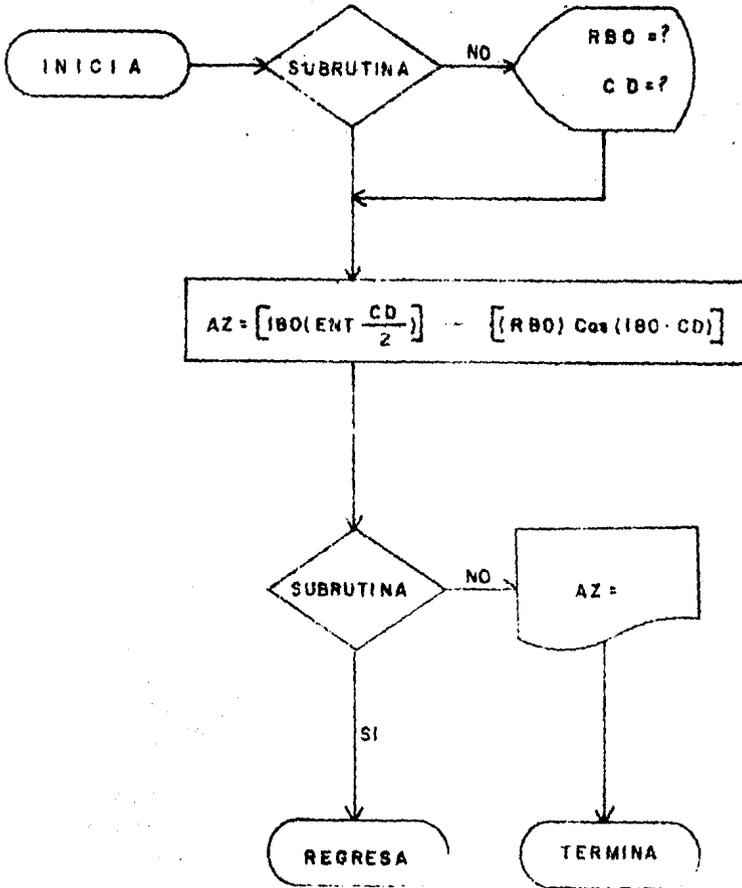


FIG. 3.10

Los términos de la ecuación (5) son:

ENT = parte entera

CD = cuadrante del rumbo

} RBO = ángulo del rumbo, en forma decimal

AZ = azimut, en forma decimal.

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de flujo que resuelve el caso -- elemental 2a.

3.- Cálculo de los elementos de una curva circular simple.

Realmente la solución de este caso elemental es el desarrollo ordenado de las ecuaciones involucradas. El diagrama de flujo se muestra en la figura 3.11.

4.- Cálculo de las coordenadas de un punto.

Sea la recta definida por su rumbo RB01 y las coordenadas (N1, E1) del punto P1 perteneciente a ella (ver fig 3.12). Dado el ángulo de deflexión ó el de campo y la distancia al punto P2, determinar el rumbo -- RB02 de la línea l y las coordenadas del punto P2.

Para determinar el rumbo RB02, lo más práctico es convertir el rumbo RB1 en azimut AZ1, sumar el ángulo de deflexión para obtener el nuevo azimut AZ2 y convertir finalmente éste en el nuevo rumbo RB02.

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE
 A PARTIR DEL RADIO (R) ANGULO DE DEFLEXION (Δ),
 Y LA ESTACION DEL PC

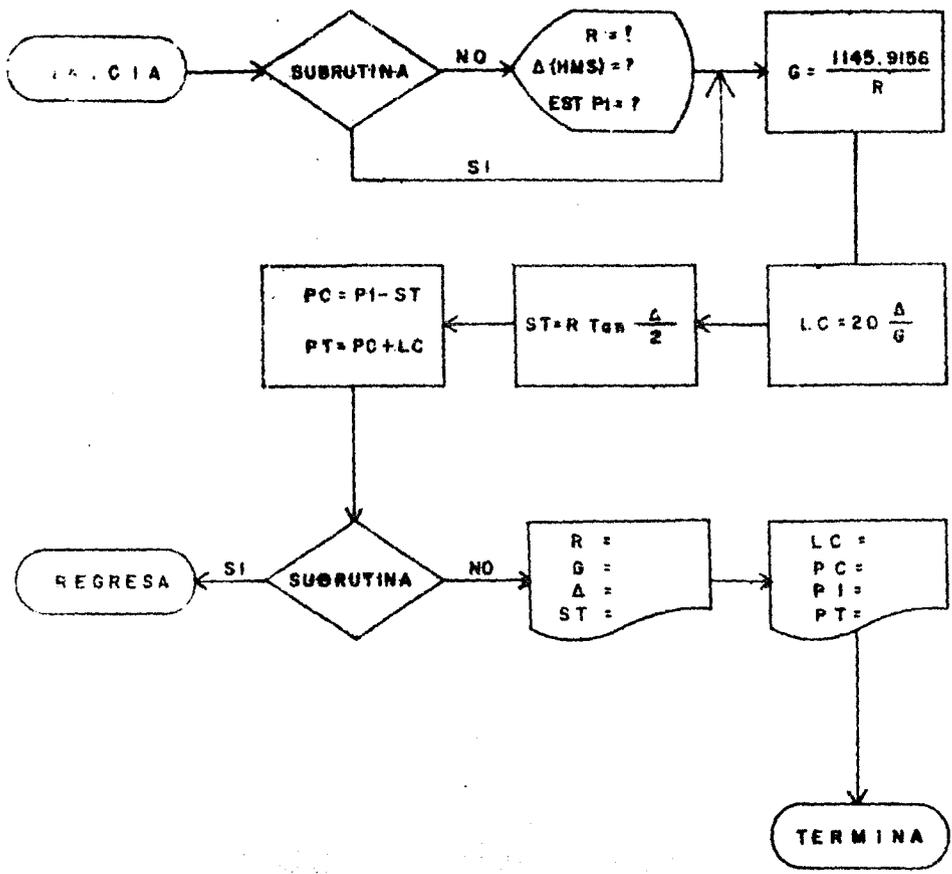


FIG. 3.11

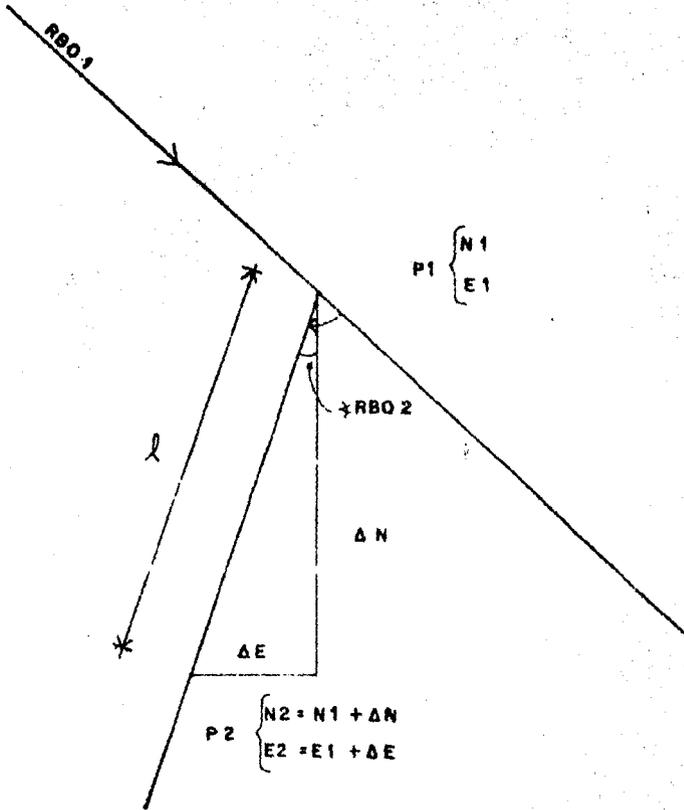


FIG. 3.12

La conversión de rumbo en azimut está resuelta en el caso elemental 2a. La conversión inversa, de azimut en rumbo, se muestra enseguida y se le denomina caso 4a:

4a.- Conversión de azimut en rumbo.

Para efectuar la conversión de azimut en rumbo, basta con relacionar el valor del azimut con los límites que definen a cada cuadrante. Esto se explica mejor mostrando la siguiente tabla y observando la fig 3.9:

$0^\circ \leq \text{azimut} \leq 90^\circ$	\Rightarrow	CD = NE
$360^\circ < \text{azimut} \leq 450^\circ$		\downarrow RBO = Azimut ó Azimut - 360°
$90^\circ < \text{azimut} \leq 180^\circ$	\Rightarrow	CD = SE
		\downarrow RBO = 180° - Azimut
$180^\circ < \text{azimut} \leq 270^\circ$	\Rightarrow	CD = SW
		\downarrow RBO = Azimut - 180°
$270^\circ < \text{azimut} \leq 360^\circ$	\Rightarrow	CD = NW
		\downarrow RBO = 360° - Azimut

Las siguientes ecuaciones ² proporcionan los valores correctos de acuerdo a la tabla anterior:

$$\downarrow \text{RBO} = |\text{sen}^{-1}(\text{sen AZ})|$$

$$\text{CD} = \text{ENT} \left(\frac{\text{AZ}}{90^\circ} + 1 \right)$$

2 HEWLETT - PACKARD .- Manual del módulo de topografía.

El diagrama de flujo de este caso se muestra en la figura 3.13.

Para calcular, finalmente, las coordenadas del punto P2 se observa en la figura 3.12 que el problema se reduce a calcular los valores ΔE y ΔN los cuales sumados a las coordenadas N_1 y E_1 respectivamente, dan como resultado las coordenadas del punto P2.

Se pueden presentar cuatro casos, según se puede observar en la figura 3.14: en esta figura se considera al punto P con coordenadas conocidas, en el origen del sistema coordenado y según el cuadrante en que se encuentre el punto P2, se restan o suman los parámetros ΔE y ΔN , también se observa de la figura que, dada la definición de rumbo, los parámetros ΔE y ΔN en todos los cuadrantes tienen el mismo valor y son iguales a:

$$\Delta N = l \cos (\theta \text{ RBO })$$

$$\Delta E = l \text{ sen } (\theta \text{ RBO })$$

En la figura 3.15 se muestra el diagrama de flujo llamado "coordenadas" en el cual se muestra el proceso de cálculo de lo expuesto anteriormente, y que se identificará como caso 4b.

Finalmente, al reunir el diagrama anterior y el caso 4a, se resuelve el caso cuatro y su diagrama correspondiente se muestra en la figura 3.16.

CONVERSION DE AZIMUT A RUMBO Y CUADRANTE
: (AR)

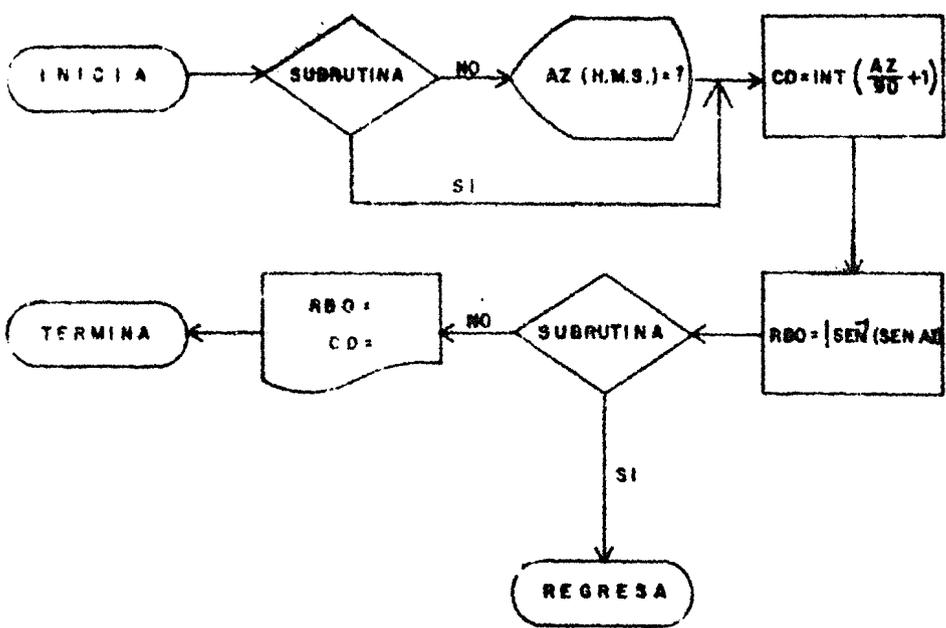


FIG. 3.13

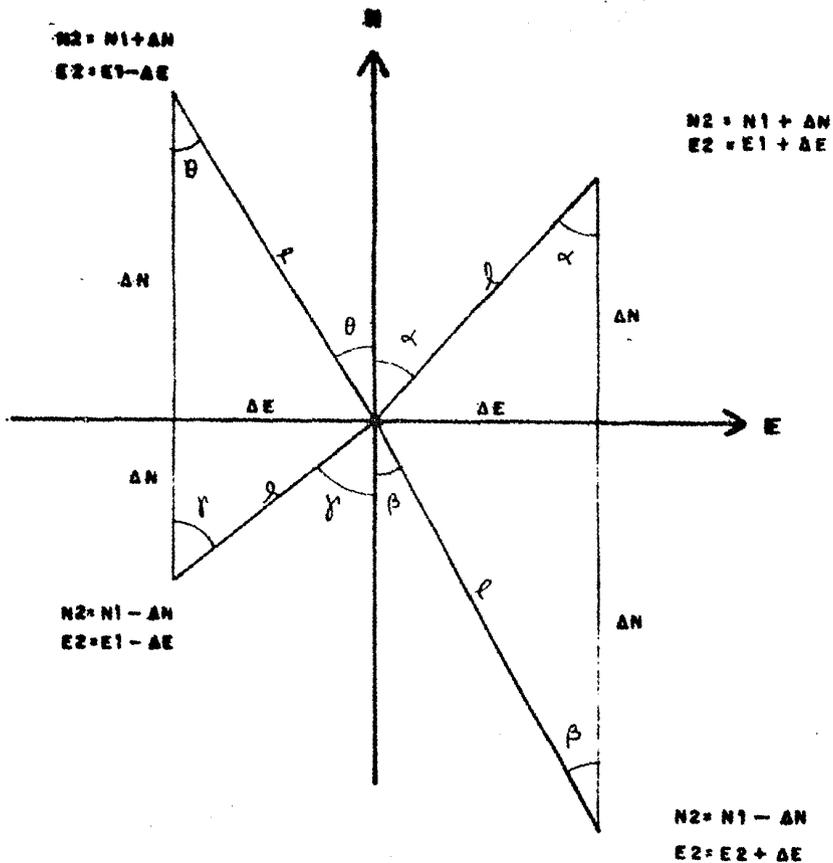


FIG. 3.14

SUBROUTINA DE COORDENADAS
(COOS)

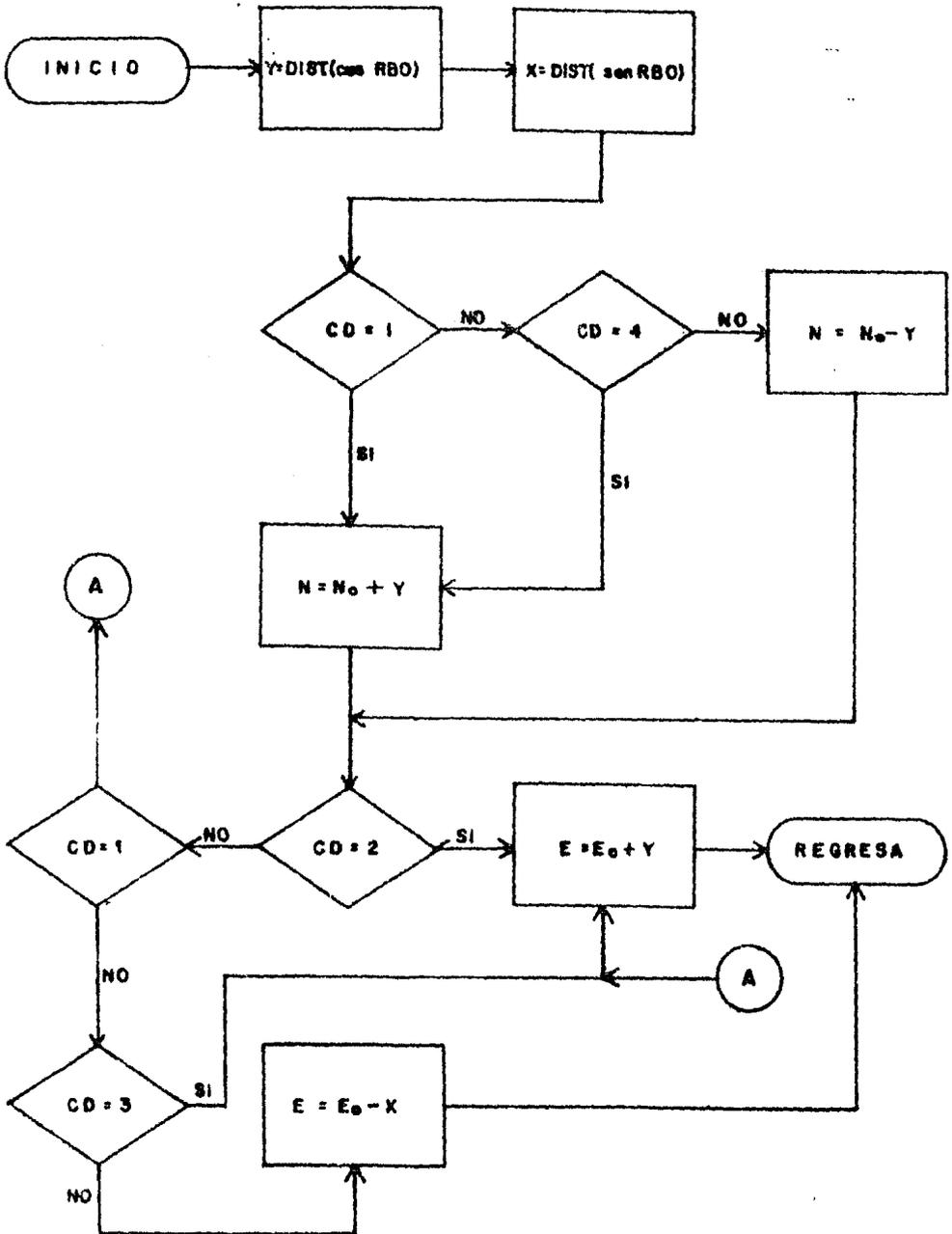


FIG. 3.15

CALCULO DE COORDENADAS

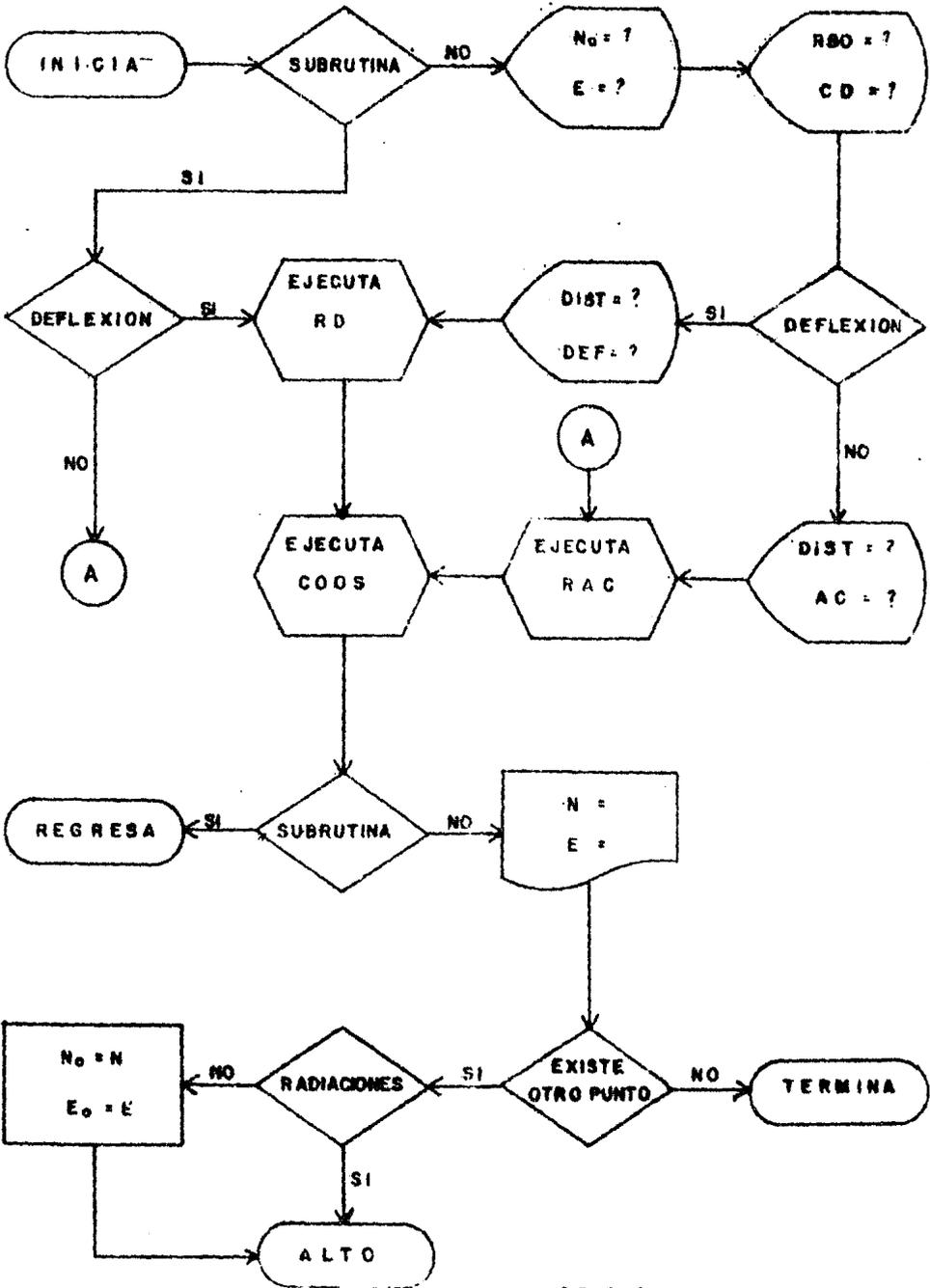


FIG. 3-16

5.- Solución de triángulos.

El caso general de la solución de triángulos es el del oblicuángulo ya que el rectángulo es un caso particular de este.

De acuerdo a la trigonometría, las leyes que se utilizan para la solución de este tipo de problemas son las de los senos, las tangentes y las tangentes de los semiángulos.

En la figura 3.17 se muestra la notación que se utiliza en el presente trabajo. A continuación se enuncian las leyes trigonométricas de acuerdo a la mencionada figura.

Ley de los senos.

$$\frac{S_1}{\text{sen } A_2} = \frac{S_2}{\text{sen } A_3} = \frac{S_3}{\text{sen } A_1}$$

Ley de las tangentes de los semiángulos.

$$\text{Tan } \frac{A_1}{2} = \frac{r}{S - S_3} ; \text{Tan } \frac{A_2}{2} = \frac{r}{S - S_1} ; \text{Tan } \frac{A_3}{2} = \frac{r}{S - S_2}$$

donde

$$2S = S_1 + S_2 + S_3$$

1 F. Zubieta R. "Geometría razonada y trigonometría"

Edic. Porrúa. México D. F. 1987.

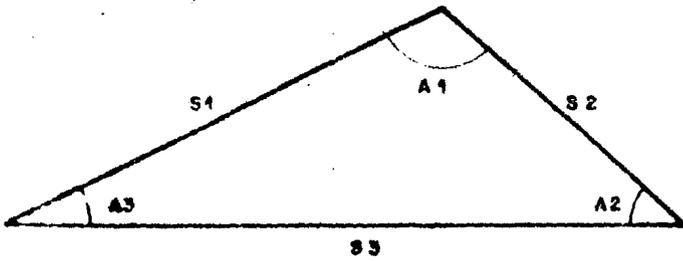


FIG. 3.17

$$r = \frac{(S - S_1)(S - S_2)(S - S_3)}{S}$$

Ley de las tangentes.

$$\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{\tan \frac{1}{2} (A_2 - A_3)}{\tan \frac{1}{2} (A_2 + A_3)}$$

Se presentan cinco casos en la solución del triángulo oblicuángulo, dependiendo de las variables conocidas. A continuación se presenta la solución para cada caso:

CASO I Todos los lados conocidos.

Datos: S_1, S_2, S

Incógnitas: A_1, A_2, A_3

$$2S = S_1 + S_2 + A_1$$

$$r = \frac{(S - S_1)(S - S_2)(S - S_3)}{S}$$

$$A_1 = 2 \tan^{-1} \frac{r}{S - S_3}$$

$$A_2 = 2 \tan^{-1} \frac{r}{S - S_1}$$

$$A_3 = 2 \tan^{-1} \frac{r}{S - S_2}$$

CASO II.- Conocidos dos ángulos y el lado incluido.

Datos: A_2, A_1, S_1

Incógnitas: A_3, S_2, S_3

$$A_3 = 180^\circ - (A_1 + A_2)$$

$$S_2 = S_1 \frac{\text{Sen } A_3}{\text{Sen } A_2}$$

$$S_3 = S_2 \frac{\text{Sen } A_1}{\text{Sen } A_3}$$

CASO III.- Dos ángulos conocidos y el lado adyacente.

Datos: A_1, A_2, S_1

Incógnitas: A_3, S_2, S_3

$$A_3 = 180^\circ - (A_2 + A_1)$$

$$S_2 = S_1 \frac{\text{Sen } A_3}{\text{Sen } A_2}$$

$$S_3 = S_2 \frac{\text{Sen } A_1}{\text{Sen } A_3}$$

CASO IV.- Conocidos dos lados y el ángulo adyacente.

Datos: S_1, S_2, A_2

Incógnitas: S_3, A_3, A_1

$$\frac{S_1}{\text{Sen } A_2} = \frac{S_2}{\text{Sen } A_3} = A_3 = \text{Sen}^{-1} \frac{S_2}{S_1} \text{ Sen } A_2$$

$$A_1 = 180^\circ - (A_2 + A_3)$$

$$S_3 = S_2 \frac{\text{Sen } A_1}{\text{Sen } A_3}$$

CASO V.- Conocidos dos lados y el ángulo incluido.

Datos: S_1, S_2, A_1

Incógnitas: A_2, A_3, S_3

$$A_2 + A_3 = 180^\circ - A_1 \quad \dots(1)$$

De la ley de las tangentes se despeja $A_2 - A_3$:

$$\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{\text{Tan } \frac{1}{2} (A_2 - A_3)}{\text{Tan } \frac{1}{2} (A_2 + A_3)}$$

$$\text{Tan } \frac{1}{2} (A_2 - A_3) = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \text{Tan } \frac{1}{2} (A_2 + A_3)$$

$$A_2 - A_3 = 2 \text{Tan}^{-1} \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \text{tan } \frac{1}{2} (A_2 + A_3) \quad \dots(2)$$

Sumando (1) y (2):

$$A_2 = 2 \text{Tan}^{-1} \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \text{tan } \frac{1}{2} (180^\circ - A_1)$$

$$A_3 = 180^\circ - (A_1 + A_2)$$

$$S_3 = S_2 \frac{\text{Sen } A_1}{\text{Sen } A_3}$$

Establecidas las ecuaciones que en cada uno de los casos se utiliza, el diagrama de flujo correspondiente se presenta en la fig. 3.18 .

6.- Intersección de dos rectas conocidos el rumbo y una coordenada - de cada una de ellas.

Sean dos rectas definidas cada una por su rumbo y una coordenada tal como se muestra en la figura 3.19. El punto P3 es la intersección de las -- dos rectas. Para que éste problema se aplique directamente a los problemas de entronques, es necesario conocer la deflexión entre las tangentes, las -- distancias entre los puntos conocidos (P1 y P2) y el punto de intersección - (P3); además se debe calcular la estación, con respecto a cada tangente, del punto P3.

En la figura 3.19 se observa que el problema se puede resolver solu- cionando el triángulo oblicuángulo que se forma. Para solucionarlo primera- mente se calcula la distancia y el rumbo entre los puntos uno y dos. Des- -- pués, por medio del programa "Deflexión y Angulo de Campo" se calculan los -- ángulos A2 y A3 y al mismo tiempo se obtiene el valor de la deflexión entre las dos rectas conocidas.

Las coordenadas del punto tres se calculan por medio del punto uno, - ya que, por trigonometría, los incrementos algebraicos de las proyecciones - N y E están dados, respectivamente, por el producto del coseno y seno del -- azimut de la recta uno multiplicado por la distancia S3.

SOLUCION DE TRIANGULOS (TR)

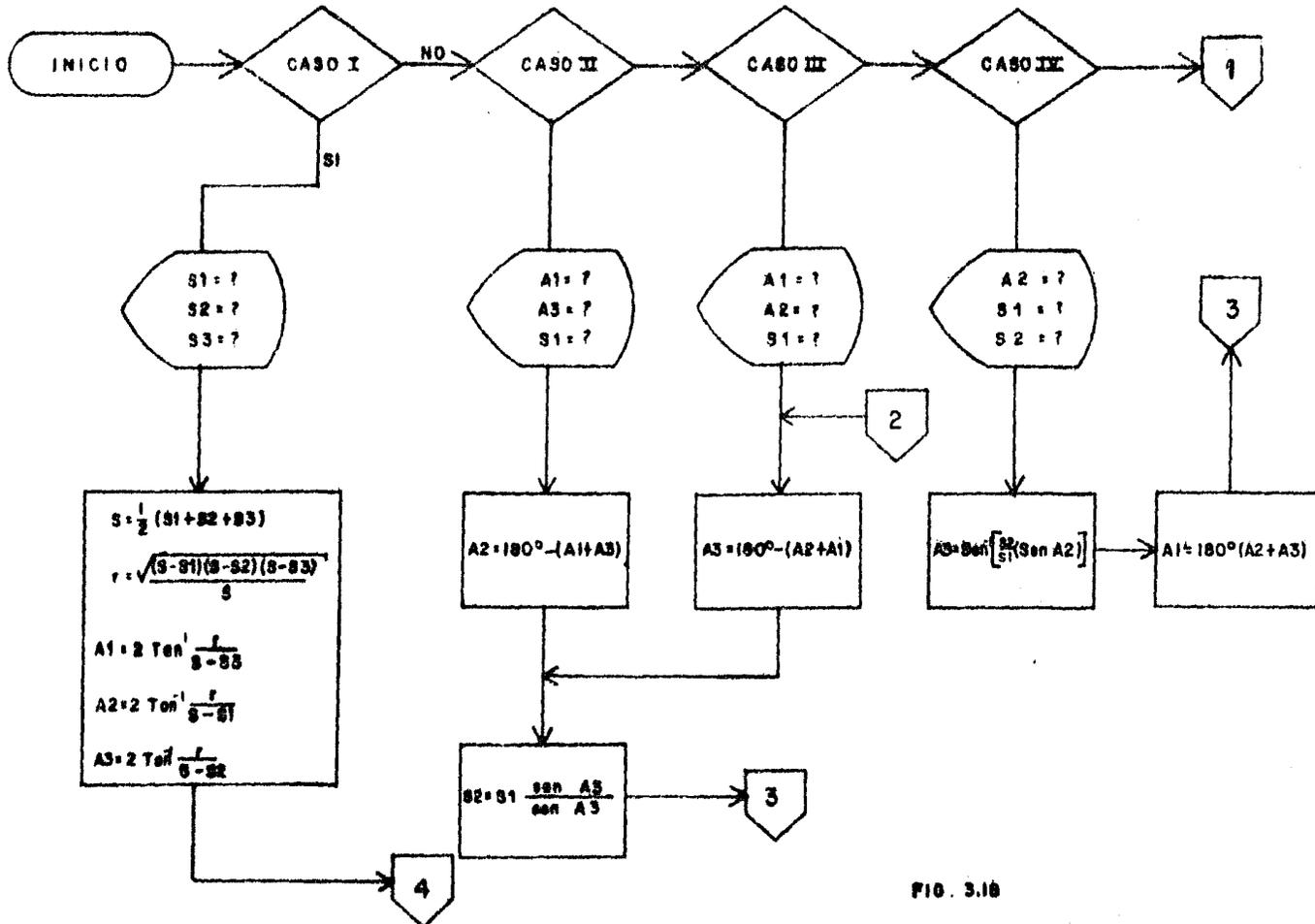
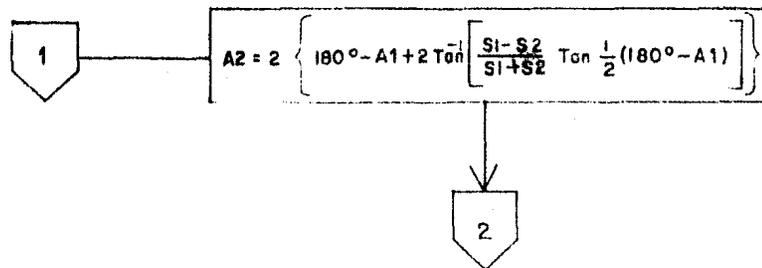
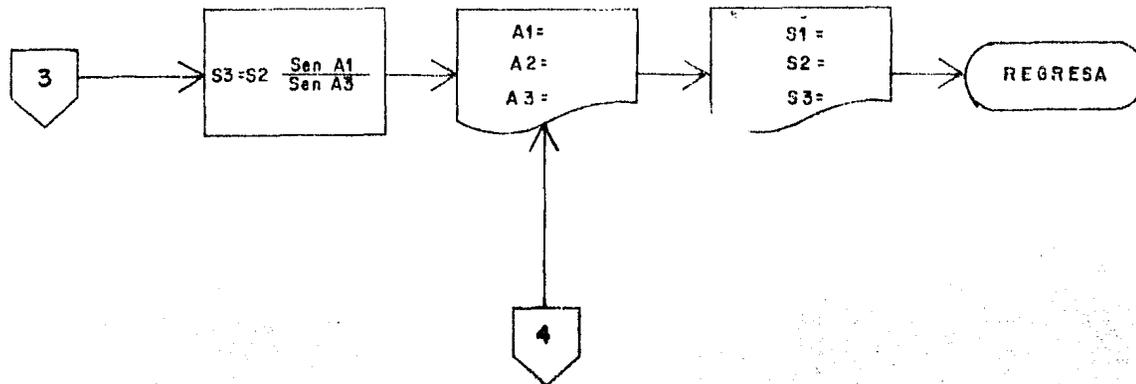


FIG. 3.10



CONTINUACION DE LA FIG. 3.18

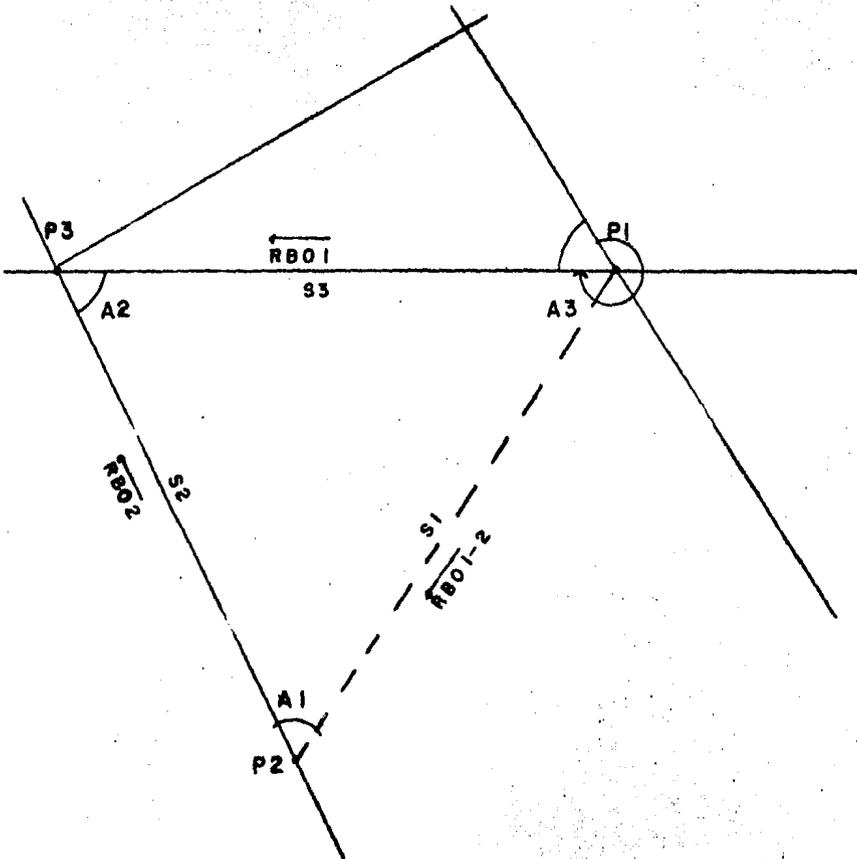


FIG. 3.19

Finalmente se calcula la estación del punto P3. Se pueden presentar dos casos, según el cadenamiento coincida ó no con el sentido del rumbo.

En la fig. 3.21 se muestra el diagrama de flujo que resuelve este caso elemental número seis.

Establecidos los diagramas de flujo que resuelven los casos elementales se puede proceder a resolver los problemas planteados en la solución del cálculo geométrico del entronque resuelto en el capítulo anterior.

Como cada caso elemental se utiliza como una busrrutina, es conveniente identificar a cada uno de ellos con un título de pocas letras, mismos que serán utilizados en los diagramas de flujo posteriores.

Caso elemental	Nombre
1.- Cálculo de la distancia y rumbo entre dos puntos.	DR
2.- Cálculo de la deflexión y ángulo de campo entre dos rumbos.	DAC
2a. Transformación del rumbo en azimut.	RA
3.- Cálculo de los elementos de una curva circular simple.	ECC
4.- Cálculo de las coordenadas de un punto.	COO
4a. Conversión de azimut en rumbo.	AR
4b. Cálculo de coordenadas (caso simple).	COOS
5.- Solución de triángulos.	TR
6.- Cálculo de la intersección de dos rectas.	INT

CALCULO DE LA INTERSECCION DE DOS RECTAS A PARTIR
DE DOS PUNTOS Y DOS RUMBOS

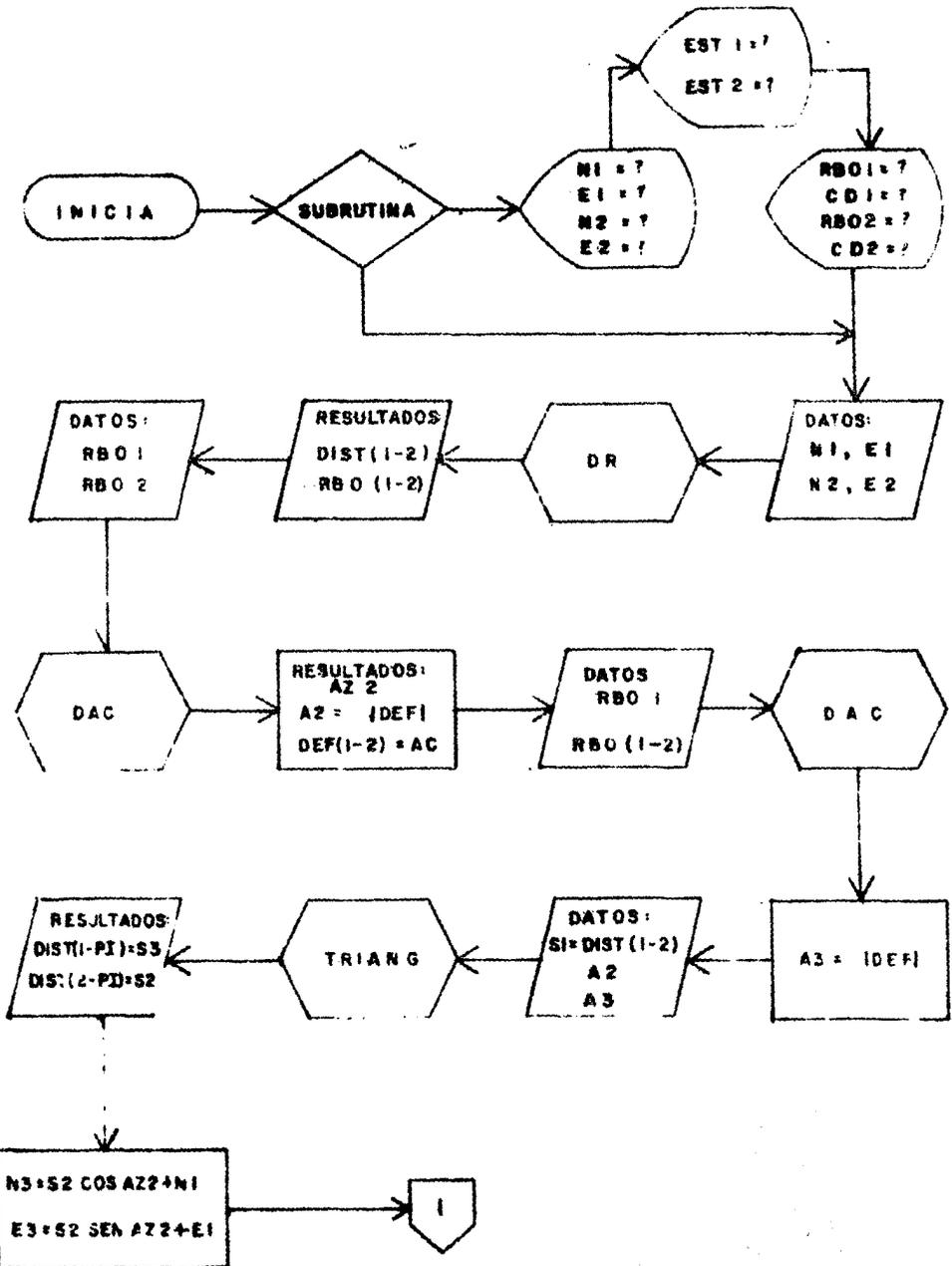
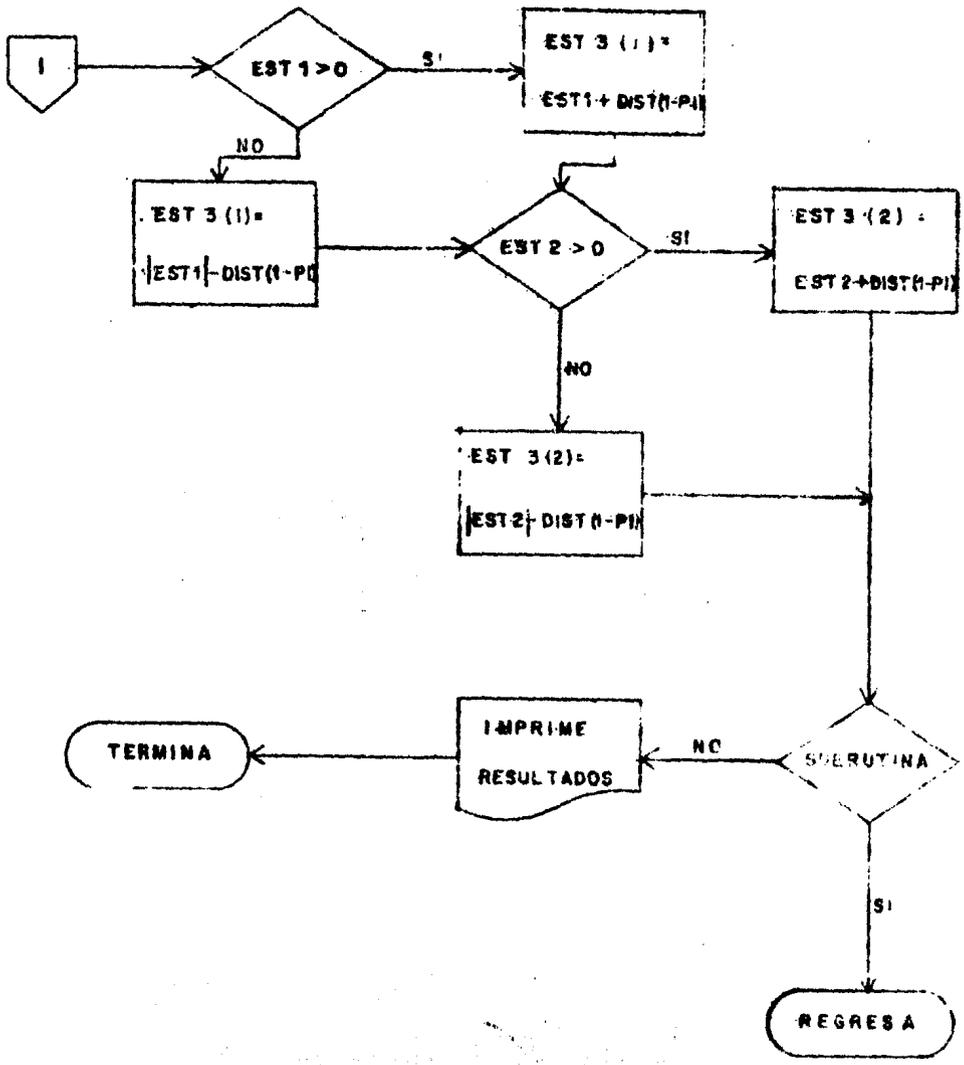


FIG. 321



CONTINUACION FIG. 3.21

A continuación se presentan los diagramas de flujo que resuelven -- cada problema planteado en el capítulo anterior, para resolver el cálculo - geométrico del entronque.

Solución del eje C.:

En la fig. 3.1 se muestra el croquis de éste eje. En el inicio de este capítulo se tomó al eje C. como ejemplo para mostrar la solución utilizando los casos elementales (pag. 152). Siguiendo dicho planteamiento, el diagrama que resulta se indica en la fig. 3.22 .

Solución de los ejes D y E.

Estos problemas son idénticos en su solución. Aquí se muestra - - una de las grandes ventajas de la programación, ya que dos problemas finalmente se resuelven utilizando la misma secuencia:

Datos	Caso Elemental Utilizado	Resultado
RB01, P1, EST1 RBO 2, P2	INT	PI, EST PI, Δ
Δ G, EST PI	ECC	Elementos de la curva
RB01, RBO2, PI, ST	COO	Coordenadas del PC y PT

En la figura 3.23 se muestra el diagrama de flujo que soluciona -- estos ejes.

SOLUCION DEL EJE "C"

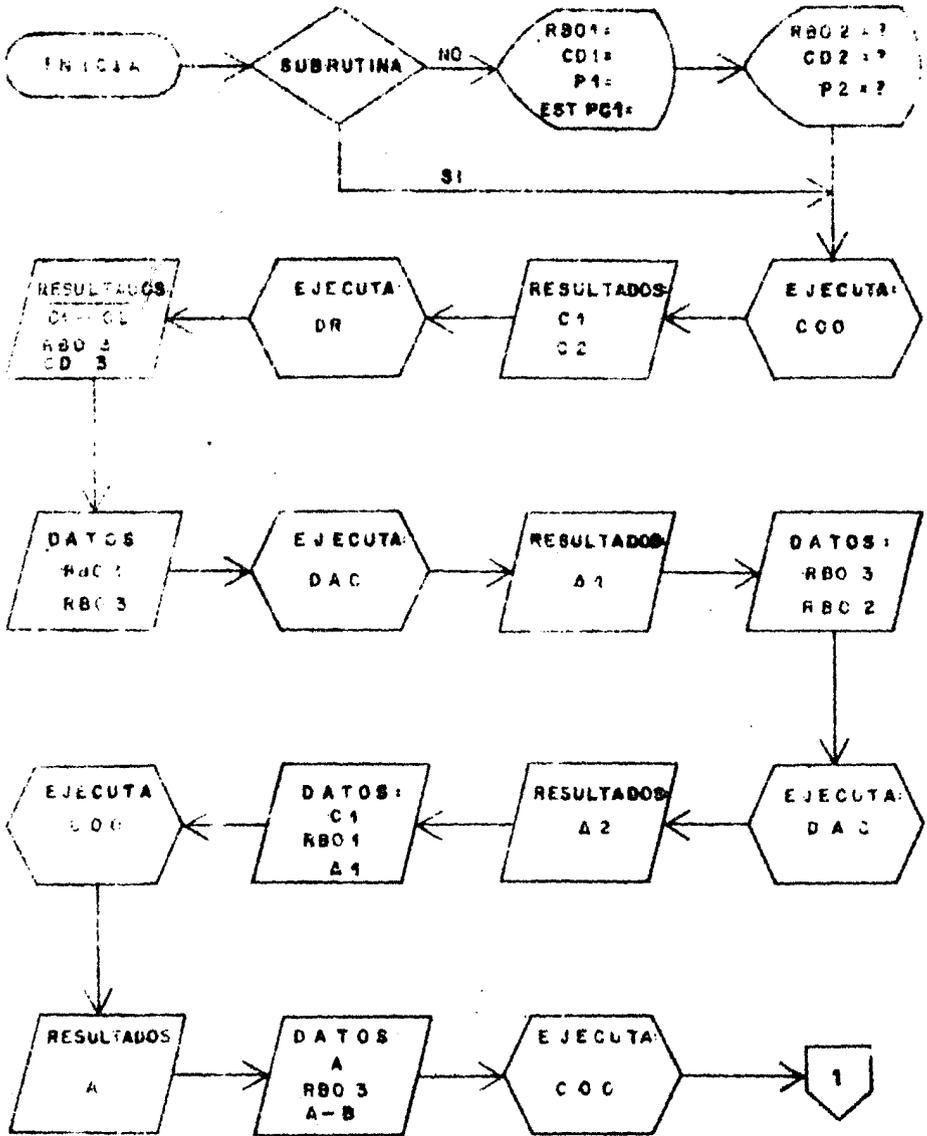
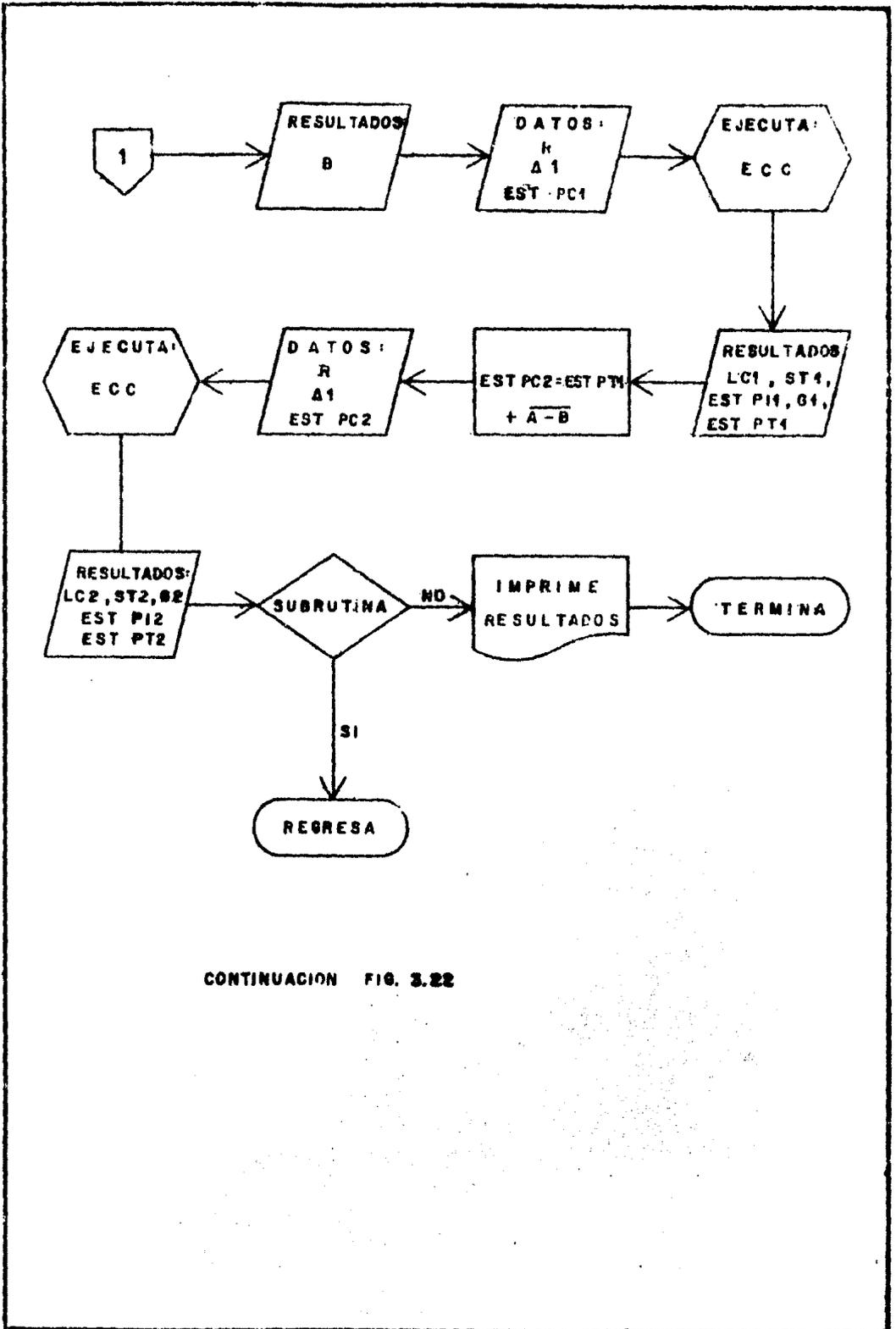


FIG. 5.22



CONTINUACION FIG. 3.22

SOLUCION DE LOS EJE "D" Y "E"

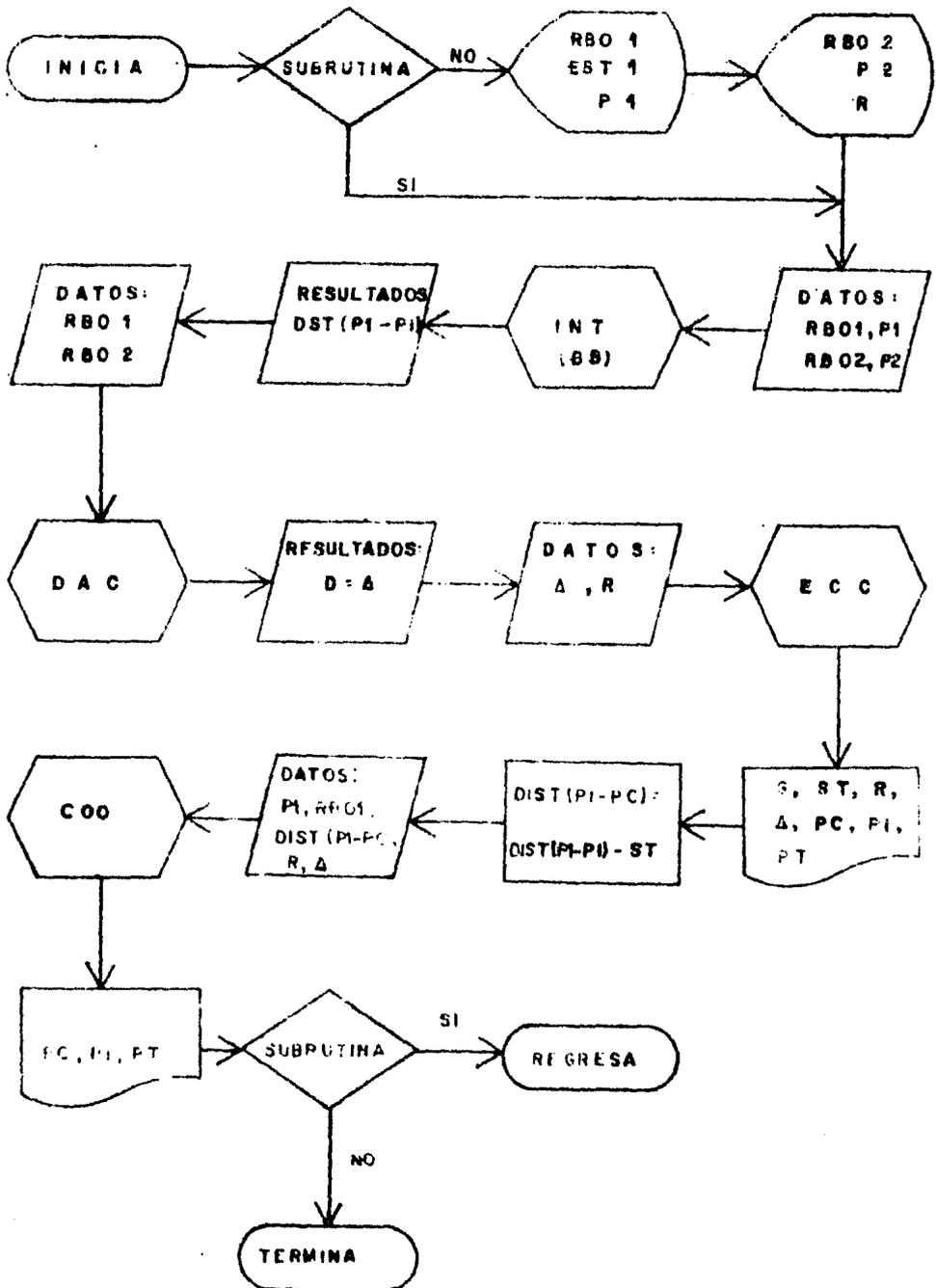


FIG. 3.23

Solución del eje F.

Este eje se soluciona considerando únicamente el cálculo de las coordenadas del centro. Dada la naturaleza del problema, que presenta dos solu_uciones, la elección correcta se debe tomar por el usuario del programa. El diagrama de flujo, fig. 3.24, se reduce a resolver la ecuación cuadrática -- (1) del capítulo anterior. La notación es explicada en el apéndice.

Solución del eje B.

Los problemas que presenta este eje son, para fines de programación los mismos; lo único que varía es la posición de los centros de las curvas, ya que en las dos primeras son contrarios a las segundas. Esta variación está considerada en el diagrama de flujo (fig. 3.26) y se identifica como - "Caso 1" al mostrado en la fig. 3.25. Basándose en la mencionada figura, la solución se desarrolla en la forma siguiente:

P1, RBO1, R	COO	C1, RBO (P1 - C1)
P2, RBO2, R	COO	C2, RBO (P2 - C2)
C1, C2	DR	DIST (C1 - C2) y RBO (C1-C2)
RBO (P1-C1), RBO (C1-C2)	DAC	AC1
RBO (P2 - C2), RBO (C1-C2)	DAC	AC2
RBO (P1 - C1), Δ 1	DR	RBO (P3 - P4)
Δ 1, R	ECC	Elementos de la curva 1
Δ 2, R	ECC	Elementos de la curva 2
P1, ST1, DIST (P3 - P4), ST2	COO	Coordenadas de los puntos PC1, PI1, PT1, PC2, PI2, PT2.

INTERSECCION DE UNA RECTA Y UN CIRCULO
(SOLUCION DEL EJE F)

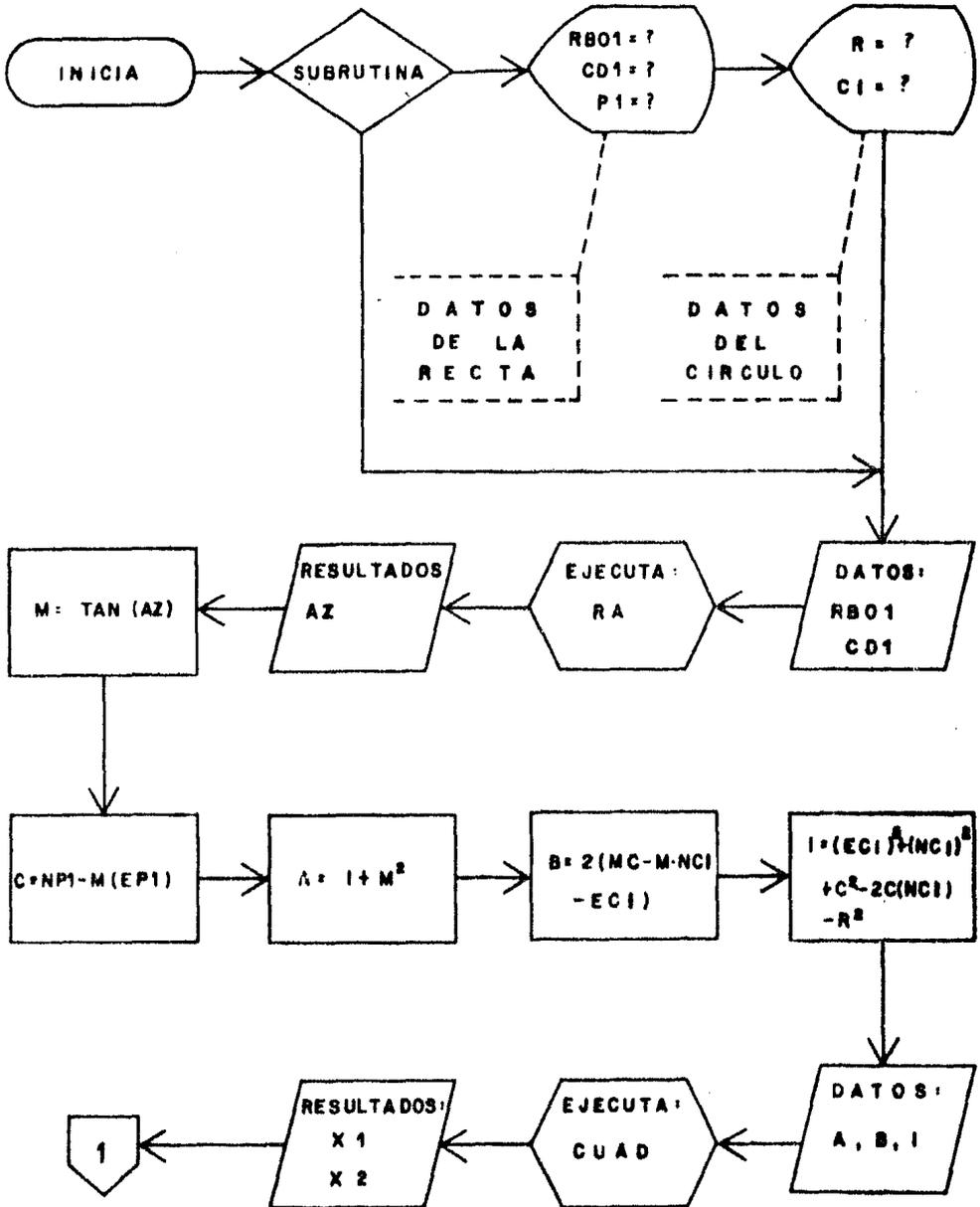
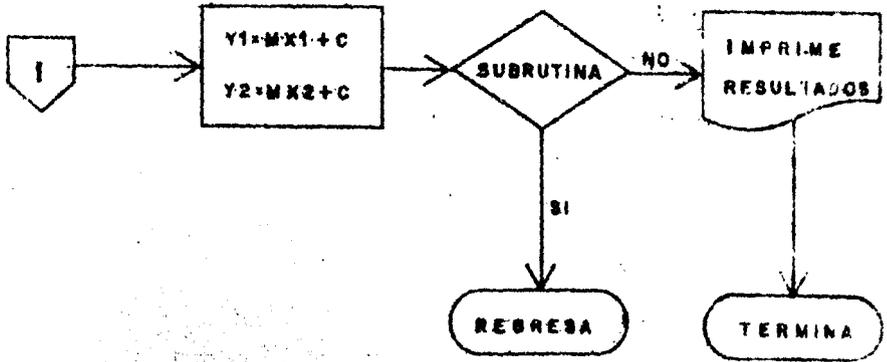
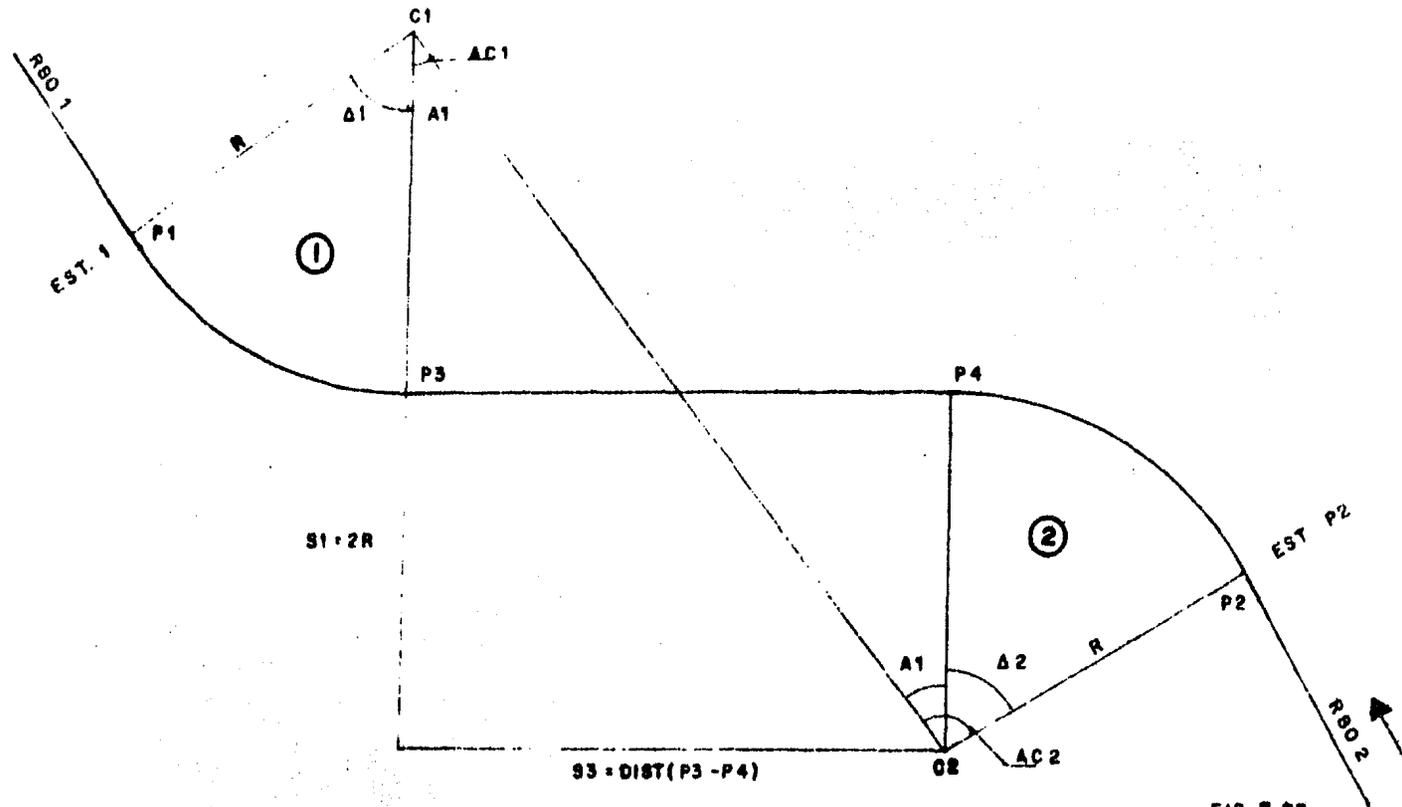


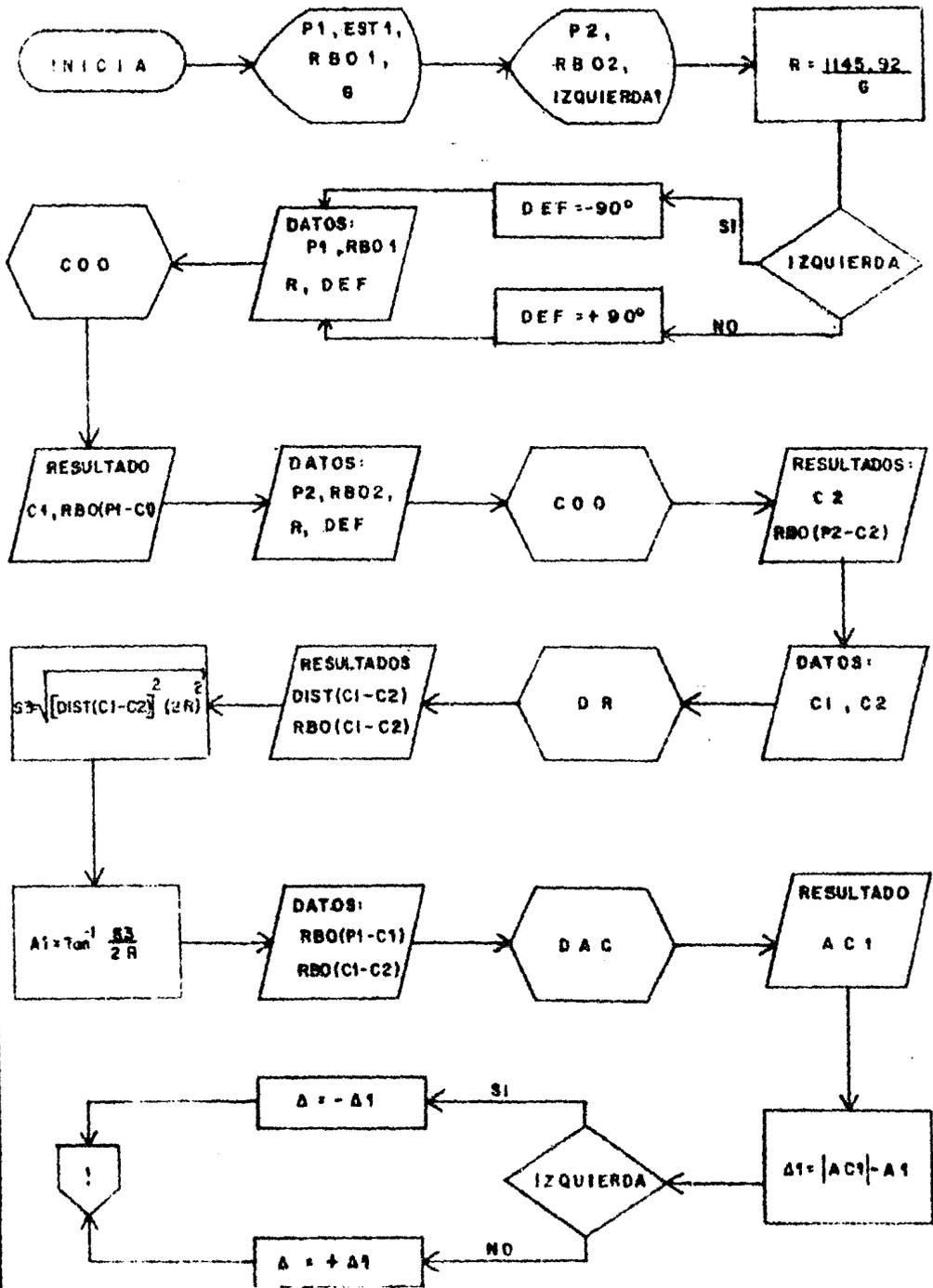
FIG. 3.24



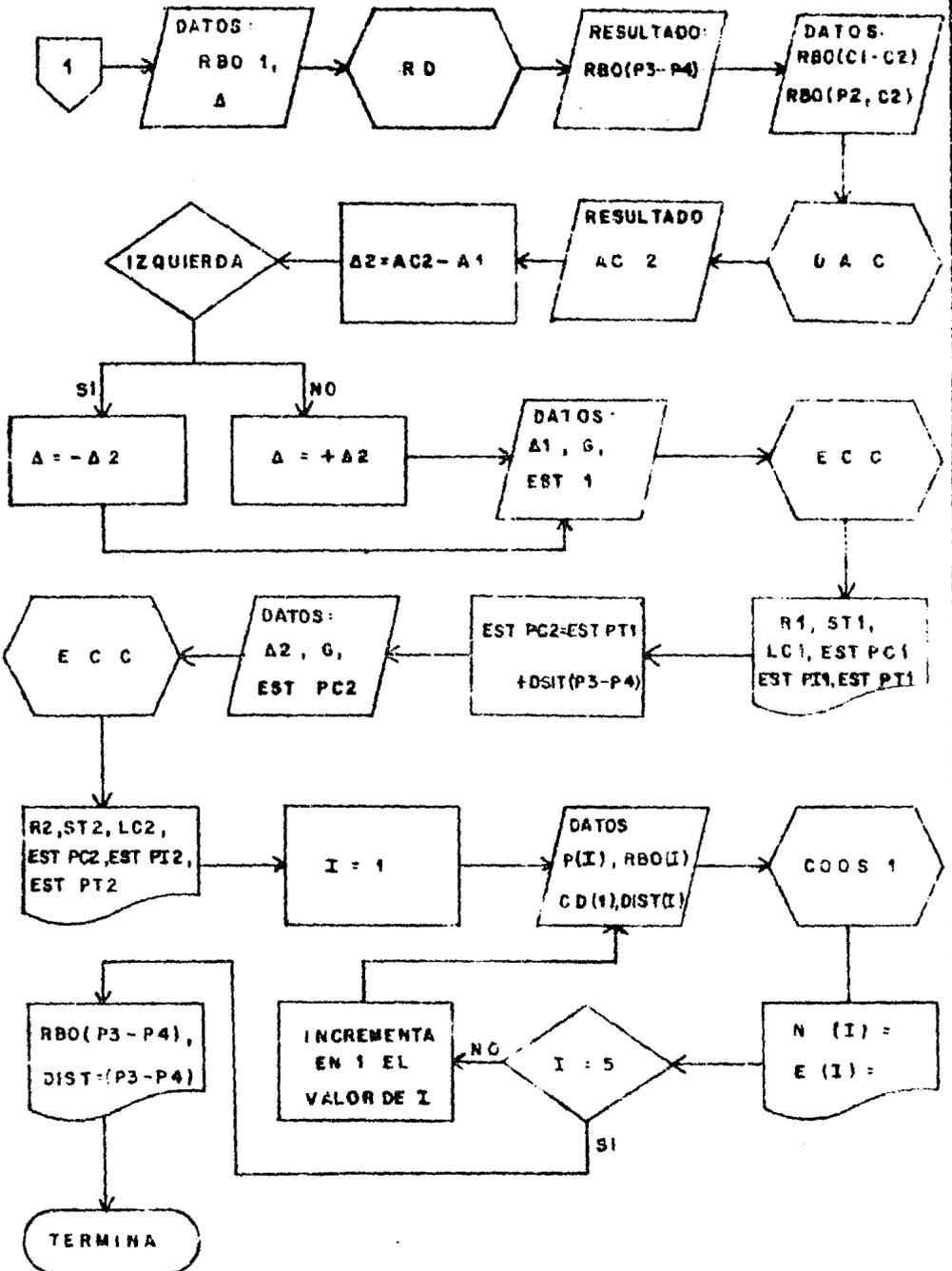
CONTINUACION FIG. 3.24



SOLUCION DEL EJE "B"



SOLUCION DEL EJE "B"



CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegaron después de haber realizado el presente trabajo fueron las siguientes:

1.- La solución del problema se simplifica.

Al estar programado el algoritmo, se visualiza mejor el proceso y solamente se requiere cuidar que los datos sean correctos e interpretar con criterio los resultados. Como el proceso de cálculo está probado, --- existe seguridad en los resultados.

2.- El tiempo de cálculo se reduce.

Como el tiempo que utiliza la calculadora para realizar las operaciones es muy pequeño, los resultados se obtienen en fracciones de segundo; en esta forma el ahorro de tiempo es considerable, comparado con los métodos convencionales.

3.- Se pueden analizar varias soluciones.

Con la facilidad con que se obtienen los resultados, se pueden estudiar diferentes alternativas ó soluciones de un caso en particular y de esta forma optimizar los resultados.

4.- Los costos se reducen.

Aunque el desembolso inicial para adquirir un equipo completo de calculadora programable es considerable pero menor que un equipo de computación, el ahorro en tiempo que se obtiene al utilizar estos aparatos, - - rápidamente reembolsan los costos de adquisición y, en periodos largos, se economiza en tiempo, lo cual se refleja en los costos totales.

A P E N D I C E

INTERSECCION DE UNA RECTA Y UNA CIRCUNFERENCIA

(1) $y = mx + c$ Ecuación de la recta.

(2) $(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$ Ecuación de una circunferencia.

Substituyendo la ecuación (1) en la ecuación (2)

$$(x - h)^2 + (mx + c - k)^2 = r^2$$

$$x^2 - 2xh + h^2 + m^2 x^2 + k^2 + c^2 + 2mxc - 2mxk - 2ck + r^2$$

$$x^2 + m^2 x^2 + 2mxc - 2mxk - 2xh + h^2 + k^2 + c^2 - 2ck = r^2$$

$$(x^2 + m^2 x^2) + (2mxc - 2mxk - 2xh) + (h^2 + k^2 + c^2 - 2ck - r^2) = 0$$

$$x^2(1 + m^2) + 2x(mc - mk - h) + (h^2 + k^2 + c^2 - 2ck - r^2) = 0$$

$$\text{Si } (h^2 + k^2 + c^2 - 2ck - r^2) = I$$

$$A = (1 + m^2) \dots\dots(3)$$

$$B = 2(mc - mk - h) \dots\dots(4)$$

Tendremos:

$$Ax^2 + Bx + I = 0$$

Al considerar las coordenadas geográficas (N y E) en las ecuaciones anteriores, recuerdese que: y corresponde a N y x a E. .

Se tomará como notación la siguiente:

absisa del punto P1 = EP_1 x

absisa del centro del círculo = EC_1 h

ordenada del punto P1 = NP_1 y

ordenada del centro del círculo = NC_1 k

La ordenada al origen de la ecuación de la recta se expresa como:

$$C = NP_1 - MEP_1 \quad \dots(5)$$

La ecuación (1) se expresa.

$$I = (EC_1)^2 + (NC_1)^2 + c^2 - 2C(NC_1) - R^2$$

La ecuación (2):

$$A = (1 + M^2)$$

Y la ecuación (3):

$$B = 2[MC - M(NC_1) - (EC_1)]$$

Intersección de dos rectas:

Sean dos rectas l_1 y l_2 , definidas cada una por su ecuación normal:

$$y = m_1x + c_1 \quad \dots (1)$$

$$y = m_2x + c_2 \quad \dots (2)$$

igualando las ecuaciones (1) y (2) resulta:

$$m_1x + c_1 = m_2x + c_2$$

y despejando la variable x :

$$x(m_1 - m_2) = c_2 - c_1 \quad = \quad x = \frac{c_2 - c_1}{m_1 - m_2} \quad \dots (3)$$

y sustituyendo la ecuación (3) en la (2):

$$y = m_2 \left(\frac{c_2 - c_1}{m_1 - m_2} \right) + c_2 \quad \dots (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) son los valores del punto de la intersección.

G L O S A R I O

- 1.- Alineamiento horizontal.- Proyección horizontal del eje de un camino.
- 2.- Alineamiento vertical.- Proyección vertical del desarrollo del eje de un camino.
- 3.- Ancho de carpeta.- Distancia horizontal entre las dos (2) orillas de la carpeta, medida normalmente al eje de un camino.
- 4.- Ancho de corona.- Distancia horizontal entre las dos (2) orillas de la corona, medida normalmente al eje de un camino.
- 5.- Ampliación en curvas.- Aumento que se da al ancho de corona y de carpeta en el lado interior de las curvas.
- 6.- Bit.- Es una abreviación de "dígito binario" (BINari digIT), uno de los dos números - 0 y 1 - usados para codificar datos en una computadora.
- 7.- Byte.- Un grupo de ocho bits usados para codificar un sólo número, letra ó símbolo.
- 8.- Bombeo.- Pendiente transversal descendente que se da a la corona ó sub-corona de un tramo en tangente, a partir de su eje y hacia ambos lados.
- 9.- C.E. .- Punto donde termina la curva circular y empieza la curva espiral en el sentido del cadenamamiento.
- 10.- Capacidad de tránsito.- Volumen máximo de tránsito que admite un camino sin congestionarse.
- 11.- Carpeta.- Capa de espesor determinado, construida sobre la base, con materiales pétreos de tamaños especificados y un producto asfáltico, un cemento asfáltico o un cemento hidráulico, que se utiliza como su perficie de rodamiento.

- 12.- **Circuito integrado.**- Es un circuito semiconductor combinando muchos componentes electrónicos en un sólo substracto, normalmente silicón.
- 13.- **Compilador.**- Programa que forma parte del sistema operativo, y que traduce los programas fuente al lenguaje comprensible para la máquina.
- 14.- **Corona.**- Superficie terminada de un camino con pavimento, comprendida entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén ó -- entre las cunetas de un corte.
- 15.- **Cuneta.**- Zanja que se construye en los tramos en corte, a uno ó ambos lados de la corona, contigua a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.
- 16.- **Curva circular compuesta.**- Es aquella que está formada por dos ó más curvas circulares simples del mismo sentido ó sentidos contrarios y de diferentes radios, pero siempre con un punto de tangencia común -- entre ellas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.
- 17.- **Curva circular horizontal.**- Arco de circunferencia en el alineamiento horizontal del eje de un camino.
- 18.- **Curva circular simple.**- Es aquella curva que liga a dos tangentes.
- 19.- **Curva espiral de transición.**- Curva en el alineamiento horizontal del eje de un camino, comprendida entre una tangente y una curva circular y cuyo radio varía progresivamente de mayor a menor, conforme pasa -- de la tangente a la curva circular.
- 20.- **Curva vertical.**- Curva en el alineamiento vertical del eje de un camino que liga dos (2) tangentes verticales.
- 21.- **Curva vertical en columpio.**- Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.

- 22.- **Curva vertical en cresta.**- Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.
- 23.- **Chip.**- Es una pequeña pieza de silicón que es un dispositivo semiconductor o un circuito integrado.
- 24.- **Chip de memoria.**- Es un dispositivo semiconductor que almacena información en forma de cargas eléctricas.
- 25.- **Diagrama de Flujo.**- Son "bocetos" de la forma que un programa resuelve un problema.
- 26.- **Diagrama de masas.**- Es la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa, correspondiendo las abscisas de cadenamiento del camino.
- 27.- **Distancia de visibilidad de parada.**- Distancia mínima de seguridad necesaria para que el conductor de un vehículo que transita a la velocidad de proyecto, empiece a ver un objeto de diez (10) centímetros de altura colocado adelante sobre el camino y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.
- 28.- **Distancia de visibilidad de rebase.**- Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo que va a rebasar a otro vea a un tercero que viene a la velocidad de proyecto en sentido contrario, y tenga el tiempo suficiente de ejecutar la maniobra con seguridad.
- 29.- **E.C.** - Punto donde termina una espiral de transición y empieza la curva circular en el sentido del cadenamiento.
- 30.- **E.T.** - Punto donde termina la curva espiral y empieza la tangente horizontal en el sentido del cadenamiento.

- 31.- Enlace.- Vfas que unen a las distintas ramas en una intersección.
- 32.- Entrevfa .- Distancia entre las caras extremas de las ruedas.
- 33.- Entronque.- Lugar en donde confluyen dos (2) ó más caminos.
- 34.- Gálibo.- Sección libre mínima que se necesita considerar para una --
vía de comunicación, en el proyecto de puentes, túneles, pasos a des--
nivel, etcétera, para que los vehículos que transitan a través de --
ellos lo hagan con seguridad.
- 35.- Grado de curvatura.- Angulo formado por dos (2) radios de una circun--
ferencia que limitan un arco de veinte (20) metros de la misma.
- 36.- Grado máximo de curvatura.- Límite superior del grado de curvatura -
que podrá usarse en el alineamiento horizontal de un camino o tramo
dados.
- 37.- Intersección.- Area donde dos ó más vías terrestres se unen o cruzan.
- 38.- K.- Es la abreviación de kilo (1,000). Sin embargo un chip con 1K de
memoria contiene 1,024 bits porque es un artefacto binario basado en
potencias de 2. Así una memoria de 64K puede almacenar 65,536 bits
de información. (64 x 1,024).
- 39.- Lógica.- Son los principios fundamentales y la conexión de circuitos
para ejecutar los cálculos en las computadoras.
- 40.- Microprocesador.- Es un circuito integrado que le proporciona a un --
chip funciones equivalentes a aquellas contenidas en la unidad cen---
tral de proceso (CPU) de una computadora. Un microprocesador inter--
preta y ejecuta instrucciones y usualmente incluye capacidad aritméti--
ca y memoria.

- 41.- Ordenada de curva masa.- La ordenada de curva masa, en una estación determinada, es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y - de corte, estos últimos afectados por su coeficiente de variabilidad volumétrica, considerados los volúmenes desde un origen hasta dicha estación. Se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos.
- 42.- P.C. .- Punto de alineamiento horizontal donde termina una tangente y empieza una curva circular, en el sentido del cadenamamiento.
- 43.- P.C.V. .- Punto del alineamiento vertical donde termina una tangente y empieza una curva en el sentido del cadenamamiento.
- 44.- P.I. .- Punto del alineamiento horizontal donde se intersectan dos - (2) tangentes.
- 45.- P. I. V..- Punto del alineamiento vertical donde se intersectan dos (2) tangentes.
- 46.- P. S. C. .- Punto preciso del alineamiento horizontal localizado en - el terreno sobre una curva circular ó espiral.
- 47.- P. S. T. .- Punto preciso del alineamiento horizontal, localizado en el terreno sobre una tangente.
- 48.- P. T. .- Punto del alineamiento horizontal donde termina una curva - circular y empieza una tangente, en el sentido del cadenamamiento.
- 49.- P. T. V. .- Punto del alineamiento vertical donde termina una curva y empieza una tangente, en el sentido del cadenamamiento.

- 50.- Paso a desnivel.- Cruzamiento a distinta elevación de dos (2) o más vías de comunicación terrestre, permitiendo el tránsito simultáneo -- en ellas.
- 51.- Paso a nivel.- Cruzamiento a una misma elevación de un camino con una vía férrea u otro camino.
- 52.- Paso inferior.- Aquel en que el camino en proyecto pasa abajo de otra vía terrestre ya construida o proyectada.
- 53.- Paso superior.- Aquel en que el camino en proyecto pasa arriba de -- otra vía terrestre ya construida ó proyectada.
- 54.- Pendiente gobernadora.- Pendiente del eje de un camino que se puede - sostener indefinidamente y que sirve de base para fijar las longitudes máximas que se deben dar a pendientes mayores que ella.
- 55.- Pendiente longitudinal.- Relación entre el desnivel y la distancia - horizontal que hay entre dos (2) puntos de una tangente vertical, ex-- presada en por ciento.
- 56.- Pendiente máxima.- La mayor pendiente del eje de un camino que se po-- drá usar en una longitud determinada.
- 57.- Pendiente mínima.- Menor pendiente del eje de un camino que se debe - dar en los tramos en corte, para el buen desagüe de las cuentas del -- mismo ($\pm 0.50\%$).
- 58.- Rampa.- Enlace que, en un entronque, une dos vías a diferente nivel.
- 59.- Rasante.- Proyección vertical del desarrollo del eje de la corona de un camino.

- 60.- **Semiconductor.**- Es un elemento cuya conductividad eléctrica es menor que la de un conductor, como el cobre, y más grande que la de un aislante, como el vidrio.
- 61.- **Sobreelevación.**- Pendiente transversal que se le da a la corona o sub-corona para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales.
- 62.- **Sub-corona.**- Superficie terminada de la terracería de un camino comprendida: en terraplenes, entre las aristas superiores de sus taludes; en cortes, hasta sus intersecciones con el talud de las cunetas o con los taludes del corte abajo del fondo de cuneta.
- 63.- **Sub-rasante.**- Proyección vertical del desarrollo del eje de la sub-corona de un camino.
- 64.- **Sub-tangente.**- In el alineamiento horizontal: en curvas circulares, la porción de línea recta, prolongación de una tangente, que queda comprendida entre el P.I. y el P.C. ó P.T.; en curvas circulares con espiral de transición, entre el P.I. y el T.E. ó E.T.
- 65.- **Superficie de rodamiento.**- Superficie del camino que utilizan los vehículos para transitar sobre ella.
- 66.- **T.D.P.A.** (Tránsito diario promedio anual).- Promedio aritmético diario del número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un (1) año.
- 67.- **T.D.P.M.** (Tránsito diario promedio mensual).- Promedio diario aritmético del número de vehículos que pasa por un lugar en un (1) mes.
- 68.- **T.E.** .- Punto del alineamiento horizontal, donde termina una tangente y empieza una espiral de transición, en el sentido del cadenamiento.

- 69.- T.H. (Tránsito horario).- Número de vehículos que pasan por un lugar dado en una (1) hora.
- 70.- T.H.M.A. (Tránsito horario máximo anual).- Número máximo de vehículos que pasa por un lugar dado en una (1) hora de un año determinado.
- 71.- T.H.M.D. (Tránsito horario máximo diario).- Número máximo de vehículos que pasan por un lugar dado en una (1) hora de un día determinado.
- 72.- T.S.T.- Distancia del C.T. ó del T.C. al P.I.
- 73.- T.T.- Punto del alineamiento horizontal donde termina la tangente y empieza la tangente de transición en el sentido del cadenamiento ó viceversa.
- 74.- Talud.- Es la inclinación del paramento de los cortes ó de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.
- 75.- Tangente de transición.- Distancia sobre una tangente del alineamiento horizontal, contada a partir del P. C. hacia atrás, en la cual se pasa paulatinamente de la sección en tangente a la sección en curva circular y del P. T. hacia adelante, en la cual se pasa paulatinamente de sección en curva circular a la sección en tangente.
- 76.- Tangente horizontal.- Tramo recto del alineamiento horizontal de un camino.
- 77.- Tangente vertical.- Tramo recto del alineamiento vertical de un camino.
- 78.- Tipo de tránsito.- Distinción que se hace de los vehículos que transitan en un camino según el uso a que se destinan y el peso que transportan.

- 79.- Topografía.- Configuración de un terreno y su representación gráfica.
- 80.- Transistor.- Es un dispositivo semiconductor que actúa como un amplificador ó como un interruptor de corriente.
- 81.- Tránsito.- Movimiento de un vehículo a lo largo de un camino.
- 82.- Velocidad de operación.- Aquélla superior a la de proyecto, a la que comúnmente se transita en los tramos de camino cuyas características geométricas lo permiten.
- 83.- Velocidad de proyecto.- La fijada para normar el proyecto de un camino ó de un tramo del mismo.

OBRAS CONSULTADAS

- 1.- "Ingenieros y las Torres de Marfil"
Hardy Cross
Edit. McGraw - Hill
México 1970.
- 2.- Tesis Profesional.
"Entronque Cuatro Caminos en la Autopista México - Querétaro"
Fco. Robles Russ
Fac. de Ingeniería
UNAM 1968.
- 3.- "Futuro"
Ulrich Shippke
Colección: "El Hombre en su Mundo."
Edit. Círculo de Lectores.
México 1975.
- 4.- Revista: Geografía Ilustrada.
Año 7, Vol. 13 No. 6
Junio de 1982
México.
- 5.- "El Ingeniero".
C.C. Furnas y Joe McCarthy
Colección Científica de Time-Life
Edit. Lito Ofset Latina, S. A.
México, 1974.

6.- Tesis Profesional

Victor Manuel Martínez Montaña
Fac. Ingeniería
UNAM 1980.

7.- Revista: "Scientific American"

Vol. 245 No. 6
Diciembre de 1981.

8.- "Manual del Usuario y Guía de Programación."

HP - 41C/41CV
Hewlett - Packard, 1980.

9.- "Seminario de Modernización y Señalamiento de Intersecciones a Nivel."

Edit. "Dirección General de Carreteras en Cooperación", SCOP
México 1970.

10.- "Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito".

Leonardo Lazo Margáin.
Gilberto Sánchez Angeles.
Edit. Porrúa.
México 1981.

11.- Tesis Profesional.

"Proyecto del Entronque Tecamac en la Autopista México-Pachuca".
Arturo Rabago Alejandre.
Fac. de Ingeniería.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Mich. 1963.

- 12.- "Diseño de Tráfico y Forma Urbana"
Giorgio Boaga.
Colección: Arquitectura/perspectivas
Edit. Gustavo Gili, S.A.
Barcelona, España, 1977.
- 13.- "Proyecto y Procedimiento para Intersecciones a Nivel"
Edit. Comisión de Ingeniería de Tránsito, SOP.
México, enero de 1969.
- 14.- "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"
Edit. SAHOP
México 1977
1a. Edición.
- 15.- Revista: "HP Key Notes".
Enero - Febrero 1982,
Vol. 6, No. 1.
- 16.- Tesis Profesional.
"Proyecto Geométrico de Intersecciones Rurales de 3 Ramas".

UNAM 1978.
- 17.- Tesis Profesional.
"Aplicación de los Minicomputadores en la Solución de Marcos Planos".
Marcelo Lrives Madrigal.
UNAM 1980.
- 18.- "Calculator Tips & Routines"
Edit. John Dearing
Corvllis Software, In.

19.- Apuntes del Curso:

"Aplicación de Calculadoras Programables a Estudios y Proyectos Viales y de Transporte"

Centro de Actualización Profesional, Colegio de Ingenieros Civiles y Asociación Mexicana de Ingeniería de Tránsito y de Transporte, A.C.

Noviembre de 1981.

20.- "Operating Manual, A guide for the Experienced User"

Hewlett - Packard

June 1980.

21.- Apuntes del Curso:

"Estudio y Proyecto de Intersecciones a Nivel y a Desnivel".

Centro de Actualización Profesional, Colegio de Ingenieros Civiles y Asociación Mexicana de Ingeniería de Tránsito y de Transporte, A. C.

Octubre de 1982.

22.- "Geometría Razonada y Trigonometría"

Zubieta R.F.

Edit. Porrúa.

México, D.F., 1978.