

2748

FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.

DESCRIBIDA

FOTOGRAMETRIA Y CALCULO ELEC-
TRONICO PARA PROYECTOS DE
CAMINOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

ARMANDO JIRON SABALLOS

México, D. F.

1963





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

TESTIS PROFESIONAL



ARMANDO JIRON SABALLOS

MEXICO, D.F.

1963

A MIS MAESTROS
Con agradecimiento.

A LOS CC. ING.
JOSE ALBERTO VILLASANA LYON y
JOSE PIÑA GARZA.

Con agradecimiento a la ayuda desinteresada que
me brindaron en el desarrollo de esta tesis.

A TODOS MIS AMIGOS
Que me ayudaron e hicieron posible
la coronación de mi carrera

27861

A MIS PADRES

Con cariño, admiración y agradecimiento.

**A MI QUERIDA ESPOSA
Y A MIS HIJOS**

A MIS HERMANOS

Con todo el cariño fraternal
que se merecen.



FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

Al Pasante señor Armando JIRON SABALLOS
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero José Alberto Villasana Lyon, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

FOTOGRAMETRIA Y CALCULO ELECTRONICO PARA PROYECTOS
DE CAMINOS

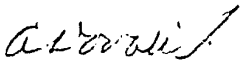
"Debiendo desarrollar los siguientes capítulos:

- I.- Consideraciones generales que decidieron aplicar la Fotogrametría y el Cómputo electrónico al proyecto de caminos.
- II.- Localización preliminar de rutas, Fotogeología.
- III.- Anteproyecto de Rutas, comparación de diferentes soluciones, reconocimiento del eje elegido.
- IV.- Diseño de la alternativa óptima, sondeos, estudios especiales.
- V.- Conclusiones."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 11 de Marzo de 1963.
EL DIRECTOR


Ing. Antonio Dovalí Jaime


ADJ'MMO'eag

I N D I C E

Cap. I.- CONSIDERACIONES GENERALES QUE DECIDIENON APLICAR LA FOTOGRA- METRIA Y EL COMPUTO ELECTRONICO AL PROYECTO DE CAMINOS.....	PAG. 1
Fotogrametría.....	4
Cámaras Fotográficas.....	6
Aparatos de restitución.....	12
Longímetros.....	17
Computadoras electrónicas.....	18
Cap. II.- LOCALIZACION PRELIMINAR DE RUTAS, FOTOGEOLOGIA.....	22
Reconocimiento.....	22
Levantamiento fotográfico (1:50 000).....	23
Laboratorio.....	24
Apoyo terrestre.....	24
Telurómetro.....	24
Tránsito y Nivel.....	26
Estereotriangulación.....	27
Autógrafo A 7.....	27
Registradora eléctrica de coordenadas.....	29
Transformación de coordenadas.....	30
Plano topográfico (1:10 000).....	30
Kelsh plotter.....	31
Dibujo de rutas.....	32
Inspección.....	33
Cap. III.- ANTEPROYECTO DE RUTAS, COMPARACION DE DIFERENTES SOLUCIONES. RECONOCIMIENTO DEL EJE ELEGIDO.....	33
Apoyo terrestre.....	33
Levantamiento fotográfico (1:10 000).....	34
Laboratorio.....	34
Balplex.....	34
Reproducción estereoscópica (1:3 000).....	35
Plano topográfico (1:2 000).....	36
Estereocartógrafo A 8.....	36
Trazo del anteproyecto.....	38
Reconocimiento o inspección.....	38
Sondeos.....	38
Cap. IV.- DISEÑO DE LA ALTERNATIVA OPTIMA, DRENAJE, ESTUDIOS ESPECIAL- LES, CALCULO ELECTRONICO Y COSTO DEL PROYECTO.....	41
Revisión del trazo.....	41
Localización matemática del eje.....	42
Poligonal de apoyo.....	42
Geodimetro.....	42
Levantamiento fotográfico (1:5 000).....	44
Laboratorio.....	44
Drenaje.....	45
Seccionamiento transversal del camino.....	48
Perfilesopio.....	49
Transformación de coordenadas.....	51

	PAG.
Cálculo de curva masa y secciones de construcción.....	52.
Costo de construcción y operación.....	53
Cálculo del funcionamiento hidráulico de las cuencas y diseño de las obras.....	53
Señalamiento y estacamiento del eje del camino.....	53
Estudios especiales.....	53
PROGRAMAS DE CALCULO ELECTRONICO QUE SE DESARROLLAN EN ESTE METODO.....	54
Programa de las orientaciones.....	55
Programa de bases para triangulaciones.....	57
Programa de triangulaciones o trilateraciones.....	59
Programa de las estereotriangulaciones.....	60
Programa de cálculo de las poligonales.....	62
Programa de revisión del proyecto y localización matemática del centro de línea.....	64
Programa de transformación de coordenadas.....	66
Programa de curva masa y secciones de construcción.....	68
Programa de drenaje.....	71
Programa de costos.....	72
Programa de señalamiento.....	73
Programa para obtener la información para el estacamiento -- del centro de línea.....	73
COSTO DEL PROYECTO.....	74
Cap. V.- CONCLUSIONES.....	79

I.- CONSIDERACIONES GENERALES QUE DECIDIERON APLICAR LA FOTOGRAMETRIA Y EL COMPUTO ELECTRONICO PARA EL PROYECTO DE CAMINOS.

La finalidad de las argumentaciones siguientes es dar una ojeada a la importante contribución del método Fotogramétrico-Electrónico para economizar y acelerar los proyectos de camino.

El gran desarrollo económico de los países, requiriendo cada día mayor cantidad de vías de comunicación, para dar salida o movimiento a sus enormes cantidades de producción, ha hecho pensar en una planeación y proyectos de estas vías más rápidamente y con una mayor anticipación. Lo anterior con el método actual de proyecto, hubiera sido posible sólo con un aumento proporcional de personal y equipo, lo que redundaría en un costo más elevado. Esta necesidad ha motivado la utilización intensiva de todas las ayudas modernas brindadas por la técnica.

Las bases de toda explotación económica de un país son las vías de comunicación. El servicio aéreo, que entra en cuenta para el transporte de mercancías valiosas y de personas, necesita aeropuertos. Para las mercancías de mayor volumen se requieren: carreteras, ferrocarriles y vías marítimas; para el tráfico ultramarino, puertos bien contruidos.

De los presupuestos anuales de las Secretarías de Obras Públicas se puede inferir, las sumas enormes que cuesta la construcción de las vías de comunicación. Con ayuda de los métodos de trabajo moderno, de la tecnificación, de la racionalización y de una cantidad de dinero fijo disponible, pueden realizarse: o más proyectos, o economizarse recursos. Este último punto debe tenerse en cuenta, sobre todo en los países económicamente débiles. Pero la racionalización no debe concretarse solamente a la realización de los proyectos, sino debe considerarse desde los levantamientos topográficos indispensables.

El método Fotogramétrico-Electrónico es un procedimiento que combina la fidelidad y precisión de los mejores equipos fotogramétricos con la rapidéz de la calculadora electrónica, proporcionando al proyectista instrumentos y dispositivos que le permiten utilizar toda su ca-

dacidad y su experiencia, para estudiar en forma más completa y más rápida la localización y el proyecto del camino o ferrocarril de que se trate.

Indudablemente que, el empleo de este nuevo método requiere para llevarlo a cabo, disponer de una fuerte inversión inicial, para la obtención de los aparatos y equipos necesarios. Sin embargo, si tomamos en cuenta las experiencias que varios países han obtenido al aplicarlo - países que tienen un plan de trabajo y proyectos fijos y definidos - vemos que en poco tiempo esta inversión, no solamente es recuperable - sino que ha permitido en un lapso breve, satisfacer las demandas de construcción que su progreso requiere.

Como consecuencia lógica, cabe aquí las preguntas siguientes: --- ¿Cuanto vale la organización de un Departamento Fotogramétrico-Electrónico? ¿Es posible esta compra, observando la situación financiera de un país?. Para contestar las anteriores preguntas, creo muy oportuno y más objetivamente señalar las experiencias que otros países al respecto han tenido. Desde 1958, los Estados Unidos de América están realizando un proyecto gigantesco de construcción de carreteras. Para esto han destinado la cantidad de ochenta y ocho mil millones de dólares, de los cuales doscientos millones se gastan en instrumentos y trabajos fotogramétricos. La cuota de la fotogrametría del proyecto total, es, pues, de un 0.23 %. De ello, se deduce el alto rendimiento de los aparatos fotogramétricos. La inversión de fondos pequeños, comparándoles con el proyecto total, ya es suficiente para resolver todos los problemas geodésicos y topográficos económica y rápidamente.

Naturalmente, muchos países del mundo no disponen de estos fondos "astronómicos" de los Estados Unidos de América. Por eso, otro cálculo y refiriéndonos al mismo país, será más impresionante: Un kilómetro de carretera nueva con pavimento vale aproximadamente 30 000 dólares. Si se dejasen de construir tres kilómetros menos de los proyectados -- anualmente y, esta cantidad se empleara para la compra de aparatos fotogramétricos, se tendrían todos los instrumentos para restituir las bases cartográficas para 500 kilómetros de carreteras nuevas por año. Los recursos de otros dos kilómetros ahorrados, son suficientes para dotar al edificio del Departamento Fotogramétrico de todos los muebles

necesarios, del equipo completo del cuarto oscuro, de los utensilios - de trabajo, y de las instalaciones eléctricas y de agua. La partida - más costosa es la compra del avión fotográfico, para el cual deben gas - tarse aproximadamente 200 000 dólares, correspondientes a otros siete - kilómetros de carretera. Con aproximadamente doce kilómetros ahorra-- dos en un solo año y basándose sobre un programa fijo de construccio-- nes, se pueden ahorrar en los años siguientes grandes cantidades o, ba - sándose sobre un presupuesto anual fijo, construir más carreteras.

Para dar una idea, que economía de tiempo y, con eso, de fondos - se produce, se citan en este lugar dos ejemplos de la Sección de Aero- fotogrametría del Ministerio de Obras Públicas de Colombia. Para un - proyecto de carreteras de 41 kilómetros de longitud, se necesitaron -- 250 horas de trabajo en el levantamiento terrestre de 11 puntos de con- trol nuevos, mientras que la restitución fotogramétrica - aerotriangu- lación y restitución planimétrica - de 41 kilómetros de longitud y 4 - kilómetros de ancho (164 kilómetros cuadrados) ócupó solamente 110 ho- ras. El gasto total de tiempo fué por consiguiente de 360 horas. De- donde, la elaboración del plano a escala de 1:10 000 con curvas de ni- vel de 10 metros de equidistancia, resultó de 1.5 kilómetros cuadrados por hora. Para un proyecto similar de 100 kilómetros de longitud y 4 - kilómetros de ancho se necesitaron correspondientemente 520 horas re- sultando sólo 160 horas más.

Con el método convencional ya conocido, la anterior tarea sólo hu- biera sido posible, a expensa de mayores gastos y tiempo. Esta es la - contribución importante que el método moderno Fotogramétrico-Electróni- co puede prestar para el desarrollo de un país.

Este método se está utilizando, con muy buenos resultados, practi- camente en todos los países europeos, en Canadá y en los Estados Uni-- dos de América. Suecia y Suiza tienen ya varios años de experiencia - en su aplicación.

En los Estados Unidos Mexicanos la Secretaría de Obras Públicas - ha considerado indispensable, tanto para alcanzar su meta propuesta en el rápido desarrollo del país, así como para obtener economías aprecia

bles en el costo de los proyectos, introducir el método Fotogramétrico Electrónico en la elaboración de sus proyectos, debido a la rapidéz y eficiencia que pueden alcanzarse con la aplicación del mismo.

Una vez expuestas las finalidades de este nuevo método, veamos -- las causas que originaron su uso actual y que ha venido a reemplazar - al método convencional ya conocido, en aquellos lugares en donde las - condiciones del terreno permiten su aplicación ventajosa.

Aunque en el método convencional la Aerofotogrametría ya era sprovechada para la elaboración de mapas cartográficos de pequeñas escalas, a fin de efectuar reconocimientos de las rutas o más recientemente se_ le ha estado utilizando para la localización mejor de éstas, se desa-- provechaba su uso primordial y básico en todas las etapas del desarro- llo de un proyecto. Indudablemente que, esta aplicación sólo ha sido_ posible mediante el rápido desarrollo técnico alcanzado hoy en día, no sólo por las casas fabricantes del equipo fotogramétrico, sino además, por la construcción de computadoras electrónicas y aparatos de medición de alta precisión.

La Fotogrametría, siendo una rama de la Ingeniería, es la ciencia que nos permite efectuar mediciones de los objetos contenidos en una - fotografía especial, sin necesidad de hacerlo sobre los objetos mismos. La toma de fotografías para estos trabajos pueden efectuarse de dos maneras: desde tierra, dando origen a la Fotogrametría terrestre, desde el aire en cuyo caso se le denomina Fotogrametría Aérea o Aerofotogra- metría; de las cuales, sólo la última se la utiliza hoy en día para la restitución, ya que la primera, por sus características especiales de_ toma dejan muchas zonas por fotografiar, por lo que resulta incompleta su visión estereoscópica.

En el método moderno, se le ha dado a la Fotogrametría un amplio_ uso en las tres etapas de que consta el estudio de un camino: localiza_ ción, anteproyecto y diseño. Como expresé anteriormente, la Fotogram_etría ya se empleaba en la localización de las rutas probables para el_ trazo de un camino, pero no se la explotaba intensamente como hoy lo - hacemos.

En la primera etapa del trabajo, la Aerofotogrametría se emplea - con bastante éxito, dándonos comparada con los métodos de levantamiento terrestres convencionales, tres ventajas esenciales: prontitud economía e integridad. En esta etapa, en primer lugar, cualquier estudio se ba sa en medidas e información sobre planos cartográficos que resultan de levantamientos geodésicos; luego se necesitan planos topográficos para trasladar medidas y detalles sobre el terreno, como bases para la realización del proyecto. El gran número y la diversidad de los proyectos de esta rama de la Ingeniería, requieren una selección cuidadosa del tipo de levantamiento que debe usarse cuya prosecución y conveniencia -- tienen que ajustarse al proyecto planeado. Debido al objeto que se -- persigue en esta etapa, no es necesario elaborar un plano de escala -- grande; con un levantamiento fotográfico a escala 1:50 000 y valiéndonos de un aparato de restitución de segundo orden, nos es posible elaborar un plano a escala 1:10 000 con curvas de nivel cada 10 metros de la zona que más nos interese, con el fin de proceder a la selección de las rutas. Como el aparato de restitución de segundo orden, no ha sido construido especialmente para llevar a cabo una estereotriangulación, la cual por razones económicas en éste caso se hace necesaria para la restitución, resulta muy conveniente entonces, auxiliar a estos aparatos en este sentido con un aparato de primer orden, hechos especialmente para efectuar las estereotriangulaciones.

En la segunda etapa - anteproyecto - previo un apoyo terrestre, - se lleva a cabo otro vuelo fotográfico, con el objeto de obtener fotografías, a una escala mayor, de las rutas probables, con el propósito de efectuar un estudio más acucioso de cada una de ellas, auxiliándonos en este caso de un aparato de restitución de segundo orden y, estar en posibilidad de determinar en una forma muy aproximada el costo de cada ruta en estudio. Sobre la ruta seleccionada se procede a efectuar un plano topográfico a una escala mayor. Este plano se puede realizar -- con un aparato de restitución de segundo orden; sobre este plano se lo caliza y dibuja el eje del camino, dando así origen al anteproyecto.

En la tercera etapa - diseño - previo otro apoyo terrestre, se -- procede a efectuar un tercer vuelo fotográfico sobre el eje del camino, a una escala mayor que en la etapa anterior. Con las diapositivas de este vuelo y un aparato de restitución de primer orden provisto de una

registradora eléctrica de coordenadas, es posible registrar en una tarjeta las coordenadas de los puntos que componen el perfil del eje del camino, así como también de las secciones transversales. Con los datos anteriores y los de la razante como: puntos de inflexión, radios de curvatura, coeficiente de abundamiento o reducción del terreno, etc., y valiéndonos de una computadora electrónica en la que previamente hemos programado las instrucciones para esta clase de trabajo, es posible recabar datos que nos permitirán obtener el proyecto del camino.

Es evidente que, esta aplicación intensa de la fotogrametría en las etapas de un proyecto de camino, sólo ha sido posible debido al --acelerado desarrollo que después de la Segunda Guerra Mundial han alcanzado la ciencia y la técnica, y que han permitido el perfeccionamiento de los aparatos relacionados con la fotogrametría: cámara fotográfica, aparatos de restitución, longímetros; y auxiliándose con la aparición de máquinas electrónicas registradoras y calculadoras, etc.

A.- CAMARAS FOTOGAMETRICAS.

Antes de hablar de las ventajas técnicas que hoy en día nos brindan las cámaras fotogramétricas, creo necesario hablar de sus generalidades. Para tomar fotografías aéreas se requiere una cámara y un vehículo que la transporte; como vehículo se usa hoy día, casi exclusivamente el avión, lo que influye grandemente en la construcción de las cámaras. Sin entrar en detalles, fácilmente se comprenderá que, en y al rededor de un avión se formarán fuertes corrientes de aire, y experimentarán sacudidas violentas, lo que no permite el empleo de una cámara cualquiera de construcción débil. Además se requieren fotografías que llenen ciertas condiciones que una cámara miniatura corriente, por ejemplo, no podría satisfacer. Debido a esto se han obtenido, con el transcurso del tiempo, cámaras de construcción apropiada para la toma de fotografías aéreas.

Prescindiendo de las clasificación que se haya podido hacer, por ejemplo, con respecto al uso y distancia focal del lente, es necesario diferenciar entre dos tipos básicos de cámara para tomar fotografías aéreas:

- 1.- Cámaras con las cuales sólo se obtienen fotografías para reconocimiento - informativas - las cuales no se pueden utilizar para la fotogrametría.
- 2.- Cámaras cuyas vistas pueden usarse con fines de medición, es decir, fotogramétricas.

Las cámaras fotográficas destinadas a levantamientos aéreos han ido tomando formas especiales exigidas por las condiciones particulares de trabajo a que deben acomodarse, y por ello no tienen semejanza con los aparatos fotográficos ordinarios. Pasando por alto el examen de las simples cámaras fotográficas aéreas, solamente consideraremos las cámaras fotogramétricas propiamente dichas que, se diferencian de las primeras en que su orientación interior es conocida e invariable y, en que el empleo de un obturador central hace posible la reconstrucción - una perspectiva central exacta.

Cuando haya necesidad de levantar una superficie grande, por medio de fotografías en serie de un modo sistemático, hay que simplificar el trabajo del camarógrafo y esto se consigue montando la cámara en aditamentos especiales, ya sea en el piso o en los costados de la cabina -- del avión y haciendo además acopladas las cuatro fases del proceso de obtención de una fotografía, a saber: montaje del obturador, ajuste -- plano de la película, exposición y finalmente el avance de la película; pudiendo ser el acoplamiento total o parcial, lo que da lugar a las cámaras fotogramétricas total o parcialmente automáticas.

La gran precisión de los aparatos de restitución empleados en trabajos de gabinete, exige tener la certeza de que la película es exactamente plana en el momento de la exposición, lo cual, se consigue aplicándola sobre una superficie rigurosamente plana, por una acción neumática, ya sea de presión o de aspiración.

Como el intervalo de disparo de la cámara fotográfica, está en -- función de la velocidad del avión y de la altura de vuelo, y estos factores son muy difíciles de controlar; el operador se vería en la necesidad de variar el intervalo entre dos exposiciones consecutivas constantemente; a fin de procurar obtener que las series de fotografías --

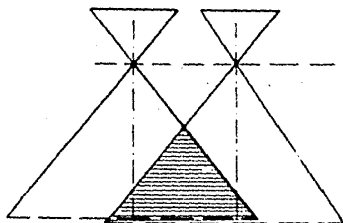
tengan un recubrimiento o sobreposición requeridas, se han construido para tal fin, reguladores de recubrimientos o intervalómetros especiales, los que por medio de impulsos eléctricos o mecánicos regulan los intervalos de disposición.

Respecto a la manera de toma, las fotografías aéreas, generalmente se las clasifica en:

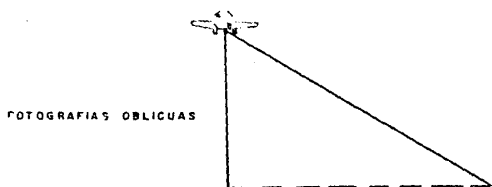
- 1.- Fotografías verticales.
- 2.- Fotografías oblicuas.
- 3.- Fotografías convergentes.
- 4.- Fotografías combinadas. Ver fig. 1.

Siempre que se tenga la intención de mantener el eje óptico de la cámara en posición vertical, durante la toma de la fotografía, éstas se denominan fotografías verticales. Pequeñas desviaciones que se presentan, por ejemplo, por inclinación ligera del avión, etc., no ocasionan ninguna alteración en su nomenclatura. Las fotografías verticales, por su perspectiva central, y por permitir una visibilidad casi perfecta, son las más apropiadas para la elaboración racional de un mapa. Durante un vuelo fotográfico se obtienen fotografías verticales consecutivas tomadas en serie, las que se le denomina "fajas de fotografías". Por medio de las fajas paralelas entre sí, tomadas unas al lado de las otras, sin lagunas intermedias, se ejecutan "levantamientos de áreas". En una faja pueden tomarse las fotografías de manera que se superpongan un poco entre sí, es decir, se fotografía una parte del terreno -- dos veces. De esta manera se evitan lagunas entre las fotografías. La sobreposición acostumbrada para la restitución estereoscópica es de un 60 % de la longitud de la fotografía, en el sentido del vuelo y, transversalmente la sobreposición anda entre el 15 y el 30 % de su anchura.

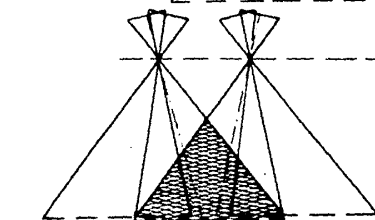
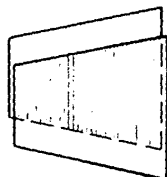
Además de colocar el eje óptico de la cámara en posición vertical puede colocarse señalando hacia cualquiera otra dirección, dando origen a las fotografías inclinadas. Por "inclinación" se entiende la -- distancia angular entre el eje óptico de la cámara y la horizontal de la misma. Esta inclinación además de permitirle fotografiar una zona más amplia que las fotografías verticales, pueden fotografiar objetos sin pasar sobre de él, pues, las hace ideales para llevar a cabo espío



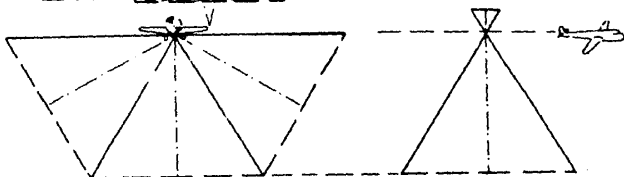
FOTOGRAFÍAS VERTICALES.



FOTOGRAFÍAS OBLICUAS



FOTOGRAFÍAS CONVERGENTES.



FOTOGRAFÍAS COMBINADAS.

FIGURA 1 -

najes y reconocimientos; debido a esta especial característica son más empleadas con fines militares que civiles. Para ser usadas en la elaboración de mapas requieren de procedimientos especiales, debido a que al ser usadas en terrenos muy ondulados, su inclinación le impide fotografiar ciertas zonas; otro factor importante es que, como la escala es función de la altura de vuelo, esta distancia es variable, por lo que se obtendrá distintas escalas en la fotografía; por ello actualmente se les utiliza muy poco en la elaboración de planos.

Para obtener las fotografías convergentes, se acoplan dos cámaras fotográficas al avión, una tras otra, de tal manera que sus respectivos ejes ópticos queden inclinados respecto a la horizontal. Se les denomina convergentes debido a que los ejes ópticos de dos tomas consecutivas convergen en un punto. Estas dos cámaras sincronizadas, permiten fotografiar una zona muy amplia en cada posición del avión. Aquí, la sobreposición se efectúa entre dos fotografías consecutivas, tomadas en diferentes posiciones del avión. Estas fotografías son muy poco usadas para fines cartográficos.

Cuando las fotografías son obtenidas con un sistema Trimetrogón, que no es otra cosa que, el acoplamiento de dos cámaras con eje inclinado y otra con eje vertical, reciben el nombre de fotografías combinadas. Este método fué inventado por la U. S. Geological Survey para la construcción de cartas aeronáuticas. Las tres cámaras fotográficas tienen sus ejes ópticos en un plano vertical, formando la cámara izquierda con la cámara vertical un ángulo de 60 grados, e igualmente, la vertical con la de la derecha. Las cámaras están montadas en un chasis especial en el avión y así, fotografian fajas de terreno que se extienden de horizonte a horizonte en dirección normal a la línea de vuelo.

Debido a la importancia en la construcción de una cámara, hay que dedicar atención a los principales errores ópticos que generalmente tienen las cámaras fotográficas y que originan deformaciones en sus impresiones.

DISTORSION.-- Los rayos que entran a la cámara fotográfica a través del

lente, sufren desviaciones con respecto a su prolongación teórica; dependiendo del tipo del lente estas desviaciones varían en tamaño, dando lugar a diferentes clasificaciones:

- 1.- Cuando la distorsión es tan pequeña que no es necesario tomarla en cuenta para trabajos de fotogrametría - Cámaras libres de distorsión.
- 2.- Cuando la distorsión necesita ser eliminada por otros medios, antes de utilizarse para fines fotogramétricos.

La forma más común de obtener estas desviaciones es por medio de gráficas de distorsión radial, en las cuales el eje de las ordenadas representa a un radio de la cámara y el eje de las abscisas, la magnitud de la distorsión.

ASTIGMATISMO.- Es un defecto debido a una oblicuidad demasiado pronunciada de los rayos luminosos los cuales no convergen todos hacia un punto único en el plano focal teórico del lente. Un lente que por su construcción no tiene este error, se llama "anastigmático".

En un objetivo sencillo, sin corrección anastigmática, la imagen nítida no se encuentra sobre un plano, sino sobre una superficie curva.

ABERRACION CROMATICA.- Este defecto es causado, por el hecho de que las distintas ondas luminosas correspondientes a los distintos colores, no forman sus respectivas imágenes a la misma distancia del lente. Este error se elimina en la construcción, por medio de lentes de distintas características de refracción combinados. Un lente que ha sido corregido por aberración cromática, se llama lente "acromático u ortocromático".

Las cámaras fotogramétricas, atendiendo al ángulo de apertura de sus objetivos, se las puede clasificar de la manera siguiente:

- 1.- Cámaras normales, que abarcan un ángulo aproximado de 60°. -- (grados sexagesimales). Como ejemplo de estas cámaras tenemos la Zeiss-Topar f/4, cuyas características son: distancia focal de 210 mm., tamaño de imagen 18 x 18 cm., ángulo de apertura 70°, distorsión máxima de 4 micrones.
- 2.- Cámaras granangular, cuyo objetivo abarca un ángulo aproxima-

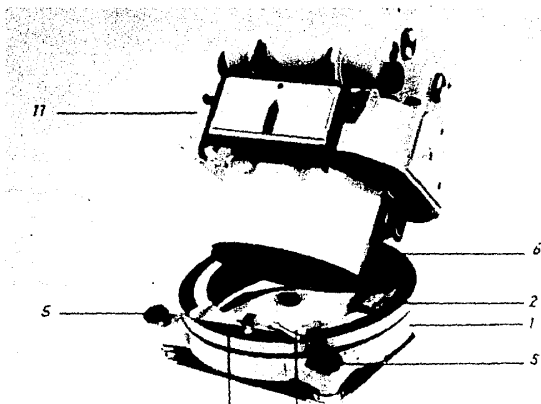
do de 90g. Las características de estas cámaras, como en el caso de la Pleogon Zeiss, son las siguientes: distancia focal 153 mm., tamaño de imagen 23 x 23 cm., ángulo de apertura --- 104g. Igual característica posee la Wild RC 8. Ver fig. 2.

- 3.- Cámaras supergranangular, cuyo objetivo tiene un ángulo de -- apertura aproximadamente de 120g. Tienen una distancia focal de 85 mm., tamaño de imagen 23 x 23 cm.; estas cámaras tienen distorsiones bastante apreciables que hay que corregir posteriormente, como en el caso de la Wild RC 9.

Actualmente las fotografías se obtienen con cámaras aéreas de funcionamiento completamente automático y utilizando película o placa de vidrio. Las cámaras tienen objetivos especiales muy luminosos, acromáticos, exentos de distorsión en cuanto sea posible y con un poder de separación muy grande para los objetos de débil contraste. Cuanto mejor sea la calidad de la fotografía obtenida, tanto mayor será la economía en la restitución fotogramétrica y la seguridad al interpretar las fotografías aéreas.

La Zeiss-Aerotopograph Munich ha desarrollado la cámara fotogramétrica Granangular RMK 15/23, que por sus características especiales ha resultado como la cámara ideal para trabajos de levantamientos planimétricos. Provista del objetivo Pleogon f/5,6, de 153 mm. de distancia focal, la hace de un alto rendimiento en cuanto a su poder de separación, de ausencia de distorsión (máximo de 5 micrones), de una relación de apertura e iluminación uniforme de imagen. Gracias a su corrección cromática especial, ya no se produce en la práctica ningún desplazamiento del plano de la imagen. Con el objetivo Pleogon y sin ningún suplemento óptico, pueden tomarse tanto fotografías pancromáticas como infrarrojas, empleando para las últimas emulsiones sensibles al infrarrojo; este tipo de fotografías son actualmente usadas para fines hidráulicos, silvícolas y geológicos. Además, esta cámara nos presenta otras ventajas esenciales: obturador central, aplanamiento de la película por aspiración (turbina de vacío contenida en el cuerpo de la cámara), máxima reducción de su peso y dimensiones, dispositivo de control automático.

Para fines catastrales suelen dar mejores resultados las cámaras



CAMARA FOTOGRAMETRICA RMK 15/23

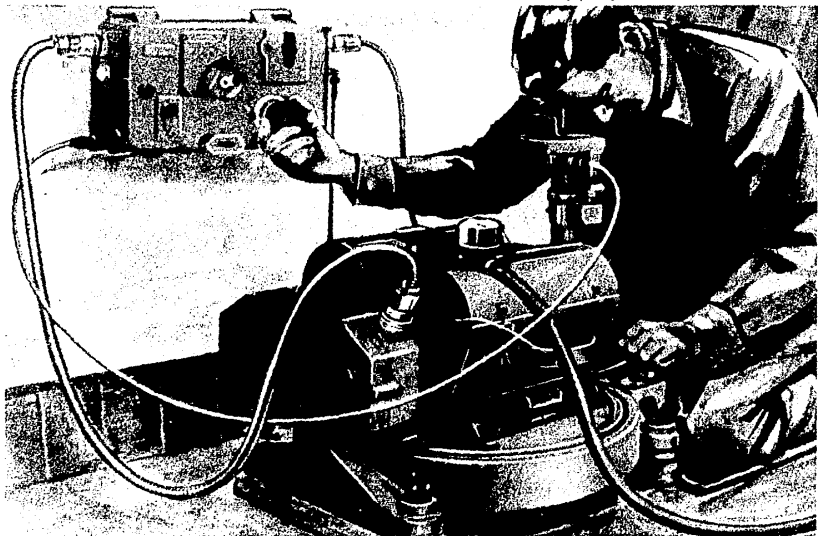


FIG. 2 CAMARA FOTOGRAMETRICA WILD RC8

de placas de vidrio, debido a la menor dilatación del cristal utilizado como soporte de la capa sensible; en cambio, cuando se trata de fotogrametría destinada con fines ingenieriles, suele darse preferencia a las cámaras de película. Antes de cortar la película se pueden obtener de cada negativo copias por contacto o dispositivos sobre placas de vidrio, utilizando aparatos copiadores especiales de haces de luz paralelos.

B.- APARATOS DE RESTITUCION.

Otra de las causas, posiblemente la principal, que ha hecho posible la aplicación de este método al proyecto de un camino, es la aparición de aparatos de restitución de un alto grado de precisión. Ello ha traído como consecuencia la elaboración de planos que representan fielmente la imagen del terreno.

Antes de hablar sobre las generalidades y usos de estos aparatos, creo conveniente recordar ciertos principios en que estos se basan.

Fué después del año de 1918, que por primera vez se aplicó con resultados prácticos el método de medir estereoscópicamente con instrumentos de restitución de construcción especial, las fotografías aéreas. Desde entonces la fotogrametría, dedicándose en especial a la fotografía aérea, se ha introducido en casi todos los países del mundo como medio independiente o suplementario para la formación de mapas.

ESTEREOSCOPIA.- Un objeto tiene: largo, ancho y espesor o altura, pero en un retrato aparecen solamente la longitud y la anchura; la reproducción fotográfica de su tercera dimensión es la finalidad de la estereoscopia. Para producir una estereofotografía, se necesita imitar la acción de los ojos que ven un objeto, es decir, obtener dos fotografías tomadas desde puntos diferentes y separados aproximadamente unos 65 milímetros, que es la separación de los ojos. Esto puede ser obtenido haciendo dos exposiciones del objeto, que serán diferentes sólo, en -- que la posición del lente para la segunda exposición estuvo a 60 milímetros distante del primer punto. Como en la práctica la obtención, de las fotografías de un objeto alejadas unos 65 milímetros es muy di-

facil por razones técnicas y operacionales, se ha adoptado mejor ampliar la distancia de toma del objeto y valernos de un aparato - Estereoscopio - que nos permite apreciar las dos imágenes del objeto separadas unos 65 milímetros aproximadamente y observar en esta forma, la visión estereoscópica del objeto. Pueden tomarse fotografías aéreas - para estereoscopia, por medio de dos exposiciones sucesivas superpuestas, con el eje del objetivo de la cámara en posición vertical y el avión volando a la misma altura. El área de superposiciones propia para el estudio estereoscópico es de 60 %.

Para examinar un par estereoscópico - par de fotografías del terreno tomadas de diferente punto - se ha construido el Estereoscopio. El Estereoscopio es un instrumento óptico en el cual es posible ver un objeto con cada ojo por distinto conducto, produciendo la ilusión de presentar de bulto su imagen.

Para satisfacer la condición de presentar ante cada ojo la imagen apropiada, existen además de los estereoscopios otros medios de separar las imágenes cuya finalidad consiste simplemente, en hacer visible a cada ojo una de las dos imágenes que se presentan simultáneamente ante la vista, siendo el principal, el anaglifo, que consiste en colocar ambas imágenes, no una al lado de otra, sino superpuestas, ya dibujándolas ya proyectándolas, a cuyo efecto se dá a cada una colores complementarios - rojo y azul verde - y se les observa mediante gafas cuyos cristales tienen los mismos colores.

PARALAJE.- Es una distancia lineal capaz de ser medida, compuesta por segmentos lineales en cada una de las fotografías de un mismo objeto, tomadas de diferentes posiciones de la cámara. Generalmente, se ha tomado como referencia para medir el paralaje, el centro de la fotografía o punto principal. Este elemento lineal esta asociado con: la distancia de la cámara al objeto (altura de vuelo), la separación entre las dos posiciones consecutivas de la cámara al fotografiar un objeto y la distancia focal de la cámara. Diferencia de paralaje o diferencia paralática es el segmento originado por la diferencia de posición del objeto, en cada una de las fotografías tomadas desde diferente posición de la cámara, con respecto a su punto principal. La diferencia paralática

tica es la causa principal, por la que obtenemos la percepción de la altura al mirar con cada ojo, cada una, del par de fotografías; es el elemento que es usado para determinar la altura de los objetos y dibujar las curvas de nivel con instrumentos estereoscópicos, valiéndonos de fotografías aéreas.

No debe ser confundida la anterior definición, con el término "paralaje en Y", usado por los operadores de instrumentos, al no corresponder el par de imágenes de las placas fotográficas, debido a discrepancias en la orientación relativas de éstas.

La Restitución, tiene por objeto el trazado de planos o mapas a escala determinada y con la precisión correspondiente a esta última. - Claro que, esto sólo será posible si se disponen de fotografías tomadas desde el aire y en las condiciones apropiadas.

Sin tener en cuenta, la superposición de las imágenes sucesivas y el requisito de que las fotografías estén impresionadas a plomo desde arriba, la relación existente entre la distancia focal de la cámara fotogramétrica y la altura de vuelo sobre el terreno así como la escala fotográfica, deberán ser de magnitudes apropiadas para la escala planimétrica requerida. ver fig. 3.

Demuestra la práctica que, la relación existente entre las cifras representativas de las escalas fotográficas y cartográficas, considerando el aspecto planimétricos, es la siguiente:

$$E_f = K \sqrt{E_p}$$

E_f = Escala de fotografía.
 E_p = Escala del plano.
K = Constante.

El factor K, dependerá principalmente de las cualidades del objeto empleado, de la emulsión fotográfica y del revelado, de la precisión del instrumento restituidor y de la precisión cartográfica exigida. Cuando se emplean las cámaras fotogramétricas Wild RC 8, el valor de K corresponde a 200 cuando exige la precisión máxima y se eleva hasta 300 cuando la precisión requerida es menor.

Si tomamos en consideración la altimetría, la relación que nos garantiza poder apreciar todos los detalles altimétricos que aparecen en

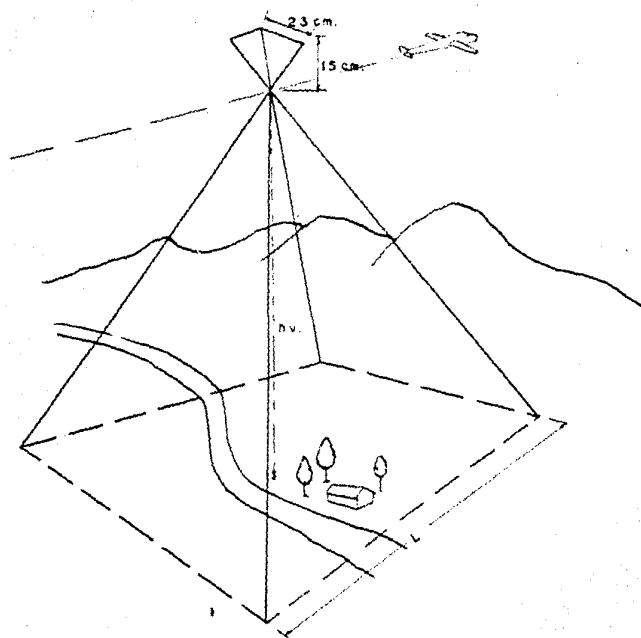


FIGURA 3..

$$\text{ESCALA} = \frac{1}{8.666 \text{ hv.}} \quad (\text{hv. en metros}).$$

$$\text{ESCALA} = \frac{1}{2 \text{ hv}} \quad (\text{hv en pies}).$$

$$L = \frac{23}{15} \text{ hv.} \quad (L \text{ y hv. en metros}).$$

un plano de determinada escala, es la siguiente:

$$C = \frac{H}{E}$$

H = Altura de vuelo.

E = Equidistancia entre curvas de nivel.

C = Constante.

Por limitaciones físicas del equipo de restitución que se utilice, tenemos la relación siguiente:

$$Q = \frac{F_f}{E_p}$$

Q = Relación de amplificación, en el uso del Kelsh 3.5 < Q < 6.5

Es muy importante al aplicar las relaciones anteriores, tomar en cuenta el tipo de plano a restituir, pues habrá planos en los que interese la planimetría o la altimetría, en estos casos la relación correspondiente es la que deberá de influir sobre las otras. En un caso particular en que se tomen en consideración las tres relaciones anteriores, predominará la relación que nos dé la escala de fotografía mayor.

Debido a las características de construcción, los aparatos de restitución se les agrupa en siguiente forma:

a.- Por la forma de permitir la observación estereoscópica de las fotografías, en:

1.- De Proyección, si la imagen a restituir es proyectada por medio de un haz luminoso que pasa a través de las diapositivas a una mesa. Para esta proyección se usa más comunmente el sistema de anaglifos.

2.- De Observación, si en vez de esta proyección la imagen estereoscópica es observada directamente por medio de un sistema óptico.

b.- Por el sistema de restituir la imagen de la fotografía, en:

1.- Ópticos, si se valen de un sistema óptico para que la restitución de la imagen sea la copia exacta del terreno.

2.- Mecánicos, si para la reconstrucción de la imagen espacial se valen de medios mecánicos.

3.- Mixtos, si combinan en su construcción los dos sistemas anteriormente señalados.

En la práctica de la fotogrametría se están empleando, principal-

mente, tres tipos de aparatos de restitución, que atendiendo a producción de condición de toma, se les clasifican como:

- 1.- Pequeños aparatos de restitución de tercer orden de solución aproximada que, no reproducen la condición de toma, como: el Estereotopo, etc.
- 2.- Aparatos de restitución de segundo orden que, sí reproducen la anterior condición, como: el Kesh Plotter, el Balplex, el Multiplex, el Estereocartógrafo Wild A 8, el Aviografo Wild - B 8, etc.
- 3.- Los diferentes tipos de grandes aparatos de restitución de -- primer orden, basados sobre principios geométricos rigurosos y que además de permitir la reproducción de condición de toma, permiten la inversión de la base, lo que hace posible efectuar con ellos una estereotriangulación, como: los Autógrafo A 7 y A 9, el Estereoplanígrafo C 8, etc.

Otra forma de clasificar a los aparatos de restitución es por su precisión, generalmente definida por lo que los norteamericanos llaman la constante "C", anteriormente señalada, que no es más que la relación entre la altura de vuelo y la equidistancia de las curvas de nivel que pueden restituir. Entre mayor es la relación, el aparato será de mayor precisión.

La mayor parte de los aparatos de tercer orden son utilizables solamente por medio de una considerable reducción de la escala fotográfica. Estos instrumentos se utilizan para un primer estudio del terreno y cartografía aproximada, donde poco entran en consideración un enlace exacto de modelo a modelo, ni las deformaciones del modelo mismo.

Los aparatos de segundo orden son más precisos que los anteriores, pero tienen la desventaja con los de primer orden que, en los aparatos de proyección de este grupo, las partes proyectadas de las imágenes se ven en superficies, las cuales dan una reflexión difusa y es necesario por eso fusionarlas en un modelo espacial, ayudándose con el método de los anaglifos. El modelo estereoscópico nunca se observa ortogonalmente, sino bajo una cierta inclinación. Esta dispersión de la proyección en la pantalla y su observación, no permiten utilizar todo el poder de

Si al empleo de éstos longímetros agregamos que, al aplicar este método escogemos que el equipo de restitución que deberá usarse para la configuración fotogramétrica, sea aquel que economice al máximo los puntos de apoyo terrestre y, nos permita ejecutar aerotriangulaciones en el gabinete, propagando los puntos de control con la misma precisión que si dichos puntos se levantara sobre el terreno, habremos logrado disminuir grandemente el costo del apoyo terrestre y por consiguiente, obtendremos planos fotogramétricos muy económicos.

Estos longímetros, debido a su construcción y forma de operar, no requieren de gran personal para su manejo: dos personas que operen la estación emisora y dos la estación remota o reflectora, son suficientes; debido a su alto rendimiento es posible amortizar en poco tiempo su inversión inicial, pues, con dos unidades de éstas nos permiten efectuar levantamientos de zonas muy extensas en un lapso breve; además, como permiten obtener una gran reducción en personal de las brigadas de campo, lo cual se traduce en un gran ahorro en costo, queda com pensada grandemente la adquisición de éstos aparatos. La desventaja mayor que presentan estos aparatos es que, como los datos que se obtienen están en función del tiempo de propagación de la onda, hay que estar efectuando ciertos cálculos de corrección y transformación del tiempo en distancia.

D.- COMPUTADORAS ELECTRONICAS.-

Debido a que en la etapa de diseño de este método, se manejan datos que, por su diversidad y cantidad, no permiten ser procesados rápidamente aun valiéndonos de las máquinas calculadoras corrientes, se pensó entonces muy atinadamente en resolver este problema utilizando una computadora electrónica. Por esta razón, la aplicación de las computadoras al método Fotogramétrico ha sido básico, pues de muy poca hubiera servido la aplicación de este método, si los datos que se obtendrían no se procesaran rápidamente para la determinación del proyecto.

Por otra parte, la forma de obtención de la mayoría de los datos, facilita aun más el empleo de éstas computadoras, ya que como los datos del terreno, perfiles longitudinales y transversales obtenidos fotograméricamente, se reciben en cintas o tarjetas perforadas, no se

necesita, para ser utilizados por la computadora, realizar operaciones de perforación, que aumentarían el costo y el tiempo del proceso y, -- dan origen a errores de información.

Debido a la sistematización de los datos, que se obtienen en la aplicación del método en todas las etapas del estudio de un camino, resulta muy conveniente por su costo, aplicar el cómputo electrónico, no sólo en la etapa de diseño - como lo hacen en algunos países - sino -- aplicarlo en todas etapas del método, como por ejemplo: para el cálculo de las aerotriangulaciones, transformación de coordenadas, orientaciones de la base, etc.

GENERALIDADES.- Para entender el empleo que se hace de la computadora en éste método, creo conveniente exponer aquí algunas de sus generalidades.

Las computadoras electrónicas pueden resolver cualquier problema cuyas variables pueden ser consideradas en forma numérica y se pueda establecer un criterio de cálculo. Pero requieren un trabajo previo de programación, por que es necesario indicar paso a paso al equipo, - lo que tiene que hacer para obtener determinado resultado.

El trabajo de programación consiste, en poner en un lenguaje que entienda el equipo, una serie de instrucciones que generalmente se ejecutan en secuencia y que van resolviendo el problema. La habilidad de poder tomar decisiones - lógica del equipo - es un reflejo de las situaciones previstas por el programador y realizadas por instrucciones de "salto de instrucciones", de acuerdo con las condiciones que se presentan en el cálculo. Por ejemplo: al obtener un resultado, si éste es positivo, puede indicarsele que el programa siga en secuencia o, si es negativo, que salte a ejecutar un determinado grupo de instrucciones.

Hay que prever todas las situaciones posibles que se puedan presentar en al solución de un problema, pues en el caso de no hacerlo, - la computadora procesará los datos del problema según soluciones que - no son las que resuelvan el problema, dando resultados erróneos.

En la actualidad, existen computadoras de muy variados usos y de formas distintas, según el fin para el que fueron hechas; pero básicamente están constituídas en la forma siguiente:

- 1.- Unidad de Entrada de Información. La cual recibe los datos - en forma de tarjetas o cintas perforadas, cinta magnética, - caracteres impresos, etc., y los traslada a la memoria central.
- 2.- Unidad Central de Proceso, con su Memoria Central. Es la -- unidad en donde se realiza el trabajo de la computadora, siguiendo las instrucciones de las que ya se ha hablado y que se encuentran en zonas de la Memoria Central, para realizar operaciones con datos que se encuentran en otras zonas de la misma memoria, las cuales se introdujeron por medio de sopor tes de información o se tomaron de las memorias auxiliares.
- 3.- Memorias Auxiliares. Esta unidad auxilia, para desarrollar el proceso a la computadora. Los resultados parciales, que constituyen información de entrada para otros programas, pueden almacenarse en estas memorias y ser requeridos a voluntad de la computadora; el almacenamiento de los datos se puede efectuar en cintas magnéticas, discos magnéticos, etc.
- 4.- Unidad de Salida de Información. Que nos entrega los resultados deseados en varias formas: impresos, en tarjetas, en cintas de papel o magnéticas, etc.

Es importante hacer notar, que las características propias de las computadoras que se encuentran a disposición de la Secretaría de Obras Públicas, facilitan su empleo en este método; estas computadoras son - de dos tipos:

- 1.- Computadora Electrónica IBM 1401 de Tipo Contable. Provista de una gran entrada de datos, pequeño proceso de cálculo y - una gran salida de datos. Ver fig. 4.
- 2.- Computadora Electrónica IBM 1620 de Tipo Científico. Esta computadora a diferencia de la anterior tiene una poca entrada de datos, gran cantidad de proceso de cálculo y una pequeña salida de resultados. Ver fig. 5.

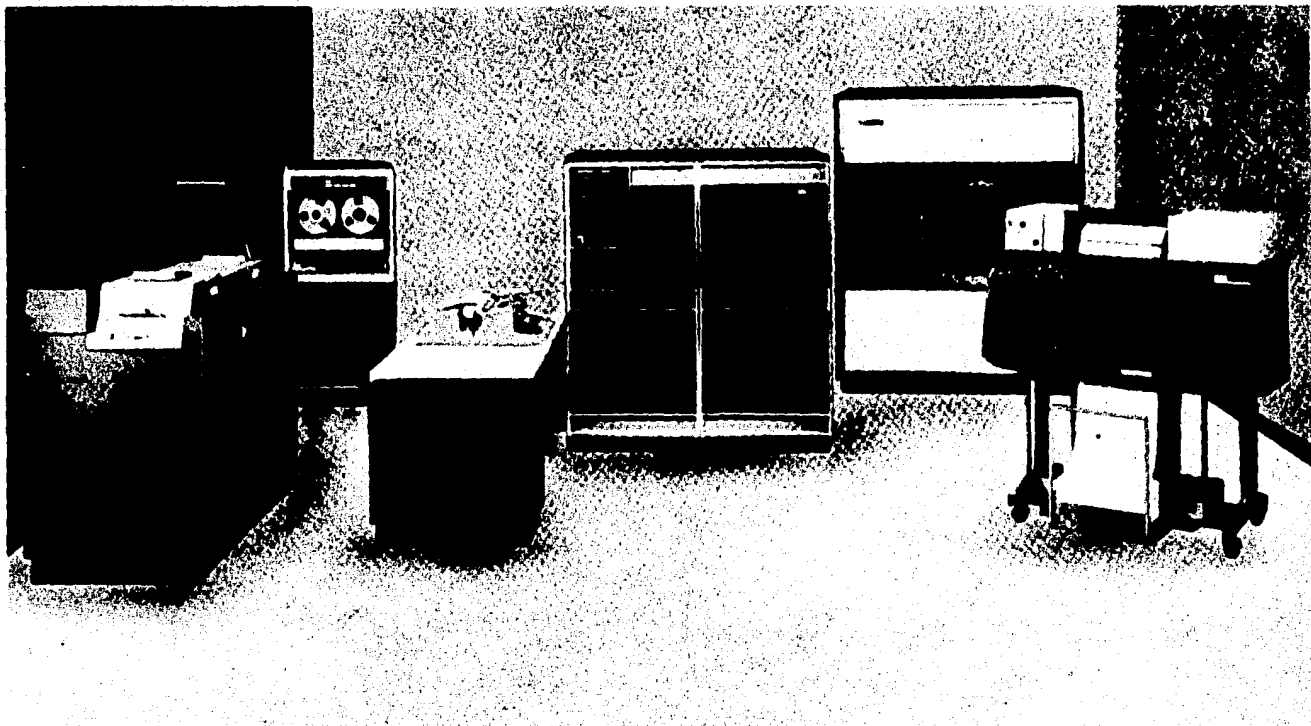


FIG. 4 SISTEMA DE CALCULO ELECTRONICO IBM 1401
DE TIPO CONTABLE.

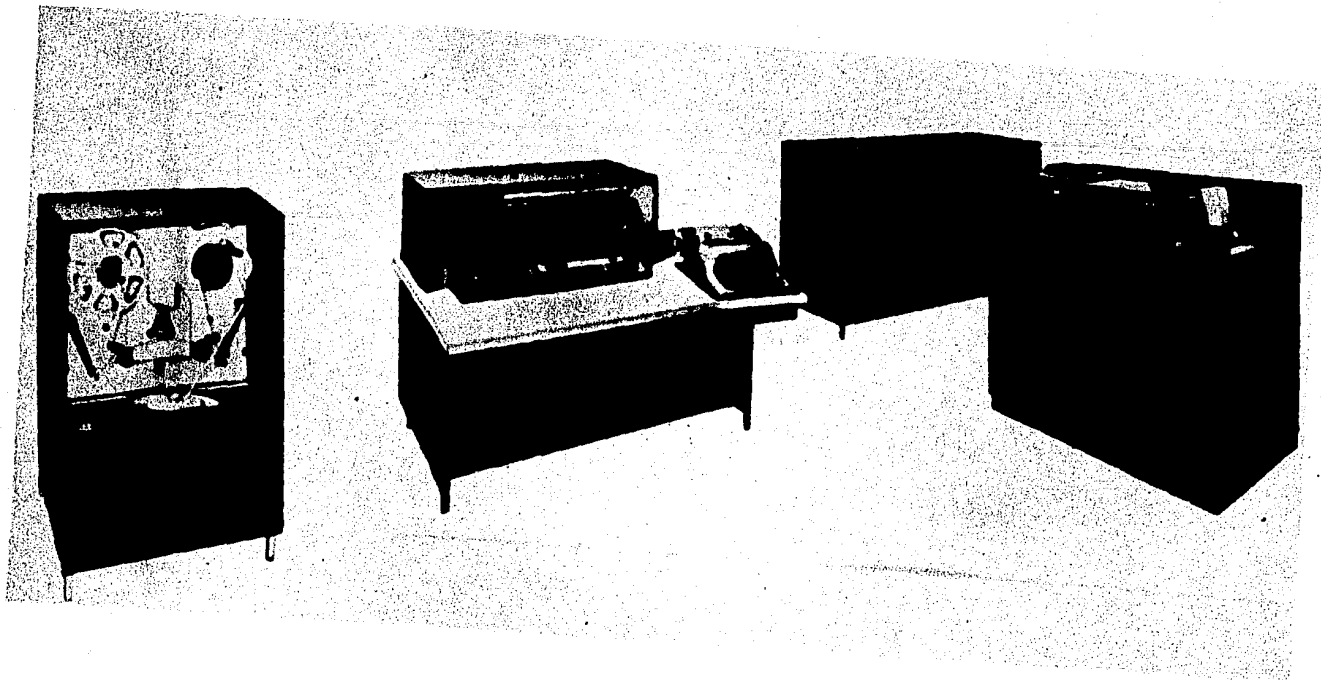


FIG. 5 SISTEMA DE CALCULO ELECTRONICO IBM 1620
DE TIPO CIENTIFICO.

Estas características, permiten hacer un empleo combinado de ellas en el nuevo método; utilizando las del segundo grupo para la determinación del proyecto y las del primer grupo como complemento de la anterior, para dar una mayor rapidez de salida de datos y una mejor presentación de los resultados.

Entre las ventajas que se derivan de la implantación del sistema electrónico, tenemos la simplificación de los procedimientos que se desarrollan automáticamente y a velocidades electrónicas. Es muy importante el ahorro de tiempo y de trabajo que se logra con las computadoras de programa almacenado; según los datos procedentes de los Estados Unidos de América, se necesita treinta veces menos tiempo y el gasto es quince veces menor de lo que sería necesario, procediendo según los métodos tradicionales, trazando perfiles del terreno y los del camino, manejando el planímetro, etc. El tiempo necesario para calcular un perfil transversal es de 12 segundos y para preparar los datos para la computadora, se requieren además de 1 a 1.5 minutos por perfil.

Otra ventaja muy importante que procura este nuevo método, no debe pasar desapercibida, principalmente cuando se dispone de poco tiempo, el ingente trabajo que representa al tener que calcular distintas variantes a un proyecto, desanima e impide que se busque a mejorar su trazo. El estímulo unido a la posibilidad de poder determinar rápidamente el trazo idóneo, sin tomar en cuenta el punto de vista económico, bastaría ya de por sí para recomendar el empleo de este método moderno.

Hasta aquí, he descrito en forma muy general los principales aparatos que se utilizan en el nuevo método Fotogramétrico-Electrónico, para poder relacionar al lector con éstos, cuando hable de sus aplicaciones y forma de operar. Premeditadamente, he omitido hablar de los aparatos auxiliares y accesorios, que juegan un papel muy importante en este método, pero he creído, para su mejor comprensión, hablar de ellos a medida que su necesidad vaya presentándose en la aplicación del método.

Conviene aclarar que todos los equipos que aquí mencione, se han



seleccionado de entre otros muchos, por que nos presentan dentro del - rango de precisión requerida varias ventajas, como por ejemplo: su bajo costo, su fácil operación, su versatilidad y sobre todo su posterior utilización en otras etapas.

Como anteriormente he asentado, para facilitar el estudio de un - camino, se le ha dividido en tres etapas principales: Localización, An - teproyecto y Proyecto Definitivo o Diseño; también he definido, aunque en forma muy general, en que consiste el nuevo método Fotogramétrico-- Electrónico; veamos entonces, en una forma más detallada, como se mate - rializa su aplicación en cada una de las etapas antes dichas.

Preciso es hacer notar, que todo lo que exprese aquí son las expe - riencias obtenidas en otros países al aplicar este método, ya que ac - tualmente en México, su adaptación está en proceso de estudio; sin em - bargo procuraré que esta aplicación, esté lo más apegada posible a las necesidades y recursos del país.

II.- LOCALIZACION PRELIMINAR DE RUTAS, FOTOGEOLOGIA.

Como en toda obra de Ingeniería, su estudio deberá iniciarse con - un reconocimiento, el cual se hará sobre el terreno y sobre cartas o - fotografías existentes.

A este respecto se pueden presentar dos casos:

- 1.- Que de la zona en cuestión no existan mapas o existan solamen - te mapas sinópticos de escalas pequeñas: de 1:300 000 a 1:1 - 000 000.
- 2.- Que existan mapas de escala desde: 1:25 000 a 1:100 000

En el primer caso, si faltan los mapas o están disponibles sola - mente mapas de escalas pequeñas, debe llevarse a cabo un vuelo de reco - nocimiento, que sirve para fijar las direcciones generales de las vías de comunicación planeadas y para elaborar un croquis del terreno, en - el cual se dibujan los puntos destacados (cumbres, cañadas, puertos, - poblaciones, ríos, etc.).

Como al proyectarse una vía de comunicación, debe de tomarse en cuenta, no sólo el carácter socio-económico de la zona, sino que también, debe de considerarse el aspecto técnico y de suelo, estos reconocimientos deben de efectuarlos en conjunto, tanto personal proyectista como de mecánica de suelos.

En el segundo caso, no es muy necesario el vuelo de reconocimiento antes citado, las direcciones generales de la vía de comunicación planeada, así como los puntos destacados, se obtienen de estos mapas. El tamaño de las escalas de estos mapas, permite al personal correspondiente, llevar a cabo sobre ellos, reconocimientos bastante precisos como para realizar un estudio preliminar de la zona. Este reconocimiento dará como resultado la determinación de una zona, en la que deberán quedar comprendidas todas las posibilidades de ruta.

Una vez bien determinada esta zona, se procede a levantarla fotográficamente a una escala de 1:50 000, para lo cual, la altura de vuelo será de 7 500 metros, más la altura media del terreno respecto al nivel del mar, aceptándose variaciones de \pm 5 % de ésta altura.

El ancho de la zona por volar será el que fije el reconocimiento previo, en caso de no poderse determinar, deberá procurarse fotografiar un ancho igual al 30 % de la longitud entre los puntos a conectar.

La zona por fotografiar, deberá ser cubierta con líneas de vuelo rectas y su dirección estará dada, por la dirección general de los puntos por unir; en los casos, en que el aérea por fotografiar sea irregular se subdividirá en zonas, que serán cubiertas con diferentes direcciones de vuelo, en cuyo caso, deberá ordenarse que exista un traslape estereoscópico de las zonas que compongan el total.

Como siempre no debe de perderse de vista el carácter económico, resulta muy conveniente para esta escala, y por su poco peso y su posterior utilización, usar una cámara granangular de alto rendimiento -- (Cámara Wild RC 8), a fin de obtener el menor número de exposiciones de la cámara y por consiguiente, el menor número de fotografías. Las fotografías se toman con un recubrimiento longitudinal de un 60 % y con un recubrimiento transversal del 30 % entre faja y faja.

Una vez expuesta la película, deberá ser turnada al laboratorio para su proceso, indicando la fecha de exposición, cantidad de película expuesta y condiciones de toma. La película deberá revelarse de inmediato y proceder a su revisión después; en caso, de que las fotografías obtenidas no cumplan con las especificaciones requeridas, se notificará al personal de vuelo, para que rectifique el vuelo fotográfico, de lo contrario, se clasificará y se obtendrá tres juegos de copias de contacto, también se hará un mosaico índice de vuelo, del que se reproducirán seis copias.

Las copias de contacto y los mosaicos obtenidos, servirán: para su revisión por los ingenieros encargados del proyecto, para la fotointerpretación geológica y para el proyecto de apoyo terrestre necesario, para la restitución de la zona que indique el estudio de localización. Solamente de ésta zona se obtendrán las placas - diapositivas con base de vidrio - destinadas para la restitución.

El apoyo terrestre consistirá en poligonales o trilateraciones -- ejecutadas con Telurómetro. La altimetría necesaria podrá obtenerse, efectuando una nivelación trigonométrica sobre los vértices escogidos, o ejecutando trabajos de nivelación independientes al trabajo del Telurómetro. Véase programas de cálculo, pág. 55, 57, 59 y 62.

Los trabajos de campo anteriores, serán ejecutados por brigadas de campo, las que estarán provistas de los aparatos siguientes: un Telurómetro MR-2, Tránsitos Wild T-2 y Niveles Wild N-2; para su transporte, éstas brigadas se les dotará de un helicóptero, en los lugares inaccesibles y de un vehículo terrestre, en los accesibles.

TELUROMETRO MR-2. El Telurómetro es un longimetro constituido generalmente de dos instrumentos portátiles como mínimo (se ha previsto utilizar tres instrumentos en algunos casos para obtener mayor rapidez); dichos instrumentos, están montados en un trípode ordinario (igual al que usan los tránsitos). Una de estas unidades se coloca sobre uno de los extremos de la distancia que se debe medir y transmite una serie de micro ondas, la otra unidad situada sobre el otro extremo, recibe estas ondas, las que después de recorrer el circuito de esta unidad, son retransmitidas a la --

unidad original. Ver fig. 6.

- El tiempo que toman las ondas en recorrer la distancia de ida y - regreso - expresada en mil micro segundos - la podemos leer en el oscilógrafo que está en el tablero de instrumentos del aparato. - Estas lecturas pueden ser fácilmente convertidas a kilómetros, metros y centímetros.

- Los operadores toman una serie de lecturas, correspondientes a varias frecuencias y su promedio nos permite obtener una medida exacta. El Telurómetro nos permite medir distancias desde 150 metros hasta 65 kilómetros. Debido a la diferencia en elevación de los dos puntos, la distancia obtenida es una distancia inclinada; por lo que hay que deducir la distancia horizontal correspondiente, - para ello es necesario conocer las respectivas alturas de los dos puntos o su diferencia de alturas, lo que se puede hacer fácilmente, utilizando altimetros o tomando ángulos verticales con un tránsito común.

- Como la velocidad de las micro ondas es afectada por las condiciones atmosféricas a través de las cuales viaja, los operadores de bende tomar la temperatura y la presión barométrica en ambas estaciones y corregir por estos factores, los tiempos de recorrido de las ondas.

- Las unidades son intercambiables e indistintamente, una puede servir tanto como estación trasmisora como reflectora, pues las lecturas se pueden hacer en cualquiera de ellas.

- La distancia que se va a medir debe de estar relativamente librede obstáculos pero no se requiere que los operadores estén a la vista, ellos se comunican entre sí por medio de un radio teléfono que el aparato trae consigo; además, no es necesario que los aparatos al operar estén orientados en una línea recta, bastará que la otra estación no se salga de su haz de acción que es de + 30 - grados, tanto horizontal como verticalmente. La precisión de estos aparatos anda por 1 parte en 300 000 de la longitud + 5 centi

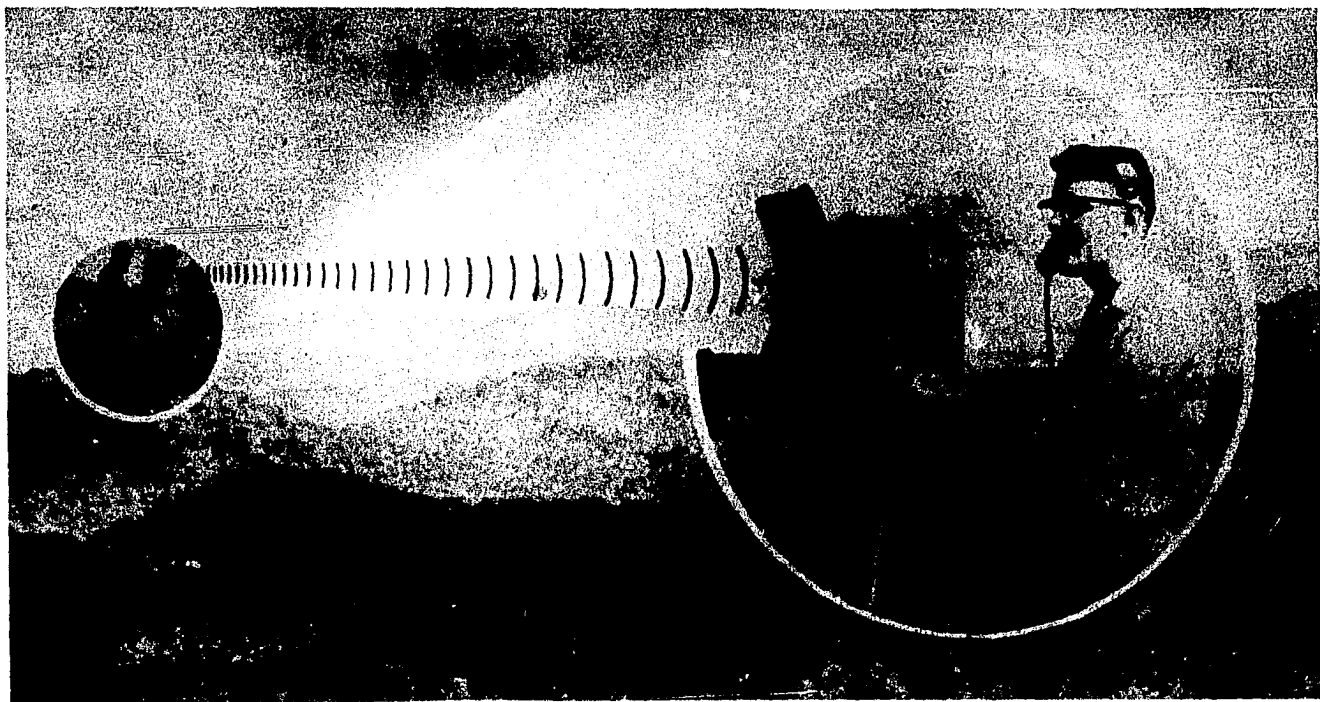


FIG. 6 TELUROMETRO MR-2

metros.

TRANSITO WILD T-2. Este instrumento es apropiado, para todas las triangulaciones, hasta la de tercer orden y eventualmente también las de segundo orden, así como, para las mediciones de detalles - de todas clases, por: taquimetría corriente, taquimetría de precisión, observaciones astronómicas, etc. Ver fig. 7.

- La aproximación de las lecturas sobre los limbos es de 20', pero con el micrómetro óptico podemos leer hasta 1".

Debido a sus características, se ha previsto en este método, que cuando el apoyo terrestre se lleve a cabo en forma de poligonales abiertas, el tránsito servirá, tanto para taquimetría topográfica como para mediciones repetidas de ángulos y, cuando se trate de trilateraciones, sólo se utilizará para la obtención de cotas.

NIVEL WILD N-2. Este instrumento se utilizará para efectuar las nivelaciones necesarias en el apoyo terrestre. Presenta la ventaja que orienta automáticamente su línea de horizonte y garantiza, por ello, observaciones dos veces más rápidas y exactas, sin paraguas de campo y bajo condiciones difíciles, que resultan del tipo de terreno. Su precisión es de ± 2.5 mm. por kilómetro nivelado.

Debido a la extensa zona por levantar y las grandes distancias entre vértice y vértice de la poligonal de apoyo terrestre, se ha pensado en proveer a las brigadas de un helicóptero, para su desplazamiento entre vértices; en estas condiciones, se ha previsto un avance de estas brigadas de unos 30 kilómetros por día; es claro, que esta consideración se hizo bajo buenas condiciones de tiempo, sin embargo, en malas condiciones, queda el recurso de usar una combinación de trabajo, por ejemplo: mientras esté el mal tiempo, se levantará toda la planimetría con el Telurómetro y más tarde, cuando cese el mal tiempo, se procederá a levantar la taquimetría con el Tránsito.

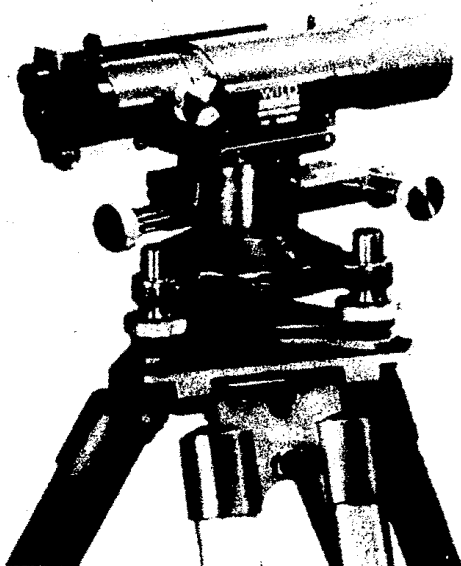
Deberá tratarse de ligar los trabajos efectuados, a vértices geodésicos y a bancos de nivel existentes en la zona; en caso de poligona

Figura para el ensayo de precisión

Centro de observación del nivel

Objetivo del anteojo

Tornillo de movimiento



Tornillo de presión para el nivel

Tornillo de movimiento para el nivel

Tornillo de presión para el nivel

Apoyos del nivel

14

NIVEL WILD N-2

Objetivo del anteojo

Caja del círculo cenital

Tapete de iluminación para el limbo cenital

Tornillo de presión para el limbo cenital

Ocular del anteojo

Prismas del nivel

Tornillo de aproximación para ajuste cenital

Nivel esférico

Ocular de la plomada óptica

Tornillo nivelante de calce



Objetivo del anteojo

Botón para el ajuste cenital

Apoyos del anteojo

Ocular del anteojo

Botón para el ajuste cenital

Nivel de punto horizontal

Tornillo de aproximación acimutal

Movimiento del círculo horizontal

Palanca de presión

20

FIG. 7 TRANSITO WILD T-2

las abiertas, el control angular será llevado por medio de orientaciones de las cuales cuando menos se hará una en cada extremo.

En todos los casos, deberá tenerse presente al proyectar el apoyo terrestre, que este sea el mínimo necesario, ya que con la estereotriangulación se va a incrementar el apoyo terrestre. Como mínimo de puntos de apoyo para una estereotriangulación, de hasta diez modelos, se requiere: dos puntos de tres coordenadas y uno de cota en el primer modelo, dos puntos de tres coordenadas - en la margen superior e inferior - en el último modelo; pero la precisión puede aumentarse bastante si, en el centro de la faja, existen otros dos puntos de cota.

Es muy conveniente por lo que voy a exponer, hacer esta estereotriangulación con el Autógrafo Wild A 7. Este aparato de restitución de primer orden, fué construído especialmente para resolver los principales problemas que en la práctica suelen plantearse en la fotogrametría y que son: la restitución y la estereotriangulación de fotografías tomadas verticalmente desde el aire.

AUTOGRAFO WILD A 7. El Autógrafo es un instrumento universal de precisión, hecho para la restitución estereoscópica de parejas de fotografías impresionadas desde el aire. Ver fig. 8.

- Sirve para el trazado de mapas y planos de todas las escalas, así como la aereotriangulación a partir de negativas o diapositivas - sobre películas o sobre placas de todos los tamaños, hasta el de 23 x 23 centímetros. Su construcción especial le permite ajustar se a todas las distancias focales desde 97 milímetros hasta 215 milímetros, con una precisión de 0.01 milímetros. Se pueden medir, por consiguiente, directamente y sin operaciones intermedias, las fotografías obtenidas con todas las cámaras fotogramétricas usuales, sin necesidad de substituir los objetivos, las cámaras - de restitución o los portafotogramas. Toda distorsión eventual - procedente del objetivo fotográfico, puede quedar anulada mediante placas de compensación óptica.
- El Autógrafo A 7, está basado sobre el principio de proyección mecánica, para transformar las perspectivas centrales en la pro-

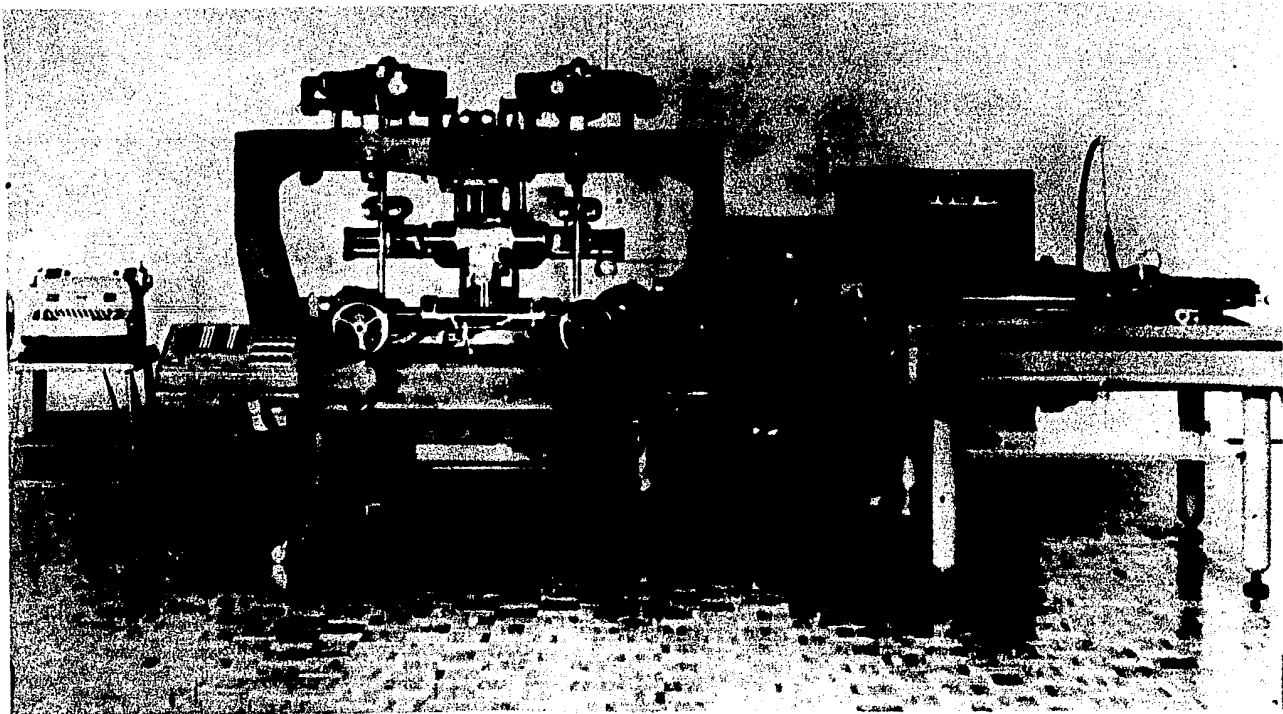


FIG. 8 AUTOGRAFO WILD A 7. PROVISTO DE LA REGISTRADORA
ELECTRICA DE COORDENADAS WILD EK 5

yección ortogonal empleada en cartografía. Este principio mecánico de proyección, con cámaras fijas y guías espaciales mecánicas y móviles, conducidas por un carro de bases, le proporciona muchas ventajas si se le compara con los aparatos de otros tipos.

- Para reproducir las condiciones fotográficas en el aparato de restitución, se requiere reconstituir la "orientación interna" y la "orientación externa" de las vistas fotográficas.
- Para reconstituir la "orientación interna" antes mencionada, la distancia de la imagen en la cámara de restitución se ajusta para que sea idéntica a la distancia focal de la cámara fotogramétrica.
- Para reconstituir la "orientación externa", las dos cámaras de restitución están suspendidas de tres ejes perpendiculares entre sí y de modo que pueden bascular; deben colocarse la una respecto a la otra y respecto a la vertical, en las mismas posiciones relativas ocupadas sucesivamente por la cámara en cada uno de los momentos de verificarse cada una de las exposiciones.
- Para medir la posición de cada uno de los puntos incluidos en la imagen virtual, llamada imagen plástica del modelo, el carro de bases es desplazable en tres direcciones perpendiculares entre sí, mediante un sistema espacial de carros.
- Esos tres movimientos, según los tres ejes de coordenadas, se los puede registrar con un aparato registrador electromagnético. Los movimientos según los ejes X y Y pueden ser además transmitidos a la mesa de dibujo a través de un juego de engranaje multiplicadores, obteniéndose así, el trazado planimétrico del modelo plástico a la escala requerida. Un mecanismo automático hace posible, para todas las razones de multiplicación desde la reducción 3:1 hasta la ampliación 1:8, la transmisión entre el autógrafo y la mesa de dibujo.
- El problema que se plantea para la restitución de un modelo consiste, en ir colocando el índice de medición visto estereoscópicamente,

te sobre aquellos puntos que deban ser definidos según sus coordenadas o, en hacer que dicho índice vaya recorriendo aquellas líneas del terreno que deban quedar cartografiadas.

- Además de servir para la restitución de modelos sueltos, el Autógrafo Wild A 7 se utiliza también para la aerotriangulación, esto es, para la determinación de puntos - para el ajuste - en pares estereoscópicos, para los cuales no se conozcan puntos definidos por mediciones terrestres. Lo anterior es posible, debido a que permite intercambiar en los oculares la imagen de la izquierda -- con la de la derecha y viceversa, bastando para ello manejar una palanca; esto procura una impresión estereoscópica continua del espacio.

Las estereotriangulaciones o "puentes" serán ejecutadas y resueltas totalmente en forma analítica; los puntos de apoyo que se incrementen deberán ser identificados con la claridad necesaria para permitir su utilización en la restitución fotogramétrica, que se llevará a cabo en este caso en restituidores Kelsh. Dada la escala de las fotografías a utilizarse, deberá ponerse especial cuidado en la corrección de los errores: por curvatura de la tierra, por refracción y por manejo del operador.

El aparato apropiado para la estereotriangulación es el Autógrafo Wild A 7 anteriormente descrito, porque además de ser un aparato de restitución de primer orden y de permitir la lectura de las coordenadas de cada punto de apoyo, permite registrar automáticamente por escrito éstas, cuando se le agrega un dispositivo eléctrico complementario: el Registrador de Coordenadas EK 5.

LA REGISTRADORA ELECTRICA DE COORDENADAS WILD EK 5, anota automáticamente en escritura corriente y en tarjetas o cintas perforadas, las coordenadas del instrumento de restitución, de las que - antes, debía tomarse lectura en los mecanismos contadores, para anotarlos seguidamente. Ver fig. 8.

- Esta registradora está constituida por los instrumentos siguientes:

- 1.- Pupitre de mando.
- 2.- Armario de relés.
- 3.- Perforadora de cinta o tarjetas.
- 4.- Máquina de escribir.

- El registro de las tres coordenadas de un punto en el espacio, se efectúa mediante una sola pulsación sobre un botón del tablero de mando. Al oprimir este botón, los mecanismos de contacto reciben la corriente eléctrica; la posición de estos mecanismos es transmitida instantáneamente a los relés de acumulación. Esta acumulación de los datos del registro tiene por efecto que el autógrafa_ quede bloqueado, durante 5 décimos de segundo, en la operación de registrar.

- La posición de los mecanismos de contacto es transmitida seguidamente, de los relés de acumulación a una máquina de escribir eléctrica, la cual la anota en forma de cifras. Los mismos impulsos_ de registro son recibidos por un aparato perforador de tarjetas.

Debido a que las coordenadas de los puntos que se obtienen, están referidas al sistema del autógrafo, preciso es, transformarlas al sistema de coordenadas rectangulares o polares, para ser aprovechadas en la restitución.

La forma, de presentar la registradora las coordenadas del autógrafa, por medio de tarjetas perforadas, facilita el procesamiento de transformación de coordenadas por parte de las computadoras. Una vez que se ha efectuado esta transformación, se procede a corregirlas por: refracción, curvatura de la tierra y manejo del operador; utilizando - para ello, otra vez la computadora electrónica, la que nos dará en esta ocasión, las coordenadas definitivas. Ver programa de cálculo, pág. 60.

Con las coordenadas de los puntos de apoyo y las diapositivas de la zona previamente determinada, se procede a la elaboración de un plano topográfico a la escala de 1:10 000, con curvas de nivel cada 10 metros, valiéndonos para ello, de los aparatos de restitución, Kelsh Plotter.

Es indudable que, actualmente existen aparatos de restitución de segundo orden más precisos que el Kelsh, sin embargo, son mucho más caros; además, debido a la escala del plano a elaborar, el Kelsh nos da la precisión requerida y, si a esto agregamos, que es un equipo muy fácil de operar y que la Secretaría de Obras Públicas ya cuenta con él, resulta muy conveniente entonces recomendar su utilización en esta etapa del método.

EL KELSH PLOTTER, es un aparato de restitución de segundo orden, está constituido principalmente por: Ver fig. 9.

- 1.- La armazón de la mesa.
- 2.- La pizarra (superficie plana de la mesa).
- 3.- La armazón de apoyo.
- 4.- La armazón de rieles de los proyectores.
- 5.- Dos conjuntos de proyectores.
- 6.- Dos varillas guías.
- 7.- Dos sistemas de iluminación.
- 8.- La mesilla trazadora con su platina.
- 9.- El pantógrafo.

- El Kelsh reproduce la forma natural del terreno a una escala en miniatura, por medio de doble proyección óptica; las imágenes proyectadas corresponden a dos fotografías aéreas traslapadas y debidamente orientadas entre sí.
- La luz, que sale de una lámpara, pasa a través de un filtro monocromático, se proyecta sobre una diapositiva de vidrio, se condensa en el punto de apertura del lente del proyector y forma por último, una imagen en la platina de la mesilla trazadora.
- Se usan simultáneamente dos proyectores, uno con filtro rojo y el otro, con filtro azul verdoso; para ver el anaglifo, el observador usa anteojos que tienen los mismos colores, de este modo se permite a cada ojo, observar sólo una de las dos proyecciones, lo que nos permite apreciar la imagen estereoscópicamente.
- Una marca flotante en el centro de la platina sirve para las mediciones sobre el modelo espacial. El movimiento vertical de la mar

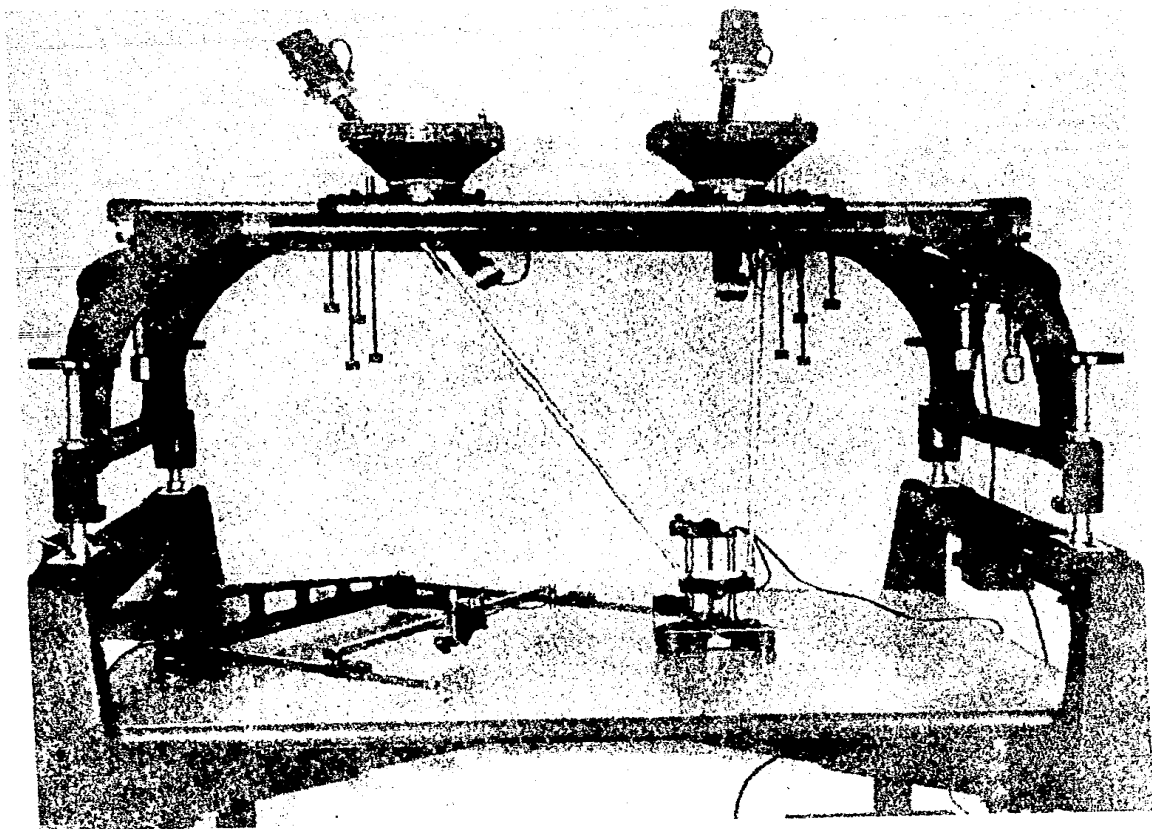


FIG. 9 EL KELSH PLOTTER

ca flotante, puede obtenerse levantando o bajando la platina; este movimiento se mide en una escala que indica la altura. Los detalles planimétricos se determinarán dirigiendo la mesilla trazadora que soporta a la platina, de tal manera, que la marca siga la forma o curva de nivel que se esté trazando.

- El Kelsh es un instrumento de un sólo modelo, ocasionalmente sin embargo, cuando se le agrega otro conjunto de proyector, se convierte en un instrumento de dos modelos. Cada proyector tiene un movimiento de traslación a lo largo del eje X, el recorrido de este ajuste es coincidente con la línea de vuelo; tienen además, un movimiento de rotación alrededor de los ejes, X, Y y Z.
- El modelo estereoscópico que se forma en el Kelsh, tiene cualidades favorables de iluminación, resolución y ampliación. De acuerdo con estudios estadísticos de comprobación de la exactitud de su restitución, el factor "C" utilizable del Kelsh anda entre 850 y 1 200; por otro parte, este aparato permite una ampliación de la escala de foto, desde 3.5 a 6 veces.

Con el objeto de reducir los trabajos del dibujo correspondiente, los planos obtenidos directamente de los Kelsh, se harán sobre una película especial (Cronaflex), que sólo requieren el retoque de las curvas de nivel y los detalles planimétricos existentes, sin necesidad de pasarlos a la tela de calca, para obtener copias, esta película tiene la gran ventaja de ser indeformable.

Sobre el plano topográfico a escala 1:10 000 y con curvas de nivel a cada 10 metros, se procede a dibujar las posibles rutas que nos resuelvan el problema. Al escoger estas alternativas no deberá de perderse de vista que cumplan con las condiciones de: pendiente, velocidad, pasos obligados, etc., que fueron considerados al planear el camino. Solamente después de estar seguro de que cada alternativa cumpla con las instrucciones estipuladas, se procederá a hacer un estudio comparativo de ellas, bajo el punto de vista económico.

Debido a que el costo total del camino depende principalmente de la longitud del camino y del movimiento de tierras, el plano topográfico

co nos permitirá llevar a cabo este estudio aproximado para cada una de las rutas escogidas.

Como para la selección de las rutas, además de la topografía del terreno, es indispensable conocer: su naturaleza geológica, los problemas de mecánica de suelos que puedan presentarse y los de carácter hidrológicos, se hace necesario efectuar un reconocimiento visual de las rutas escogidas, valiéndonos para ellos de aviones o helicópteros y, auxiliándonos de vehículos, en los casos en que requieran una atención especial y verificar la fotointerpretación geológica e hidrológica.

El estudio de todos los datos anteriores, nos permitirá conocer en forma aproximada las ventajas y desventajas que presentan cada una de las alternativas, con lo que estaremos en posibilidad de escoger la o las más convenientes; esto último, en caso de que dos alternativas reúnan idénticas condiciones y que con los datos actuales no se pueda definir la solución más adecuada.

I.- ANTEPROYECTO DE RUTAS, COMPARACION DE DIFERENTES SOLUCIONES, RECONOCIMIENTO DEL EJE ELEGIDO, SONDEOS.

Con los resultados de la primera etapa, contamos ya con los elementos necesarios para llevar a cabo un estudio mejor orientado hacia la solución definitiva, pues nos permite concentrar los estudios a una o dos fajas de terreno cuyas características topográficas, geológicas, hidráulicas y de calidad de suelos, puedan definirse descartando cualquier otra posibilidad.

En las rutas seleccionadas se procede a efectuar un segundo apoyo terrestre; el cual consistirá en el levantamiento de una poligonal con vértices situados aproximadamente a unos 300 metros a ambos lados del probable eje del camino. Los puntos de apoyo deberán ser perfectamente identificables desde el aire y deberán estar señalados en tal forma y a un tamaño adecuado, a fin de que puedan identificarse plenamente en las fotografías que posteriormente del terreno se tomen.

Las brigadas de apoyo terrestre en esta ocasión, estarán constituidas

das por el mismo número de personas y provistas de igual equipo que se usó en la etapa anterior al levantar la poligonal. Como esta poligonal se llevará muy cerca al trazo del camino, se prevé obtener un rendimiento apenas de unos 3 kilómetros por día, sin embargo, se obtendrá una mayor precisión en esta etapa del trabajo.

Al terminar el trabajo anterior se procederá a efectuar un nuevo vuelo fotográfico, siguiendo las rutas escogidas; la escala de la fotografía de este vuelo será de 1:10 000 y en ellas deberán aparecer los puntos de apoyo puestos por las brigadas. El equipo necesario para -- realizar este trabajo, será el mismo que se consideró para el primer - vuelo. Resulta muy conveniente volver a utilizar en esta ocasión la - Cámara Fotogramétrica Wild RC 8, porque su distorsión radial es de sig no contrario a la del aparato Balplex, que aprovechará estas fotos.

Inmediatamente después de llevar a cabo este vuelo, se realizará el revelado, inspección y clasificación de la película, en igual forma que se hizo para el primer vuelo. Después de revelada la película, se obtendrán las diapositivas por proyección en base de vidrio, utilizando para ello, un aparato Reductor, que nos permitirá obtener, de las negativas cuyas dimensiones son de 23 x 23 centímetros, diapositivas de un tamaño de 8.2 x 8.2 centímetros, para su utilización en el Balplex.

Posteriormente, se aprovechará la película para lograr las copias de contacto en papel; de cada negativo se sacarán tres juegos de fotografías, las que servirán para afinar los estudios de suelo, interpretación geológica y el proyecto.

El BALPLEX es un aparato de restitución de segundo orden, bastante semejante en construcción y apariencia al Kelsh Plotter, sin embargo, difiere de él en muchos aspectos. Ver fig. 10.

- El Balplex de que se dispondrá, a diferencia del Kelsh, contiene 4 proyectores, lo que hace de él, un instrumento de 3 modelos; ca da proyector puede efectuar independientemente 6 movimientos: 3 - de traslación y 3 de rotación, sobre los ejes X, Y y Z.

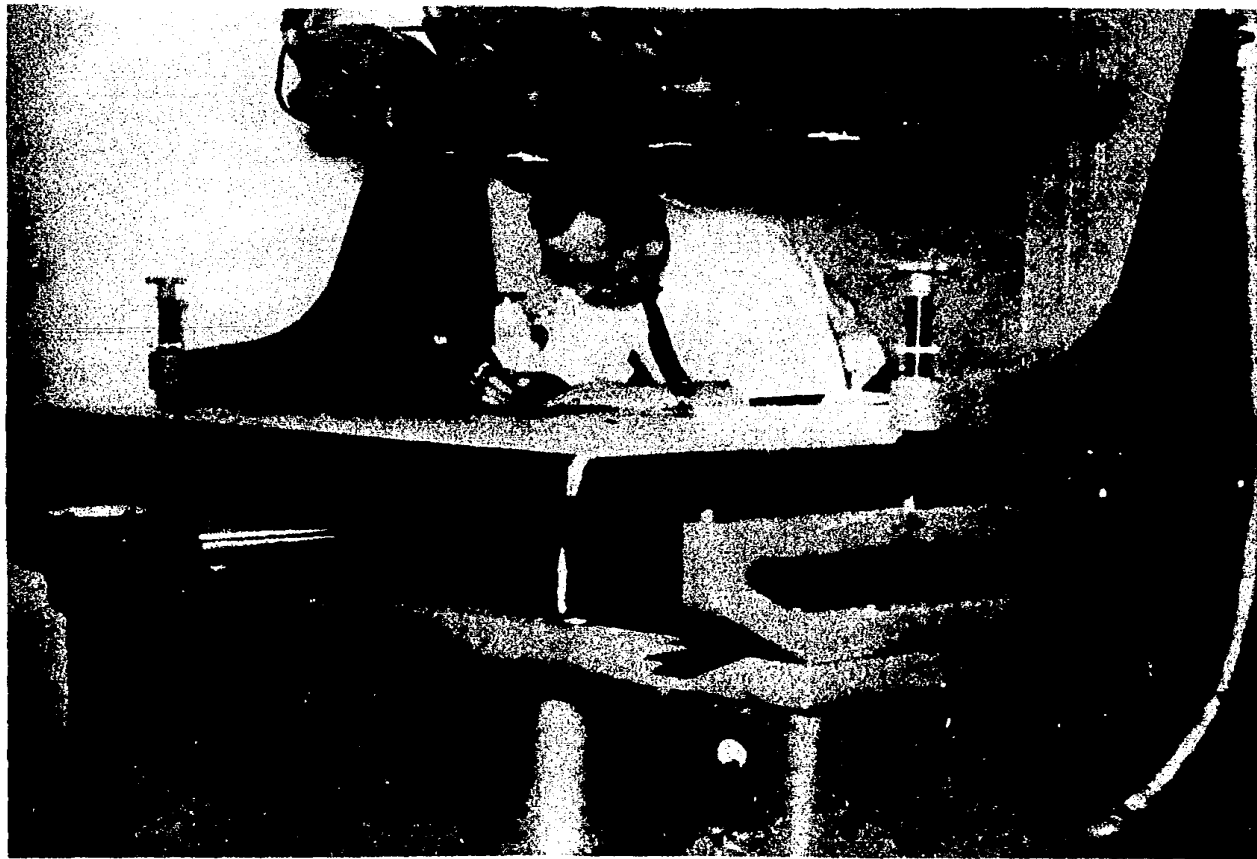


FIG.10 EL BALPLEX PLOTTER

Debido a la fuerte intensidad de luz de los proyectores, misma -- que es necesaria para poder proyectar toda la imagen de la diapositiva en la mesa, hace necesario que estos posean un sistema de enfriamiento, para evitar el recalentamiento.

- La mesilla trazadora con su platina es de igual forma a la utilizada en el Kelsh, pero difiere de ésta, en que no está sujeta a las varillas guías, lo que le permite utilizar más de una y desplazar las independientes.
- Las imágenes proyectadas por dos proyectores adyacentes, que están relacionados entre sí en su orientación, crean de nuevo la relación geométrica que existía entre los rayos de luz en el momento de la exposición. Cuando se observa el anaglifo a través de lentes dicromáticos, aparece ante los ojos del observador un pequeño modelo en relieve del terreno fotografiado. Este modelo se forma cuando los rayos de luz de las dos imágenes se intersectan en el espacio en la misma relación geométrica a la que tenían los rayos de luz reflejados desde el terreno al tomarse las fotos. Las intersecciones de los rayos están en el mismo plano horizontal para aquellos puntos que tienen igual elevación.
- El Balplex permite levantar horizontalmente el plano de comparación - mesa - hasta llevarlo a la altura promedio de los modelos y poder apreciar toda la fotografía en relieve. El modelo espacial puede inclinarse, sin perturbar las posiciones relativas de los proyectores.

Las diapositivas se proyectan en el Balplex, el que amplía 3 veces la escala del negativo o 9 veces la de las diapositivas reducidas, obteniéndose por ello, una reproducción estereoscópica a escala 1:3 000 cubriendo los tres modelos un área de 4 kilómetros de largo por 2.5 kilómetros de ancho, al considerar el 60 % de sobreposición entre fotos.

El empleo de este aparato nos proporciona la enorme ventaja, de que sobre las proyecciones de las fotografías estereoscópicas, es posible obtener perfiles deducidos y movimientos de tierra aproximados; en

estas condiciones, estamos en capacidad de efectuar fácilmente un estudio preliminar de la o las rutas, a fin de proceder a una eliminación de ellas.

El estudio aproximado de las diferentes alternativas bajo el punto de vista de, cálculo de razante y movimiento de tierras, puede efectuarlo un ingeniero y un ayudante y, tener un avance de unos 3 kilómetros por turno. Este estudio nos permitirá determinar en una forma definitiva la ruta más conveniente.

De la ruta seleccionada, se procede a efectuar un plano topográfico a una escala 1:2 000, con curvas de nivel a cada metro o dos, según la topografía del terreno. En la elaboración de este plano se utilizará un aparato de restitución de segundo orden: el Estereocartógrafo A 8, con el que se llega a obtener en la elaboración de este plano, una tolerancia del orden de los 50 centímetros. Para ser posible dicha -- restitución con este aparato, previamente se elaboraron las dispositivos, por contacto de tamaño 23 x 23 centímetros, correspondientes a la ruta seleccionada.

Esta faja topográfica tendrá un ancho medio de unos 300 metros, - lo cual se traduce en una gran economía, ya que la operación de restituir es bastante costosa y ésta, se ha reducido al mínimo con el empleo del Balplex.

EL ESTEREOCARTOGRAFO WILD A 8, siendo un aparato de restitución de segundo orden, su empleo en esta etapa se justifica principalmente por su alto rendimiento en el trazado cartográfico con respecto a otros aparatos de igual orden y por su bajo costo, con respecto a los de primer orden. Ver fig. 11.

- El estereocartógrafo es un aparato de restitución de gran precisión, de una construcción sencilla y especializado para la restitución de fotografías aéreas impresionadas verticalmente. En la práctica se le emplea para la elaboración de planos a escala 1:1 000 y menores.
- Las normas y directrices para su construcción fueron: el incremento

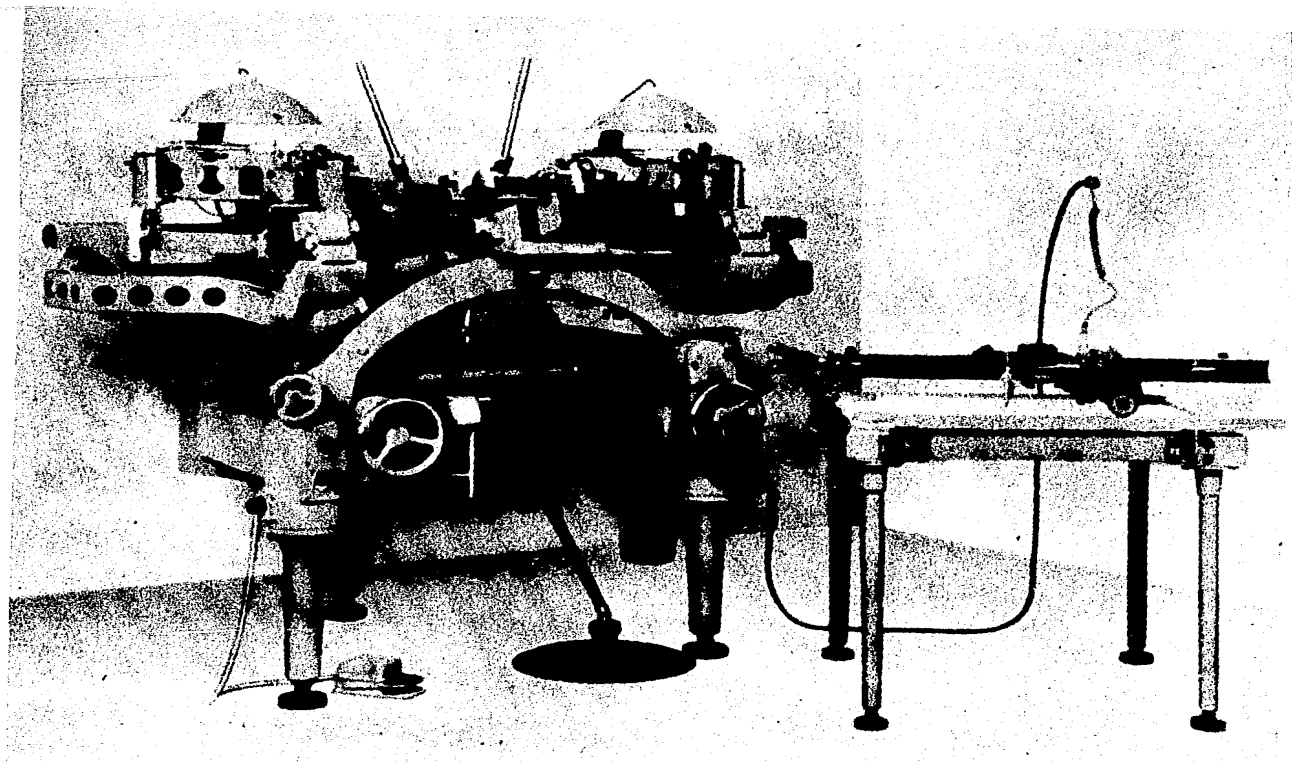


FIG. II EL ESTEREOCARTOGRAFO WILD A 8

to de la precisión, el aumento de la relación de multiplicación entre la fotografía y el trazado planimétrico y el perfeccionamiento de su óptica de observación.

- El sistema de observación frontal transmite al observador una impresión correcta del relieve, debido a ello, no se presentan defectos de astigmatismo en los ángulos de la imagen, cuando se emplean placas compensadoras.
- Toda distorsión eventual procedente del objetivo fotográfico, puede ser corregida con la mayor exactitud mediante placas compensadoras; estas placas se incorporan a los porta placas y pueden ser adaptadas individualmente a la distorsión de un objetivo determinado.
- Debido al principio de restitución mecánica que sirve de base a su construcción, es posible introducir cualquier distancia focal de 98 hasta 215 mm. con una aproximación de 0.01 mm., guirando sencillamente una manivela.
- Este aparato a igual que el Autógrafo A 7, el carro de bases es desplazable en tres direcciones perpendiculares entre sí, X, Y y Z, para medir la posición de un punto de la imagen virtual. Los movimientos de traslación horizontal X y Y gobernados por las ruedas de manivela, se transmiten a través de los engranajes multiplicadores, a la mesa de dibujo, y tienen igualmente, una aproximación en la lectura para las coordenadas del modelo de 0.01 mm. En cambio para reconstituir las orientaciones de las cámaras de restitución, cada cámara consta solamente de, un movimiento de traslación sobre el eje X y movimientos de rotación alrededor de los ejes X, Y y Z.
- El movimiento de traslación correspondiente al eje Z, puede levantarse o bajarse mediante el disco de pedal situado debajo del aparato. En el dispositivo de sujeción correspondiente a este movimiento puede colocarse a voluntad una de las 15 escalas de cristall con divisiones en metros o en pies. Dichas escalas son pro--

Sección, muy sencilla, sobre la cual se explicará que se debe
estar en la vista del operador.

Con el Estereocorrelógrafo A B se pueden representar todos los terrenos
pequeños y sencillos. Sobre el aparato y la forma de dibujo, véase
El Tratamiento de las fotografías, sección del punto 1.º, los dos págs.
pueden apreciar cómo las disposiciones de todos los aparatos difieren
en la práctica, desde la sección número 20 del 1.º, que es el
límite superior de la capacidad del aparato.

Con el trazo del estereocorrelógrafo (línea sobre el plano representativo
según el 1.º párrafo de las disposiciones A B, línea que
representa el plano del terreno). Debido a la precisión con que
se ha hecho dicho trazo, es posible proyectar en tierra, que se siguen
más que en el plano, como delineación y en relieve, con ligeros errores que se
afinarán posteriormente.

Pero a pesar de los resultados dados del plano, que nos permite afirmar
el trazo, se hace necesario comprobar y verificar dicho trazo, con lo
que se efectúa un reconocimiento o inspección en terreno, el que se hace
tanto por personas de propósito como geólogos, con el objeto de
inspeccionar la obra ideada y hacer ocasión de afirmar los detalles o
retificar el trazo.

CONCLUSIONES.-

En general, los lineamientos que se pudieran expresar respecto al
estudio de suelos, que requiere la construcción de un camino con este
método, vaciarán muy poco respecto a las instrucciones que se siguen en
el método convencional. Por ello, la mayoría de las conclusiones que ex-
prese aquí, serán las funciones que ejecutan las máquinas de laboratorio,
ampliándose cuando sea necesario a las características especiales
que este nuevo método nos brinda.

A pesar de que a esta altura del estudio, nos es conocida la natu-
raleza del terreno por el cual atravesará el camino proyectado, este
conocimiento obtenido en la etapa de localización, debido a la forma

yectadas muy ampliadas sobre un cristal esmerilado que se encuentra a la vista del operador.

Con el Estereocartógrafo A 8 se pueden restituir todas las escalas pequeñas y medianas. Entre el aparato y la mesa de dibujo, tiene 13 relaciones de multiplicación; desde 4:1 hasta 1:4, las que permiten restituir todas las diapositivas de todas las escalas usuales en la práctica, hasta la escala máxima de 1:1 000, que es el límite superior de la capacidad del aparato.

Con el trazo del anteproyecto final sobre el plano topográfico a escala 1:2 000 obtenido con los Estereocartógrafo A 8, finaliza esta segunda etapa del proyecto del camino. Debido a la precisión con que se ha hecho dicho plano, es posible proyectar un trazo, que en algunos casos quedará como definitivo y en otros, con ligeros errores que se afinarán posteriormente.

Pero a pesar de la escala grande del plano, que nos permite afinar el trazo, se hace necesario comprobar visualmente dicho trazo, por lo que se efectúa un reconocimiento o inspección del mismo, el que es ejecutado tanto por personal de proyecto como geólogos, con el objeto de inspeccionar la ruta elegida y tener ocasión de afinar los detalles o ratificar el trazo.

SONDEOS.-

En general, los lineamientos que se pudieran expresar respecto al estudio de suelos, que requiere la construcción de un camino con este método, variarán muy poco respecto a las instrucciones que se sigan en el método convencional. Por ello, la mayoría de los conceptos que exprese aquí, serán las funciones que ejecutan las brigadas de laboratorio, amoldándolos cuando sea necesario a las características especiales que este nuevo método nos brinda.

A pesar de que a esta altura del estudio, nos es conocida la naturaleza del terreno por el cual atravesará el camino proyectado, este conocimiento obtenido en la etapa de Localización, debido a la forma -

en que se obtuvo - estudio fotogeológico - resulta muy poco preciso y superficial, lo que no nos permite determinar las características del suelo debajo de la superficie del terreno. Esto último, sólo es posible de obtener por medio de sondeos efectuados sobre el posible eje -- del camino.

El éxito de conocer exactamente la estratigrafía del perfil de la ruta elegida, dependerá de la forma en que se planeen y realicen estos sondeos. Por lo cual, serán de mucha utilidad las fotografías aéreas, sobre las cuales es posible escoger y señalar los lugares en donde se requieren los sondeos.

Sobre el trazo definitivo y considerando el perfil del terreno y la probable sub-rasante, el jefe del laboratorio, que coordina los trabajos de sondeos, determinará la profundidad y los lugares en donde de ban efectuarse los sondeos necesarios, que definan el perfil de suelos.

La cantidad de sondeos necesarios, que se harán tanto en los cortes como en los préstamos, variará de acuerdo con lo homogéneo o heterogéneo de los materiales que los constituyen; ocurriendo regularmente que, en los préstamos, los materiales generalmente permiten que se lleven a cabo más espaciados y menos profundos, que en los cortes.

Los sondeos sobre el trazo elegido, determinan los estratos que forman el perfil del suelos, pero en ocasiones se hará necesario efectuar sondeos transversales al trazo, con objeto de definir la posición e inclinación de los estratos, pues ello, será muy necesario para que la ubicación de cortes por parte de las computadora, sea más real.

Los sondeos que se llevan a cabo en las zonas en que se prestará lateralmente para construir los terraplenes son, como se cita anteriormente, más espaciados y a ambos lados del trazo del camino, ya que en el 80 % de los casos de préstamos laterales, los materiales no presentan variaciones considerables, de tal suerte que en tramos largos, un espaciamiento de 200 metros entre cada sondeo es suficiente. En los casos de préstamos laterales que contengan una diversidad de materiales, es menester efectuar sondeos a menor distancia entre sí y a mayor

profundidad que los anteriores. Ahora bien, como no siempre los materiales de los préstamos laterales, son de buena calidad o su volumen no es suficiente para construir los terraplenes proyectados, queda el recurso de tomar materiales de bancos, por lo que se impone nuevamente incrementar los sondeos y muestreos, para: localizar, delimitar y ubicar los bancos que se requieran.

De cada sondeo, el laboratorio determina el coeficiente de abundamiento o reducción de los materiales. Las muestras obtenidas son llevadas al laboratorio para la determinación de su granulometría, lo que nos da idea de la trabajabilidad del mismo en la obra y nos indica, la ubicación que se le dará al material en el terraplén, así como el equipo adecuado para compactarlo.

Una parte de la muestra fraccionada, pasa a ser sometida a la prueba "Proctor" en el laboratorio, la que nos permitirá conocer los pesos volumétricos seco máximo y el contenido de agua máximo de la muestra. Al mismo tiempo, se le hace la prueba "Porter" a la muestra, para determinar su valor relativo de soporte el cual viene siendo la capacidad de carga del suelo. Este dato es básico para determinar el espesor necesario de las sub-base y base del camino, para que las cargas transmitidas por los vehículos no afecten a la terracería. La prueba "Porter" también está indicada específicamente para determinar los pesos volumétricos de los materiales gravosos o arenosos.

La fracción final de la muestra se utiliza para las pruebas de Límites de Atterberg y obtener los valores correspondientes a: límite líquido, límite plástico, límite de contracción, índice de plasticidad e índice de contracción, lo que nos orientará para la elección del equipo de compactación.

Con el conjunto de las pruebas anteriores, calculadas y tabuladas, obtenemos los datos para el proyecto, tales como: materiales aprovechables o eliminables, compactaciones de proyecto, coeficiente de abundamiento o reducción para aplicarlos al estudio de movimientos de tierra, y clasificación de los materiales por su grado de dureza. Estos datos serán muy importantes para el proyecto definitivo y, deberán alimentar

se con ellos a las computadoras, a fin de que nos puedan determinar su costo definitivo.

En ciertos países en donde se está aplicando este método, efectúan sondeos sobre el trazo elegido a cada 20 metros y transversalmente hacen 2, 3 y hasta 7 sondeos, con el objeto de conocer perfectamente la estratigrafía del suelo, obteniendo con ello, que los cálculos que nos proporciona la computadora estén lo más pegados a la realidad. Aplicar lo anterior a nuestro medio, parecería a primera vista muy costoso, sin embargo, cabría aquí hacer un estudio económico, a fin de determinar lo más conveniente: si hacer esta clase de sondeos o obtener resultados con una tolerancia más amplia.

La importancia de conocer la estratigrafía exacta del suelo, es tal, que a veces será un factor determinante para decidir, cual de dos rutas sea la más conveniente, si todavía los datos anteriores, no nos han permitido seleccionar la más conveniente.

Como no se encuentra materializado en el terreno el trazo del camino, deberá procederse a referir, por distancia y ángulo, los sondeos que se efectúen a los vértices de la poligonal de apoyo, o identificarlos en las fotografías o en el plano.

IV.- DISEÑO DE LA ALTERNATIVA OPTIMA, DRENAJE, ESTUDIOS ESPECIALES, CALCULO ELECTRONICO Y COSTO DEL PROYECTO.

A.- DISEÑO DE LA ALTERNATIVA OPTIMA, DRENAJE Y ESTUDIOS ESPECIALES.

Después de que se ha dibujado el trazo del camino sobre el plano de escala 1:2 000 y deducido su perfil respectivo sobre el que trazamos una sub-rasante tentativa, procedemos a obtener de éste, los datos necesarios para que la computadora electrónica nos pueda revisar el trazo respectivo, conforme a las especificaciones que el camino deba satisfacer.

Para que la computadora realice lo anterior, es necesario elaborar un programa especial de cálculo, el cual se detalla a grandes rasgos, al final del presente capítulo.

Una vez satisfecho el anterior requisito, que nos determinó que el trazo es correcto, tanto en su alineamiento horizontal como vertical, se procede a localizar matemáticamente este proyecto mediante el mismo programa. Ver programa de cálculo, pág. 64.

En estas condiciones y, sobre el anteproyecto aceptado como definitivo, se lleva a cabo en el campo una nueva poligonal de apoyo. Los lados de esta poligonal serán aproximadamente de 300 metros de longitud, situando sus vértices lo más cerca posible al trazo, a fin, de que nos permita obtener la máxima precisión, requerida en esta última etapa del estudio de un camino.

Esta poligonal, constituirá la base en que se apoyará la localización de todo el estacado del trazo definitivo, por lo que sus vértices, deben quedar lo suficientemente alejados del trazo, para que no sean afectados por los trabajos de construcción y visibles desde el eje del camino, para su referencia cuando se la requiera.

La poligonal se trazará empleando los instrumentos siguientes: el Geodímetro para la medición de los lados de la poligonal, el Tránsito para medir los ángulos horizontales y el Nivel para los trabajos de altimetría. Con una brigada de apoyo y utilizando un Geodímetro con dos reflectores, se puede obtener un avance aproximado de 3 kilómetros por día, ya que no se le proveerá de helicóptero.

EL GEODIMETRO 4B es un instrumento óptico-electrónico, diseñado para medir distancias con extraordinaria exactitud y rapidéz.

- El sistema del Geodímetro está constituido de la forma siguiente:
 - 1.- El geodímetro propiamente dicho. Ver fig. 12.
 - 2.- El trípode.
 - 3.- Una unidad de fuerza.
 - 4.- Un sistema reflector.

- El Geodímetro mide distancias indirectamente, determinando el tiempo requerido para que un rayo de luz vaya del Geodímetro, colocado en un extremo del lado por medir, al reflector, situado en el otro

y, regrese al Geodímetro.

- La medida del tiempo es efectuada contando el número de ondas completas que propaga el rayo de luz y la fracción necesaria para -- llegar a la estación receptora. La fracción se determina utilizando una variable conocida, un retardador eléctrico en el Geodímetro, hasta determinar una relación entre las ondas reflejadas y la señal interior de referencia. Esta condición es mostrada en un "indicador de ceros". El número total de ondas, es determinado repitiendo la medición en otra dos frecuencias. Si el Geodímetro se mantiene fijo y el reflector se aleja o aproxima, se obtendrán estas lecturas nulas a intervalos regulares; estos intervalos estarán determinados por la modulación de frecuencias.

- Si llamamos como L1, L2 y L3, las lecturas que hacemos en el Geodímetro al medir una distancia determinada e, identificamos como U1, U2 y U3 sus respectivas longitud de onda, tenemos que la distancia exacta la podemos determinar por la fórmula siguiente:

$$D = nU + L.$$

En donde "n" es al número de ondas completas y se la puede determinar, conociendo la distancia con una aproximación de 2 000 metros.

- Como la distancia "D" obtenida por el Geodímetro, es una distancia inclinada, es necesario reducirla al horizonte, para lo cual, es muy conveniente valernos del tránsito para determinar el ángulo vertical.
- El sistema reflector consta de uno, tres o siete prismas retrodirectivos, variando el número con la distancia y la visibilidad. Cada prisma refleja los rayos paralelamente a la dirección de incidencia.
- Para largas distancias, en que una unidad de siete prismas no es suficiente, se adaptan tres unidades de siete prismas en una montura común, formando una unidad de 21 prismas.

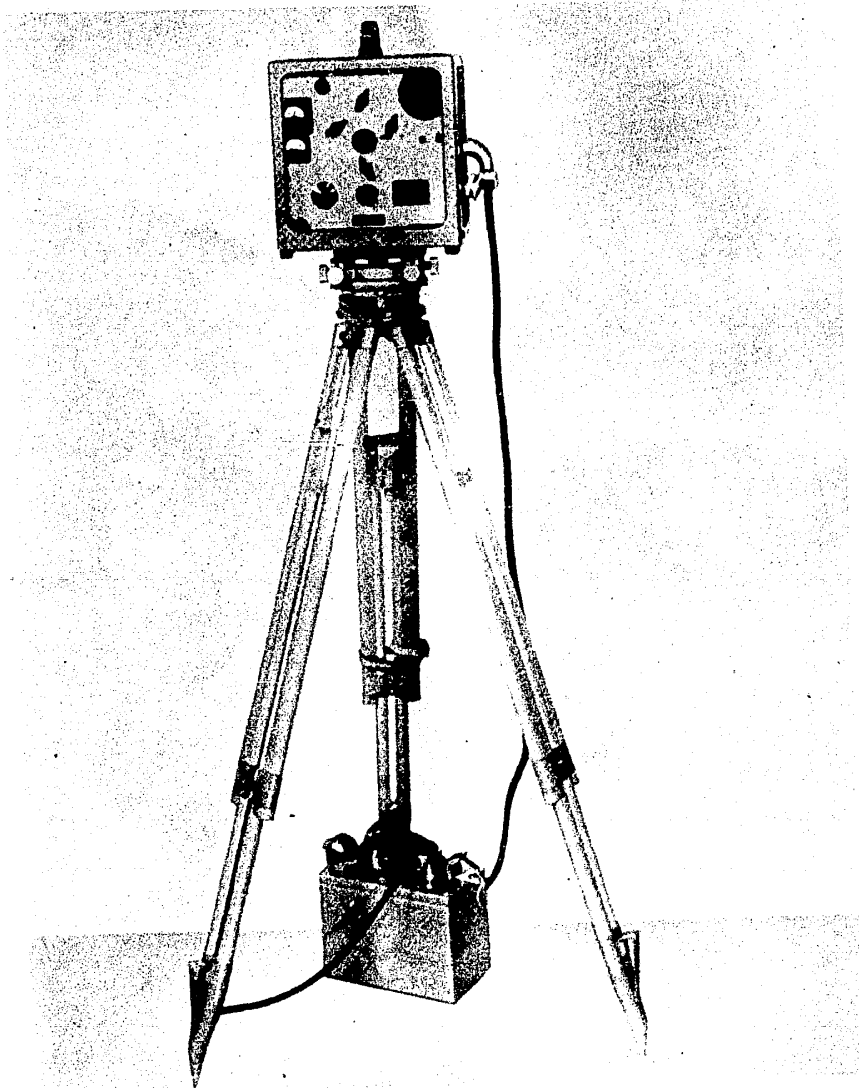


FIG.12 EL GEODIMETRO 48

- Una vez montado el sistema reflector y enfocado hacia el Geodímetro, ya no precisa de ulterior atención, pues está diseñado de modo que el rayo pueda volver al instrumento aún cuando, los prismas estén desorientados en ± 20 grados. De esta forma, se obtiene una gran economía de personal y se pueden efectuar mediciones sobre grandes extensiones de terreno.

- El Geodímetro 4B tiene un alcance que varía desde los 15 metros - hasta 1.5 kilómetros durante el día y desde los 15 metros hasta - 15 kilómetros, durante la noche. Estos alcances dependen de las condiciones de visibilidad y de luz. Su aproximación es de 1 cm. ± 2 partes por millón de la distancia a medir.

- El empleo de este aparato y el Telurómetro anteriormente descrito y utilizado para el levantamiento de los apoyos anteriores, nos permite obtener una precisión no menor de 1/75 000, en los levantamientos de apoyo terrestre.

Terminado el señalamiento de la poligonal, se procede a efectuar un tercer levantamiento fotográfico a escala 1:5 000, que se puede cubrir con una sola línea de vuelo. Con excepción de la cámara fotográfica, este vuelo se realizará con el mismo equipo con que se llevó a cabo los anteriores levantamientos.

Por su poca distorsión y aprovechando que la Secretaría de Obras Públicas ya cuenta con ella, este levantamiento se efectuará con la Cámara RMK 15/23, la que estará provista de una película especial (Duppont) que es indeformable, además, la capacidad de esta cámara nos permite tomar hasta 500 fotografías más o menos, lo que nos evita retrasos en la toma de fajas de terreno.

Después de efectuado el vuelo, se llevará a cabo el revelado, inspección y clasificación de la película, en igual forma que se hizo con la película de los levantamientos anteriores. De la película revelada se obtendrán dispositivas en base de vidrio, para su posterior utilización en los Autógrafos.

Sobre el papel Cronaflex, colocado en la mesa de dibujo de los Autógrafos A 7 y A 8, provistos de registradoras de coordenadas, se dibujan los puntos de inflexión - vértices - de la poligonal de apoyo, mediante los tambores de las X y Y de que la mesa está provista; según los resultados de la matematización del eje.

Como el paso siguiente en el diseño del proyecto, es la determinación de los volúmenes de tierra a mover, se hace necesario para ello, determinar los perfiles, tanto longitudinales como transversales del trazo y los correspondientes a las cuencas de escurrimiento, para el diseño de las obras de drenaje.

Para obtener los perfiles longitudinales y transversales de las cuencas que atraviesan el trazo del camino, se hace necesario primeramente, efectuar un estudio del área, a fin de localizar perfectamente éstas.

Este estudio, en el método tradicional, se efectúa ayudándose con un plano topográfico. En este método, el ingeniero se auxilia con las fotografías aéreas obtenidas, con las ventajas enormes que éstas nos presentan sobre el plano topográfico.

Las fotografías aéreas verticales, de escala grande examinadas estereoscópicamente, proporcionan un medio útil tridimensional, por lo que le permiten al proyectista determinar, con éxito y con la suficiente aproximación, primeramente el cruce exacto de los escurrimientos con el proyecto del camino y, posteriormente delimitar las áreas de las cuencas.

Sobre las fotografías de escala 1: 5 000 obtenidas en este tercer levantamiento fotográfico, es posible señalar las cuencas, con el objeto de determinar, primeramente su perfil tanto longitudinal como transversal mediante el Autógrafo, como posteriormente se detalla y seguidamente, obtener el área de la cuenca.

Como se aprovechará el cálculo electrónico para determinar el funcionamiento hidráulico de la cuenca y posteriormente el tipo de obra,-

se hace necesario obtener aquí, los datos siguientes: Área de cuenca, precipitación pluvial (dato de las tablas pluviométricas del país), coeficiente de escurrimiento, pendiente y sección transversal.

Las áreas de drenaje se determinan usualmente en el método clásico, mediante la utilización de mapas existentes o siguiendo cada caída de agua. Ambos métodos tienen sus inconvenientes: los mapas pueden ser no dignos de confianza o ser tan escasos de detalles, que impidan una determinación exacta de áreas más grandes o ni siquiera poder determinar en absoluto a las áreas más pequeñas.

Con la ayuda de las fotografías aéreas, las áreas pequeñas de drenaje que quepan en una o dos fajas de fotografías, pueden ser calculadas rápidamente y con mucha precisión. Las áreas grandes pueden quizás ser mejor determinadas por otros métodos, tales como mapas topográficos existentes.

La escala de la fotografía se puede determinar con mayor precisión mediante la identificación en ella, de una distancia conocida (apoyo terrestre o el eje del camino).

Los límites de las áreas de drenaje deberán ser planeadas estereoscópicamente, usando para ello, un estereoscopio y un lápiz rojo. Es necesario trazar todo el límite de la cuenca, tomando en cuenta la línea de los parteaguas.

Donde hay un relieve moderado o donde las áreas de drenaje no son de gran extensión, tales áreas pueden ser obtenidas midiéndolas directamente sobre las fotografías y convertidas en kilómetros cuadrados o hectáreas, de acuerdo a la escala promedio que se ha determinado.

Para las áreas más grandes y sitios donde las diferentes elevaciones son muy grandes, se debe considerar una escala basada sobre un promedio de elevación del área de drenaje y afectar dicha área sobre esta base.

Donde hay una diferencia de elevación de 65 metros o más, dentro

de los límites de las áreas de drenaje los ajustes, sin embargo, deben ser hechos por relieves. Si esto no se hace, pueden obtenerse errores muy grandes. En tales casos es más fácil y conveniente transferir las áreas de drenaje y otros datos pertinentes de las fotografías sobre -- papel copia; para determinar con suficiente exactitud, de las fotografías y por medio de una barra paralela o una escala de ingeniería, las elevaciones dentro del perímetro de cada área, para hacer los ajustes.

Las correcciones por la inclinación del área, no son necesarias - donde las fotografías verticales no contienen más declive que el permi tido por las especificaciones usuales.

Además del dato relacionado con la medida del área de drenaje, de terminado por las fotografías mismas, éstas nos proporcionan otros datos de vital importancia.

Una fotografía vertical vista estereoscópicamente es particularmente aplicable, no sólo a la determinación del tipo y extensión de la cuenca, sino que nos permite conocer su vegetación (cobertura), zonas pantanosas, áridas y los factores que retardan el escurrimiento del -- agua en la cuenca. Estos factores son esenciales con respecto al drenaje superficial y componente esencial en el análisis de un problema - específico de drenaje. Dichos factores, no pueden ser obtenidos en ma pas topográficos o fácilmente conseguidos en el campo.

La cobertura del terreno, sin tomar en cuenta la intensidad de la lluvia, reduce la velocidad del agua y retarda su tiempo de concentración. Al examinar un par de fotografías con el estereoscopio, no solamente podemos observar la cubierta del terreno, sino que es factible - conocer la naturaleza y tipo de terreno y, tener así una idea, tanto - de su escurrimiento superficial como interno; factores esenciales para determinar su coeficiente de escurrimiento.

De este modo, el proyecto de las alcantarillas puede ser definido con bastante exactitud, lo mismo podemos decir de su esviaje, diques - necesarios, cambios de canal y otros detalles expuestos; los sitios de puentes pueden ser estudiados tentativamente.

En muchos casos, las áreas de posibles crecientes, pueden ser descubiertas sobre las fotografías y, un ingeniero práctico en interpretación, puede localizar otras áreas de peligro potencial.

Todos estos datos no son obtenibles de los mapas topográficos y son difíciles y caros para obtenerlos mediante el método convencional. Sin embargo, esto no quiero decir que todos los trabajos de campo puedan ser eliminados por la aplicación de este método. En algunos casos, será deseable y necesario examinar sobre el terreno muchos sitios, para ver si justifican poner una alcantarilla, antes de que los planos de construcción sean completados. En casos, donde la vegetación del terreno es algo boscosa, el método puede no ser práctico o puede requerir más atención en los detalles del campo.

Después de que todos los estudios del drenaje han sido hechos, sería deseable entintarlos permanente sobre un juego de fotografías. En estas condiciones, las fotografías no solamente serán valiosas para -- orientar a los ingenieros en tanto preparan los planos de construcción, sino que serán valiosas para las brigadas de construcción.

Una vez de que estos datos, han sido logrados, viene a ser necesario determinar las dimensiones de la estructura y localizarla sobre el campo en la posición económica deseable. Generalmente esto se hace al examinar cada canal de drenaje a lo largo del eje del camino, midiendo o estimando su colocación, su ángulo de esviaje y haciendo las anotaciones suficientes, para que la estructura pueda ser calculada e incorporada en los planos. En este método, tales factores nos lo va a determinar la computadora mediante el procesamiento de un programa de -- cálculo, que al final del capítulo se describe a grandes rasgos.

La medición de los perfiles, tanto longitudinales como transversales del camino, puede ser realizada de tres modos distintos, esto es, eligiendo puntos planimétricamente equidistantes o bien, puntos quebra dos característicos, o también, combinando ambos métodos.

Como se sabe por experiencia, aún en las fotografías aéreas de la mejor calidad y con una proporción de bases apropiadas, los terrenos -

débilmente quebrados o donde el cambio de declive forma una curva suave, sólo se distinguen difícilmente en el terreno. Por ello, resultará más conveniente elegir puntos equidistantes cuando la superficie -- del terreno no presenta quebrados abruptos, por ejemplo, fijándolos de 10 en 10 metros o de 5 en 5 metros en terrenos llanos y, de 2 en 2 metros en las regiones montañosas. Además, hay que tomar en cuenta que cuando se utilizan puntos equidistantes para la determinación de perfiles, progresa más aceleradamente el trabajo de medición con el Autógrafo.

En un terreno quebrado, la elección de los puntos característicos, pudiera resultar más conveniente la utilización de puntos equidistantes, para medir el desnivel. También puede ocurrir que conviniese combinar ambos métodos.

Actualmente, se ha desarrollado un dispositivo auxiliar para los Autógrafos, para la determinación de puntos en los perfiles; este dispositivo es el Perfiloscopio.

El PERFILOSCOPIO WILD PR 1, se compone de las cuatro piezas indicadas a continuación: Ver fig. 13.

- 1.- Sistema de proyección.
- 2.- Un espejo deflector.
- 3.- Una placa deslustrada.
- 4.- Dos pequeñas lámparas para iluminación.

- El Perfiloscopio consiste de un proyector episcópico que mediante un objetivo enfocable y un espejo, proyecta una porción de la mesa de dibujo, con un aumento de 8 veces sobre un vidrio esmerilado. Este vidrio esmerilado es orientable, lleva un índice anular negro y da la cara al operador en el autógrafo de modo que, éste desde su asiento, pueda enfocar cualquier punto de la mesa de dibujo, sin molestarse y con precisión. Para mayor comodidad se puede colocar debajo de los oculares otro espejo de modo que el operador pueda observar el vidrio esmerilado y enfocar los puntos de un perfil sin necesidad de volver la cabeza.

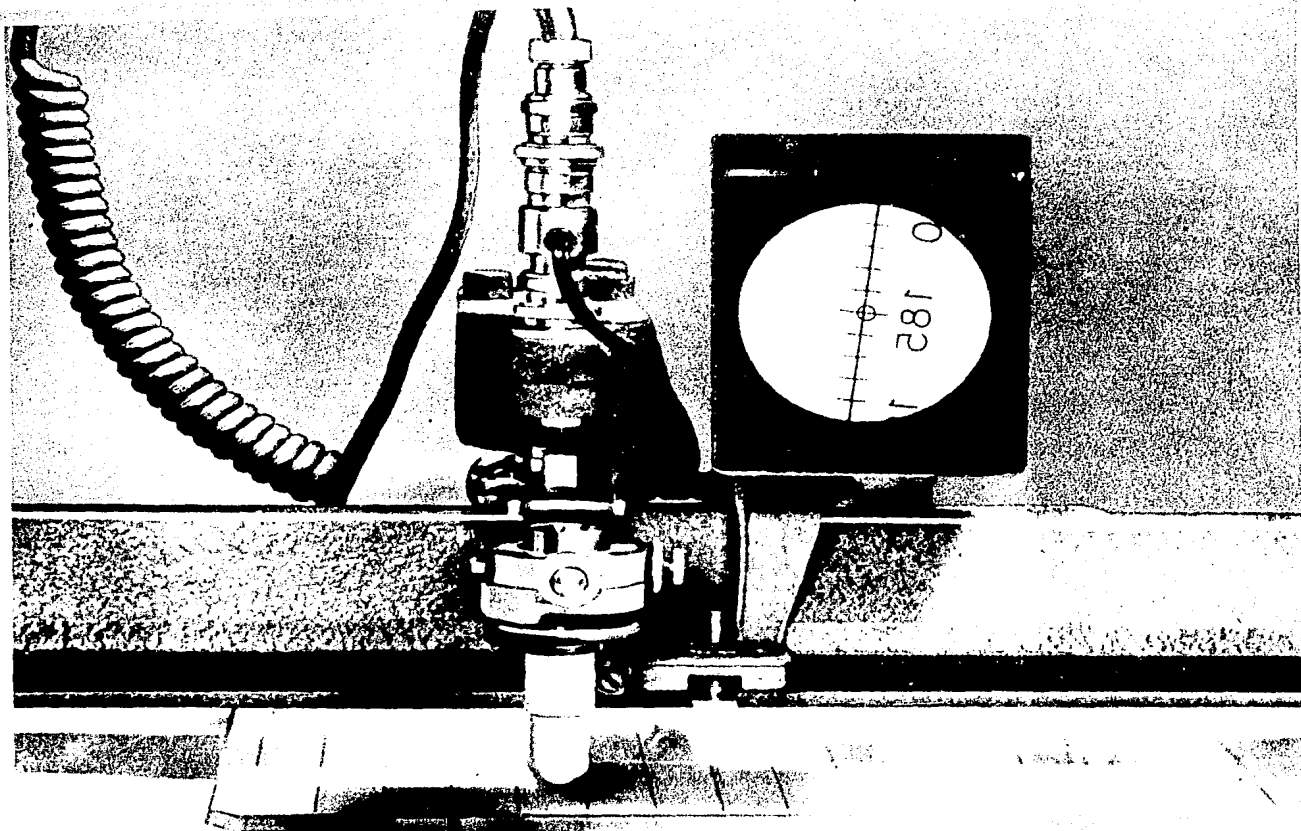


FIG 13 PERFILOSCOPIO WILD PR 1. CON SU PLACA DESLUSTRADA.
SISTEMA DE PROYECCION Y ESPEJO DEFLECTOR

- Dos pequeños reflectores, iluminan la parte proyectada de la mesa de dibujo con tanta claridad, que la proyección queda perfectamente visible en el vidrio esmerilado a pesar de estar iluminado el cuarto de trabajo.

Una vez lograda en el autógrafo la orientación relativa y parte - de la absoluta - se omite la nivelación del plano - de un par de fotografías y después de ajustado el acoplamiento de la mesa de dibujo para una escala cartográfica determinada, como por ejemplo 1:1 000, se puede averiguar rápidamente el trazado de los perfiles transversales - colocando una plantilla de perfiles a la escala requerida sobre la mesa de dibujo y orientándole de modo que, los puntos de la plantilla que tengan que aparecer sobre el vidrio esmerilado correspondan con los -- puntos del perfil buscado en el modelo estereoscópico.

Una modalidad de la placa deslustrada a la escala 1:1 000 está representada en la misma figura del perfiloscopio. En un perfil longitudinal rectilíneo e, por ejemplo, en el lado del polígono del trazo, -- los perfiles transversales están representados con intervalos de 20 metros unos de otros y los puntos de cada perfil de 5 en 5 metros.

El alcance del perfil transversal dibujado es en este caso de 100 metros a cada lado del eje del perfil; por consiguiente, también puede ser aplicado para los proyectos de autopistas. La numeración carece - de signo y va escalonada como sigue: 0, 5, 10, 95, 100, 105, ... 200 metros, entendiéndose que los puntos de la izquierda del perfil -- transversal van numerados de 0 a 95, el punto correspondiente al eje - del camino lleva el número 100, y los números de la derecha del perfil la numeración es de 105 a 200. Este sistema de numeración en el perfil transversal evita que se equivoquen los signos.

La placa deslustrada con la plantilla está sujeta a un marco metálico de modo que se le pueda desplazar en el sentido longitudinal por el valor de un intervalo, entre los perfiles transversales que, en este caso corresponden a 20 metros; en caso de ser necesario, puede ajustarse también para los perfiles intermedios, exigidos por la naturaleza del terreno.

El modo de operar para medir, por ejemplo, los perfiles transversales de un lado del polígono, es bastante sencillo: en el autógrafo se enfoca el primer punto del polígono, manipulando los dos volantes de manivela y el disco de pedal y, se le transfiere a la mesa de dibujo en la escala de perfiles, situándole bajo el proyector de perfiles de modo que su punto axial cero quede proyectado exactamente en el punto central del índice visto en el vidrio esmerilado. Entonces se enfoca en el autógrafo el segundo punto del polígono y, después de fijar en la mesa de dibujo el punto axial cero, se gira la escala de perfiles hasta colocarla en la misma posición que tiene el lado del polígono; procediendo aproximadamente como se hace para orientar una hoja de dibujo al realizar la orientación absoluta de un par de fotografías.

Seguidamente y de acuerdo con el ancho que se le dé al perfil transversal, los distintos puntos del perfil van siendo ajustados en el vidrio esmerilado uno tras otro manipulando para ello, los dos volantes de manivela del Autógrafo. De este modo, se va obteniendo en el Autógrafo la posición planimétrica de cada uno de los puntos del perfil y, mediante el disco de pedal se coloca debidamente el índice de medición del autógrafo en contacto óptico con el punto en cuestión del modelo estereoscópico del terreno, para poder leer y registrar la cota de cada punto del perfil.

En cuanto al registro de los datos, una automatización perfecta se logra, con la Registradora Eléctrica de Coordenadas EK 5, que inscribe simultáneamente un número de identificación con 4 a 8 guarismos subdivisibles a voluntad, las coordenadas X y Y del Autógrafo así como la cota Z de los puntos en milímetros; transmitiendo estos datos a una máquina IBM, que punzona los valores registrados en tarjetas o cintas, pudiéndose descartar las coordenadas X y Y si no son necesarias.

Como se recordará, debido a que no se hizo la orientación absoluta completa, para que las coordenadas en Z fueran proporcionales con las coordenadas reales del terreno, se hace necesario efectuar una transformación de coordenadas para su utilización posterior. Debido a la gran cantidad de puntos a transformar, no es necesario hacer énfasis en el hecho de que estas extensas transformaciones, sólo pueden llegar a dominarse en una forma racional con técnicas de cálculo elec-

trónico. Para lo cual, se hace necesario sin embargo, elaborar un acucioso programa, con sus respectivas instrucciones a la computadora IBM 1620 y que posteriormente se describe en este capítulo.

En resumen, los pasos que se siguen en esta parte del método son los siguientes:

1.- Operaciones preparatorias:

- a.- Trazo de los puntos de control, en la mesa de dibujo del Autógrafo, a partir de coordenadas terrestres.
- b.- Trazo del eje del camino a partir de las mismas coordenadas.

2.- Operaciones fotogramétricas y mediciones:

- a.- Orientación relativa del estereo-modelo en el instrumento.
- b.- Orientación absoluta del estereo-modelo sobre la base de los puntos de control: exacta veracidad de la escala, pero poca exactitud de Z.
- c.- Medición y registro de las coordenadas de los puntos de control sobre el modelo, coordenadas de los puntos del -- perfil sobre el mismo modelo, con la ayuda del perfiloscopio (con designación especial del punto correspondiente - al eje del camino en cada sección transversal).

Las ventajas de este método son obvias; el registro directo de las mediciones excluye la posibilidad de copiar errores, el tiempo improductivo que se emplea en la orientación absoluta del modelo se reduce, ya que la altura se fija en forma aproximada. Finalmente, se logra la perforación automática de la información del seccionamiento transversal, que posteriormente se utilizará para el cálculo electrónico de -- curva masa.

Como los resultados que proporciona la computadora, son equivalentes a los que se obtienen en la medición del perfil en el campo, pueden naturalmente, usarse directamente para la siguiente etapa: el cálculo electrónico de curva masa y secciones de construcción. Este cálculo se lleva a cabo con la computadora IBM 1620, en la forma que al final del capítulo se describe.

El resultado de este programa es la determinación de las secciones de construcción y la información para curva masa.

Para que el proyecto del camino vaya siendo congruente y conforme a los datos que se van obteniendo a través del desarrollo de este proyecto, la computadora mediante un programa de drenaje, determina con los datos previamente obtenidos, el funcionamiento hidráulico de las cuencas, el proyecto tipo correspondiente y revisa el alineamiento vertical por drenaje.

El siguiente paso en este estudio, es la obtención tanto del costo de construcción como de operación del camino proyectado, los que -- también son determinados por la computadora mediante los resultados -- provenientes de los programas anteriores.

Finalmente, con la determinación del señalamiento del camino y el estacamiento del eje del mismo, por parte de la computadora electrónica mediante sendos programas finaliza el diseño del camino.

Cuando a través del proyecto de un camino, nos encontramos que és te requiere de obras especiales, tales como: entronques, puentes, etc., y, que por consiguiente requieren de un estudio especial, se ha considerado por el momento, efectuar estos estudios como actualmente se hacen, pero aprovechando las ventajas que nos presenta la restitución fotográfica métrica; una vez localizado exactamente el sitio donde deban ir estas obras mediante fotografías, se procederá a obtener un plano topográfico a una escala 1: 500 utilizando para ello, la fotografía de escala 1:5 000 y el Estereocartógrafo A 8 con que se cuenta.

Dicho plano deberá abarcar un área lo suficientemente grande para permitir variaciones en el proyecto, a fin de escoger la solución más económica. Aunque con los datos obtenidos sobre este plano, es posible mediante un programa especial, que la computadora electrónica nos calcule la solución apropiada, tal caso se haría especialmente cuando se trate de entronques; sin embargo por el momento no se calculará en esta forma dichas obras.

B.- PROGRAMAS DE CALCULO ELECTRONICO QUE SE DESARROLLAN EN ESTE METODO.

Actualmente en la Secretaría de Obras Públicas se tiene una procesadora de datos IBM 1401 con equipo periférico, esta unidad está casi saturada de trabajo, amén de que, sus características la hacen más bien de aplicación administrativa que científica; debido a esto, se terminó la necesidad de contar con otra computadora que se ajustara -- más a las necesidades técnicas de la Secretaría.

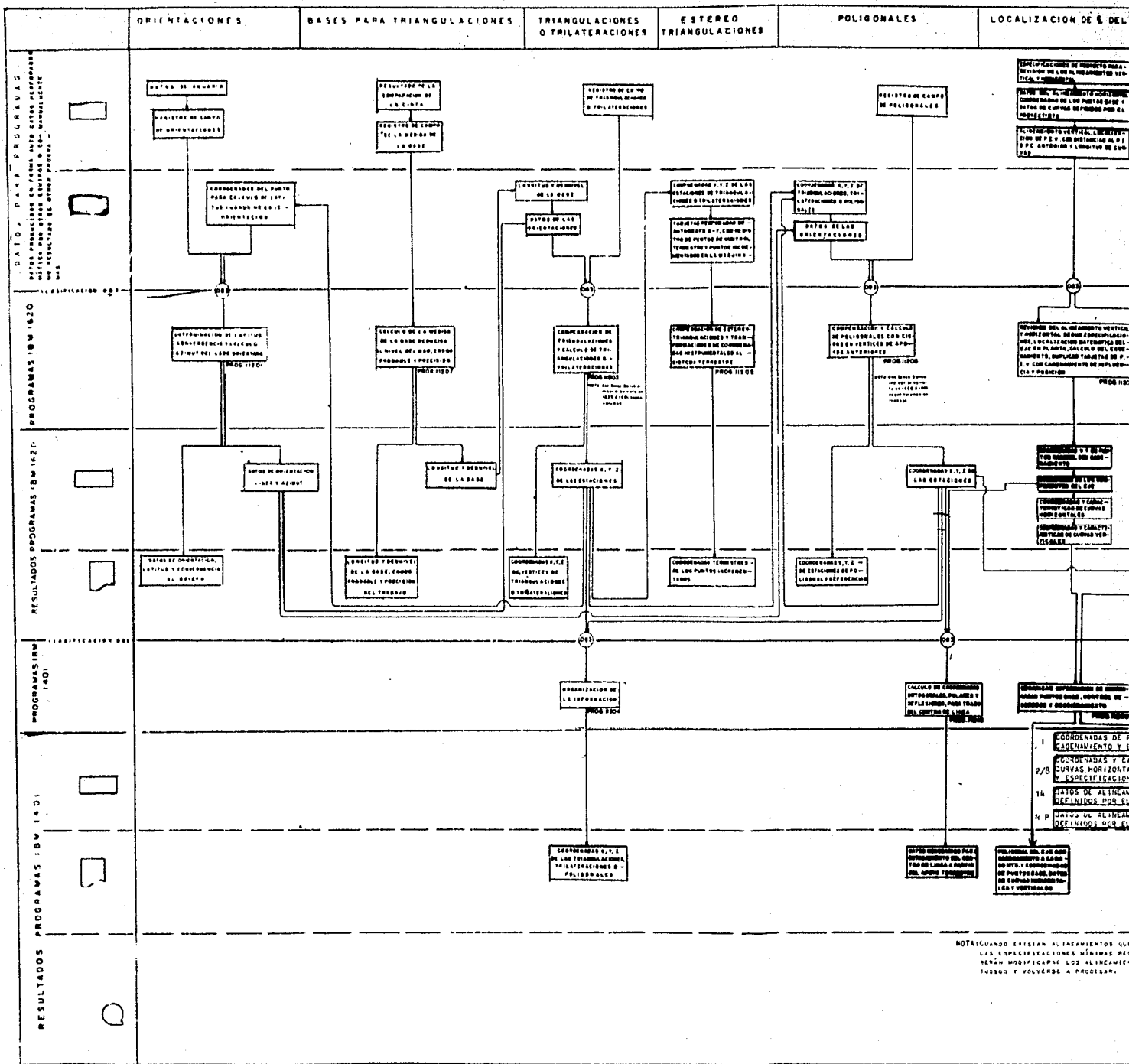
Analizadas las diferentes clases de calculadoras tomando en cuenta sus características, precio, memoria, etc. y tratando que fuera un equipo homogéneo al ya existente, se determinó conveniente adquirir -- una Computadora Electrónica IBM 1620 con 60 000 posiciones de memoria. Analizado este equipo conjuntamente con el de fotogrametría, se optó -- porque tuviese unidad de entrada y salida para soporte de información en tarjetas perforadas.

En la selección del equipo también influyó el hecho de que, en varios países, en los que se está resolviendo esta clase de problema, lo han hecho con el equipo descrito con buenos resultados.

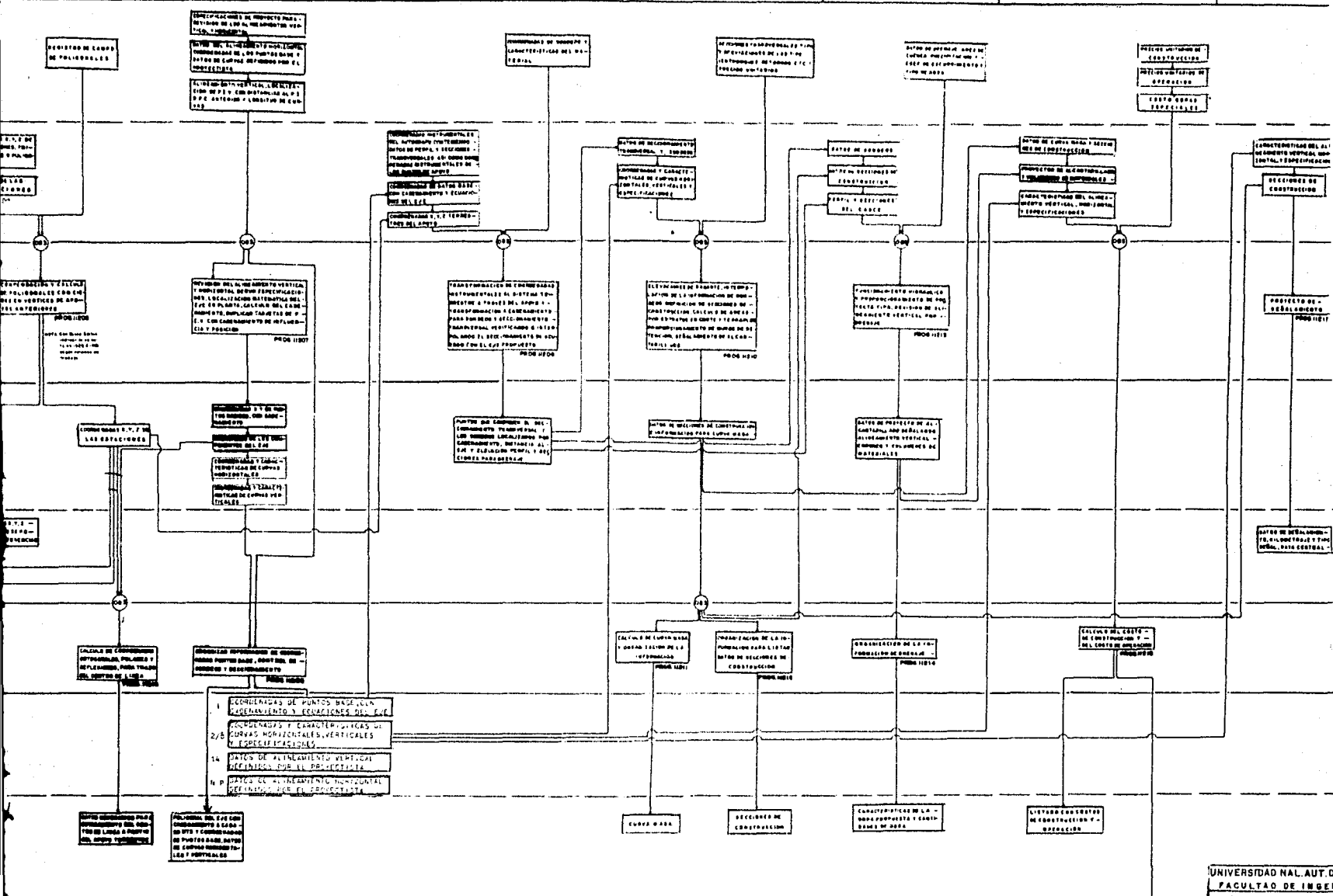
El conjunto de cálculos requeridos para el proyecto de un camino por este método, tanto por lo que se refiere al apoyo terrestre como al proyecto del camino en sí, es completamente rutinario y de gran volumen, lo que justifica económicamente el uso de la computadora electrónica para su proceso; aparte de tener la ventaja ya descrita de que los equipos de fotogrametría nos proporcionan los datos a procesar en un soporte de información - tarjetas perforadas - compatible a las computadoras, dándonos un ahorro en tiempo y en costo por perforación y verificación, eliminándonos la posibilidad de cometer errores. El volumen de trabajo estimado para esta aplicación es de 800 horas anuales de la computadora IBM 1620, para el proyecto de 600 kilómetros.

Para atacar la programación se empezó por planearla, como se muestra en siguiente cuadro sinóptico.

Tras un examen de los problemas, se determinó su interrelación, -



POLIGONALES LOCALIZACION DE E DEL CAMINO TRANSFORMACION DE COORDENADAS CURVA MASA Y SECCIONES DE CONSTRUCCION DRENAJE COSTO SEÑALAMIENTO



NOTA: Cuando existan alineamientos que se combinen por superposiciones, deberán requerirse los datos horizontales y los alineamientos serán precisos y válidos a proyectar.

NOTA: Cuando existan curvas de alineación que se combinen por superposiciones, deberán requerirse los datos horizontales y los alineamientos serán precisos y válidos a proyectar.

NOTA: Cuando existan curvas de alineación que se combinen por superposiciones, deberán requerirse los datos horizontales y los alineamientos serán precisos y válidos a proyectar.

NOTA: Cuando existan curvas de alineación que se combinen por superposiciones, deberán requerirse los datos horizontales y los alineamientos serán precisos y válidos a proyectar.

NOTA: Los costos de construcción operación y características de secciones transversales, así como datos de alineamiento vertical y horizontal serán facturados a cinco manzanas para su posterior utilización por las Direcciones de Construcción y Plantación y Fomento.

UNIVERSIDAD NAL. AUT. Q.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CUADRO QUE MUESTRA
 INTERRELACION DE LOS PROGRAMAS DE CALCULO DESARROLLADOS EN ESTE TRABAJO
 TESIS PROFESOR
 ARMANDO JIRON SANCHEZ
 LA MARIANA, MEXICO, D.F., 1970

funcionamiento y sobre todo automatización, esto aparte de marcar los lineamientos generales a seguir, permitió estimar las cantidades de -- trabajo de programación y operación con lo que se pudieron formular -- los programas de trabajo, prioridades, costos y seleccionar el tipo de lenguaje para programar.

En nuestro caso, el análisis indicó conveniente el uso de super-- lenguajes técnicos y administrativos (Fortran with Format, Fortran II, Autocoder-IOCS 1401 y S.P.S. 1401, principalmente), que se prestan para la solución de problemas científicos o administrativos y acortan -- considerablemente el tiempo de programación.

A través del desarrollo de esta planeación de cálculo nos encontraremos a su vez con otros programas para la computadora IBM 1401, con el objeto de completar el procesamiento del programa; ello es debido a que las características propias de la computadora IBM 1620, como es la de tener una salida muy lenta de datos en forma de listado, nos traería una gran pérdida de tiempo y costo, se pensó entonces en obtener esta información en tarjetas perforadas y mediante un programa respectivo -- en la computadora IBM 1401, habremos logrado un listado más claro, más rápido y más económico.

Sobre las bases anteriores los programas elaborados en este nuevo método son los siguientes: Ver lámina No. 1.

1.- PROGRAMA DE LAS ORIENTACIONES (11201).

Como en el desarrollo del proyecto por este método se presentan tres levantamientos terrestres, se hace necesario considerar el cálculo electrónico de las orientaciones respectivas.

El programa de orientación resuelve el azimut de la línea, a partir del azimut del sol, el cual lo calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Tan } 1/2 U = \sqrt{\frac{\text{Sen } (S - \omega) \text{ Sen } (S - \varphi)}{\text{Cos } (S - \rho) \text{ Cos } S}}$$

$$2 S = \varphi + \alpha + \rho$$

φ = latitud del lugar.

en donde:

α = altura verdadera.

ρ = distancia polar: $90 - \delta$

Los datos que requiere la computadora IBM 1620, para el cálculo de la orientación de la línea, suministrados en forma de tarjeta perforada, son los siguientes:

a.- Datos del anuario:

- 1).- Hora de paso del sol por le meridiano.
- 2).- Declinación del sol a la hora de paso.
- 3).- Variación horaria en declinación.

b.- Datos de campo por observación:

- 1).- Lectura del círculo vertical.
- 2).- Lectura del círculo horizontal
- 3).- Hora de observación.

c.- Otros datos:

- 1).- Latitud del punto de observación.
- 2).- Coordenadas del punto de observación y del punto de origen (en caso de que no sea la primera orientación).
- 3).- Tolerancia de los valores calculados.

Para cada observación la máquina verificará que la altura del sol sea mayor de 13 grados, en caso contrario dará un aviso. Calculará en cada serie el azimut del sol y a partir de éste, el de la línea y comprobará que la diferencia máxima entre azimutes calculados esté dentro de tolerancia, desechando los malos y dando como resultado el promedio de los buenos. La tolerancia en general será de 10" como discrepancia máxima entre el promedio y cada serie y, para que promedien los valores calculados se requerirá que cuando menos tres valores estén dentro de tolerancia.

Como resultado del programa, obtendremos de la IBM 1620 lo siguiente:

- a.- Tarjetas perforadas conteniendo el azimut de la línea. Este_

dato se utilizará posteriormente en el cálculo de las triangulaciones, trilateraciones o poligonales.

- b.- Listado de las orientaciones, conteniendo el azimut de la línea, latitud de los vértices y convergencia de meridianos.

2.- PROGRAMA DE BASES PARA TRIANGULACIONES (11202).

Este programa calcula bases para triangulaciones; el cálculo lo efectúa haciendo las correcciones por temperatura, tensión, desnivel, reducción al nivel del mar y determinando para las diferentes mediciones el error probable y precisión del trabajo, de acuerdo con las siguientes fórmulas: Ver lámina No. 2. y Codificación.

a.- Corrección por temperatura:

Temperatura a la cual la cinta mide 50 metros:

T_0 = Temperatura de comparación.

L_0 = Longitud de comparación.

$T = T_0 + 1818(50 - L_0) T$ = Temperatura a la cual la cinta mide 50 m.

Correcciones por temperatura (metros y °C).

T = Temperatura a la cual la cinta mide 50 m.

$C = 0.00055 (T' - T)$ T' = Temperatura a la que se hizo la medición.

C = Corrección por temperatura.

b.- Corrección por tensión:

t = Tensión a la que se midió.

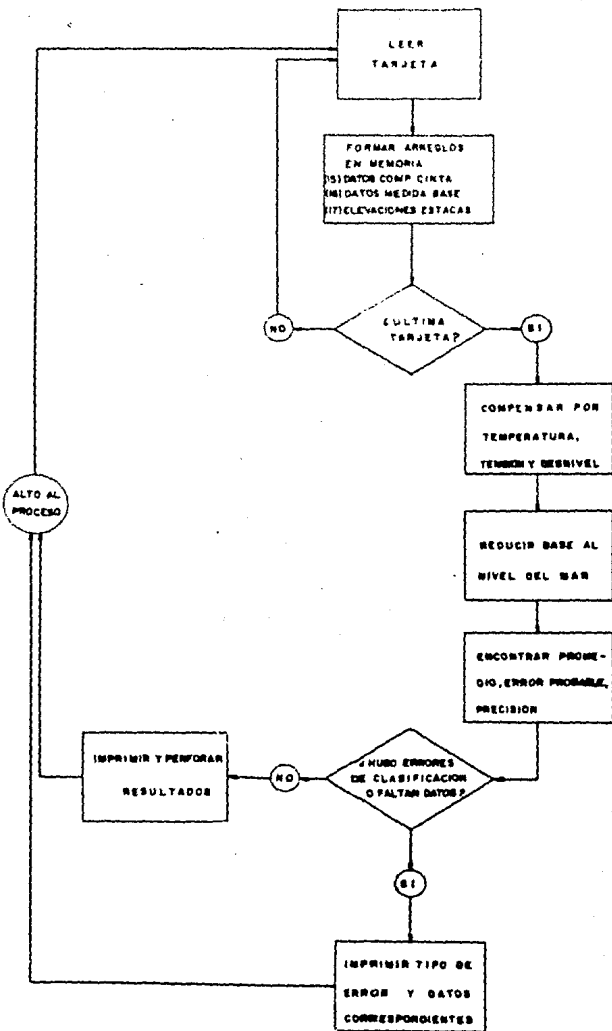
t' = Tensión a la que se comparó.

$C = K (t - t')$ K = Constante que depende de cada cinta (función del largo, sección y módulo de elasticidad).

NOTA.- Normalmente se miden las bases a una tensión igual a la de comparación.

c.- Reducción al horizonte:

**DIAGRAMA DE BLOQUE
PARA EL CALCULO DE LA BASE.**



UNIVERSIDAD DEL AUL DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
DIAGRAMA DE BLOQUE
 PARA EL CALCULO DE LA BASE
 TESIS PROFESIONAL
 ARMANDO JIMEN SAZALLAS
 LAGUNA NEGRA, GUAYMAS, SONORA, MEXICO

$$r = - 0.01 d^2.$$

d = Desnivel en metros.

r = Corrección en metros.

d.- Reducción al nivel del mar:

$$R = \frac{b \times h}{6 \ 371 \ 221}$$

b = Longitud de la base.

h = Altura media sobre el nivel del mar.

R = Reducción en metros.

e.- Error medio cuadrático:

$$e_p = \sqrt{\frac{\sum \text{dif}^2}{n - 1}}$$

dif = Diferencia de longitud.

e_p = Error medio cuadrático.

f.- Precisión:

$$P = \frac{e_p}{L_b}$$

L_b = Longitud de la base.

P = Precisión.

Para desarrollar este programa, la computadora IBM 1620, precisa por medición hecha, de los datos siguientes:

a.- Resultado de las comparaciones de la cinta:

- 1).- Tensión.
- 2).- Temperatura.

b.- Registro de campo por tramo:

- 1).- Lecturas derecha e izquierda.
- 2).- Temperatura.
- 3).- Tensión.
- 4).- Desnivel.

La programación, se efectúa en tal forma, que la computadora nos proporcionará los resultados de la medición de la base, en las formas siguientes:

- a.- Un listado, en el que nos señale, longitud y desnivel de la base, error probable y precisión del trabajo.
- b.- Tarjetas perforadas, en donde nos indique solamente la longitud y desnivel de la base. Estas tarjetas se aprovecharán --

posteriormente en el programa de Triangulaciones como datos -
producidos en forma automática.

3.- PROGRAMA DE TRIANGULACIONES O TRILATERACIONES (11203).

El objeto de este programa, es el cálculo de las triangulaciones_ o trilateraciones, determinándose las coordenadas X, Y y Z de sus vér tices respectivos.

Mediante este programa la computadora resuelve este problema si--
guiendo los pasos siguientes:

- a.- Por el método de compensación por mínimos cuadrados, determi-
na el valor correcto de los ángulos interiores en caso de ser
triangulaciones.
- b.- Calcula los lados de la triangulación.
- c.- Calcula las proyecciones horizontales de los lados.
- d.- Determina las coordenadas X y Y de los vértices.
- e.- Obtiene las cotas de los puntos, en función del ángulo verti-
cal.

Para lo anterior la computadora requiere de los datos siguientes:

- a.- Datos del registro de campo de la triangulación o trilatera--
ción:
 - 1).- Angulos horizontales.
 - 2).- Distancias inclinadas entre vértices (en trilateraciones
solamente).
 - 3).- Lectura del círculo vertical.
 - 4).- Altura del aparato.
 - 5).- Altura de la señal.
- b.- Datos obtenidos en forma automática por otros equipos o como
resultados de otros programas:
 - 1).- Longitud y desnivel de la base (para triangulaciones so-

lamente). Dato proveniente del programa anterior.

2).- Rumbo astronómico (dato de las orientaciones).

La computadora nos puede proporcionar el resultado en dos formas:

a.- Un listado conteniendo las coordenadas X, Y y Z de los vértices de las triangulaciones o trilateraciones, si el volumen procesado es pequeño.

b.- En tarjetas perforadas, con las coordenadas de los vértices anteriores. Este soporte de información será aprovechado en varios programas, para los fines siguientes:

1).- Para el cálculo de la latitud, cuando la orientación no es la primera que se efectúa.

2).- Como apoyo, para el cálculo de las estereotriangulaciones.

3).- Para el cierre de compensación, en el cálculo de las poligonales.

4).- Para listar estos resultados a través del equipo IBM --- 1401, cuando el volumen a procesar lo justifique (Programma 11204).

4.- PROGRAMA DE LAS ESTEREDTRIANGULACIONES (11205).

El programa para la compensación de las estereotriangulaciones y transformación de coordenadas será ejecutado en la computadora IBM --- 1620, de acuerdo con el método siguiente:

a.- Lectura de los registros instrumentales (X, Y y Z) de cada punto, promedio de lecturas y deshecho de lecturas que estén fuera de tolerancia.

b.- Conexión de los modelos extendidos por sus puntos de pase, mediante una conexión lineal en X, Y y Z, obtenida de los registros del punto de pase de modelos contiguos.

c.- Continuidad en la faja, mediante el giro de cada modelo alrededor del eje de las X, que pasa por el punto de pase, hasta igualar las cotas en los extremos.

d.- Corrección de escala. La escala obtenida en la extensión será ajustada al valor proyectado mediante una corrección constante y otra lineal, obteniéndose estas correcciones por los registros instrumentales y por las coordenadas terrestres de los puntos de apoyo.

e.- Determinación de la ecuación de la superficie en el espacio; la superficie dentro de los límites de la extensión estará formada según una expresión:

$$Az = A_1 X^2 + A_2 X + A_3 XY$$

Los parámetros de esta ecuación serán calculados en función de los registros instrumentales y las coordenadas terrestres que existen para los puntos de control. Se aplicará la ecuación de corrección a todos los puntos para encontrar las cotas correctas.

f.- Corrección por abatimiento. En el autógrafo se dibuja la proyección de la faja curvada hacia arriba o abajo. Como es preciso abatir la faja para hacerla horizontal sobre el plano -- "X Y" del aparato, la diferencia entre la faja curvada y su abatimiento al plano está dado por la fórmula siguiente:

$$Ax_1 = \frac{Az^2}{X} \quad X = \text{Distancia del punto al origen.}$$

g.- Regresión sobre los puntos de control en el sistema instrumental para verificar la compensación, verificación de tolerancias o punto erróneo; en este último caso serán deshechados y repetido el cálculo de la ecuación.

h.- Aplicación de la ecuación de compensación a todos los puntos de los cuales únicamente se tienen registros en el sistema instrumental, obteniendo, de todos los puntos su cota en el sistema instrumental.

i.- Transformación planimétrica de los puntos instrumentales a te

terrestre.

Para el procesamiento de este programa por la computadora, debe alimentársele los datos siguientes:

a.- Datos producidos en forma automática, por otros equipos o como resultado de otros programas.

- 1).- Coordenadas X, Y y Z, de las estaciones de triangulaciones o trilateraciones.
- 2).- Tarjetas perforadas del autógrafo A 7 y su registradora de puntos de control terrestre y puntos incrementados -- por el aparato.

Solamente la computadora nos presentará un listado, conteniendo las coordenadas terrestres de todos los puntos, tanto de apoyo como incrementados. Para ser utilizado posteriormente en la restitución fotogramétrica.

5.- PROGRAMA DE CALCULO DE LAS POLIGONALES (11206).

Este programa tiene como finalidad la compensación y cálculo de las poligonales con cierre en vértices de levantamientos anteriores.

Con los ángulos horizontales y las distancias de los lados, la computadora IBM 1620, determinará su error de cierre y verificará si este error está dentro de la tolerancia exigida; si está fuera de tolerancia, la computadora lo indicará mediante un aviso, en caso de que esté dentro del rango de tolerancia, procederá a compensar el error tanto el angular como el debido a la medición de los lados.

La computadora obtendrá el error angular por la diferencia entre el azimut calculado del último lado y el que se obtiene deduciéndolo de un lado del levantamiento que sirvió de apoyo y, corregirá la diferencia angular por la convergencia de meridiano, aplicando la formula:

$$c = \text{Sen } \varphi (\lambda_A - \lambda_0)$$

λ_A = Longitud del punto A

λ_0 = Longitud del punto B

φ = Latitud del lugar

El error debido a la medición de los lados, lo determinará su fijación de sus proyecciones X y Y; restará de las coordenadas del punto de origen las coordenadas del vértice de apoyo final, siendo la suma de las proyecciones de los lados de la poligonal.

Para desarrollar este programa, la computadora requerirá de los datos siguientes:

a.- Datos del registro de campo por línea:

- 1).- Angulos horizontales.
- 2).- Distancia entre vértices.
- 3).- Altura del aparato.
- 4).- Altura de la señal.

b.- Datos obtenidos en forma automática, por otros programas y como resultado de otros programas:

- 1).- Coordenadas X, Y y Z, de apoyos anteriores (trilateraciones, trilateraciones o poligonales).
- 2).- Azimut astronómico de los lados de (sistema de apoyo (dato proveniente del programa de orientaciones)).

El resultado de este proceso será preservado la computadora en la forma siguiente:

a.- En tarjetas perforadas, conteniendo las coordenadas X, Y y Z de las estaciones o vértices. Estas tarjetas serán organizadas en un otro programa de la manera siguiente:

- 1.- Por la computadora IBM 7090, para calcular las coordenadas, cuando se requiera la precisión de 10^{-7} metros.
- 2.- Por la misma computadora, para el cálculo de las coordenadas astronómicas por una y otra estación, para el cálculo cuando se requiere de 10^{-7} metros.
- 3.- Por el mismo programa, para el cálculo de las coordenadas astronómicas por una y otra estación.
- 4.- Como lista, en un programa de almacenamiento de información.

b.- En tarjetas que contengan las coordenadas X, Y y Z de las estaciones de la poligonal, y astronómicas, cuando se requiera de 10^{-7} metros.

ceso lo justifique.

6.- PROGRAMA DE REVISION DEL PROYECTO Y LOCALIZACION MATEMATICA DEL CENTRO DE LINEA (11207).

Este programa tiene como función inicial que la computadora electrónica IBM 1620, nos revise, tanto el alineamiento vertical como horizontal del trazo que se proyectó sobre el plano topográfico de escala 1:2 000 con curvas de nivel a cada 2 metros, conforme a las especificaciones que el camino deba satisfacer y, una vez revisado, obtener su localización matemática del eje en planta.

Los datos que se le suministran a la computadora para desarrollar este programa, son procesados a mano y provienen de las fuentes siguientes:

a.- Especificaciones de proyecto para la revisión de los alineamientos:

- 1).- Intensidad de tránsito.
- 2).- Velocidad de proyecto.
- 3).- Ancho de corona.
- 4).- Ancho de carpeta.
- 5).- Grado máximo de proyecto.
- 6).- Grado máximo para curvas circulares.
- 7).- Sobre elevación máxima.
- 8).- Distancia mínima debida a la velocidad de parada.
- 9).- Distancia mínima debida a la velocidad de rebase.
- 10).- Longitud mínima de curvas verticales en cima o columpio.
Para obtener estas longitudes, sólo se tomará en cuenta la visibilidad de parada.
- 11).- Pendiente máxima.

b.- Datos del alineamiento horizontal, obtenidos del plano topográfico y definidos por el proyectista:

- 1).- Coordenadas de: Puntos de origen (P.O.)
Puntos de inflexión (P.I.)
Puntos sobre tangentes (P.S.T.)
- 2).- Clase de curva (espiral o circular).

3).- Grado de curva.

4).- Sentido de la deflexión (izquierda o derecha).

c.- Datos del alineamiento vertical, obtenidos de igual manera -- que los anteriores:

- 1).- Coordenadas de los puntos de inflexión verticales (P.I.V.) con distancias al P.T. o P.C. anterior.
- 2).- Longitud de las curvas verticales.

Esta revisión tiene como finalidad, que el trazo cumpla con los - requisitos siguientes:

- a.- Que las especificaciones generales de proyecto, lo normen estrictamente, combinando el alineamiento horizontal con el vertical.
- b.- Que su materialización, no incurra en traslapes entre el P.T. de una curva con el P.C. de la curva siguiente o entre el E.-T. de una, con el T.E. de la siguiente.
- c.- Evitar que en el alineamiento vertical, no ocurran en traslapes entre el P.T.V. de una curva con el P.C.V. de la curva si siguiente.

Una vez satisfecho el requisito anterior, la computadora nos determinará la localización matemática del proyecto, por lo cual, podemos - obtener de ella lo siguiente:

- a.- Tarjetas perforadas conteniendo las coordenadas X, Y, y cadenamiento de los puntos básicos.
- b.- Tarjetas perforadas conteniendo las ecuaciones de los compo-- nentes del eje, los rumbos y las longitudes de las tangentes. Para ser aprovechadas posteriormente por la computadora IBM - 1401 en el programa de cálculo de coordenadas ortogonales, po lares y deflexiones para el estacamiento del centro de línea.
- c.- Tarjetas perforadas conteniendo las coordenadas y datos com-- pletos de las curvas horizontales, que se introducirán en el

programa de curva masa.

- d.- Tarjetas perforadas conteniendo las coordenadas y datos completos de las curvas verticales, que se introducirán en el -- programa de curva masa.

Los datos de este programa junto con los soportes de información anteriores serán alimentados respectivamente por lecturas y perforación a la computadora IBM 1401 (Programa 11208) para listar todos los resultados de este cálculo que servirán de control de sondeos y seccionamiento. Como resultado de este procesamiento obtendremos lo siguiente:

- a.- Un listado de la poligonal del eje con cadenamamiento a cada 20 metros y coordenadas de puntos base, datos de curvas horizontales y verticales. etc.
- b.- La separación de las tarjetas perforadas introducidas a la IBM 1401 como se indica a continuación:
- 1).- Coordenadas de los puntos bases, con cadenamamiento y ecuaciones del eje. Con estos soportes se alimentará a la -
(1) computadora IBM 1620, en su programa de Transformación de coordenadas.
 - 2).- Coordenadas y características de curvas horizontales, ver
(2/8) ticales y especificaciones. Estos soportes serán datos_ en el programa de curva masa.
 - 3).- Datos del alineamiento vertical definidos por el proyec-
(4) tista.
 - 4).- Datos del alineamiento horizontal definidos por el pro-
(NP) yectista.

7.- PROGRAMA DE TRANSFORMACION DE COORDENADAS (11209).

Debido a que al obtener los perfiles tanto longitudinales como -- transversales, en el Autógrafo A 7 o A 8 a base de puntos cuyo sistema de coordenadas está referido al sistema del instrumento, se hace necesario, transformar este sistema de coordenadas al terrestre. El objeto de este programa, además de esta transformación, mediante los datos del apoyo, es la de transformación a cadenamamiento para sondeos y sec--

ccionamiento transversal, verificando o interpolando el seccionamiento de acuerdo con el eje propuesto, cuando se realicen cambios de alineamiento.

Esta transformación de coordenadas lo resuelve la computadora mediante las ecuaciones de transformación de coordenadas rectangulares en el espacio:

$$\begin{aligned} X &= X' \cos \alpha_1 + Y' \cos \alpha_2 + Z' \cos \alpha_3 + h \\ Y &= X' \cos \beta_1 + Y' \cos \beta_2 + Z' \cos \beta_3 + k \\ Z &= X' \cos \gamma_1 + Y' \cos \gamma_2 + Z' \cos \gamma_3 + l \end{aligned}$$

Se hace notar que la transformación en Z, se hace necesaria ya que señalamos anteriormente que al obtener los perfiles por el instrumento no se hizo la orientación absoluta completa.

Para procesar esta transformación se le debe alimentar a la computadora, con los datos siguientes:

a.- Datos producidos en forma automática, por otros equipos o como resultado de otros programas:

- 1).- Coordenadas instrumentales del autógrafo conteniendo datos del perfil y secciones transversales, así como coordenadas instrumentales de los puntos de apoyo.
- 2).- Coordenadas de puntos base, con cadenamamiento y ecuaciones del eje del camino (dato proveniente del programa de localización matemática del centro de línea).
- 3).- Coordenadas terrestres X, Y y Z, de la poligonal de apoyo (dato proveniente del programa respectivo).

b.- Datos procesados a mano:

- 1).- Coordenadas de sondeos y características del material.

Como resultado del procesamiento de este programa obtenemos en - tarjetas perforadas lo siguiente:

- a.- Puntos que componen un seccionamiento transversal localizado por cadenamamiento, distancia al eje y desnivel, ya sea que se trate de seccionamiento para curva masa o seccionamiento para drenaje.

- b.- Sondeos con sus características, localizado por cadenamiento, distancia al eje y elevaciones.

Estos soportes serán aprovechados como datos en los programas de curva masa o de drenaje.

8.- PROGRAMA DE CURVA MASA Y SECCIONES DE CONSTRUCCION (11210)

Con los datos que la computadora nos ha proporcionado en programas anteriores, estaremos en capacidad de determinar por la computadora, - mediante un programa, la curva masa del proyecto. Para lo cual, en el desarrollo de este programa la computadora, nos determina lo siguiente:

- a.- Elevación de rasante.
- b.- Interpolación de la información de sondeos.
- c.- Definición de secciones de construcción.
- d.- Cálculo de áreas por estratos: en corte y terraplén.
- e.- Proportcionamiento de muros de retención.
- f.- Señalamiento de alcantarillado.

A grandes pasos la computadora efectúa este cálculo en la forma siguiente:

- a.- Toma de las tarjetas perforadas las coordenadas correspondientes al perfil transversal y selecciona de éstas las correspondientes a cada sección, formando una matriz de coordenadas.
- b.- Selecciona los datos de sondeos correspondientes a cada sección y forma matrices de coordenadas, que representan perfiles paralelos al de la sección transversal para todos los estratos del sondeo.
- c.- De los datos del alineamiento vertical, calcula la elevación del eje del camino; de los datos del alineamiento horizontal (curvas horizontales) y desviaciones a las secciones tipos, - calcula las coordenadas de los hombros del camino. Compara estas elevaciones con las del perfil transversal, para determinar si la sección está en corte, terraplén, balcón, etc.
- d.- Toma los datos de la sección tipo correspondiente a la sec---

ción determinada en el paso anterior y, si la sección resultó corte, con los datos de sondeos que nos fijan la respectiva posición de los estratos, determina las trazas, definiendo -- por completo la sección de construcción. En caso de que la sección esté en terraplén, los puntos ceros estarán definidos por la intersección del talud permitido por la clase del material y la superficie del terreno.

- e.- De la sección de construcción y por medio de la resolución de un determinante de las coordenadas, calcula por estrato su -- área y la multiplica, por la semidistancia entre áreas para -- determinar su volumen.
- f.- Verifica si la sección propuesta es más económica con muros -- de retención, en cuyo caso efectúa el proporcionamiento del -- mismo.

Para la operación de cálculo lo siguiente deberá conocerse y alimentarse a la computadora IBM 1620, mediante:

a.- Tarjetas perforadas procesadas a mano:

1).- Datos de las secciones transversales tipo:

- a).- Ancho de calzada.
- b).- Ancho de corona.
- c).- Profundidad de la cuneta.
- d).- Etc.

2).- Datos de las desviaciones de las secciones tipos:

- a).- Retornos.
- b).- Entronques.
- c).- Puentes.
- d).- Etc.

3).- Precios unitarios.

b.- Tarjetas perforadas provenientes del programa de transformación de coordenadas, conteniendo:

- 1).- Datos del seccionamiento transversal (cadenamiento, distancia y cota de los puntos).
- 2).- Datos de sondeos localizados por cadenamiento y que deben

especificar por estrato:

- a).- Clasificación geológica, para utilidad de movimiento de tierra, etc.
- b).- Profundidad.
- c).- Coeficiente de abudamiento o reducción.
- d).- Granulometría.
- e).- Valores relativos de soporte.
- f).- Grado de compactación.
- g).- Taludes permitidos.

c.- Tarjetas perforadas, provenientes del programa de localización del centro de línea, conteniendo:

1).- Datos del alineamiento vertical:

- a).- Estaciones de P.I.V.
- b).- Elevaciones de los P.I.V.
- c).- Longitud de las curvas verticales, correspondientes a cada P.I.V.

2).- Datos del alineamiento horizontal, que afecten la geometría de las secciones tipo:

- a).- Ampliaciones.
- b).- Sobre elevaciones.
- c).- Etc.

Como resultado de este programa la computadora, nos proporciona - en tarjetas perforadas, los datos de secciones de construcción e información para curva masa. Estos soportes serán aprovechados por los programas siguientes:

a.- Por el programa de determinación del costo y,

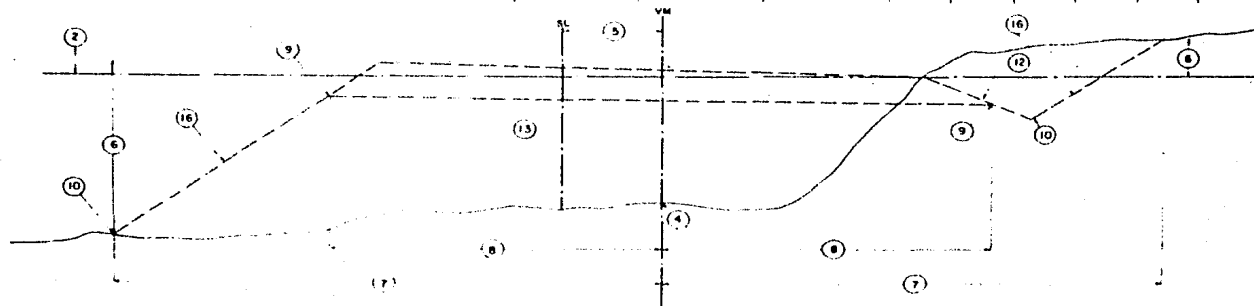
b.- Para alimentar a la computadora IBM 1401, en el desarrollo de los programas siguientes:

- 1).- Para el cálculo de curva masa (suma de volúmenes parciales) y cálculo de acarreo; organizando la información - (Programa 11211) para obtener un listado de la curva masa.
- 2).- Para listar los datos de las secciones transversales de construcción a través de esta computadora (Programa ---- 11212).

CALCULO DE CURVA MASA

DATOS DE CONSTRUCCION

Estacion	Elevacion del terreno en metros sobre el nivel del mar	Elevacion del eje de la pista en metros sobre el nivel del mar	Elevacion del borde de la pista en metros sobre el nivel del mar	Cambio de elevacion en metros	Alfondo de corte o terrazon		Elevacion de la pista		Informacion para establecer curvas en sus curvas				Elevacion de las lineas de corte y terrazon		Corte en m ²	Corte en tierra m ²	Terrazon m ²	Desperdicio m ³	Desperdicio m ³	Area de terreno m ²	
					1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2							
9720	130 16	5 0	131 69	7 70	0 4	-2 R	9 6	16 3	8 13	9 33	129 96	129 09	129 71	128 84			51 4				147
9740	130 76		129 94	8 00	1 6	-0 R	11 3	13 3	8 13	9 33	130 06	129 19	129 02	128 94			258	82			260
9760	130 36		128 89	8 50	2 7	-0 2	10 9	12 5	7 73	9 33	130 14	129 29	128 02	129 04			100				238
9780	130 46		128 65	8 80	3 9	-0 5	12 6	11 3	7 73	9 33	130 24	129 39	127 00	129 14			88	444			280
9800	130 56		129 51	9 00	4 7	-0 7	13 8	13 1	7 73	9 33	130 34	129 49	126 29	128 24			140	29 3			324
9820	130 66		130 98	9 40	3 8	-2 5	12 5	15 8	7 73	9 33	130 44	129 59	127 26	129 34			852	170			386
9840	130 76		132 80	9 80	0 7	-4 0	10 1	18 1	8 13	9 33	130 56	129 69	130 31	129 44			1553	124 8			326
9860	130 86		133 29	10 00	0 0	-4 8	10 2	19 2	8 13	9 33	130 68	129 79	130 41	129 54			1533				377
9880	130 96		132 58	10 20	0 2	-4 6	9 1	18 8	8 13	9 33	130 79	129 82	130 47	129 6 7			1287	23			362
9900	131 06		132 89	10 40	0 1	-4 5	10 8	21 5	8 12	9 17	130 87	130 08	130 42	128 83			1682	23			467
9920	131 16		133 22	11 50	0 1	-7 4	10 8	25 0	8 49	9 27	130 98	130 15	130 34	128 90			173	1630			484
9940	131 26		135 19	12 10	0 9	-8 4	10 5	24 5	7 40	9 27	130 98	130 25	130 95	130 00			617	1982			510
9960	131 36		134 78	12 60	0 4	-9 4	10 9	26 0		9 27	130 35		130 10				217	2459			558
9980	131 46	40000	134 20	13 20	1 1	-9 9	8 0	26 7	7 81	9 27	130 50	130 44	130 40	130 20			1007	1251	0	0	258



Significados de asteriscos	Terrazon alto	S. con pavimento insuficiente	Corte de Roca	Cambio de seccion	Linea de corte	Suma parcial
----------------------------	---------------	-------------------------------	---------------	-------------------	----------------	--------------

Cuadro que muestra la forma de presentar los datos de las secciones de Construcción y Curva Masa en Suecia.

Suma de esta pagina	10 50	14 13	1248			4866
Total						

c.- Por el programa de drenaje.

d.- Por el programa de señalamiento.

NOTA: La solución óptima se consigue por aproximaciones sucesivas y cada nueva interacción empezará en el programa 11207.

9.- PROGRAMA DE DRENAJE (11213).

El objeto de este programa es el de que la computadora nos determine:

- a.- El funcionamiento hidráulico de las cuencas por donde atraviesa el camino.
- b.- El proyecto tipo correspondiente.
- c.- Revisión del alineamiento vertical por drenaje.

Para desarrollar este programa se le alimentará a la computadora en tarjetas perforadas, los datos siguientes:

- a.- Datos de drenaje procesados a mano como son: área de cuenca, precipitación, coeficiente de escurrimiento y tipo de obra.
- b.- Datos de sondeos provenientes del programa de transformación de coordenadas.
- c.- Datos de sección de construcción provenientes del programa de curva masa.
- d.- Datos del perfil y secciones del cauce proveniente del programa de transformación de coordenadas.

Como resultado de este proceso la computadora nos dará en tarjetas perforadas los datos siguientes: datos del proyecto de alcantarillado, señalando alineamiento vertical erróneo y volúmenes de materiales. Con estos soportes de información se alimentarán a su vez a los programas siguientes:

- a.- Al programa de costos.

- b.- A la computadora IBM 1401, en el procesamiento del programa de drenaje (11214), obteniéndose como resultado, un listado - conteniendo las características de la obra propuesta y cantidades de obra.

NOTA: Cuando el drenaje modifique los valores de la sub-rasante, deberá procesarse nuevamente el tramo afectado, iniciando el nuevo cálculo a partir del programa (11207).

10.- PROGRAMA DE COSTOS (11215).

El objeto de este programa es el de que la computadora electrónica IBM 1401, nos determine el costo de construcción y costo de operación del camino.

Debido a la gran velocidad que esta computadora posee al imprimir los datos de salida, se pensó en procesar este programa en esta computadora, ya que no es un cálculo complicado que requiera mucha memoria. Para lo cual deberá alimentársele los datos siguientes:

a.- Datos procesados a mano, en tarjetas perforadas:

- 1).- Precios unitarios de construcción.
- 2).- Precios unitarios de operación.
- 3).- Costo de obras especiales.

b.- Datos procesados en forma automática, por otros equipos o como resultados de otros programas:

- 1).- Datos de curva masa y secciones de construcción.
- 2).- Proyectos de alcantarillado y volúmenes de materiales.
- 3).- Características del alineamiento vertical, horizontal y especificaciones.

Como resultado de este programa, la computadora nos proporcionará la solución en las formas siguientes:

a.- Un listado con los costos de construcción y operación.

b.- En cinta magnética, con los costos de construcción y operación, secciones de construcción, datos del alineamiento horizontal,

vertical, etc.

NOTA: Los costos de construcción, operación y características de secciones transversales, así como datos del alineamiento vertical y horizontal, serán vaciados en cintas magnéticas, para su posterior utilización por las direcciones de construcción, planeación y programa, etc.

11.- PROGRAMA DE SEÑALAMIENTO (11217).

La función de este programa, es la de obtener por medio de la computadora el proyecto del señalamiento del camino.

Este programa requiere para desarrollar su procesamiento por la computadora IBM 1620, de los datos siguientes:

- a.- Características del alineamiento vertical, horizontal y especificaciones (tarjetas perforadas provenientes del programa de localización matemática del centro de línea).
- b.- Secciones de construcción (tarjetas perforadas provenientes del programa de curva masa).

Como resultado la computadora nos proporciona en su unidad de salida un listado, conteniendo datos de señalamiento, kilometraje y tipo señal, raya central, etc.

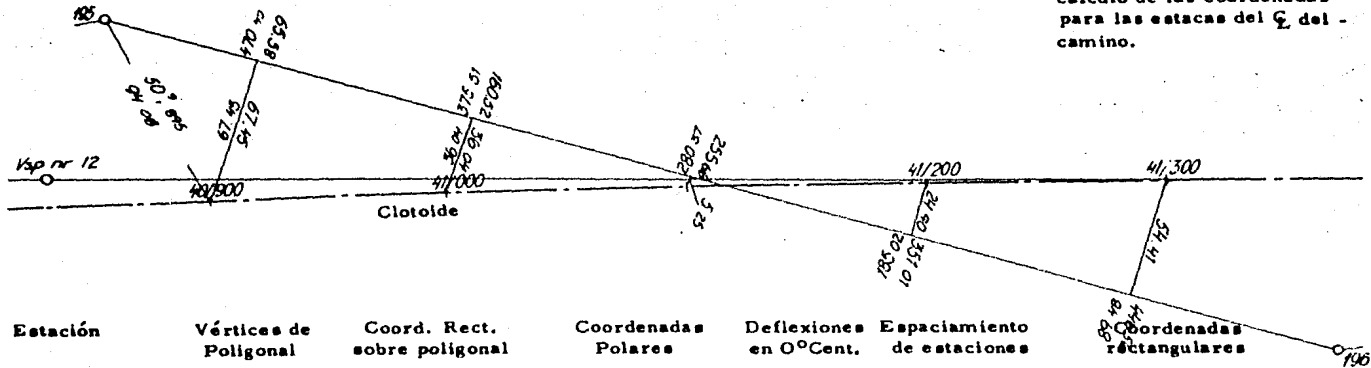
12.- PROGRAMA PARA OBTENER LA INFORMACION PARA EL ESTACAMIENTO DEL CENTRO DE LINEA (11216).

Este programa tiene como función, que la computadora IBM 1401 nos calcule, a partir de la poligonal del tercer apoyo, las coordenadas -- rectangulares, polares y deflexiones para el estacamiento del centro de línea.

Requiriendo para este proceso los datos que en tarjetas perforadas provienen de los programas siguientes:

- a.- Coordenadas X y Y de los puntos básicos, con cadenamamiento. -- (dato proveniente del programa de localización matemática del

Forma en que se presenta el cálculo de las coordenadas para las estaciones del \mathcal{C}_2 del camino.



Estación	Vértices de Poligonal		Coord. Rect. sobre poligonal	Coordenadas Polares	Deflexiones en O°Cent.	Espaciamiento de estaciones		Coordenadas rectangulares	
40900	195	196	65.58 - 67.45	50.895 94.08					
40920	195	196	470.45 - 67.45	390.934 475.26	12.560	20.00	100.00	45161.25	59468.70
			84.55 - 61.12	39.846 104.33					
40940	195	196	451.48 - 61.12	391.434 455.60	12.815	20.00		45181.39	59472.70
			103.53 - 54.81	30.997 117.15					
40960	195	196	432.50 - 54.81	391.975 435.96	12.858	20.00		45200.98	59476.73
			122.52 - 48.53	24.008 131.78					
40980	195	196	413.51 - 48.53	392.563 416.35	12.900	20.00		45220.57	59480.78
			141.52 - 42.27	18.478 147.69					
41000	195	196	394.52 - 42.27	393.205 396.77	12.942	20.00		45240.15	59484.85
			160.52 - 36.04	14.059 164.52					
41020	195	196	375.51 - 36.04	393.809 377.24	12.985	20.00	100.00	45259.72	59488.96
			179.53 - 29.83	10.482 181.99					
41040	195	196	356.50 - 29.83	394.686 357.74	13.240	20.00		45279.29	59493.09
			198.55 - 23.65	7.546 199.96					
41060	195	196	337.48 - 23.65	395.546 338.31	13.282	20.00		45298.86	59497.24
			217.58 - 17.49	5.107 218.28					
41080	195	196	318.45 - 17.49	396.507 318.93	13.324	20.00		45318.41	59501.42
			236.62 - 11.36	3.054 236.89					
41100	195	196	299.41 - 11.36	397.586 299.63	13.367	20.00		45337.97	59505.63
			255.66 - 5.25	1.308 255.72					
			280.37 - 5.25	398.807 280.42	13.409	20.00	100.00	45357.51	59509.86

centro de línea).

b.- Ecuaciones de las rectas y curvas que componen el eje del camino. (dato proveniente del mismo programa).

c.- Coordenadas X y Y de los vértices de apoyo. (dato proveniente del programa de poligonales).

Como resultado de este programa, obtenemos un listado conteniendo los datos necesarios para el estacamiento del centro de línea a cada 20 metros a partir del apoyo terrestre, para ser aprovechado posteriormente, tanto por el personal encargado del proyecto como el de construcción del camino.

C.- COSTO DEL PROYECTO.

Para tener una idea del costo del kilómetro de camino proyectado por este método y poder de este modo compararlo con el costo actualmente obtenido en la Secretaría de Obras Públicas con el método tradicional, analicémoslo bajo el punto de vista de las necesidades de esta Secretaría.

De acuerdo con los planos que se tienen sobre el proyecto y construcción de vías terrestres para los próximos años, se estima una longitud de 1 200 kilómetros anuales como meta en la producción de proyectos para caminos y ferrocarriles. Esto representa aproximadamente un 50 % de incremento sobre la producción actual de 800 kilómetros por año.

Tomando en cuenta esto, y para alcanzar esta meta, se ha considerado necesaria la aplicación de estos dos sistemas, asignando 600 kilómetros a cada uno de ellos. El rendimiento en la producción de los proyectos que se hagan por el método convencional, se podrá aumentar notablemente debido a que contarán con el auxilio de las fotografías aéreas y los planos fotogramétricos para la selección de rutas.

EQUIPO:

VUELOS FOTOGRAFICOS:

Avión Beechcraft, Queen Air 80 Modelo Fotográfico con equipo opcional	\$ 2 150 000.00
Cámara Zeiss RMK 15/23 con dos chasis, intervalómetro IRU y Estatoscopio S2	\$ 340 000.00
Cámara Wild RC8 con dos chasis e intervalómetro incorporado..	\$ 220 000.00
Avión Cessna 180 adaptado a fotografía	\$ 200 000.00
TOTAL ...	\$ 2 910 000.00

LABORATORIO:

2 Equipos de revelado Zeiss FE 120 para película en rollo hasta de 24.5 cms. x 120.00 mts.	\$ 21 200.00
1 Secadora de negativos Zeiss TG 24 para película en rollo hasta de 24.5 cms. x 120.00 mts.	\$ 16 800.00
1 Copiadora Zeiss KG 30 para contactos hasta de 30x30 cms.	\$ 12 800.00
1 Copiadora Kel-O-Watt para placas diapositivas de 25 x 25 cms	\$ 16 900.00
1 Copiadora Log-etronic para placas diapositivas control electrónico del contraste..	\$ 96 792.00
1 Copiadora de contacto Sidney para placa de 60x70 cms. de vacío	\$ 15 000.00
1 Copiadora reductora para pla cas diapositivas de 8.2x8.2 cms. B.S.L. para diapositivas Halplex	\$ 87 375.00
1 Cámara de reproducción tipo galería para negativo hasta de 60x70 cms. marca Sidney..	\$ 87 000.00
Equipo misceláneo	\$ 40 000.00
TOTAL ...	\$ 393 867.00

EQUIPO DE CAMPO:

1 Telurómetro tipo MR -2 consistente en tres estaciones intercambiables	\$	169 000.00
1 Geodímetro marca AGA modelo 4B con 2 estaciones	\$	96 000.00
6 Transitos Wild T-2 de 1" de lectura directa	\$	82 000.00
6 Niveles Wild T-2 de 20" de arco por 2 m.m.	\$	35 000.00
Estadias, cintas etc.	\$	40 000.00
TOTAL ...	\$	422 000.00

EQUIPO DE RESTITUCION:

3 Kelsh modelo KP2	\$	210 000.00
2 Kelsh modelo KP3	\$	170 000.00
2 Balplex de cuatro proyectores cada uno	\$	341 125.00
2 Autógrafos Wild A-8 con una registradora eléctrica de coordenadas EK-5	\$	964 000.00
1 Autógrafo Wild A-7 con registradora eléctrica de coordenadas EK-5	\$	905 562.00
TOTAL	\$	2 590 687.00

EQUIPOS VARIOS:

6 Juegos de útiles de dibujo.	\$	24 000.00
4 Estereoscopios Wild	\$	22 000.00
2 Estereoscopios Old Delf ...	\$	30 000.00
TOTAL	\$	76 000.00

MOBILIARIO:

\$ 120 000.00

VEHICULOS:

\$ 235 000.00

RESUMEN:

Vuelos	\$	2 910 000.00
Laboratorio	\$	393 867.00
E. Campo	\$	422 000.00
Restitución	\$	2 590 687.00
Varios	\$	76 000.00
Mobiliario	\$	120 000.00
Vehiculos	\$	235 000.00
TOTAL	\$	6 747 554.00

AMORTIZACION A 7 AÑOS:

$$0.9 \times \frac{6\,747\,554 \times 0.06 (1.06)^7}{1.06^7 - 1} = 1,111,000.00$$

GASTOS ANUALES:

OPERACION:

Avión	\$	60 000.00
Campo	\$	182 000.00
Vehiculo	\$	72 000.00
SUBTOTAL	\$	314 000.00

MATERIALES:

Foto y cine	\$	250 000.00
Dibujo	\$	120 000.00
SUBTOTAL	\$	370 000.00

ALQUILER DE BIENES MUEBLES:

Computadoras y equipo perifé- rico		
SUBTOTAL	\$	228 000.00
TOTAL	\$	912 000.00

SALARIOS:

Programación y operación	\$	400 000.00	
Fotogrametría	\$	960 000.00	
Proyecto de vías terrestres	\$	275 000.00	
	\$	1 435 000.00	
<hr/>			
AMORTIZACION DE EQUIPO	\$	1 111 500.00	
OPERACION	\$	912 000.00	
SALARIOS	\$	1 435 000.00	
<hr/>			
TOTAL	\$	3 458 500.00	/ 600 Kms.
	\$	5 764.00	/ Km - L

NOTA: Se ha omitido el costo de alquiler de los helicópteros, debido a que se considera compensado, al cargársele, a este método el costo de adquisición del avión y equipo de laboratorio, siendo que en la realidad los dos métodos lo van aprovechar.

Si comparamos el costo de \$ 5 764.00/km - l, obtenido con éste método con el costo promedio de \$ 15 000.00/km - l que actualmente le cuesta a la Secretaría de Obras Públicas, la economía que se obtiene, es un factor tan determinante y convincente por si solo, que esta Secretaría no ha dudado en aplicar dicho método al estudio y proyecto de sus caminos y ya está haciendo los estudios y las correspondientes adquisiciones de material y equipo, a fin de iniciar este método en el curso del presente año.

SALARIOS:

Programación y operación	\$	400 000.00
Fotogrametría	\$	960 000.00
Proyecto de vías terrestres	\$	275 000.00
		<hr/>
	\$	1 435 000.00

AMORTIZACION DE EQUIPO	\$	1,111 500.00
OPERACION	\$	912 000.00
SALARIOS	\$	1 435 000.00
		<hr/>

TOTAL	\$	3 458 500.00	/ 600 Kms.
	\$	5 764.00	/ Km - L

NOTA: Se ha omitido el costo de alquiler de los helicópteros, debido a que se considera compensado, al cargársele, a este método el costo de adquisición del avión y equipo de laboratorio, siendo que en la realidad los dos métodos lo van aprovechar.

Si comparamos el costo de \$ 5 764.00/km - l, obtenido con éste método con el costo promedio de \$ 15 000.00/km - l que actualmente le cuesta a la Secretaría de Obras Públicas, la economía que se obtiene, es un factor tan determinante y convincente por si solo, que esta Secretaría no ha dudado en aplicar dicho método al estudio y proyecto de sus caminos y ya está haciendo los estudios y las correspondientes adquisiciones de material y equipo, a fin de iniciar este método en el curso del presente año.

V.- CONCLUSIONES.

En resumen podemos decir, que tanto el perfeccionamiento de los medios auxiliares de la fotogrametría, como el de las computadoras --- electrónicas, han hecho posible la aplicación de este método al proyecto de un camino y, no solamente esto, sino que han permitido incluso - mejorar la calidad del proyecto y gracias a ello, nos permite disminuir los gastos de construcción.

Las principales aplicaciones de la fotogrametría y la técnica del cálculo electrónico en este método, más o menos son las siguientes:

- Obtención de los datos apropiados para la planeación, a la vez_ que se reducen los trabajos en el campo.
- Eliminación de los cálculos meramente rutinarios a ejecutar por el ingeniero, incluyendo aquellos de naturaleza más complicada_ (interpolación de ejes, estimación de volúmenes, etc.,).
- Supresión de los trabajos de dibujo rutinarios (por ejemplo, -- secciones de construcción, planta y perfil, etc.).
- Preparación de mayor número de datos para el ingeniero, de lo - que era posible hasta ahora, para permitirle juzgar más crítica_ mente que hasta ahora, la calidad de un proyecto (por ejemplo, _ cálculo completo de varias líneas desplazadas por pequeñas dis- tancias, con miras a mejorar la compensación de masas y la diná_ mica de la marcha de los vehículos).

Estas diferentes aplicaciones se distribuyen entre las diferentes etapas de la elaboración de cada proyecto, pudiéndose clasificar, sin_ introducir límites demasiado rigurosos, en las fases: Localización, -- Anteproyecto y Diseño.

Sin asegurar que esto sea completo, concluyamos tomando unos cuan_ to puntos que pueden dar lugar a objeciones en relación con los cam- bios descritos en este método.

A.- DUDAS ACERCA DE LA PRECISION.

No hay necesidad aquí de discutir la precisión del trazo topográfico fotogramétrico. Su confiabilidad ha sido demostrada desde hace mucho tiempo por numerosos estudios críticos.

Los trabajos de levantamiento del perfil con un nivel, sin embargo, han acostumbrado al ingeniero a leer las cotas con una aproximación de cuando menos 1 cm. (mientras que las mediciones fotogramétricas del perfil generalmente se registran al decímetro). Solamente que es erróneo concluir, que por este hecho, se registra la superficie del terreno con una precisión al centímetro; aún con un cambio muy pequeño en la posición del estadal, debido a irregularidades en la superficie del terreno (por ejemplo: una ladera) hace que varíe considerablemente la lectura. Además, deberá tomarse en cuenta que en la determinación de áreas y masas se hacen interpolaciones sobre líneas rectas, tanto entre puntos individuales de la sección como entre las secciones entre sí, por ejemplo; se supone que la curva masa de tierra está limitada por líneas rectas y planos, lo cual es una idealización que no corresponde a las condiciones reales.

Una verdadera idea de las precisiones obtenibles es proporcionada por la mediciones comparativas. Tales mediciones demuestran, como lo señalan las investigaciones Suecas y otras, que los cálculos de masas basados en mediciones fotogramétricas son más precisas que los cálculos convencionales de masas. En el caso del movimiento de $160\ 000\ m^3$ de tierra, los volúmenes de tierra calculados con los perfiles fotogramétricos, se desviaron menos de 3 % de los calculados sobre la base de métodos de medición muy precisos, que no se acostumbran en la práctica.

Las mismas investigaciones demuestran también que los volúmenes de tierra determinados sobre la base de mediciones clásicas de perfil (nivel, estadal, etc.) varían también del 2 al 4 % del volumen determinado con exactitud.

A continuación presento otro ejemplo, llevado a cabo en Suecia, - el que nos señala de una manera muy objetiva la alta precisión con que se obtienen los levantamientos efectuados fotogramétricamente.

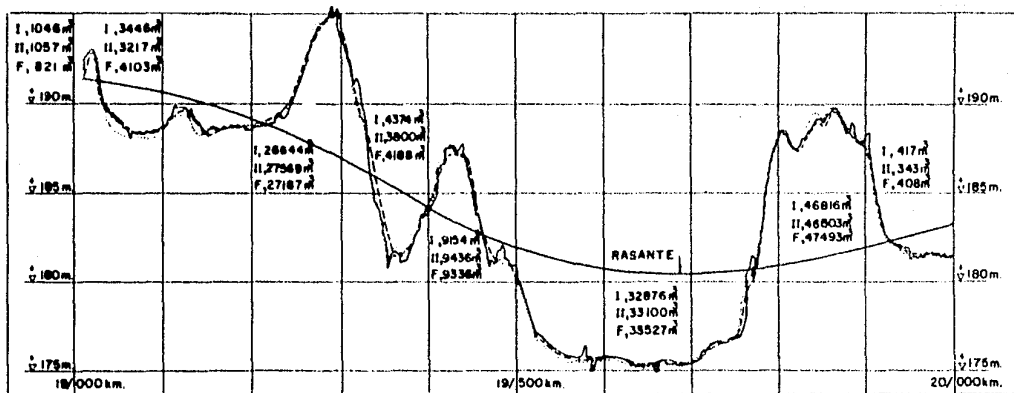


Fig.15.- Pruebas de campo para comparar el perfil longitudinal sección 18/000 a 20/000 la rasante calculada para los diferentes perfiles es la misma.

SECCION 18/000 - 20/000									
MEDIDA	MOVIMIENTO DE TIERRAS						DIFERENCIAS CON RESPECTO A I		
	m ³								
	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO
I	88 000	41 184	48 400	0	0	0	0	0	0
II	84 000	40 000	44 400	+1200	-700	+1010	+1.4	-1.7	+4.6
F	84 000	42 220	48 010	+1170	+1000	+144	+1.0	+2.0	+3.3

SECCION 20/000 - 21/000									
MEDIDA	MOVIMIENTO DE TIERRAS						DIFERENCIAS CON RESPECTO A II		
	m ³								
	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO	CORTE	RELLENO	DESPERDICIO
II	80 121	20 074	20 447	0	0	0	0	0	0
F	80 124	20 000	20 221	+5	-71	+74	0	-0.8	+0.2

COMPARACION ENTRE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA CALCULADOS CON BASE EN LOS TRES LEVANTAMIENTOS.

En este ejemplo, están señalados con "I", los movimientos de tierra obtenidos con un levantamiento muy preciso, seccionando longitudinalmente el trazo del camino, cada 2 metros y, transversalmente al eje se seccionó igualmente cada 2 metros. El signo "II", nos indica los movimientos obtenidos con el levantamiento clásico y, con "F" señalamos los correspondientes obtenidos con el levantamiento Fotogramétrico.

En la primera parte del cuadro podemos observar los porcentos con respecto al levantamiento preciso, y notamos que para "II" la diferencia en por ciento de desperdicio es de +4.5, en cambio, para "F" el porcentaje es apenas del +0.3. En la segunda parte del mismo cuadro, vemos otro ejemplo, en el que se han determinado los movimientos de tierra con los métodos clásicos y Fotogramétrico, su comparación nos permite apreciar que el porcentaje de desperdicios del método "F" es de -- apenas +0.2, con respecto al método clásico; cantidad prácticamente -- despreciable, por lo que podemos concluir que estos dos métodos son -- igualmente precisos

B.- LA VEGETACION COMO OBSTACULO PARA LA FOTOGRAMETRIA.

Existe justificación para esta objeción. De hecho, la vegetación que cubre el terreno es un obstáculo que se hace mucho más serio en -- proporción a la escala, por ejemplo: mientras mayor precisión se requiere de los datos fotogramétricos, mayor será el obstáculo.

Por las características propias de la superficie del territorio mexicano, se ha previsto que se podrá aplicar este método con bastante éxito, en un 70 % de la superficie nacional (parte Norte y Centro de la República). De los 30 % restantes, se le pueden restar un 5 % de territorio en donde a pesar de ser un terreno boscoso su densificación de árboles es pequeña, originando espacios entre árbol y árbol, que -- permiten, sin embargo, la restitución topográfica; como ejemplo de esta zona podemos señalar, parte de los estados de Morelia, Guerrero y -- la región del Pánuco. Los 25 % restante, representan a los estados -- del Sureste, los cuales tienen una vegetación muy boscosa y muy densa; sin embargo, aún en esta zona no podemos descartar la ayuda importante que nos brinda la fotogrametría, en el estudio de la localización y re

conocimiento de las rutas.

A pesar de que es aún posible, en áreas con bosques bastante poblados, obtener buenos planos topográficos hasta una escala de 1:5 000, es decir, producir material adecuado para el planeamiento inicial, la medición fotogramétrica del perfil, requiere la observación directa del terreno. En el presente, aún se están llevando a cabo investigaciones acerca de si pueden hacerse tolerancias por cultivos o pastos altos, aplicando una constante de corrección de alturas.

3.- ¿PARA QUE TAMAÑO DE PROYECTO VALE LA PENA EMPLEAR EL METODO DESCRITO?

Una cuestión importante para el ingeniero planificador, es la de determinar la mínima longitud de carretera para la cual la aplicación de este método, resulta económica. Naturalmente es antieconómico traer un avión desde 100 kilómetros expresamente para hacer un vuelo para 5 kilómetros de camino nuevo. La suma de los costos, tanto de obtención, operación y tiempo de espera del avión por mal tiempo, tendría que compararse entonces a este proyecto en pequeña escala; lo mismo podemos decir con respecto al costo originado, al movilizar e instalar las Brigadas de Campo en el lugar de trabajo. Pero observando ciertas instrucciones, es posible abatir bastante este costo; dichas instrucciones pueden ser las siguientes:

- 1.- Temprano registro de un vuelo fotográfico planeado.
- 2.- Consolidación de varios pequeños proyectos para hacer un solo vuelo fotográfico, reduciendo así, los gastos de vuelo del avión.
- 3.- Cuidadosa cotejación de las escalas de imagen, tipos de cámaras y señalamiento de puntos de apoyo al proyecto de planeación.

El temprano planeamiento de los vuelos fotográficos es necesario, no solamente por razones de economía, sino también por razones técnicas y meteorológicas. En Alemania, las buenas condiciones requeridas para las fotografías aéreas, prevalecen solamente durante periodos cortos, a saber, durante la primera parte de la primavera y otoño. Durante el resto del año, la calidad de la fotografía está afectada por la

vegetación o por las malas condiciones de luminosidad.

D.- ORGANIZACION DE OPERACIONES.

Un factor que es decisivo para el éxito de este nuevo método de planeación, es la adecuada organización y colaboración entre el ingeniero constructor, el ingeniero fotogramétrico, el especialista en cálculo y en general, entre todo el personal involucrado en este método.

Mientras en los trabajos terrestres - tanto en el campo como en la restitución - todo el proceso del trabajo está en manos de un ingeniero, en la fotogrametría aérea se requiere una división extensa de trabajo y personal técnico como es la tripulación del avión, fotogramas aéreos, personal de laboratorio, ingenieros de restitución, personal de cartografía, etc., abarcando cada grupo una tarea limitada, pero el rendimiento del trabajo en general depende de la ayuda y entendimiento recíprocos, siendo necesario que cada uno conozca la naturaleza de los problemas y el trabajo del otro, para lograr así un trabajo de conjunto satisfactorio.

La fotografía aérea revela los secretos topográficos del terreno fotografiado de una manera jamás imaginada por el ingeniero de caminos. No es solamente esta la ventaja que presenta, sino que el trabajo de la elaboración del plano, casi en su totalidad se efectúa en la oficina, es decir, se evitan viajes penosos a lugares poco accesibles, los peligros de las selvas y las montañas se eliminan y, el personal no está expuesto a las inclemencias del tiempo, lluvia, frío y calor. Además presenta la ventaja de poder trabajar cómodamente instalado y si fuere necesario, se podría dedicar las 24 horas del día a la restitución y cálculo, trabajando sin interrupción. La región es levantada con datos obtenidos todos al mismo tiempo, evitando así la posibilidad de cambios en la característica del terreno durante el trabajo, tal como sucede cuando se hace el levantamiento progresivamente por plancheta u otro método topográfico y, el trabajo se efectúa con mayor rapidez.

Es imperioso la elaboración de un buen plan de organización, pues

con éste método, se hace necesaria más que nunca este imperativo. A este respecto me gustaría mencionar el siguiente comentario: "Mientras que con los métodos convencionales puede permitirse recorrer el proyecto a pié con breves demoras y rodeos, los métodos modernos son como un tren; una vez que se ha puesto en movimiento, las paradas intermedias sólo pueden lograrse por medio del costoso freno de emergencia".

2.- COMENTARIOS FINALES.

Cualquier persona que haya trabajado durante mucho tiempo con los métodos clásicos, sin duda no podrá evitar un sentimiento de duda cuando se encuentre por primera vez con los métodos modernos. Pero creo, que a estas alturas estarán convencidos de que es perfectamente concebible la planeación de largas carreteras automáticamente con la ayuda del método Fotogramétrico-Electrónico.

Sin embargo, en este momento, deseamos imponer límites estrictos a la imaginación. El ingeniero planificador y proyectista, no será su perfluo debido a la técnica moderna. Ninguna máquina automática puede sustituir la mente creadora de un hombre. Estas dos ciencias, la fotogrametría y el cálculo electrónico, están desarrolladas para darle al ingeniero de proyecto el tiempo y la oportunidad de concentrarse en el trabajo realmente constructivo y para mejorar el plano de tal manera, que la meta del planeamiento - el camino - pueda construirse mejor y a un costo más bajo de aquí en adelante.

Sin importar cuán grande sea la perfección de los nuevos aparatos relacionados con este método, su desarrollo y perfeccionamiento nunca cesará. Y para concluir, quiero hablar de las posibilidades ahora --- existentes para el cálculo de las perspectivas espaciales de un camino en estudio, para hacerlas visibles en el oscilógrafo y fotografiarlas. Como consecuencia natural de este progreso, en un futuro cercano el -- proyectista de camino, fotografiará varias perspectivas en sucesión, -- las consolidará en una película y juzgará críticamente la impresión óptica obtenida al manejar su coche por el camino proyectado. El cálculo de pendiente proporciona datos para el examen de los factores dinámicos del camino, mientras que los cálculos de masas pueden usarse pa-

ra lograr un equilibrio óptimo de las mismas. Finalmente, la marcada tendencia en la fotogrametría hacia los métodos numéricos, se hará más indispensable su aplicación a la ingeniería de caminos.