centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam

A los Asistentes a los cursos del Centro de Educación Continua

La Facultad de Ingeniería, por conducto del Centro de Educación Continua, otorga constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar el Segundo Día de Clases en las oficinas del Centro, con la Señora Sánchez, de lo contrario no será posible.

El control de asistencia se efectuará a través de la persona encargada de entregar notas, en la mesa de entrega de material, mediante listas especiales. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tésis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Al finalizar el curso se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, es importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción con los datos que se les solicitan al iniciarse el curso.

ATENTAMENTE

ING. JOSE ELISEO OCAMPO SAMANO
COORDINADOR DE CURSOS

'eds.

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Abril 14	3 Hs.	Elementos de Fotogrametría. Formación del modelo práctico en estereoscopio de espejos	Ing. Antonio Bolaños
Abril 16	18 a 19:30	Fotografía Aérea I. Operaciones y conceptos fotográficos. Calidad Métrica, Resolución de la Imagen.	Ing. Angel García Amaro
Abril 16	19:30 a 21	Restitución. Instrumentos fotogramétricos. Triangulación Aérea. Tipos de errores en Triangulación Aérea y Métodos de Ajuste.	Ing. Carlos Galindo C.
Abril 18	18 a 19:30	Geodesia, Generalidades. Apoyo geodésico básico. Red. geodésica. Puntos Datums, Triangulaciones. Nivelación de precisión.	Ing. José Luis García Burgos
Abril 18	19:30 a 21	Cartografía. Precisión altimétrica, Precisión planimétrica. Exactitud de la representación	Ing. Carlos Galindo C.
Abril 21	18 a 19:30	Apoyo Horizontal. Poligonales, Apoyo Horizontal complementario. Métodos, Instrumental empleado. Medida de distancias con aparatos electromagnéticos.	Ing. José Luis García Burgos
Abril 21	19:30 a 21	Sistemas de redes de coordenadas planas. Proyecciones de mapas y cuadrículas. Sistemas Específicos de Cuadrícula. Azimutes y ángulos de la cuadrícula. Cálculo de la cuadrícula.	Ing. Antonio Bolaños

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Abril 23	18 a 19:30	Apoyo terrestre al tipo de restitución. Triangulación aérea o apoyo total para la restitución.	Ing. José Luis Corral Burgos
Abril 23	19:30 a 21	Costos y Tiempos en Fotogrametría.	Ing. Agustín Carstens M.
Abril 25	18 a 19:30	Proyecto Fotogramétrico. Fotogrametría en México	Ing. Carlos Calindo C.
Abril 25	19:30 a 21	Fotografía Aérea II. Sensibilidad cromática. Calidad de la imagen fotográfica.	Ing. Angel García Amaro
Abril 28	18 a 19:30	Principios y Teorías de Fotointerpretación	Ing. Juan B. Puig de la Parra
Abril 28	19:30 a 21	Fotogrametría Aplicada a la Planificación. Diseño y construcción de Obras Civiles.	Ing. J. Alberto Villasana.
Abril 30	3 Hs.	Aplicaciones de las Técnicas de Fotointerpretación. Carreteras y Ferrocarriles. Localización de ruta.	Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa
Mayo 7	18 a 19:30	Experiencia en México	Ing. J. Alberto Villasana
Mayo 7	19:30 a 21	Fotointerpretación en Ingeniería. Presas Líneas de transmisión. Canales y oleoductos.	Ing. Juan B. Puig de la Parra
Mayo 9	18 a 19:30	Localización de Materiales de Construcción. Estudios Hidrológicos. Estudios de Suelos.	Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa
Mayo 9	19:30 a 21	Fotogrametría en Recursos Hidráulicos	Ing. Gerardo Cruickshank G.
Mayo 12	18 a 19:30	Fotogrametría en Vías Terrestres	Ing. Bulmaro Cabrera
Mayo 12	19:30 a 21	Fotointerpretación. En estudios costeros. Planeación de los Trabajos de Campo. Control durante la construcción de obras.	Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Mayo 14	18 a 19:30	Catastro Rural y Urbano. Fotogrametría terrestre	Ing. J. Alberto Villasana
Mayo 14	19:30 a 21	La Fotogrametría en el Estudio del Desarrollo Urbano	Arq. Jesús Ceballos
Mayo 16	18 a 19:30	Nuevas Técnicas de interpretación. La Percepción Remota y sus aplicaciones a la Ingeniería. Ejemplos	Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa
Mayo 16	19:30 a 21	Mesa Redonda.	

NOTA:

LUNES 28 DE ABRIL DE 9:00 A 13:00 HS. VISITA A LAS OFICINAS DE RESTITUCION DE CETENAL SITA EN AV. SAN ANTONIO NO. 124

LUNES 12 DE MAYO VISITA A LA SOP DE 9:00 A 13:00 HS. OFICINA DE FOTOGRAMETRIA SITA EN XOLA Y AVE. UNIVERSIDAD.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA

D E F I N I C I O N

Formación del Modelo Práctica

ING. ANTONIO BOLAÑOS MEDINA

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

T E M A I

DEFINICION DE FOTOGRAMETRIA

FORMACION DEL MODELO. PRACTICA EN EL ESTEREOSCOPIO DE ESPEJOS.

ING. ANTONIO BOLAÑOS MEDINA

ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAMETRIA

El empleo de la Fotogrametría en sus distintas formas data de muchos años atrás; es tan antigua como una ciencia específica. En el año de 1839 se hizo público el invento de la fotografía; y cuando se logró hacer fotografías de un modo práctico, se pensó en aplicar el descubrimiento a los levantamientos topográficos. No hubo duda en apreciar que la fotografía era el medio más ventajoso de conservar latentes los diferentes puntos y rayas provenientes de un objeto fotografiado, por corresponder a cada punto de éste, otro punto igual en la imagen, o por cada recta que pase por el primero otra recta igual en el segundo. Pero había que pensar la manera de reconstruir en un momento dado, la forma y dimensiones de lo fotografiado; fué así como el capitán Francés A. Laussedat, a quien se le atribuye ser el verdadero fundador de la Fotogrametría, creó el primer método de RESTITUCION basado en dos fotografías del mismo objeto, tomadas desde los extremos de una línea llamada base. Las visuales que desde los citados extremos se dirigen a los diferentes puntos de un objeto, forman dos haces de rectas cuyos centros de proyección son las estaciones de toma; de donde es posible deducir dos direcciones para fijar el punto a reproducir por intersecciones; y que para la restitución completa de lo fotografiado, basta con ir hallando los puntos de intersección de cada par de rayos homólogos de los dos haces de rectas. También pertenece a Laussedat, el invento del primer aparato restituidor para los levantamientos fotogramétricos.

En Fotogrametría el término restitución se define como la reconstrucción gráfica de lo fotografiado, transportado a un plano o también como la elaboración de planos y mapas topográficos, a través de las fotografías.

Siendo el principio fundamental de cualquier tipo de fotografía, la perspectiva central, se acudió a los estudios desarrollados por el ilustre J. H. Lambert 1759 para la transformación de una perspectiva, o sea la construcción de una proyección ortogonal conocidas dos proyecciones cónicas.

Tocó al Doctor Carlos Pulfrich 1900-1915, dar a la fotogrametría un gran impulso, con la introducción de la Estereofotogrametría o Fotogrametría Estereoscópica, método que resultó ser exacto para las mediciones. Asimismo construyó múltiples aparatos de restitución aplicables a pares de vistas estereoscópicas.

La primera guerra mundial 1914-1930, aceleró la aplicación de la fotogrametría aérea, al buscar métodos utilizables con fines puramente militares; se idearon cámaras aéreas y todos los implementos que para tal misión eran necesarios.

A través del largo camino de intensas investigaciones para el mejor desarrollo de la Fotogrametría, se han sucedido grandes acontecimientos con la intervención de numerosos investigadores, hasta llegar a nuestros días en que el ejercicio de esta materia ha llegado a alcanzar un nivel muy considerable en algunos países europeos al grado de haberla incorporado a la computación electrónica. En México, el campo de acción de la Fotogrametría es muy vasto y su desarrollo hasta ahora, es lento; por lo que es urgente que en el país se forjen elementos que sirvan para diversificar la aplicación de esta importante rama de la Ingeniería, con todos los adelantos posibles.

DEFINICION DE LA FOTOGRAMETRIA

La fotogrametría se define como la aplicación de la métrica a las fotografías, cuyo problema fundamental, inverso del de la perspectiva, consiste en deducir de fotografías de un objeto, la forma, posición y dimensiones de éste. También se puede definir como el arte de confeccionar mapas y planos topográficos a escala, extraídos de las fotografías terrestres o aéreas, tomadas para tales fines.

APLICACIONES.- El aporte de la Fotogrametría a las actividades humanas es positivamente importante y su campo principal lo constituye la topografía; aquí se notan éxitos considerables, tales como la automatización de los cálculos, medidas y trazos, cuyos registros son automáticos también. A lo anterior se añaden múltiples usos de la Fotogrametría, tanto en la investigación como en el aspecto práctico; así por ejemplo: se aplica en obras de Ingeniería Civil, en levantamientos de exploración y de proyectos en general; en levantamientos agrícolas y forestales con fines inventariales; en levantamientos catastrales con fines urbanísticos, fiscales y otros; en levantamientos destinados a estudios geológicos, estudios marítimos, en investigaciones arqueológicas y en muchos otros casos específicos.

Con fines de planificación, es necesario presentar las formaciones topográficas con la mayor fidelidad, para que todas las obras y actividades que se proyecten, resulten apegadas a la realidad.

ESTEREOFOTOGRAMETRIA

La estereofotogrametría, que supera enormemente los métodos topográficos tradicionales, en planimetría y altimetría, aparejada a un equipo adecuado, nos proporcio-

na un medio objetivo de la zona por estudiar, permitiéndonos la facultad y con la mayor comodidad en gabinete, de conocer; la fisonomía del terreno, la superficie, la forma de concentración de las aguas, los causes principales y sus pendientes, la vegetación y su clasificación,- las condiciones geológicas, las obras humanas existentes etc. etc.

VENTAJAS DE LA FOTOGRAMETRIA

No se puede cumplir con una descripción íntegra de las ventajas que ofrece un levantamiento fotogramétrico; sin embargo, se mencionan con el mayor esmero algunas de ellas.

1.- Posibilidad de levantar en poco tiempo y con todo detalle, grandes extensiones de terreno.

2.- Facilita un levantamiento rápido de regiones peligrosas de poco acceso.

3.- Conservación fiel y constante de todos los elementos del terreno, lo que permite, sin nuevos - trabajos de campaña, volver a restituir en gabinete y en cualquier momento, las mismas zonas -- para verificaciones o para la formación de nuevos planos y cartas a diferentes escalas de las primitivamente escogidas, siempre que se respete la relación de imagen y dibujo correspondiente.

4.- Avatimiento muy notable de los costos con respecto a los procedimientos tradicionales.

Ahora como es natural, en todos los aspectos técni--

cos, así como en los comunes, existen desventajas, ya que pueden presentarse casos en los cuales el levantamiento - fotogramétrico no satisfaga todas las condiciones desea-- das por quedar partes del tereno cubiertas por otros ac-- cidentes y por consecuencia sin fotografiar; en cuyo caso y para corregir esta eventualidad, habrá que recurrir a - trabajos complementarios. Son todavía problemas críticos para la Fotogrametría, la vegetación, algunos accidentes topográficos extraordinarios, los malos tiempos para la - toma de fotografías, etc.

DIVISION DE LA FOTOGRAMETRIA

La fotogrametría se divide, según el sitio de toma de las fotografías, en FOTOGRAMETRIA TERRESTRE EN FOTOGRAME-- TRIAAEREA O AEROFOTOGRAMETRIA.

En fotogrametría Terrestre el sitio de toma está en la tierra firme, cuyo acceso es relativamente fácil por medio de transportes sencillos; asimismo, por ser el sitio una - posición invariable, se puede disponer del tiempo necesario para la exposición favoreciendo con ello al empleo del equipo de toma y al material fotográfico de exposición. Por el sitio de toma y por la posición horizontal del eje óptico - de la cámara, es como se denomina también FOTOGRAMETRIA TE- RRESTRE O DE EJE HORIZONTAL.

Siendo el fudamento principal de cualquier tipo de fotografía la perspectiva central, formada por el haz de rayos luminosos procedentes de todos los puntos del objeto fotografiado, y siendo el propósito de la fotogrametría la reproducción del modelo geométricamente reproducido de aquel, es necesario para tal reproducción, la toma de dos fotografías -- del mismo elemento, desde dos estaciones que son extremos de una línea llamada BASE, de tal manera que la reproducción -- deseada, en cuanto a forma, magnitud y posición, se obtenga por la intersección de los rayos homólogos de los dos haces

de cada fotografía.

El tipo de fotografías que más interesan para fines fotogramétricos, son las fotografías aéreas y, en menor grado de empleo las terrestres. Ambas son tomadas desde sitios -- distintos y con cámaras especiales. En las fotografías aé-- reas deben verificarse un determinado traslape tanto en el - sentido longitudinal como en el sentido transversal entre -- dos fajas adyacentes, para efectos de la visión estereoscópi ca, siendo normalmente en el primer caso y para fines de -- restitución de un 60% y en el otro sentido de un 30%.

ESTEREOSCOPIA

La estereoscopía es un fenómeno virtual por medio del -- cual es posible ver los objetos fotografiados en tercera di-- mensión, a través de sus imágenes correspondientes. La visión estereoscópica se verifica en la zona de sobreposición de dos fotografías consecutivas; y es, tal como ya quedó acentado anteriormente, la parte más importante de la Fotogrametría, -- pues a pesar de ser el fenómeno virtual e intangible, es posible efectuarle mediciones con el uso de implementos y procedimientos debidos, hasta el grado de trasponer las características generales y específicas de lo observado, a las formas gráficas más acostumbradas, como en el caso de los planos, coberturas, maquetas y demás simbologías, etc.

La estereoscopía se logra con el auxilio de aparatos ópticos mecánicos llamados estereoscopios, los cuales son de diferente estructura, de diferentes formas y dimensiones, entre los cuales se citan los estereoscopios de espejos, de lentes, de prismas o el de una combinación de ambos elementos que es el caso más usual y recomendable. Véanse las figuras Nos. -- 1, 2, 3 y 4.

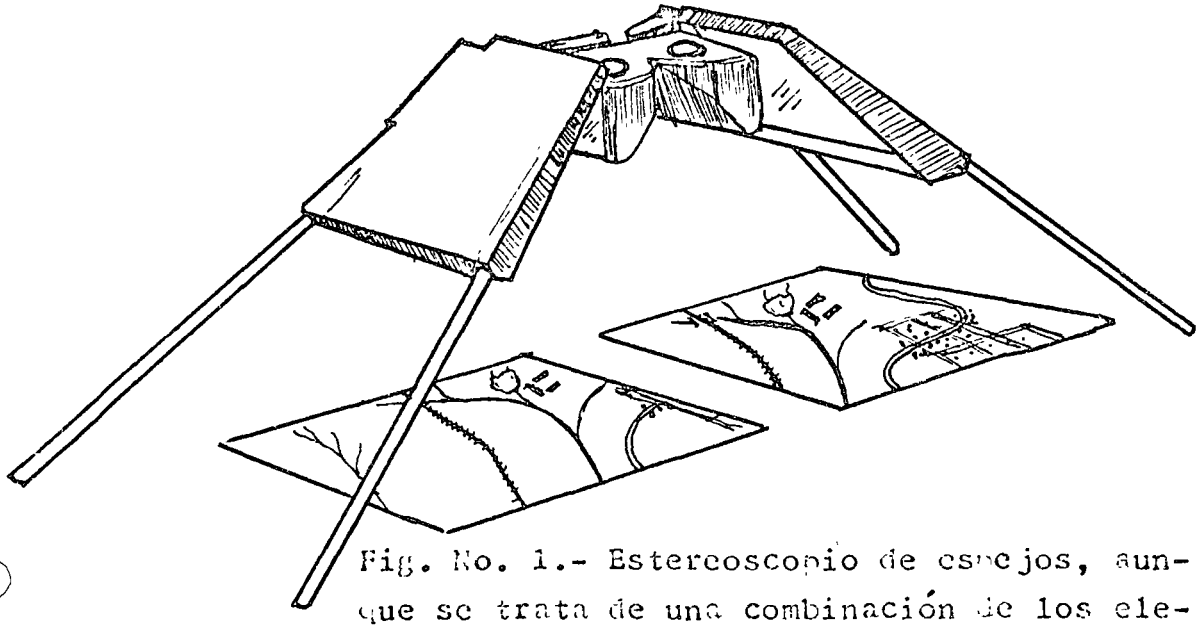


Fig. No. 1.- Estereoscopio de espejos, aunque se trata de una combinación de los elementos ópticos antes descritos.

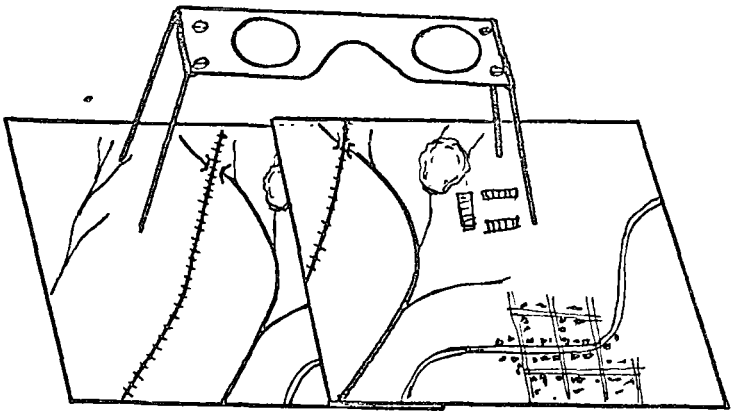


Fig. No. 2.- Estereoscopio de lentes llamado por su tamaño, estereoscopio de bolsillo.

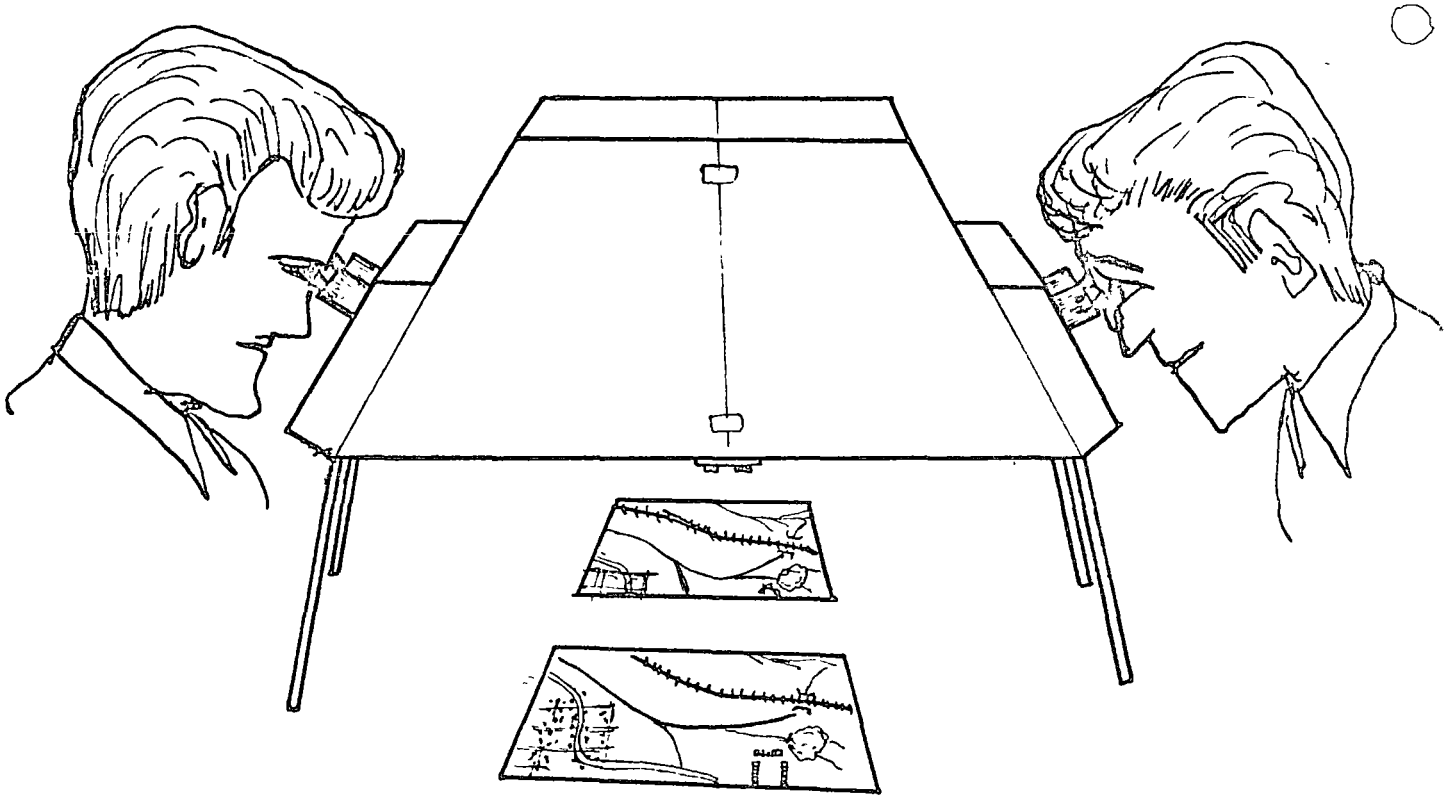


Fig. No. 3.- Estereoscopio doble para la observación simultánea de instructor y aprendíz.

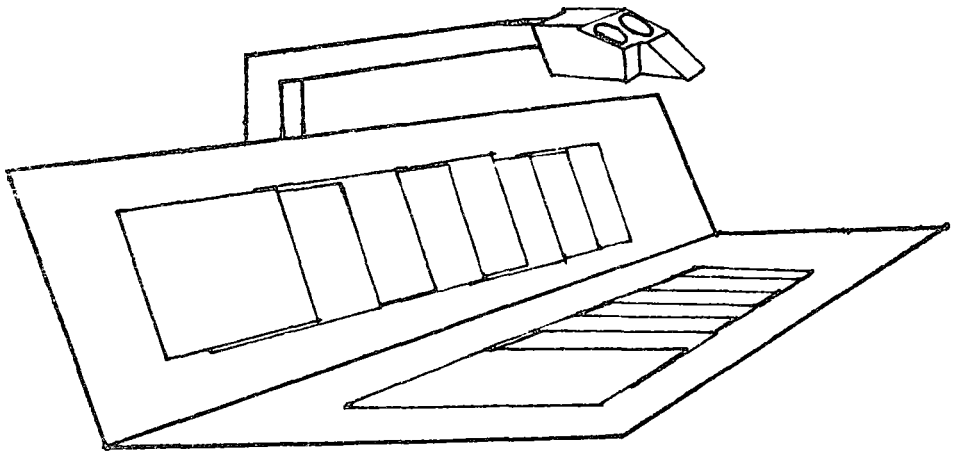


Fig. No. 4.- Estereoscopio de brazo, de lentes y prismas para examinar líneas - de fotos.

El artificio de un estereoscopio es para obligar al observador a ver dos imágenes de un mismo objeto, adoptando la posición similar a la de la cámara fotográfica en el momento de la toma de las fotografías y en tales condiciones poder reproducir en forma virtual, el haz de rayos luminosos cuyas intersecciones se forman en el cerebro, dando por resultado la - sensación de relieve por fusión de imágenes.

Cada uno de los estereoscopios anotados tiene su mejor - campo de aplicación y por consecuencia sus propias ventajas; por ejemplo: el estereoscopio de espejos se caracteriza porque en él se vé con una sóla posición de fotos y mediante ligeros movimientos habituales de la vista, todo el modelo estereoscópico; y, con el auxilio de binoculares acoplados, se llevan a cabo estudios y análisis detallados.

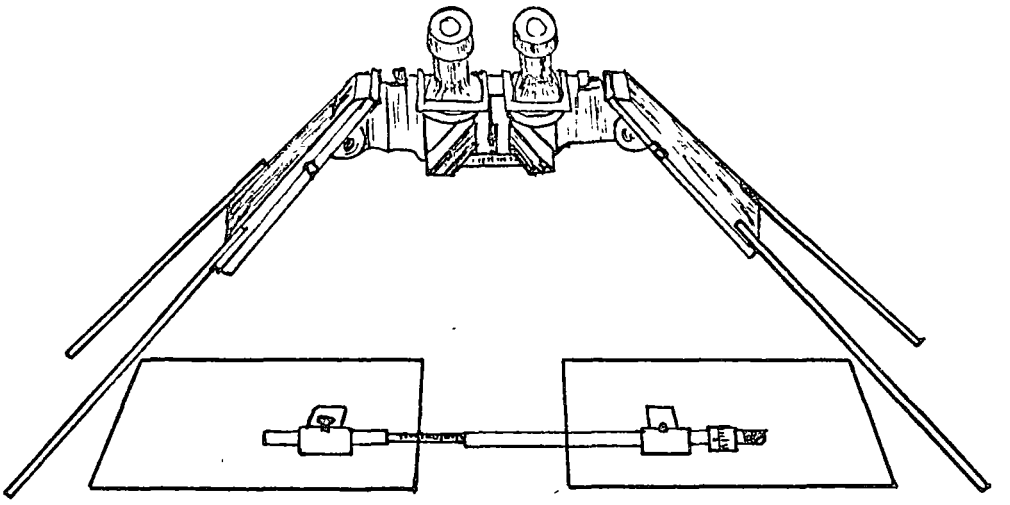


Fig. No. 5.- Estereoscopio de espejos con binoculares para detallar y barra de paralaje.

El estereoscopio de bolsillo por su parte, es un magnífico auxiliar en trabajos de campo y se usa para zonificar y detallar, como en el caso de los reconocimientos e identificaciones. Aquí se advierte que, debido a la pequeña base estereoscópica, sólo se abarcan pequeñas áreas; por lo que para examinar todo un modelo, es necesario llevar a cabo varias acomodaciones. Véase Fig. 2

El estereoscopio doble se emplea con binoculares y es ventajosamente útil en el campo de la enseñanza y en estudios analíticos, debido a que en él pueden observar en forma simultánea la misma parte o el mismo elemento, dos operadores: instructor y aprendiz o dos técnicos en deciderato.

El estereoscopio de brazo o de líneas, se emplea para estudios estereoscópicos preliminares de fajas de terreno de longitud cónsiderable. En cada tablero se coloca una serie de fotografías debidamente ensambladas de la misma faja de terreno por estudiar, y se van pasando simultáneamente por el estereoscopio para su observación.

SECUELA PRACTICA PARA LA OBSERVACION DE LA ESTEREOSCOPIA

Para poder observar la visión estereoscópica se recomiendan los siguientes pasos.

1.- Elección del par de fotografías consecutivas para -- formar el modelo estereoscópico. Fig. No. 6

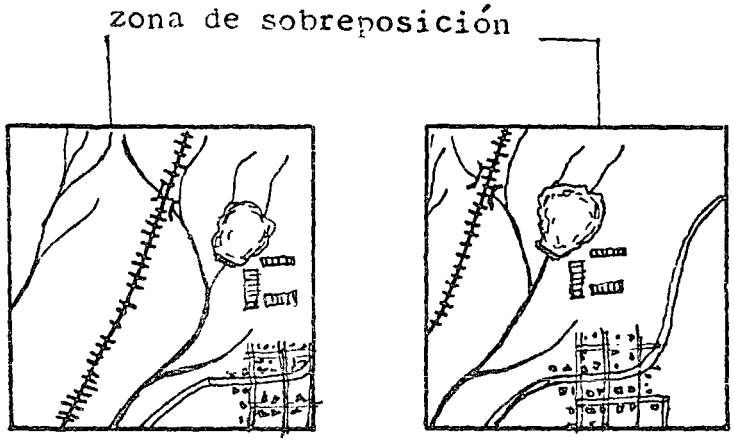


Fig. No. 6

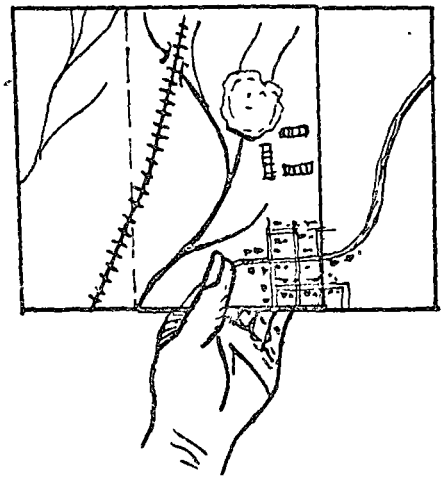


Fig. No. 7

2.- Sobreposición física de las dos fotografías como si cada detalle o figura fotográfica se fusionara con su homóloga. Fig. No. 7

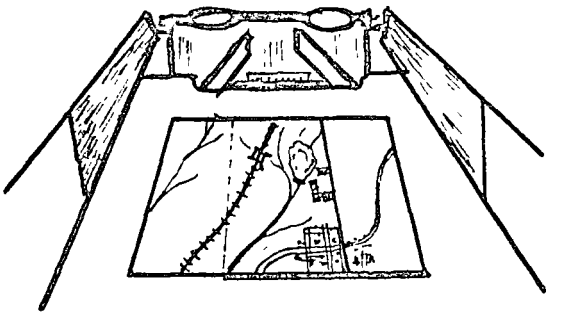


Fig. No. 8

3.- En posición de 2, someter las fotografías debajo del estereoscopio y separarlas más o menos 6 cm. Fig. No. 8 y 9

4.- Escoger en el área del modelo de cada fotografía un detalle común sobresaliente, señalarlo con los dedos índices como se vé en la Fig. No. 9; y en posición de observación, como en la Fig. No. 10, apoyar los dedos en las fotografías para poder juntarlas o separarlas, según el caso, hasta lograr que las imágenes de los dedos se fusionen en una sóla, esto es: como si un dedo se sobrepusiera física y exactamente sobre el otro.

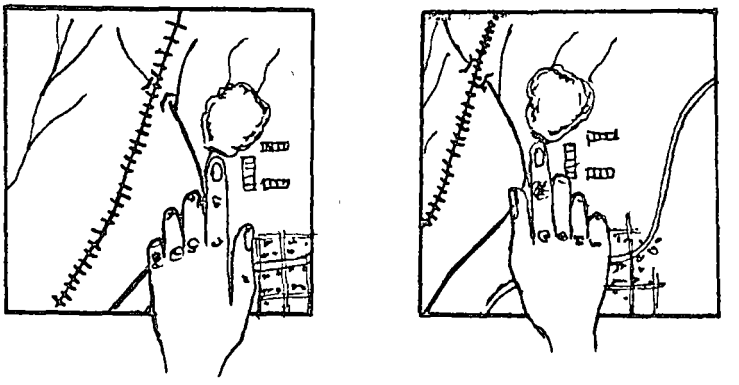


Fig. No. 9

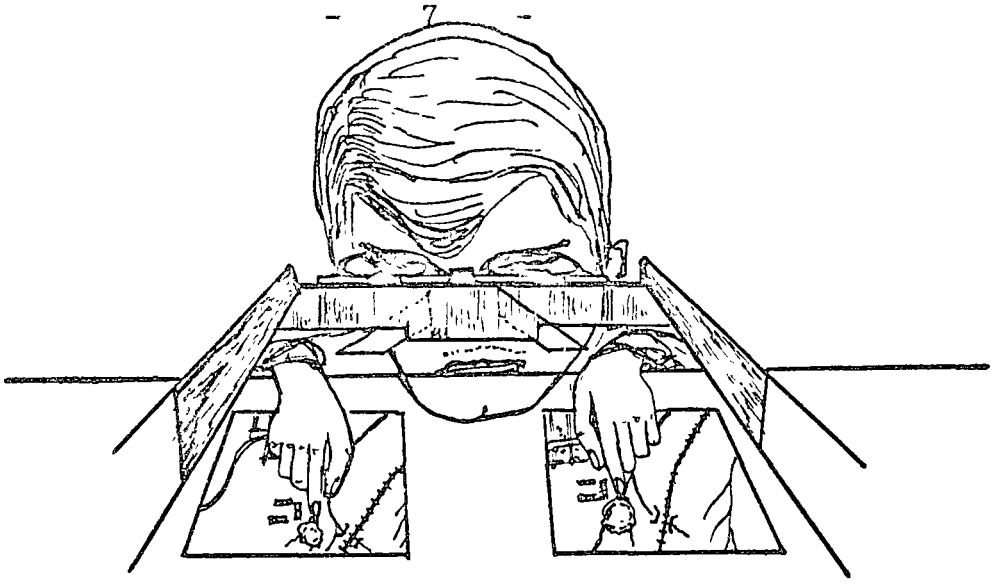


Fig. No. 10

5.- Se retiran los dedos, pero sin dejar de observar y se verán los detalles sobresalientes antes apuntados, fusionados en una sóla imagen; y en ese momento se produce el -- relieve virtual.

6.- Finalmente, se observa todo el contenido en el área de - sobreposición de las fotografías, que es donde se forma el modelo estereoscópico, para que, si hay imágenes do-- bles de un mismo objeto, hacerlas coincidir o ensamblar- las mediante pequeños movimientos de una fotografía o de las dos en forma simultánea, cuando ya se cuenta con alguna práctica, en las direcciones conocidas por: X, Y, o por pequeños giros; pero sin dejar de ver por los oculares para poder apreciar los efectos de los movimientos y poder limitarlos a lo justamente requerido.

Para comodidad del operador, se recomienda separar los - oculares si ello es posible, una distancia igual a la base -- interpupilar del observador. Se llama base interpupilar a -- la distancia que separa los centros de los ojos y fluctúa entre 5 y 7 centímetros. La separación de los oculares se lo-- gra a pulso o accionando un tornillo estriado que para el caso tienen los estereoscopios.

MOSAICOS FOTOGRAFICOS

Se llama mosaico fotográfico al conjunto de fotografías dispuestas ordenadamente por líneas, cuyo conjunto representa el área de terreno levantada. Existen varios tipos de mosaicos, entre los cuales se citan los siguientes: mosaico de contacto o fotoíndice, mosaico rectificado y fotoplano.

MOSAICO DE CONTACTO O FOTOINDICE.- Se llama mosaico de contacto o fotoíndice al formado por las fotografías de contacto en sus tamaños reales colocadas ordenadamente en forma consecutiva en el sentido de las líneas de vuelo y en el sentido lateral correlacionando las líneas paralelas adyacentes; y se llama fotoíndice también, porque en él se aprecia la nomenclatura de las fotografías en forma consecutiva también y el orden de líneas paralelas adyacentes, tal como se ven en la fig. No. 1

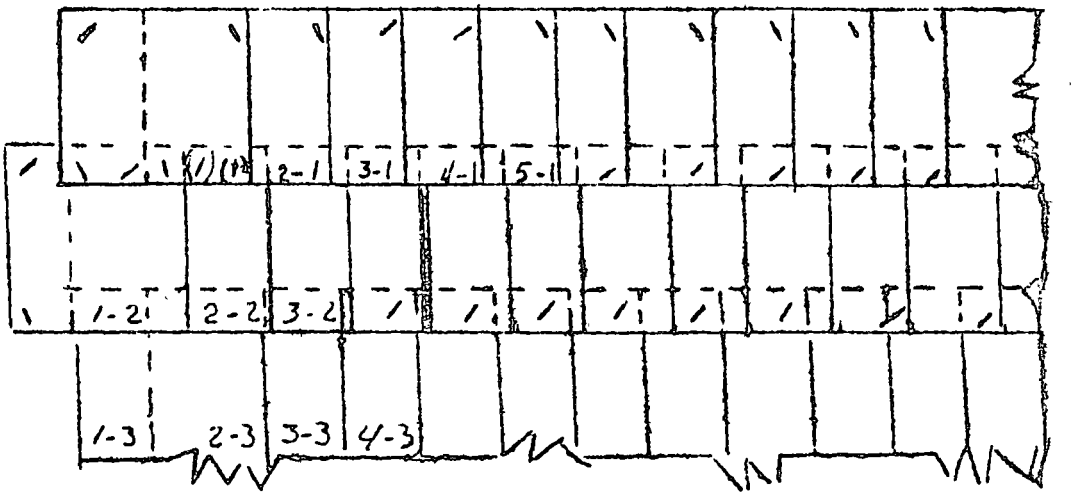


Fig. No. 1

Esquema de un mosaico de contacto

ELABORACION DE UN MOSAICO DE CONTACTO.- Un mosaico de contacto se elabora de la siguiente manera: en tableros de dimensiones especiales, de 3 x 4 m. de 4 x 5 m. etc., cuya cubierta puede ser de madera, de fibracel, de celotex, etc., en posición horizontal o vertical, como se ve en la fig. No.2 y No. 3 se van engrapando las fotografías por líneas, teniendo cuidado de ir sobreponiéndolas de tal manera que las imágenes o detalles comunes en el área de sobreposición de dos fotografías consecutivas concuerden en su forma; asimismo entre dos líneas adyacentes en donde rige también un determinado porcentaje de recubrimiento. Ahora bien; para facilidad de operación en el pegado de las fotos en el tablero, se puede ir entresacando las fotografías intermedias de cada línea, si es que la sobreposición es la usual para la restitución (elaboración de planos a través de las fotografías), pues basta para que haya continuidad en el mosaico, la sobreposición que queda entre la primera y la tercera, entre ésta y la quinta, etc. fotografías; salvo cuando las coberturas de los vuelos fotogramétricos son para otros fines en que las fotografías de las líneas del mosaico estarán en el orden en que fueron tomadas

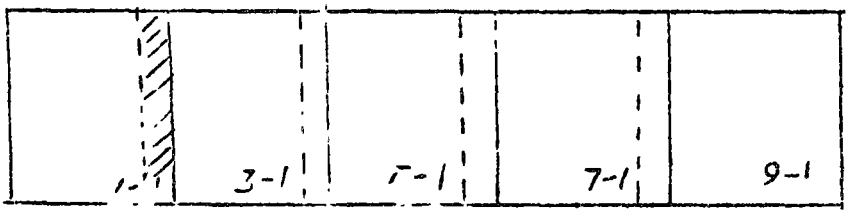


Fig. No. 4 Esquema de una línea con fotos alternadas.

Fig. No. 5 Esquema de una línea con fotos consecutivas, pero con recubrimiento

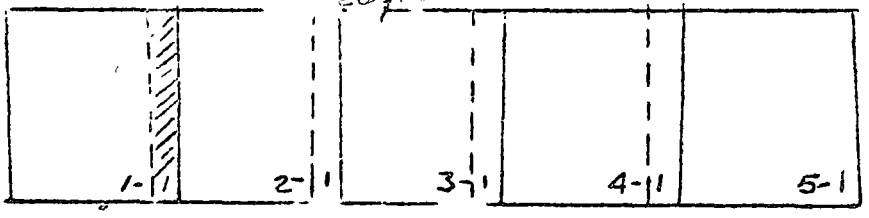


Fig. 2 y 3 Esquemas de los tableros que se mencionan en el párrafo anterior.

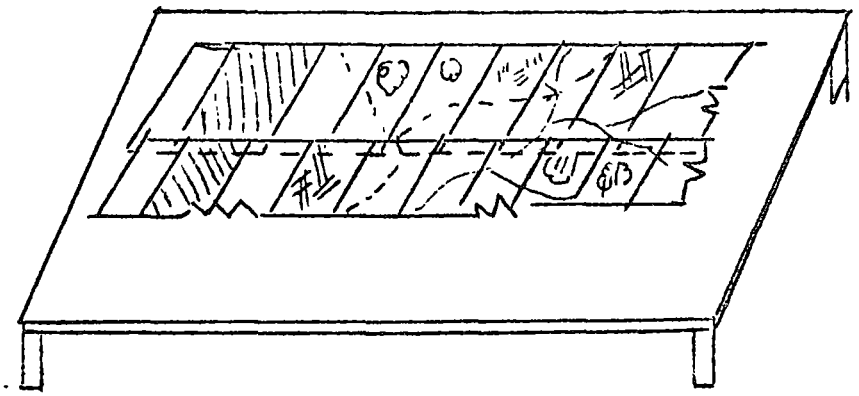


Fig. No. 2 Tablero Horizontal

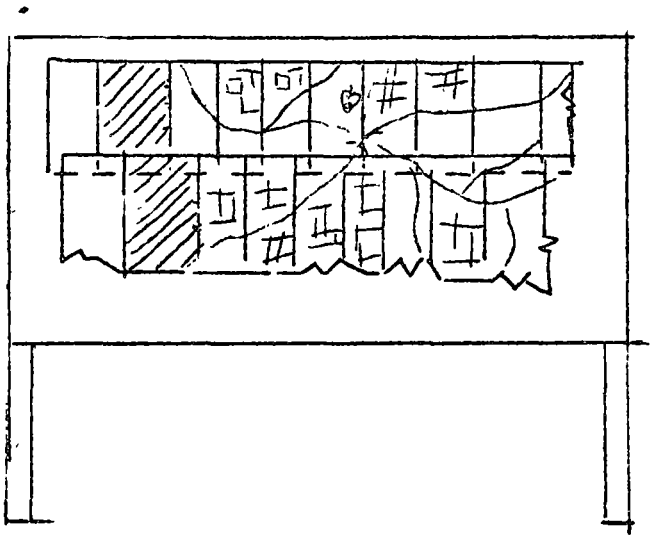


Fig. No. 3 Tablero Vertical

Siendo que las fotografías se colocan en sus tamaños reales en los tableros, cuando la zona levantada es extensa, no es posible integrar el mosaico en un sólo tablero; por lo que se puede hacer en secciones, ya sea empleando otros tableros o descargando sucesivamente el mismo. Cada sección de mosaico debe hacerse con una pequeña sobreposición para poder relacionarlas entre sí, cuando se quiera armar el conjunto fotografiado.

Un mosaico puede confeccionarse con fotografías de tamaño reducido también, pero el proceso de reducción implica algún costo; por lo que para comodidad de manejo de un fotoíndice, del tendido original se hacen reproducciones fotográficas a escalas pequeñas adecuadas; estas reproducciones se logran con el empleo de cámaras fotográficas especiales llamadas "Cámaras reproductoras", cuyos formatos son hasta de 70 cms. por 90 cms., o más y para el enfoque se desplazan sobre rieles hasta de 10 m. de longitud. Véase la figura No. 6

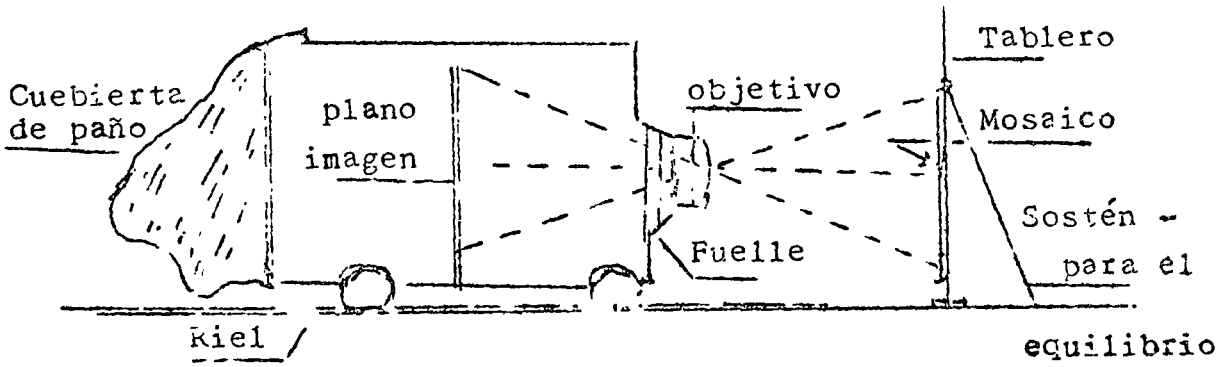


Fig. No. 6 Esquema de una cámara fotográfica reproductora.

UTILIDAD DE UN FOTOINDICE.- Los mosaicos fotoíndices son sumamente útiles, en virtud de que en ellos se tiene a primera vista, toda la información relacionada con -- los elementos existentes en el área de terreno fotografiado; tales como: poblaciones y rancherías, vías de comunicación, obras de riego, áreas de cultivo, aspectos orográfico e hidrográfico, densidad forestal, etc. Además se utilizan con ventaja para marcar en ellos los sitios de trabajo los itinerarios, los avances y cualquier señalamiento de programas de trabajo que se tenga que llevar a cabo en la zona levantada. Véanse las figuras Nos. con marcas e itinerarios de trabajo señalados.

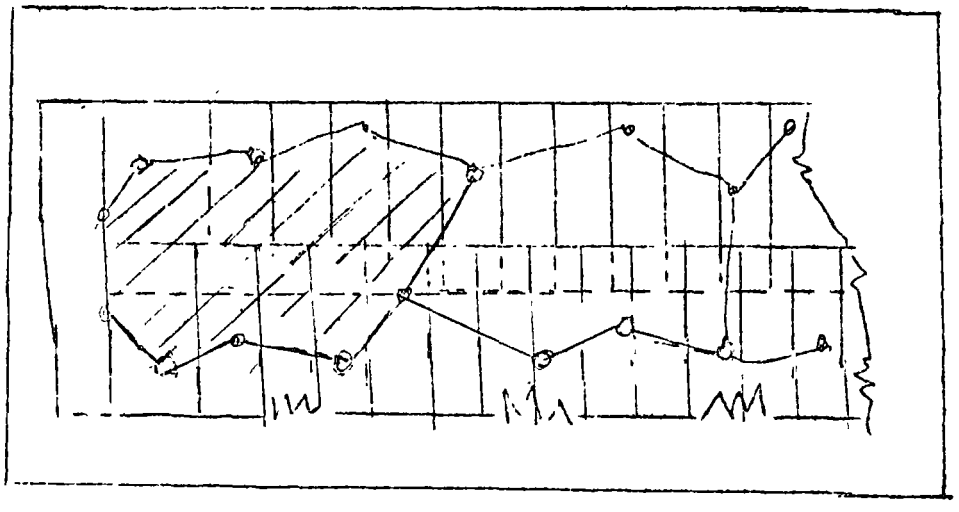


Fig. No. 7

Fotoíndice conteniendo Zona de trabajo proyectado y el avance tenido (rayado).

MOSAICO RECTIFICADO.- Se puede definir un mosaico rectificado como el conjunto de fotografías ensambladas cuidadosamente, pero rectificadas; con lo cual todo el --

contenido planimétrico del mosaico queda a escala determinada.

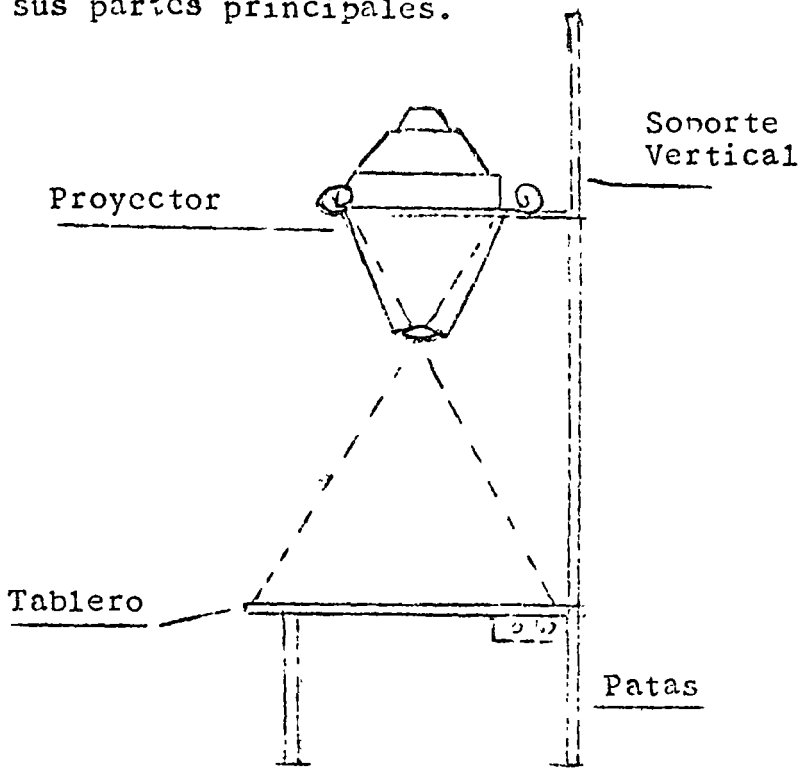
La rectificación consiste en el logro de las condiciones fotográficas apropiadas, para poder obtener de las fotografías datos reales y precisos.

El proceso de rectificación se desarrolla como sigue: a partir de puntos de posición conocida, que pueden ser puntos de apoyo terrestre si han sido medidos por medios topográficos directos, o puntos de control fotogramétrico si han sido determinados por triangulación Radial o por Aerotriangulación, etc., puestos a escalas en una hoja cuadriculada y señalados esos mismos puntos en las negativas de las fotografías correspondientes; y con el empleo de un aparato fotogramétrico denominado rectificador de imágenes, se llega a la rectificación buscada, haciendo que las imágenes fotográficas proyectadas por el rectificador, crezcan o disminuyan, según el caso, hasta una distancia igual a la dada por los puntos situados en la cuadrícula a la escala a la que va a confeccionar el mosaico específicamente.

Un rectificador de imágenes se compone de tres partes esenciales: un soporte vertical, una cámara fotográfica que se desplaza sobre el soporte anterior y un tablero en la parte inferior del mismo eje vertical; dicho tablero además del desplazamiento vertical, puede inclinarse en varios sentidos y girar alrededor de su eje vertical. Véase la figura No. 8

Fig. No. 8

Esquema de un rectificador de imágenes fotográficas con sus partes principales.



Ahora bien: sobre el tablero se coloca el papel cuadriculado con los puntos base dibujados; a continuación se hace pasar por el proyector de la cámara, la negativa de la fotografía que contiene los mismos puntos dibujados abajo; se proyecta la imágen, se imprimen tanto al proyector como al tablero, todos los movimientos necesarios hasta lograr la fusión de los puntos dibujados con sus imágenes correspondientes; finalmente se coloca el papel fotográfico sobre el mismo tablero y se toma la fotografía correspondiente, amplificada y rectificada o enderezada, para ser usada en la confección del mosaico rectificado. Véase la fig. No.9

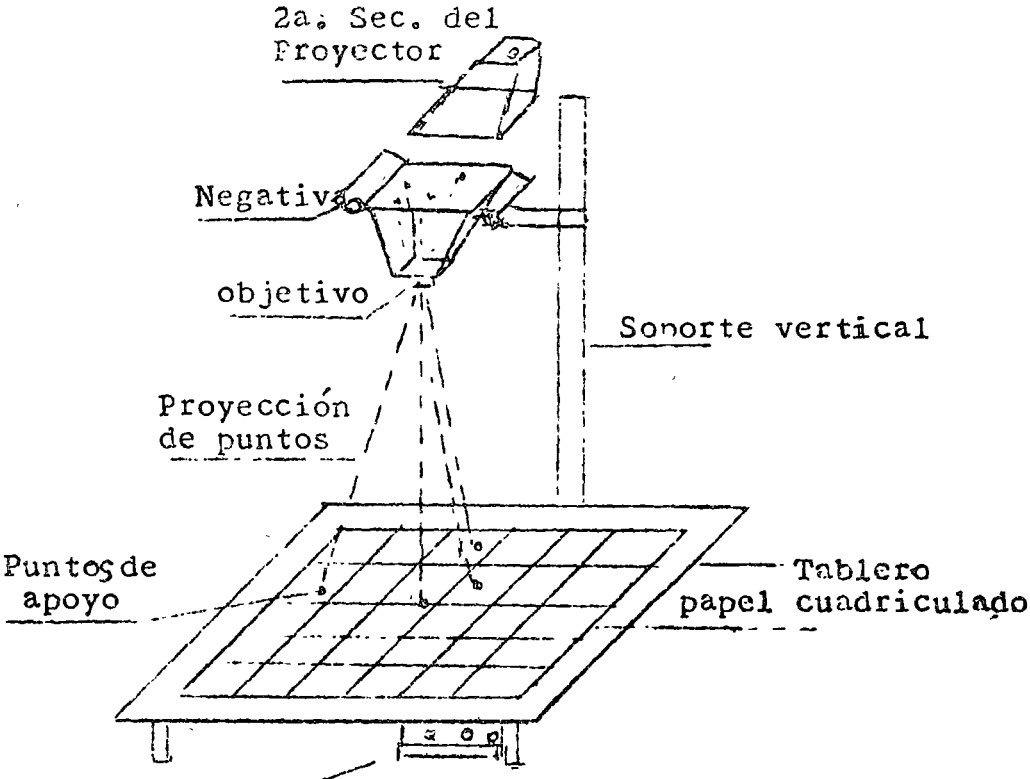
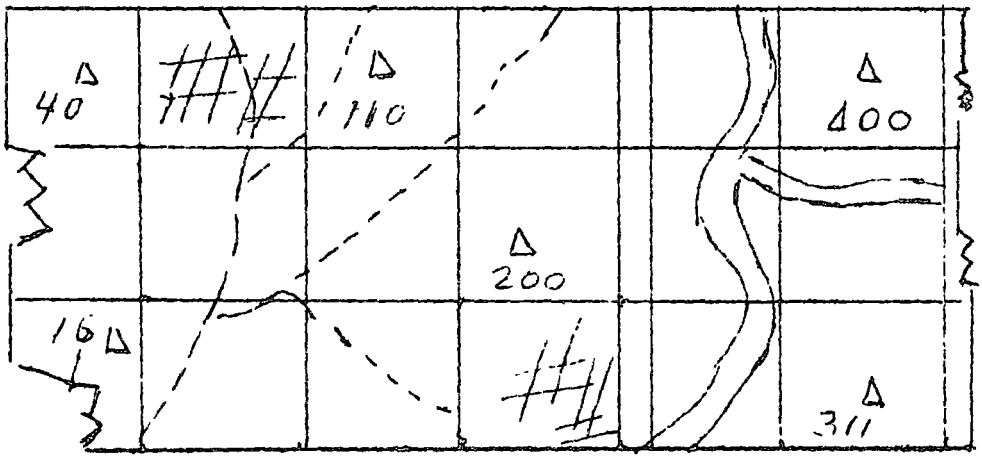


Fig. No. 9
Esquema de un proceso de rectificación.

Para mayor facilidad de trabajo en la elaboración de un mosaico, de la proyección fotográfica rectificada de cada fotografía, se dibujan en la hoja cuadriculada todos los detalles sobresalientes como caminos, ríos, arroyos y otros que a juicio de los operadores puedan servir posteriormente de control para el pegado de las fotografías del mosaico. Véase la fig. No.10



ELABORACION DE UN MOSAICO RECTIFICADO.- Normalmente los mosaicos rectificados se hacen sobre cubiertas resistentes a las deformaciones: por lo que, en un tablero a propósito, se calcan al carbón todos los elementos contenidos en la hoja cuadriculada, incluyendo la cuadrícula si es necesario. A continuación se procede al pegado de las fotografías rectificadas procurando ir ensamblando cada punto y cada detalle fotográfico con su homólogo dibujado en el tablero. La unión entre fotografías sucesivas se hace mediante recortes a lo largo de las orillas de caminos, ríos, líneas de sombra, etc.; y para evitar bordos al sobreponer las fotografías, se desvanece el espesor del papel fotográfico por la parte de atrás y a todo lo largo del recorte. Por ejemplo, en la figura No.11 se ve que el arroyo va a servir de liga entre las fotos I y II por lo que antes de pegarlas se hacen los recortes y el desvanecido correspondiente. Esta forma de ensamblar las fotografías sucesivas, da la impresión de ver los mosaicos rectificados como si se tratara de una sóla fotografía, como se ve en la figura No.

Fig. No. 12
Esquema de un mosaico rectificado en donde no se aprecia la unión de fotografías.

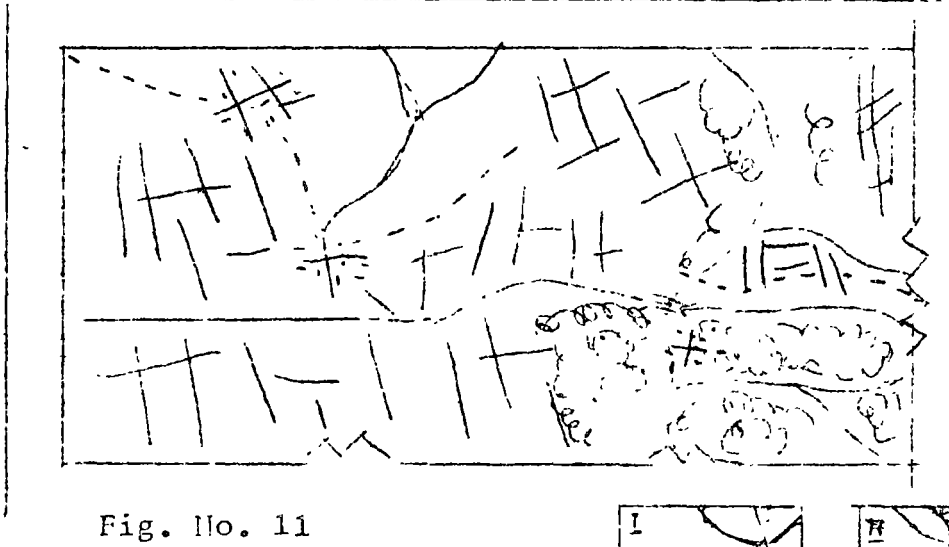


Fig. No. 11
Esquema de 2 fotografías que muestran la línea de recorte

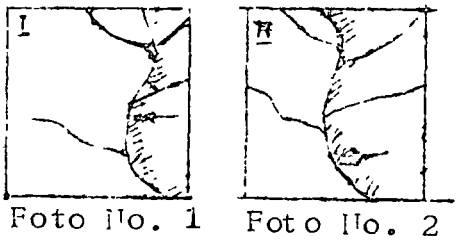


Foto No. 1 Foto No. 2

FOTOPLANO.- Los fotoplanos son una combinación de -- mosaico rectificado y curvas de nivel sobrepuestas, para el conocimiento de la altimetría del terreno contenido en el - mosaico. Para su integración es necesaria la restitución - altimétrica en planos a la misma escala del mosaico; y una vez sobrepuesto, se hace la reproducción fotográfica para - quedar como se muestra en la figura No.13 Esta forma de trabajo es ventajosa para los proyectos de Ingeniería, pero es poco usual en el País por razones de costo y porque son poco manejables. Tanto del mosaico Rectificado como de los fotoplanos se pueden hacer reproducciones a escalas adecuadas para tamaños manejables. Véase figura No. 13

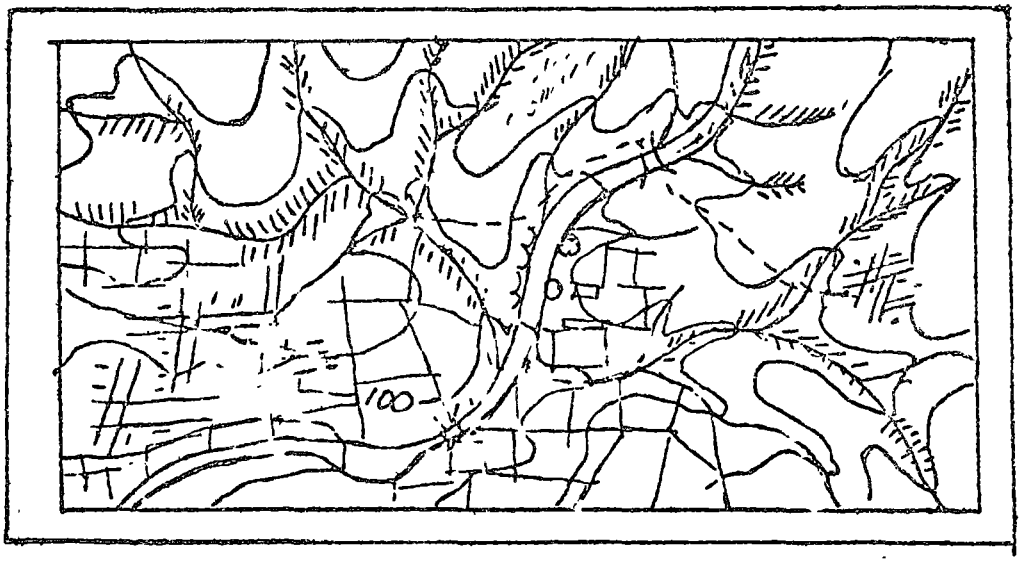


Fig. No. 13

Esquema de un fotoplano; en él se ven las curvas de nivel.

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA.

1. ING. ANGEL GARCIA AMARO
JEFE DEL DEPTO. DE INVESTIGACION
CETENAL
SAN ANTONIO ABAD NO. 124-5°PISO
MEXICO, D.F.

2. ING. CARLOS SANTIAGO GALINDO CONTRERAS
JEFE DEL SERVICIO GEODESICO
CETENAL
SN. ANTONIO ABAD 124-5°PISO
MEXICO 1, D.F.

3. ING. JOSE LUIS GARCIA BURGOS
WILD DE MEXICO S.A.
CONSULTOR
LONDRES 256 P.B.
COL. JUAREZ
MEXICO, D.F.

4. ING. AGUSTIN CARSTENS M.
CIA. MEXICANA AEROFOTO S.A.
SUB GERENTE TECNICO
11 DE ABRIL 330
COL. ESCANDON

5. ING. JUAN B. PUIG DE LA PARRA
DIRECTOR
CETENAL
SN. ANTONIO ABAD 124-5°PISO
MEXICO, D.F.

6. ING. J. ALBERTO VILLASANA
SUB DIRECTOR
COMISION DE ESTUDIOS DEL
TERRITORIO NACIONAL
SN. ANTONIO ABAD NO. 124-4°PISO
MEXICO, D.F.

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

7. ING. JORGE F. VACA HINOJOSA
GERENTE DE PRODUCCION
CETENAL
SN. ANTONIO ABAD 124 -1°PISO EDIF. C
MEXICO, D.F.

8. ING. GERARDO CRUICKSHANK G
SUBGERENCIA DE PLANEACION
S. R. H.
REFORMA 69-11°PISO
MEXICO, D.F.

9. ING. BULMARO CABRERA RUIZ
JEFE DE LA OFICINA DE
FOTOGRAMETRIA
S. C. P.
KOLA Y AV. UNIVERSIDAD P.B.
MEXICO, D.F.

10. ING. ANTONIO BOLAÑOS
JEFE DEL DEPTO. DE FOTOGRAMETRIA
E S I A
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

11. ARQ. JESUS CEBALLOS
CETENAL
SN. ANTONIO ABAD 124-1°PISO EDIF.B.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA.

"CARTOGRAFIA".

ING. CARLOS S. GALINDO.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

Fotogrametría Aplicada a la Ingeniería.
Sociedad Mexicana de Fotogrametría,
Fotointerpretación y Geodesia.
Centro de Educación Continua.
Facultad de Ingeniería.
U. N. A. M.
Abril de 1975.

CARTOGRAFIA.

Ing. Carlos S. Galindo C.*

Cartografía es la ciencia que se ocupa de la construcción de los mapas, siendo éstos la reproducción en una superficie plana, por medio del dibujo de toda o parte de la superficie terrestre.

Ampliando un poco la definición de cartografía, y no considerando que la representación en una superficie plana debe lograrse siempre por medio del dibujo, podremos considerar que existen los siguientes productos cartográficos:

Fotografía.-

Los vuelos fotogramétricos tienen limitantes no sólo por condiciones meteorológicas, por avión, por hora de la toma de vista, sino también por el tipo de terreno.

Las fotografías aéreas, se pueden obtener a cualquier escala, variando altura de vuelo, cámara, o película.

Una copia de contacto en papel a cualquier escala, nos proporciona gran riqueza de información que de acuerdo a su calidad, permite aprovecharla para diferentes tipos de fotointerpretación; si esta fotografía es obtenida en película o en cristal, la información que se puede obtener de ella es mucha más que la que se obtiene de la copia de contacto en papel. Los negativos fotográficos usados para trabajos cartográficos deben reunir además el requisito de alta calidad métrica.

Amplificaciones.-

Las amplificaciones a partir de un negativo aéreo pueden ser rectificadas sobre puntos de control situados en el terreno, o no rectificadas. En el primer caso, en ellas se pueden medir distancias y calcular áreas. En cualquiera de los dos casos proporcionan información que puede ser aprovechada para localizaciones de ruta, planeación, vialidad, o para hacer la presentación de algún proyecto en forma mucho más objetiva que con un simple esquema o croquis.

* Jefe del Servicio Geodésico Nacional. CETENAL.

Mosaico Fotográfico.-

Es producto de la unión de dos o más fotografías o amplificaciones. El mosaico fotográfico en su forma menos elaborada, sirve para controlar la calidad y el cubrimiento del vuelo fotográfico realizado. Se usa también como índice para facilitar la localización de líneas de vuelo o fotografías sobre zonas en particular.

A partir de fotografías no rectificadas, un mosaico, además de la información de cada fotografía, dá continuidad a los detalles y sirve para presentar proyectos o estudios a realizar. Si se obtiene a partir de fotografías rectificadas y se arma con base a puntos de coordenadas conocidas, permite la localización relativa de algunos detalles, medir distancias y áreas, y resulta aplicable en zonas donde el terreno es llano.

Fotomapa.-

El fotomapa puede obtenerse por reproducción de un buen mosaico rectificado al cual, dentro del sistema de coordenadas de los puntos de control, se le traza el canevá o la cuadrícula correspondiente. Con lo anterior se tiene la situación planimétrica en forma absoluta de los detalles que aparezcan en el fotomapa. Es útil en terrenos planos; un buen fotomapa no dá errores mayores de dos veces el que se tiene en un documento restituido fotogramétricamente.

A escala adecuada, resulta buena solución en ciudades. Se puede tener dentro del fotomapa, la ciudad y sus alrededores.

Carta Topográfica.-

Una carta o mapa topográfico, es una representación convencional de los accidentes del terreno; la elaboración de mapas por procedimientos directos (en campo), resulta un método impráctico, costoso y obsoleto. Estos documentos se construyen en la actualidad, con auxilio de la fotogrametría, que cuenta con técnicas e instrumentos de alta precisión, en todos los casos, auxiliados y apoyados con trabajo de campo, que gracias al gran avance tecnológico cada vez son menos y se realizan en menor tiempo.

Es un documento gráfico que se obtiene a partir de fotografías aéreas; para que su elaboración resulte económica y el trabajo de campo sea mínimo, se realiza un proceso de Triangulación Aérea, con objeto de extender el apoyo obtenido en campo a todos los puntos necesarios para la restitución de los pares fotográficos.

Las cartas topográficas se construyen a muy diversas escalas; se pueden dividir en tres grandes grupos: Grandes las de 1:50 000 y mayores; Medianas las de 1:50 000 a 1:500 000; y Chicas las de 1:500 000 y menores.

En cuanto a precisión, se tienen dos conceptos: Precisión Horizontal y Precisión Vertical. Estas están relacionadas y dependen de la escala de la fotografía, de la calidad del material, y en general de la bondad del sistema fotogramétrico.

Las especificaciones para la precisión de las cartas topográficas varían en la forma de expresarse; en Estados Unidos se expresan en función del error medio cuadrático; en Europa hacen intervenir la pendiente del terreno, pero en general dan los mismos valores con pequeñas variantes.

La versión original del National Accuracy Standards, indica en relación a las escalas 1:62 500, 1:24 000 y 1:12 000, unas tolerancias de 1/50" o sea 0.508 mm., 1/40" o sea 0.635 mm. y 1/30" o sea 0.85 mm. en posición horizontal para las escalas indicadas, o sea para 1:12 000, 10 m., para 1:24 000, 15.25 m. y para 1:62 500 tendremos 31.50 m.

Esto se ha simplificado de la siguiente forma:
Para mapas a escalas mayores de 1:20 000, no más del 10% de los puntos verificados podrán tener un error mayor que 1/30" medida en la carta.

Para mapas a escala menor de $\frac{1}{20\,000}$ tendrán $\frac{1''}{50}$ en puntos de posición bien definida.

Caso particular para escala 1:50 000 tendremos 25.4 m.

En fotogrametría, los puntos bien definidos son aquellos que puedan ser fácilmente identificables en la fotografía y en el terreno (vértices topográficos o geodésicos, bancos de nivel, intersecciones de caminos y FF.CC., esquinas de grandes predios o estructuras, etc.).

Las especificaciones de Estados Unidos calculan el error medio cuadrático y especifican: E.M.C. = 0.3 mm a la escala de la carta para la Planimetría (precisión gráfica de un punto); y para la Altimetría la especificación queda expresada como: E.M.C. = 0.3 x 1 000 de la altura del vuelo.

En los dos casos la muestra que sirva como elemento de juicio deberá ser representativa de la carta que se esté juzgando. Los puntos sobre los que se realice el muestreo deben estar bien definidos, tanto en el terreno como en la carta; podrán ser cruces de caminos, linderos, mojoneras, etc.

La precisión de los trabajos de verificación de la precisión deberá ser similar a la usada en los trabajos de apoyo. Para mapas topográficos, la precisión vertical debe ser tal que el 90% de las elevaciones mostradas en la carta, estén dentro del 1/2 del intervalo de curvas de nivel, el 10% restante puede tener errores hasta de una equidistancia; para mapas de carreteras, las especificaciones de Estados Unidos dicen: el 90% de los puntos de verificación deben tener errores menores de 1/4 de la equidistancia, y el 10% restante deben mostrar errores menores de 1/2 intervalo.

Los europeos consideran que el error medio planimétrico debe ser 0.2 mm a la escala de la carta (Francia), y 0.3 mm (Suiza).

Para altimetría toman en cuenta la pendiente del terreno pero en general las especificaciones resultan equivalentes a las de Estados Unidos.

Atendiendo a problemas de diversas escalas y de restitución en zonas de vegetación, Tracy modifica las especificaciones de la siguiente manera:

Escala de la carta, menor que:	Altimetría. % de puntos con errores de 1/2 equidistancia.	Planimetría a la escala del dibujo.
$\frac{1}{10\,000}$	90%	0.3 mm
$\frac{1}{5\,000}$	80%	0.3 mm
$\frac{1}{1\,000}$	70%	0.3 mm

Cartas a Escala Chica y Media.-

Una restitución para un mapa topográfico muestra principalmente cuatro diferentes clases de información:

Relieve, Drenaje, Vegetación y Elementos Culturales.

Relieve es el término que se emplea para describir la configuración del terreno, y está representado por las curvas de nivel, y en algunos casos por sombreados hipsométricos. El drenaje incluye, entre otros elementos, ríos, corrientes, canales, lagos, pantanos, lagunas y litorales. La vegetación: bosque, selva, huerto, etc. El término elementos culturales se usa para indicar elementos construidos por el hombre e incluye obras como caminos, vías férreas, poblaciones, puentes, etc.

Los mapas topográficos presentan además los nombres de lugares y poblaciones, de arroyos y ríos, así como de los elementos orográficos. Se parte de ellos para muchos estudios de Ingeniería Civil; son base de estudios para la determinación de volúmenes de presas, cortes de carreteras, operaciones mineras; para la localización y selección de rutas y de alineamientos para líneas de transmisión.

Las limitaciones de una carta topográfica resultan de la escala de fotografía, del poder resolutivo de la emulsión fotográfica, de la cobertura

vegetal, del tamaño de los objetos, y muchas veces del tipo de las construcciones.

Las cartas topográficas mantienen siempre relaciones matemáticas con la superficie terrestre, ya que se encuentran representadas en algún sistema de proyección y a una escala determinada.

Para la representación de superficies de poca extensión, se puede considerar que el terreno es plano (área de 10 km de radio aproximadamente), y se usa un sistema de coordenadas rectangulares con origen arbitrario, pero que puede quedar ligado a redes de trabajos geodésicos; en áreas mayores es obligado tomar en consideración la curvatura terrestre; en este caso la representación gráfica se refiere a sistemas de proyección seleccionados de acuerdo a requisitos de conformidad o equivalencia, o sea, que no se usará una misma proyección cuando se desea que a un ángulo formado por dos curvas en la superficie del globo corresponda un ángulo equivalente en el mapa, y cuando se desea que las áreas en la carta resulten proporcionales a las superficies correspondientes del terreno representado (mapas de escala reducida para atlas), debe tenerse presente también en el momento de seleccionar una proyección, la situación del área a representar en la tierra, así como su extensión.

La proyección más usada en México para las cartas topográficas y una de las más conocidas, es la proyección de Mercator, proyección conforme que proyecta los puntos de la superficie de la tierra en una superficie cilíndrica tangente al Ecuador.

Un buen mapa restituido fotogramétricamente, resulta bastante útil por sí solo, por preciso y detallado, y en ocasiones sirve como base para mapas temáticos de calidad.

En México existen cartas restituidas por varias dependencias oficiales como El Departamento Cartográfico Militar de la S.D.N.; Dirección de Geografía y Meteorología de la Secretaría de Agricultura y Ganadería; Comité Intersecretarial; Secretaría de Obras Públicas; Comisión de Estudios del Territorio Nacional de la Secretaría de la Presidencia. Se cuenta también con trabajos cartográficos realizados por compañías particulares, que trabajan sobre todo, en levantamientos a grandes escalas, generalmente para Catastro, o para proyectos de obras civiles o estudios regionales.

Entre las principales cartas restituidas por estas dependencias se pueden citar la de escala 1:500 000 con curvas de nivel cada 200 m, hecha por la S.D.N.; 1:250 000 con curvas de nivel cada 50 ó 100 m, del paralelo 24° al norte, de la S.D.N.; la 1:50 000 con curvas de nivel cada 10 ó 20 m que realiza CETENAL. Se cuenta también con cartas aeronáuticas a escala 1:1 000 000 con curvas de nivel cada 1 000 ft. y 1:250 000 con curvas de nivel

cada 330 ft., del paralelo 24° al norte, construidas por dependencias de Estados Unidos y que según se ha comunicado no se seguirán haciendo.

Cartas a Gran Escala.=

Cartas Topográficas de detalle 1:25 000; cartas generales 1:10 000 y 1:5 000 regionales o de ciudades para aquellos lugares que no cuenten con otro documento, cartas que sirven para Planificación o Proyecto, escalas 1:2 000 y 1:1 000. En éstas se cuenta ya con muchos otros elementos que no aparecerían en otra escala menor, como localización de postes, registros, etc. Planos Urbanos Catastrales, escala 1:500 generalmente, llamados también manzaneros, hasta hace poco levantados en general directamente, pero que resultan de gran calidad restituidos fotogramétricamente.

En el Catastro Urbano, la escala más empleada es la 1:500, que funciona adecuadamente porque la combinación de sus factores de precisión y economía en tiempo y dinero, resulta apropiada para este tipo de trabajos cargoráficos.

Es conveniente decir que en estos días, casi todos los organismos con problemas de Catastro Urbano han tomado conciencia de que los planos restituidos por métodos fotogramétricos resultan tan precisos y con mayor información que los obtenidos por levantamientos directos.

El Departamento del Distrito Federal y algunos de los Gobiernos Estatales, para algunas poblaciones, disponen de este tipo de planos topográficos.

Ortofotos.-

Estos materiales son de reciente aplicación; han pasado ya su etapa experimental y se han obtenido buenos resultados en terrenos llanos u ondulados. Consisten prácticamente en la rectificación diferencial de las fotografías en base a control fotogramétrico dado para cada uno de los modelos estereoscópicos. Es posible trazar en ellos las curvas de nivel con buena calidad. Si el barrido electrónico es bueno, la imagen resulta casi perfecta.

Orto-Estereofotos.-

Técnica nueva basada en la obtención de ortofotos y de otro elemento conocido como estereo-anexa; resulta un ortofoto con posibilidad de analizarse estereoscópicamente. Util para fotointerpretación y que en la actualidad se está desarrollando en el National Research Council de Canadá.

Cartografía Automatizada.-

Se tiene gran interés en los productos de esta nueva técnica. Se obtienen en un instrumento fotogramétrico al que se le adapta un codificador, con el que la información obtenida de la fotografía, al recorrer todos y cada uno de los detalles planimétricos o curvas de nivel en el aparato, pasa a un archivo de computadora, generalmente a base de cintas magnéticas o discos, con lo que se obtiene la materia prima para elaborar cartas a diversas escalas y para diferentes fines.

La recuperación de esta información se realiza por métodos electrónicos, y dependerá de la forma en que esté organizada la información, el que se pueda obtener una gran variedad de productos, como cartas a diversas escalas, seccionamientos, etc.

NOTA:

Se anexan unos cuadros sinópticos tomados de la Cartografía de Raisz; en el último "Mapas Modernos", se menciona ya, "Méjico 1:100 000 1897-1911 (sin acabar)" y "Méjico Atlas 1921", probablemente elaborado también con la información y trabajos de la Comisión Geográfica Exploradora, a fines del siglo pasado y principios de éste.

Ejemplos de Cartas Topográficas y Urbanas, así como de ortofotos, se ilustran con proyecciones fotográficas, índice anexo.

INDICE DE PROYECCIONES.

1°	Carta Aeronáutica	1:1 000 000	curvas cada 1 000 ft.	Canadá
2°	Carta Topográfica	1:500 000	curvas cada 1 000 ft.	"
3°	Carta Topográfica	1:250 000	curvas cada 500 ft.	"
4°	Carta Topográfica	1:50 000	curvas cada 25ft.	"
5°	Carta Topográfica	1:50 000	curvas cada 10 m.	México
6°	Carta Topográfica	1:25 000	curvas cada 25 ft.	Canadá
7°	Detalle	1:1 000 000	curvas cada 1 000 ft.	"
8°	Detalle	1:500 000	curvas cada 1 000 ft.	"
9°	Detalle	1:250 000	curvas cada 500 ft.	"
10°	Detalle	1:50 000	curvas cada 25 ft.	"
11°	Detalle	1:50 000	curvas cada 10 m.	México
12°	Detalle	1:50 000	curvas cada 10 m.	"
13°	Detalle	1:25 000	curvas cada 25 ft.	Canadá
14°	Carta Urbana	1:5 000	sin altimetría	México
15°	Detalle			
16°	Detalle			
17°	Carta	1:2 000	curvas cada metro	"
18°	Comparación Ortofoto y Carta a línea.			
19°	Carta Urbana con Dependencias Oficiales, Calles y Manzanas Numeradas.			EE.UU.
20°	Carta Urbana de Desastres y Disturbios.			"

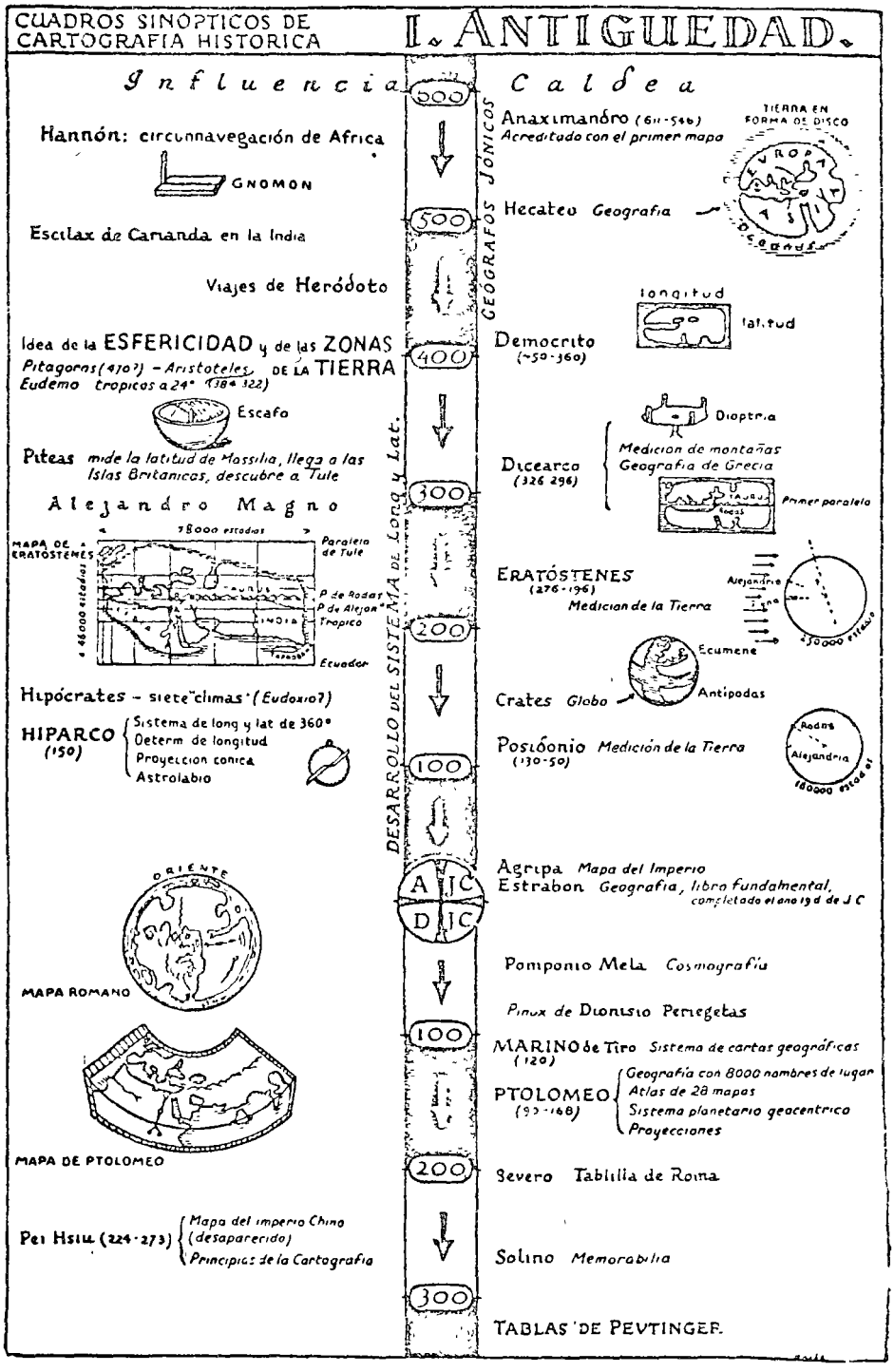


TABLA I. — Carta cronológica de la Antiguedad.

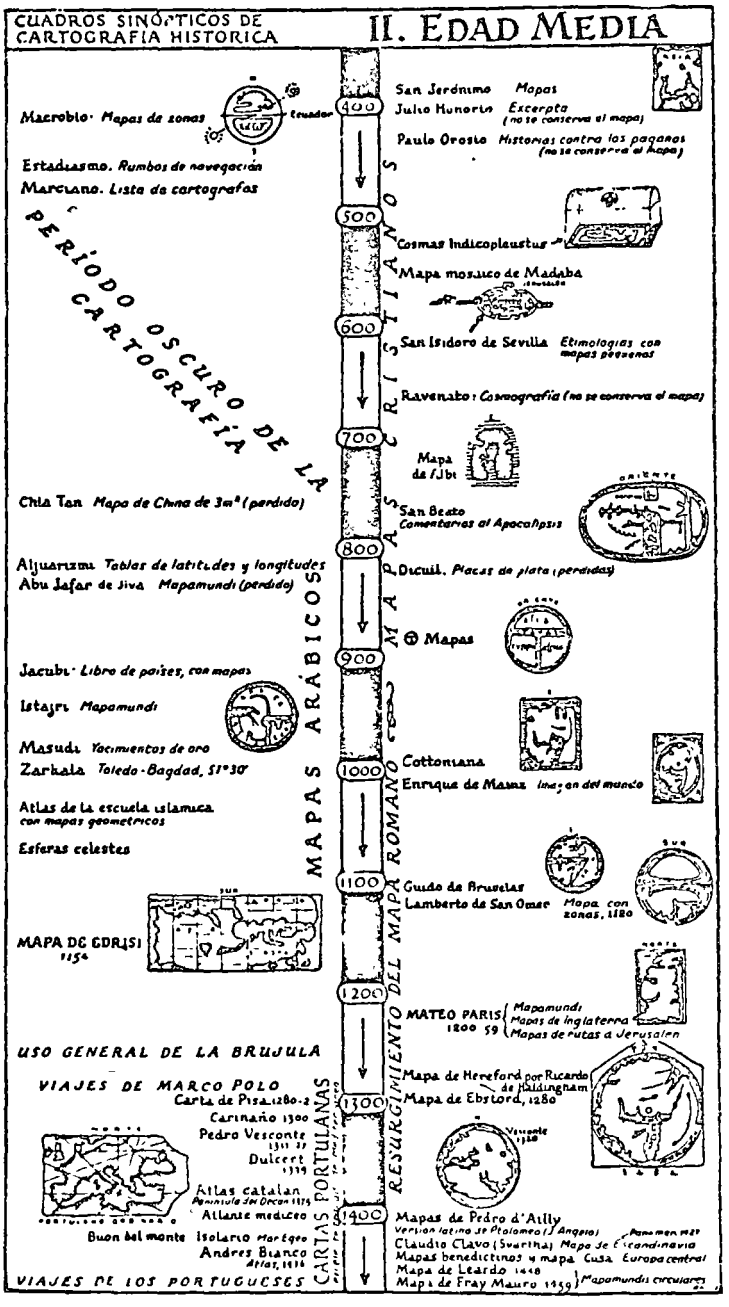


TABLA II. — Carta cronológica de la Edad Media.

CUADRO SINOPTICO DE CARTOGRAFIA HISTORICA

3. RENACIMIENTO

INVENTOS Y DESCUBRIMIENTOS

1470 GRABADO E IMPRENTA

1480

1490 Descubrimiento de AMERICA

Descubrimiento de la ruta a la INDIA

1500

1510 Albuquerque llega a la India

1520 Viaje de MAGALLANES

GEMMA FRISIUS Triangulac. en

1530 J Fernel Longitud de arco

1540 Cartier llega al rio San Lorenzo

Copérnico Sistema solar

1550

1560

1570 Digges Teodolito, 1570

Viajes de DRAKE

1580

1590 Plancheta

1600

1610 Viajes de Hudson

Viajes de Champlain

Snellius TRIANGULACION

1620

1630

1640 Viaje de Tasman

Baronicino (Torricelli)

1650 Los cosacos llegan a Irkutsk

Reloj de pendulo

1660

1670 PICARD (longitud de arco, long. geograficas, casa de Jean de Copio)

Joliet y Marquette Mississipi

1680 Newton Emero de

1690

1700

ITALIA, ESPAÑA, PORTUGAL

MAPAS PORTULANOS

Casa Benincasa en Ancona fl 1435 1508 P Roselli, de Mallorca fl 1460

Casa Freducci, en Ancona 1497 1556 Casa MAIOLO, en Genova 1504 86

G Calapoda, en Creta hacia 1550 BAUTISTA AGNESE, en Venecia, 1527 64

Casa Olives en Mallorca, 1532 88 Diego HOMEN, en Portugal hacia 1560

L Martinez en Mesina Mohammed Raus, etc

Toscanelli Mapamundi (desaparecido)

Bartolome de Sonetti Isolario en xilografias, en verso 1471

F Berlinghieri, Ptolomeo italiano en verso 1478

Ptolomeo en cobre Bolonia 1477

PTOLEMEVS ROMÆ 1478 grabado al cobre

Ptolemeus Romæ 1590

JUAN DE LA COSA 1500

Cantino Mapamund 1502

Canerio

Contarini 1506

Pedro Reinel Cartas

DIEGO RIBERO — 1527

H Verrazano Mapamundi 1530

Juan de Castro Cartas de puertos

ALONSO DE SANTA CRUZ Mapas de America, 1541 etc

Ptolomeo de Venecia con el Asia de GASTALDI, 1548

Nicola Oceano Atlantico grabado por Forlani Verona 1560

PEDRO de MEDINA Mapas de España

Seco Alvarez Mapas de Portugal

Bertelli Mapa de Gran Bretaña

ATLAS DE LAFRERI Roma 1556 73 (Gastaldi, Zaltieri, Bertelli etc)

Cr Sorte Brescia magnifica delineacion de mapas

Ant Millo Venecia Atlas

J F Camocio Atlas de 88 mapas (Guerras turcas), Venecia, 1571-76

G B Ramusio Viajes y mapas Venecia

Rosaccio Il mondo, 1595

Antonino Magini Atlas de Italia grabado por Arnoldi

B Crescentio Libros sobre cursos de navegacion etc, mapas

A Arnoldi Mapamundi 1600

Lavanha Baretto Indias Orientales Portuguesas 1615

Mario Cartaro, Napoles Mapas de Italia meridional

Matzeo Ricci China en 6 hojas 1613

O Pisani Globos

Casa de Oliva, Mesina

Mat Greuter, Roma Globos mapas de Italia

Casa de Cavallini, Liorna

A Kircher { Carta de variacion magnetica Roma 1643 / Mundo subterraneo, corrientes etc 1668

G B Nicolosi { Proyeccion globular mapas, globos / Del Hercole Atlas

Faria y Sousa Asia Portuguesa 1666-75

T Borgonio Saboya y Piamonte 15 Km 1680

M VICENTE CORONELLI, Veneciano 1650 1718

Globos mapas etc Atlante Veneto 1690

G Rossi Mercurio Geografico 1692 94

Moronelli Globos

FRANCIA

Oronciu Finzeo Cosmografia Mapamundi

Desliien Mapamundi 1541

Pde Desceliers Mapamundi 1541

de Enrique II 1546

Vallard Atlas 1547

ESCUELA DE ARQUES, cerca de Dieppe. Estilo decorativo portugues

ILUMINADORES (mapas decorativos) // INFLUENCIA HOLANDESA

C de Mongenet Globos

G Symeone Topografia de Auvérnia

Guillotière. Francia

Bougerau Teatro Frances, 159

J. Boisseau Mapas

Le Clerc, padre e hijo Teatro geografico, 1620

M Tavernier S tio de la Rochela Teatro geografico, 1638

NICOLAS SANSON 1600 67 Teatro de Francia 1653 Paris Cartas Generales 658

P Du Val (yerno de Sanson) Cartas de Geografia

La Hire Mapa de Francia 1668 99

LONGITUDES Su medicion por la Academia

J D CASSINI Mapa en el suelo del Observ. de Paris

Adrian y Guillr Sanson

H A JAILLOT { sucesores de los Sanson / Pedro Duval

J B Nolin

J y D Cassini

De Fer etc

EL NEPTUNO FRANCES

Atlas Real

ALEMANIA, PAISES BAJOS

EDICIONES DE PTOLOMEO alrededor de 100 ediciones, la mayoria con adicion de Tubulae Modernae

EDAD DE ORO DE LA CARTOGRAFIA HOLANDESA

Nicolas Germano introduce la proyeccion trapezoidal (Donis y Ruysch) mapas modernos a su Ptolomeo Italia 1466 82

Ptolomeo de Ulm N Germano Grabados en madera 1482 86

Version de Eichstatt y Marcelo del mapa Cusa de la Europa Central 1490

Marcelo Germano Mapamundi incluyendo los descubrimientos portugueses

GLOBO de BEHAIM Hemisferio terrestre detallado basado en Ptolomeo

Etzlaub Mapa de Alemania con caminos 1492 y 1501 etc

Stabius Werner Proyeccion

J Ruysch Mapamundi 1508

WALDSEEMULLER { MAPAMUNDI de 507 / Mapa mural de Europa 511 / PTOLOMEO DE ESTRASBURGO 513 con cuadros modernos / Carta marina 516 12 hojas

J Schoner Globos de 1515 y 1529 con la Terra Australis

Pedro APIANO Cosmografia 1524

Jacobo de Deventer Paises Bajos, 1536 39

Gerardo MERCATOR Mapamundi, 1536 1512 94

Sebastian Munster Cosmografia 1544

Juan Honter Elementos de Cosmografia

Caspar Vopel, Colonia Globos, etc

Mercator Europa, 1554

Diego Gutierrez America Amberes 1562

Felipe Apiano Mapas de Baviera 1 144 000

Proyeccion Mercator Mapamundi 569

A ORTELIO THEATRUM ORBIS TERRARUM, 1570

Hogenberg Hoefnagel

Gerardo de Jode

J Metelo

WAGHENÆR

Plancio Mapamundi, 1592 Globos

W Barentszor Cartas del Mediterraneo, 1595

Atlas de Mercator 1595

Itinerarios de Linschoten 1596

Enrique HONDRIO suc de Mercator Mapamundis, 1601 1608 y 1611

Bercio Atlas

J A RAUCH Mapas

W Janszoon BLAEU Nuevo Atlas 1634 y 1645 1596 1673 Teatro J 6v, 1635 y 1654

J JANSZOON Nuevo Atlas 3v, 1638 y 1653, etc

ULTIMOS CARTOGRAFOS HOLANDESES

Familia Wischer, 1631 1709, suc por Pedro Schenck 1660 1715 Familia De Wit

Familia Goos, 1648 1692, Danckerts

Allard y otros

Guillermo

Juan y Cornelio BLAEU Gran Atlas, 12 v, 1664, etc

ATLAS MARITIMOS

Doncker, 1659 1666 1676 1697 1718

Van Loon, 1661 etc

P Goos 1666 1692 etc

Todos incluyen cartas de America

Van Keulen 1682 etc

De Hooge 1693 etc

De Wit Atlas 1675 1688 etc

Se fundia la Casa Homanns Nuremberg 1694

Atlas de Allard, 1693

INGLATERRA

Lily Inglaterra 1546

Lhuyd Inglaterra 1569

Chr SAXTON County mapas 1574 79 c 1542 1611

E Molyneux Globos

J Norden Levantamiento de Fincas

Eduardo WRIGHT Mapamundi en proyeccion Mercator 1600

Timoteo Pont Escocia 1608

J Speed Teatro de Gran Bretaña, 1610

Roberto Dudley Arcano del Mar Florencia 1647

Topografia de Irlanda

CARTAS MARINAS

Seller Cartas 1671 1675 687

Ogilby Britannia 1670

R Blome 1673

Seller 1671 1675 687 etc Collins

E Halley Carta magnetica 693

El Piloto Ingles 1687 etc

Thornton, Felipe Lea y otros

Sheldon Tarjetas con mapas

Moxon y Geografia mapas 1700

OTROS PAISES

1470

1480

1490

Conrado Turst Helvecia

1500

Piri Reis Mapa del Atlantico 1513

1510

Nic Claudiano Bohemia 1518

1520

B Wapowski Polonia

Ziegler Escandinavia 1532

1530

Tschudi Helvecia 1538

OLAF EL GRANDE Escandinavia 1539

1540

Anton Wied Moscovia 1542

Herberstein Rusia 1549

1550

Oceano Indico, Mapa arabe 1554

1560

Lazio Austria y Hungria 1561

Jenkinson Rusia 1562

J Le Moyne Florida 1565

1570

Fabricio Moravia 1567

1580

Juan White Virginia (manusc) 1585

1590

Oeder Sajonia 1 144 000 1568 1637

1600

A Buræo Suecia

1610

Mapa de Simancas (España) N America 1610

Smith Powell { Virginia 1612 / Nueva Inglaterra 1616

1620

CHAMPLAIN { Acadia 1607 / S Lorenzo 1612 / Nueva Francia 1632

1630

Schickhart Wurttemberg (triangulado) 1 130 000 1624

Guillermo Woods Massachusetts 1635

1640

Beauplan Ucrania 1648

J Mejer de Husum Dinamarca

1650

M Martini, S J Atlas de China 1655

I Voss El Nilo 1659

1660

Godunov Rusia y Siberia

1670

A Hermann Mapa del E Siberian por los Jesuitas 1676

C Jolet El Rio Mississipi 1678

1680

Hennepin America del Norte 1683

1690

Remesov Atlas de Siberia

1700

CUADROS SINÓPTICOS DE CARTOGRAFÍA HISTÓRICA

4. MAPAS MODERNOS

Época de los Servicios Nacionales desde 1700 hasta la fecha

HECHOS NOTABLES

1700
10
20
30 Octante, *Hadley*
Cronómetro, *J Harrison*
40 V Bering, *Pacif Norte 1728 48*
La Condamine, *medida del arco en Peru 1736-45*
50 *La Tierra, como elipsoide*
Tobias Mayer *longitudes por tablas de la Luna, 1753*
60
70 J Bruce *en Abisinia*
J Cook *en el sur del Pacifico y en el Antartico*
80
Ramsden, *teodolito*
90 Sistema métrico
Mackenzie *en Canada*
1800 Humboldt *en America*
Mungo Park, *en el Niger*
10
Carlos Ritter, *Geodesia*
20 LITOGRAFIA, *en los mapas*
30
40 Ross, *en el Antártico*
GRABADO EN CERA
Morse *en Nueva York*
50 D Livingstone, *en el Zambeze*
60
HELIOGRABADO
FOTOZINCOGRAFIA
70
Stanley *en el Congo*
Richthofen *en China*
E J Reclus, *La Geografia* 19 vol 1875 94
80 Fr Ratzel, *Antropogeografia*
Fd Suess *La figura de la Tierra 1883 1901*
90 Nordenskiold *Atlas facsimil 1889, Periplo 1897*
1900
10 FOTOGRAMETRIA
GUERRA MUNDIAL
Sondeos acusticos
20 FOTOGRAFIA DESDE AEROPLANO
30 *Estereogrametria*

ITALIA - ESPAÑA AMERICA LATINA

Sam Fritz - *Rio Amazonas, 1691 1707*

C Feuillée - *Costa del Perú y Chile 1707-12*

J Petroschi - *Mapa del Paraguay, 1732 (mis jesuitas)*

J Escandon, *trabajos en Mejico*

G Nolli, ROMA 1 3000 (excelente)

P M Vinchio, *mapas globos*

A. Dury - *Cerdeña, Genova (montañas fantasticas)*

J Bruce *en Abisinia*

LA CRUZ, Cano y Olmedilla *Sudamerica 1 5000 000*

G A RIZZI-ZANNONI, 1736-1814 *Mar Mediterraneo, Napoles etc*

Ant Zatta, *Venecia Atl Novisimo*

TOMAS LÓPEZ de Vargas *1731 1802 mapas de España de America*

TRABAJOS TOPOGRAFICOS ORDENADOS POR NAPOLEÓN EN EUROPA

Almirantazgo español - *Atlas de la costa americana, 1801 Langara Valdes etc*

A von Humboldt *Atlas de Nueva España*

J B Pentland, *trabajos en Bolivia*
R H Schomburgk " " *Guayanas*

NUEVA GRANADA, A CODAZZI, *1849-55*
BOLIVIA *Castelnau*
PORTUGAL, 1 100 000 1856
MÉJICO, G Cubas, 1858 74 86
ARGENTINA, M de Moussy 1865
PERU PAZ SOLDAN *1865*
NÁPOLES 1 250 000 25 hojas, 1871 74
ITALIA 1 100 000 277 hojas 1873
ESPAÑA, 1 50 000, 1080 hojas 1875
CUBA, *Atlas, E Fr chard 1875*
PERÚ 1 500 000 Raimondi 1851
ARGENTINA *Atlas del Inst Geogr 1886-98*

M Fiorini *Globos celestes y terraqueos*

ECUADOR, Th Wolf *1897*
MEJICO, 1 100 000 1897-1911 (sin acabar)
CHILE - ARGENTINA *Frontera*

MAPA GEOLOGICO INTERNACIONAL

CUBA EJERCITO DE EE UU 1906 08

MAPA INTERNACIONAL DEL MUNDO, 1 : 1 000 000

MEJICO *Atlas, 1921*

ATLAS DEL TOURING CLUB *Milan, 1927*

R Almagia *Estudios sobre Cartografia*

FRANCIA

MEDIDAS DE LONGITUD POR LA ACADEMIA
J D Cassini LaHire Nolin Claude Delisle Pme etc
J B L Franqueline, *mapas de Amer Nueva Francia 1703*

Guill. DELISLE 1675-1726
- *Reduccion del Mediterraneo a 42°*
- *Mapas de America 1700 03 18*
- *California como peninsula*
- *Proyeccion conica secante*
- *Meridiano en Hierro (desde 1724)*

Cartas Marinas *Atlas historico 7 volumenes*

J B B D'ANVILLE 1697 1782
- *Atl Gene 1 1727 80*
- *Africa 1749 Asia 1751 Amer d Sur 1748 (quito de los mapas los datos falsos)*
- *Historia de la Geografia*

TRIANGULACIÓN DE FRANCIA 1734 44
C F CASSINI 1714 1784 "Carte Geometrique de la France 1 86 000
F BUACHE 1700 73 suc de Delisle
- *Curvas de nivel Canal de la Mancha 1737*
- *Geografia Fisica 1753*

J N Bellin 1703 72
- *Atlas maritimo 1751*
- *Antillas 1758 Santo Domingo 1768*

R J Julien *Atlas de Francia 1751 58 68*

Rigoberto Bonne 1727 94
- *Atlas America 1781*
- *Proyeccion*

Gilles Didier, ROBERT de Vaugondy
- *ATL UNIVERSAL 1757*
- *Globos atlas*

C F Delamarche *1740-1817 mapas atlas*
J Roux - *Cartas Puertos*
G L Le Rouge *Atlas Amer Sept 1778*
J Lattre - *Mapas atlas*
N Desmarest - *Atlas enciclopedico 1787*
Dupain-Triel - *Mapa de Francia con curvas de nivel, 1791*

Bacler d' Albe *Italia 1 256 000*

Le Sage *Atlas historico, 1807*

Mapa de Francia del Estado Mayor 1 80 000
C. Malte-Brun, *Geografias y atlas 1817-80*

A H. Brué, *atlas y mapas 1816 32*

Pedro Al Emilio LAPIE
- *America del Norte 1806*
- *Turquia 1 800 000*
- *Grecia*

HISTORIA DE MAPAS
- FRANCIA 1 100 000, 587 hojas
- de Santarem *mapamundi 78 hojas (1842 53)*
- J Lelewel *Geografia medieval 1850-57*
- E E Jomard, *Monum de la Geografia 1842 62*
- L VIVIAN de S Martin
  - *Hist de la Geog, 1873*
  - *Atlas 1827*

A H Dufour *atlas y mapas*

Avezac du Castera Macaya *mapas medievales*

F Schrader *Atlas Univ 1883 (Vivien de S Martin)*
ARGELIA, 50 000 desde 1886

P Vidal de la Blache, *Atlas General, 1894*

FRANCIA 1 50 000, *en colores 846 hojas*

Carta batimétrica de los Océanos Monaco desde 1905

INDOCHINA 1914
Servicio geogr de la Armada mapas topograficos de Africa Madagascar Levante China e Indochina
Atlas de las Colonias francesas por G Grandidier 1934

PAISES BAJOS ALEMANIA - AUSTRIA

Homann *raro en Nuremberg*
Sautter " *Augsburgo*
Estilo holandes

MAPISTAS HOLANDESES
R y J Ottens, Covens Mortier J Loots
P van der Aa, G L Valk, C Allard, F de Wit
J v Keulen, Isaac Tirion, P Schenck, etc

HESSEN KASSEL 1 540 000 Schhustein
WURTTEMBERG *triangulacion 1710 por Juan Mayer*

Primeras curvas de nivel sobre mapas
Fondo del Rio Meruede por Cruquius, 1728 30

J G Doppelmayr, *Atlas celeste, 1742*

T C Lotter, *mapas de Augsburgo*

BRANDEMBURGO 1 50 000, 270 hojas por Schmettau 1767 87

Proyecciones
- J H LAMBERT
- Leonardo Euler

SILESIA, SAJONIA MORAVIA, 1 100 000 Gausau 1780
Tobias Mayer *Mappa critica* 1780
HANNOVER, 1 21333 185 hojas 1764 86
MECKEMBURGO 1 33 900, 1780 88 Schmettau
J W A Jaeger *Gr Atlas de Alemania 1789*
J G Lehman, *sistema de normales 1799*
Tranchot Moreau etc 1 100 000

Proyecciones, Mollweide 1805 Albers 1805
Carlos Ritter *mapa fisico de Europa 1806*
Inst° Weimar *Alemania 1 777 000 254 hojas*
Justus Perthes, *Gotha mapas desde 1786*

A v Humboldt *mapa de isotermas 1817*
C F Gauss *proyecciones 1822*

ATLAS
STIELER, 1817, H Berghaus, *Atlas desde 1838*, F A Sohrambl, Viena 1786-1800,
H y R Kuepert 1860 Andree, 1881, Debes
Dietrich Reimer Berlin, L Ravenstein, Frankfurt,
K Sprunner, *atlas histor*

MAPAS MURALES *Emilio Sydow*
TINTAS HIPSOMETRICAS
- v Hauslab 1842
- E Sydow 1842

WURTEMBERG 1 50 000 1821 44
BAVIERA 1 50 000 1812 68
PRUSIA, 1 100 000, 1890
Menonas de Petermann, 1856

AUSTRIA HUNGRÍA 1 75 000, 765 hojas
EUROPA CENTRAL 1 200 000 192 hojas
ALEMANIA, 1 100 000 675 hojas

K Kretschmer *Atlas descub Amer*
Vogel *Mapa de Alemania*
K Peucker, *sombreado plastico en color Viena*

EUROPA - Beirich, 1896 - Hauchecorne, 1900 - Beyshlag 1904 1913

Conrado Miller *estudio de los primeros mapas*
Max Eckert *proyecciones*
- *propuestas por A Penck en 1891 - Comite. Londres 1909 - unas 300 hojas (20%) publicadas en 1935*

Jose Fisher S J *estudios sobre Ptolomeo*
F C Wieder *Monum Cartogr Leyden 1925*

GRAN BRETAÑA

Pilot 861 1921

Herman Moll *(desde Amsterdam) 1698 1734*

Juan Senex, *1749 mapas geograficas atlas globos*

Enrique Popple, *América en 20 hojas 1733*

MAPISTAS y EDITORES de MAPAS en LONDRES
C y T Bowles, M y T Bowen 1720-90 T Kitchin 1738 84, J Rocque, 1734 62, T JEFFERYS, 1737 71, sucedido por Sayer y Bennet - G Faden, Whittle y Laurie 1794 1818, J CARY, 1769 1836, Aaron Arrowsmith, 1790-1823 (sucesores hasta 1878), Imray, cartas, A Dalrymple, cartas

J Mitchell, *Amer d N 1755*
Escocia *Watson*
J Rocque *Atlas, 1763*

J F W Desbarres - *Atlant Neptune 1774 - Pilot Amer d N 1779*

J Rennel *Atlas de Bengala 1781*

TRIANGULACION *de Ingl*
SERVICIO DE LA ARTILLERIA
SERVICIO HIDROGRAFICO
LEVANT° TOPOGR. DE INDIA

G Smith, *mapas geologicos 1824*
IRLANDA, *servicio topogr*

A K Johnston *Edimburgo desde el 1835*
ROYAL GEOGRAPHICAL SOCIETY 1830

C y A Black *Londres desde el 1840*

Servicio topogr Artill° Inglaterra *mapas 1846*

J Bartholomew *Edimburgo*

Ed Stanford, *Londres*

Servicio topogr Artill° 696 hojas *desde 1872*

E G Ravenstein, *Africa ecuatorial 1882*

J G Bartolomew *Atlas fisicos*
Jorge Philip e hijo *Liverpool*

R G S *mapas de exploracion en Geologia*

The Times Atlas 1900 on

Seccion geogr del Estado Mayor Inglés *mapas de los Balkanes Cercano Oriente Sudan Asia 1 4 000 000 Africa 1 2 000 000, etc*

VARIOS

1700
J J Scheuchzer Suiza
RUSIA *Servicio de costas de Pedro el Grande*
J Cr Muller Bohemia

Kirilov *Atlas de Rusia 1734*

de Marsigli *El Danubio 3 hojas 1741*
Atlas de la Acad Rusa *19 ms 95 1745*

Lewis Evans *Colonias 1749 53 Filadelfia 1755*

TIROL Anich Huber 1760
Mapa arquit 1 104 000

Kanter *Polonia 1772 Kaen Sourgo de Lacy Hungria*

BELGICA de Ferraris 1771 77 *275 hojas 1 11520 (triangulada)*
DINAMARCA Servicio de la Acad
SUIZA J H weiss 1796 1818
Schumack *Atl curcado guerra 1818*
La Perouse *Pacifico norte 1785*
PAISES BAJOS *Kroyenkoff 803 14*
SUECIA *Hermelin 1797 1819*
TURQUÍA *en arabe 22 hojas*
EGIPTO 55 hojas *Napoleon*
HUNGRIA, *Gornog 796 804*
" *de Lipizky 12 hojas 800*
Takahashi Inô, *Japon (1802 27)*
GRECIA *Fr Muller Viena*

John Melish *EE UU de Amer*

RUSIA 1 420 000 22 hojas, 1821 39
H S TANNER *en Filadelfia*
A de KRUSENSTERN *Atlas del Pacifico O Petersburgo 1827*
SUECIA 1 500 000 *tintas hipsom*
Sam. Aug Mitchell *EE UU*

GRECIA 1 200 000 20 hojas 1857 80
SUIZA Mapa de Dufour *normales con luz oblicua 1842 61*
RUSIA 1 126 000 845 hojas 1867
CAUCASIA 1 210 000 803 85
HOLANDA, 1 25 000 776 hojas 1867
BELGICA, 1 20 000, 527 hojas
NORUEGA 1 100 000 331 hojas 1871
BALKANES 1 200 000 1856 (Rusia)
1 300 000 (Austria)
SUECIA 1 100 000 334 hojas
JAPON 1 100 000 1887
CHINA
Korde *Atlas de Rusia 1850 1931*

FINLANDIA *Atlas 1899 a 19*
1 1 000 000 1903

Kummerly y Frey Berna

ATLAS NACIONALES
CANADÁ, *Atlas 1906 15*
SIBERIA 1914
NORUEGA 1922
EGIPTO, 1928
CHECOSLOVAQUIA 1928

CETENAL
FOTOGRAMETRIA
OFICINA DE RESTITUCION

BITACORA DE RESTITUCION ____
INSTRUMENTO Nº

☒ T CAMARA ☐

LINEA DE VUELO ____

MODELO ____

ZONA ____

CLAVE DE HOJA ____

NOMBRE DE HOJA ____

CLAVE	OPERADOR	%

CARGO A. ____ F INIC. TRAZ. ____

CAL.	OR / OA		P	A	H	CF	L

AREA (KM²)	
A	
B	
C	

Ttm_1		Tis_1		Tts_1		Ttm_2		Tis_2		Tts_2		M completo	Hoja T.	Fecha		
												Sí				

APROBO ____ APROBO ____ CLAVE FIRMA

☒ T. CAMARA ☐

LINEA DE VUELO ____

MODELO ____

ZONA ____

CLAVE DE HOJA ____

NOMBRE DE HOJA ____

CLAVE	OPERADOR	%

CARGO A. ____ F. INIC. TRAZ. ____

CAL.	OR / OA		P	A	H	CF	L

AREA (KM²)	
A	
B	
C	

Ttm_1		Tis_1		Tts_1		Ttm_2		Tis_2		Tts_2		M completo	Hoja T	Fecha		
												Sí				

APROBO ____ APROBO ____ CLAVE FIRMA

☒ T CAMARA ☐

LINEA DE VUELO ____

MODELO ____

ZONA ____

CLAVE DE HOJA ____

NOMBRE DE HOJA ____

CLAVE	OPERADOR	%

CARGO A ____ F. INIC. TRAZ. ____

CAL.	OR / OA		P	A	H	CF	L

AREA (KM²)	
A	
B	
C	

Ttm_1		Tis_1		Tts_1		Ttm_2		Tis_2		Tts_2		M completo	Hoja T	Fecha		
												Sí				

APROBO ____ APROBO ____ CLAVE FIRMA

☒ T CAMARA ☐

LINEA DE VUELO ____

MODELO ____

ZONA ____

CLAVE DE HOJA ____

NOMBRE DE HOJA ____

CLAVE	OPERADOR	%

CARGO A ____ F. INIC. TRAZ. ____

CAL.	OR / OA		P	A	H	CF	L

AREA (KM²)	
A	
B	
C	

Ttm_1		Tis_1		Tts_1		Ttm_2		Tis_2		Tts_2		M completo	Hoja T	Fecha		
												Sí				

APROBO ____ APROBO ____ CLAVE FIRMA

C E T E N A L
OFICINA DE RESTITUCION

REVISION DEL MAPA TOPOGRAFICO

Nombre _____
Clave _____
Zona _____
Número _____

ESCALA _____ EQUIDISTANCIA _____

LINEAS	FOTOS	FECHA DE VUELO	LIGA	CLAVE	NOMBRE	ALT.	PLAN.

PUNTOS DE CONTROL

			IDENTIFICACION	LOCALIZACION
VERTICAL	BANCOS DE NIVEL (9)	>5000 PRECISION	OBNx ___	
		TOPOGRAFICO	OBN ___	
	PUNTOS DE NIVELACION O COTAS TERRESTRES (5)			
HORIZONTAL	VERTICE TOPOGRAFICO (6)		△	
	VERTICE GEODESICO		△ NOMBRE	
COTAS FOTOGRAMETRICAS	CERROS			
	PUERTOS			
	CRUCES DE CAMINO			

HOJA PLANIMETRICA

ACOTADO DE CURVAS MAESTRAS —

VIAS DE COMUNICACION	CARRETERAS PAVIMENTADAS	CUOTA	
		NUM. DE CARRILES	
		FEDERAL	
		ESTATAL	
		NUMERO	
		ORIGEN	
		DESTINO	
	VIAS DE FERROCARRIL	ORIGEN	
		DESTINO	
		ESTACIONES	
		TUNELES	
CENTROS URBANOS	AREAS CONSTRUIDAS ___	AREAS VERDES ___	
	IGLESIAS ___	CEMENTERIOS ___	
POBLADOS ___	CASAS AISLADAS ___	LIMITE DE PARCELAS ___	
MINAS ___	PUENTES ___		
AEROPUERTO ___	AEROPISTA ___	TORRE DE MCOD	
VEGETACION	AREAS CON DENSA CUBIERTA VEGETAL ___	MANGLE ___	
COORDENADAS GEOGRAFICAS			
U.T. M.			

TOPONIMIA

CARTA FUENTE UTILIZADA

1: 250 000 ___	1: 500 000 ___	CARRETERAS S.O.P ___

VISITAS DE RECONOCIMIENTO

OBSERVACIONES

CALIFICACION	A	B	C

INICIADA _____ TERMINADA _____ 197

REVISOR : _____

C E T E N A L
OFICINA DE RESTITUCION

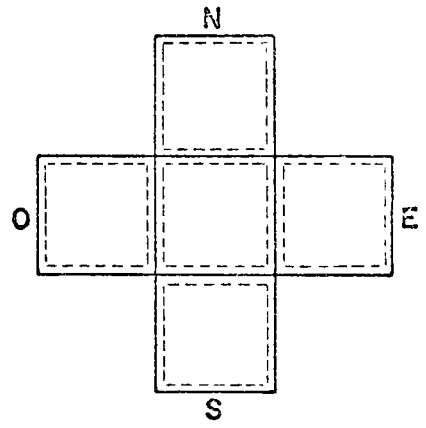
CORRECCION DE HOJAS GRABADAS
ESCALA 1 : 50 000

Hoja No. _____ Clave: _____
Zona No. _____

Nombre _____

Se inició la Corrección _____
Se suspendió del _____ al _____
Motivo: _____
Se terminó la corrección _____

L I G A



CONTROL DE CALIDAD

1.- MUESTREO DE CALIBRE ☐ _____

2.- VERIFICACION DE COTAS ☐ _____

CORRECCIONES

1.- TAPADO DE PUNTOS ☐ _____

2.- TAPAR SUPERFICIE POR CORREGIR ☐ _____
- a.- Liga entre modelos ☐ _____
- b.- Liga entre dos Líneas de Vuelo ☐ _____

3.- INTERCALADO DE CURVAS ☐ _____

4.- CORRECCIONES GENERALES ☐ _____

5.- LIMPIEZA GENERAL DE LA HOJA ☐ _____

O B S E R V A C I O N E S

_____

Corrigió _____ Superviso _____

EVALUACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

Escala 1: 50 000

Clave de la hoja _____

Nombre _____

PRECISION PLANIMETRICA

Errores residuales sobre puntos de apoyo

Muestra	Puntos
Discrepancias sistemáticas	m en X m en Y
Error medio	m en X m en Y
	m en posición

Errores sobre los puntos de comprobación

Muestra	Vértices
Discrepancias sistemáticas	m en X m en Y
Error medio	m en X m en Y
	m en posición

Notas:

EXACTITUD DE LA INFORMACION

		Restitución	Edición	Clasificación de campo	Toponimia
Omisiones	graves				
	medias				
Errores	graves				
	medios				

EVALUACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

Escala 1: 50 000
Equidistancia de las curvas de nivel m

Clave de la hoja _____

Nombre _____

PRECISION ALTIMETRICA

Errores residuales sobre puntos de apoyo

Muestra	Puntos de niv.
Error medio cuadrático	m
Fuera de tolerancia	Puntos
Puntos con discrepancias menores de media equidistancia de curvas de nivel	%
Discrepancia sistemática	m

Errores sobre puntos de comprobación

		Tolerancia
Muestra	Puntos de niv.	
Error medio cuadrático	m	3 m
Fuera de tolerancia	Puntos	Puntos
Puntos con discrepancias menores de media equidistancia de curvas de nivel	%	90%
Discrepancia sistemática	m	

Notas: Vegetación

Pendiente de la zona cercana a los puntos

Precisión altimétrica de las curvas de nivel de la altura de vuelo sobre el terreno

BIBLIOGRAFIA SOBRE FOTOGRAMETRIA

PUBLICACIONES:

Manual of Photogrammetry Third Edition
American Society of Photogrammetry
6269 Leesburg Pike, Falls Church, Va. EE. UU.

Manuel de Photogrammétrie
Jean Hurault
Imprimerie de l'Institut Géographique National
París, Francia.

PUBLICACIONES PERIODICAS:

The Photogrammetric Record
Sociedad Británica de Fotogrametría
24 Bruton Sr., London, W1. Great Britain.

Photogrammetria
Sociedad Internacional de Fotogrametría
Elsevier Publishing Co., P.O. Box 211
Amsterdam, the Netherlands.

Protogrammetric Engineering
American Society of Photogrammetry
6229 Leesburg Pike, Falls Church, Va. EE.UU.

South African Journal of Photogrammetry
Photogrametric Society of South Africa
Dept. of Land Surveying, Univ. of Cape Town
Rondebosch, Cape Town, South Africa

I.T.C. Publications
International Institute for Aereal Survey
Boulevard 1945, Enschede, the Netherlads.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA.

" TRIANGULACION AEREA ".

ING. CARLOS S. GALINDO.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

Fotogrametría Aplicada a la Ingeniería.
Sociedad Mexicana de Fotogrametría,
Fotointerpretación y Geodesia.
Centro de Educación Continua
Facultad de Ingeniería
U. N. A. M.
Abril de 1975.

TRIANGULACION AEREA.

Ing. Carlos S. Galindo C.*

La triangulación aérea es el procedimiento fotogramétrico que se emplea para extender el control terrestre, vertical y horizontal a todos los puntos de control fotogramétrico necesarios para la restitución. Es de gran importancia y básico en el desarrollo de la Fotogrametría, ya que la obtención del control deja de constituir un obstáculo en el aspecto económico en los trabajos fotogramétricos, pues en lugar de hacer todas las mediciones en el terreno, la mayoría se realizan en gabinete, sobre los modelos estereoscópicos formados por los fotogramas en instrumentos fotogramétricos de precisión.

El marcado en las placas fotográficas, y la transferencia de los puntos fotogramétricos que después del ajuste de la triangulación aérea tendrán coordenadas reales, se realiza con equipos especiales, observando un modelo estereoscópico o parte del mismo, y colocando sobre el terreno un índice que poseen los marcadores que tiene la posibilidad de moverse en "x" y "y" con relación a otro (del otro marcador) y que al desplazar uno de ellos en el sentido x, aparece como si variara su altura con respecto al terreno observado. En esta forma es posible llevarlo al terreno sobre el punto que se hubiere seleccionado para marcar; generalmente debe ser un punto en el que se puedan hacer buenas mediciones, es decir, que necesita buena definición, textura, que esté situado en algún lugar plano; ya que sobre puentes, en cortes, en balcón, o bien en lugares con pendiente más o menos fuerte, es difícil hacer buenas lecturas con el índice de medición.

Conviene indicar que la selección de puntos artificiales (principales y de pase), debe preferirse a la de escoger puntos naturales, ya que para dejar constancia de ellos se necesita hacerlo por medio de un esquema para el que varios operadores, tendrán interpretaciones diversas, con lo que existirán errores que se reflejan siempre en disminución de la precisión del trabajo. En cambio, con los puntos artificiales picados en la emulsión fotográfica, no existe lugar a duda en cuanto a su situación, permitiendo además localizarlos con mayor rapidez.

*Jefe del Servicio Geodésico Nacional. CETENAL.

Tipos de Triangulación Aérea.-

Dentro de la triangulación existen dos tipos diferentes: los métodos de triangulación radial, que nos proporcionan solamente la posición planimétrica (x,y) de los puntos de apoyo, y los de triangulación aérea espacial, en donde se determinan también las alturas.

En los primeros, la densidad de los puntos de control, comparándola con la densidad de los mismos puntos en los segundos, resulta elevada y en algunos casos se trata de métodos mecánicos o gráficos (triangulación radial mecánica), que dan una precisión bastante baja. Por otro lado, en esta misma clasificación existe también la triangulación radial analítica que da una precisión elevada, ya que se emplea un instrumento "triangulador radial" que nos permite medir los ángulos con precisiones del orden de uno a dos minutos; haciéndose todo el cálculo analíticamente, este método, resulta tan preciso o más que la triangulación aérea espacial, pero tiene la desventaja de que tendría que combinarse con otro, que nos determinara los datos altimétricos.

Ahora bien, dentro de la triangulación aérea espacial, existen dos tipos diferentes: la llamada propiamente triangulación aérea, que se realiza en instrumentos analógicos, y la triangulación aérea analítica.

En la primera, los modelos se forman dentro de un instrumento analógico, es decir, un instrumento que nos permite formar un modelo estereoscópico con similitud al terreno, en donde se efectúan las mediciones. En cambio, la triangulación aérea analítica se realiza con ayuda de computadoras con los datos obtenidos en un comparador que nos da las coordenadas de los puntos medidos en el plano de las diapositivas.

Hablando de la triangulación aérea espacial realizada en un instrumento analógico, existen varios métodos:

Aeropolígono.- Si en un instrumento orientamos un segundo haz de rayos perspectivos con respecto a un primero, tendremos un modelo estereoscópico, y si además este modelo está colocado en relación al sistema coordenado del aparato, podremos orientar un tercer haz de rayos con respecto al segundo y lograr que queden orientados relativamente y dentro del sistema del aparato. Esta operación puede seguirse realizando con todos los haces de rayos correspondientes a una línea de vuelo. Esto puede reproducirse con mucha objetividad en un instrumento de varios proyectores (Multiplex).

Además, estos modelos tendrán que relacionarse con su posición real respecto al terreno, pero como en una línea que se esté procesando

entran errores sistemáticos y errores accidentales, será necesario tener puntos de apoyo dentro de la faja (si se está realizando el ajuste por fajas) que nos permitan conocer su deformación.

Además del método de aeropolígono, existen otros como la triangulación aérea por el método de aeronivelación, o bien, por el de modelos independientes.

Modelos Independientes.- Este método se emplea principalmente en algunos instrumentos fotogramétricos, en donde la orientación absoluta y relativa de un par de fotografías puede realizarse con mucha precisión, pero no es posible realizar la triangulación aérea de fajas (aeropolígono) porque no se dispone, en esos instrumentos, del intercambio entre base interior y base exterior. Ejemplo de éstos son el Wild A8 y B8, el Thompson Watts y el Stereosimplex Santoni Modelo III.

En organizaciones donde se usan estos instrumentos existe mucho interés en la conexión de estos modelos independientes para formar fajas.

Algunas ventajas sobre otros métodos son, el empleo de instrumentos fotogramétricos más sencillos, menos caros, pero no necesariamente menos precisos, y el más fácil manejo de datos, respectivamente.

Las fajas obtenidas pueden ajustarse a los puntos de control por medio de transformaciones polinómicas con resultados que pueden ser muy buenos. Por otra parte, aunque el ajuste final se realice por fajas o bloque, es muy recomendable una formación (y transformación) inicial de fajas para detectar errores en los puntos de apoyo terrestre y en los puntos de liga.

La formulación matemática de la formación de fajas, no ofrece grandes problemas. El sistema de coordenadas del primer modelo de una faja, puede mantenerse como el sistema coordenado de la faja. Subsecuentemente, cada siguiente modelo, puede transformarse a ese sistema conectándolo con el precedente en tres pasos:

1. Una traslación que hace que las coordenadas del centro de proyección común sean las mismas que en el modelo precedente.

2. Una rotación que hace que la orientación de los vectores que van del centro de proyección común a los puntos comunes de los dos modelos sea la misma.

3. Una puesta a escala que hace que la longitud de estos vectores, en los dos modelos sea la misma.

Triangulación Analítica.- Es un método para determinar con precisión las posiciones terrestres de objetos, a lo largo de fajas o bloques de fotografías aéreas traslapadas, usando relativamente pocos puntos de control terrestre, a base de cálculos digitales basados en coordenadas medidas en la imagen de cada fotografía. Este método difiere de los métodos convencionales que están basados en mediciones en un modelo estereoscópico perfectamente resuelto a través del uso de un instrumento analógico de primer orden.

El método analítico ofrece ventajas de automatización, precisión digital, ajuste por mínimos cuadrados, y permite liberarse de las discrepancias mecánicas con que contribuye el aparato analógico.

Para trabajar con estos métodos, se usan los monocomparadores o los estereocomparadores; los primeros, miden las coordenadas de los puntos en la imagen de una sola fotografía; los principales componentes en un monocomparador son el sistema de medición, el sistema óptico que permite ver la fotografía y el sistema de lectura.

Los estereocomparadores miden simultáneamente las coordenadas de las imágenes correspondientes a un par estereoscópico de fotografías; tienen sistemas de medición separados para cada placa fotográfica y un sistema óptico binocular que permite la observación estereoscópica de las dos fotografías. Los sistemas de medición, los ópticos y los de lectura, empleados en los estereocomparadores, son del mismo tipo de los que se emplean en los monocomparadores.

Para las técnicas modernas de fotogrametría analítica, es una ventaja tener los sistemas de medida separados para cada una de las dos fotografías; sin embargo, para hacer el barrido de las fotografías sin perder la impresión estereoscópica, es necesario trasladar ambas placas simultáneamente bajo el sistema de visión.

Estos instrumentos, al igual que los monocomparadores, permiten la lectura de desplazamientos hasta de una micra sobre el plano de la placa diapositiva.

Fuentes de Error en la Triangulación Aérea.-

A) Película.-

1. Deformación regular de la película.- Se manifiesta como desplazamiento hacia el centro o hacia afuera de todos los puntos de la imagen; produce un error de escala constante para las fotografías. Se elimina calculando la distancia focal de restitución.

2. Deformación irregular de la película.- Generalmente es un fenómeno de naturaleza muy compleja; es imposible de controlar* Debe tenerse cuidado en el manejo del material para que este problema sea mínimo.

3. Falta de nitidez de la imagen.- Esta situación se presenta en la película, en muy raras ocasiones, debido a defectos en la emulsión fotográfica, puede deberse a rollos en mal estado. De cualquier forma, el material con problemas de falta de nitidez, debe rechazarse.

B) Cámara.-

1. Con certificados recientes de calibración y manejo cuidadoso del instrumento, se evitan muchos problemas con la distorción. Siempre deberán tenerse bien conocidas las características de las cámaras.

2. Falta de nitidez de la imagen.- En las cámaras usadas actualmente en levantamientos fotogramétricos, generalmente no se presentan problemas de este tipo que se le puedan achacar al sistema óptico, ya que siempre se trata de máquinas cuya resolución óptica máxima es del orden de 60 líneas por milímetro, pero en cambio, se puede presentar este problema, debido a una succión defectuosa y en algunos casos, hasta debido al aceite lubricante de la cámara que se desliza entre los cuerpos ópticos de la lente. El material afectado por algunos de estos problemas, deberá rechazarse.

C) Instrumentos de Triangulación Aérea.-

Aunque siempre deben tenerse bien ajustados, existirán pequeños errores ópticos o mecánicos que afectan la precisión de la triangulación aérea; se manifiesta como errores sistemáticos o accidentales en la orientación; el control de estos últimos, en el proceso de aerotriangulación, es muy difícil.

D) Operador.-

Los errores de operación se presentan:

1. En el centrado de las placas y el cálculo de la distancia focal de restitución. (Desde luego, el error que se pueda cometer aquí, es de mucho menor orden que el que se trata de corregir con el cálculo.

* Se llegan a corregir parcialmente en fotogrametría analítica, usando foto

2. En la orientación relativa de los modelos, si se acostumbra realizarla numéricamente, los errores además de menores, serán siempre del mismo orden, hasta cierto punto independientemente del operador.

3.- En la orientación absoluta, en la transferencia de escala entre modelos, al medir las coordenadas (x, y, z) de los puntos que interesan (por lo que resulta mejor trabajar con puntos fotogramétricos marcados artificialmente en las placas diapositivas).

Aún así, puede resultar que el operador se confunda al identificar algún punto de interés (no marcado). De cualquier manera, aunque el operador no tenga error en la identificación de los puntos, siempre tendrá su propio error de puntería o de observación que en ocasiones puede aumentar debido a la fatiga.

E) Curvatura de la Tierra.-

Aparece al tratar de desarrollar una sucesión de modelos estereoscópicos en un plano, ya que en los instrumentos fotogramétricos en general las alturas, se miden en un sistema cartesiano y no con base en una familia de esferas concéntricas.

Una fotografía aérea es una proyección central de una porción de la superficie terrestre sobre el plano de la imagen, y como ninguna superficie curva puede retratarse por proyección central sobre un plano sin ocurrir distorsión, toda fotografía aérea presenta distorsión por curvatura de la tierra.

En la triangulación aérea, la curvatura terrestre afecta muy poco a un modelo individual, ya que los puntos del modelo están obtenidos por la intersección de los rayos perspectivos que parten de las dos fotografías consideradas en su posición correcta de acuerdo con los datos de apoyo. En cambio, la curvatura terrestre afecta bastante cuando se trata de la triangulación aérea de una línea.

Tipos de Errores en el Método de Aeropolígono.-

a) Errores Sistemáticos.-

Errores de magnitud constante y que se producen en cada modelo.

En el primer modelo: errores en x, y, z, κ, ϕ, ω y errores en escala.
En los modelos sucesivos: error en κ, ϕ, ω, bz, by, bx, x, y, z.

b) Errores Accidentales.-

Después de que los errores sistemáticos han sido eliminados, quedan los errores accidentales de magnitud irregular y que para tratarlos matemáticamente debe suponerse que siguen una distribución normal (campana de Gauss). Los errores accidentales introducen deformación en las líneas de vuelo trianguladas y se presentan en:

bx, by, bz, κ , ϕ , ω , x, y, x.

Métodos de Ajuste en Triangulación Aérea.

El ajuste (compensación) de la triangulación aérea se puede hacer por faja o por bloque. El método de ajuste por bloque, es un proceso más racional, económico y práctico.

El ajuste por faja puede ser gráfico o analítico. Su fin principal es eliminar los errores sistemáticos que se hayan presentado en el proceso, aunque también es posible eliminar una buena parte de los errores accidentales.

El ajuste gráfico se prefiere cuando no se tiene acceso a una calculadora.

El ajuste analítico dará, desde luego, una mayor precisión, y por supuesto resultará más rápido el ajuste si se dispone de máquina calculadora.

El ajuste analítico depende menos de una distribución específica de los puntos de control terrestre que el gráfico, sin embargo, la distribución de control que exige el ajuste gráfico es muy favorable y daría una mayor precisión para los puntos ajustados, si se empleara en un ajuste analítico.

El ajuste gráfico se prefiere también en terreno relativamente plano.

Existen varios métodos gráficos, algunos como el de Zarzycki, consideran que la compensación de la triangulación aérea puede hacerse con curvas de segundo grado (parábolas).

Durante un tiempo, se pensó que los errores que se presentaban en la triangulación aérea eran principalmente errores sistemáticos y por tanto, se pensaba que estos métodos funcionaban adecuadamente, pero en la actualidad y debido a que se ha estudiado la propagagación de los errores accidentales dentro de las líneas, se han desarrollado otros métodos de ajuste, por lo que ya no basta, por ejemplo en el ajuste altimétrico, con

adaptar a tres secciones de puntos de control vertical una parábola, sino que es necesario manejar curvas de orden superior que nos permitan acoplar mejor a ellas nuestras líneas de vuelo.

Puede pensarse que esto encarecería en ocasiones, el método fotogramétrico con puntos de control adicional, pero sobre todo si se trabaja en grandes extensiones de terreno, el incremento de control no resulta significativo y muchos de los puntos necesarios para ajustar una faja, nos son dados por las fajas adyacentes (método de ajuste en bloque).

Los métodos de ajuste en bloque para la triangulación, pueden ser analógicos (Jerie) o analíticos (Schut), etc. Los analógicos, con desventajas, mucho trabajo, tiempo, pero también con grandes ventajas: sumamente objetivos y por lo tanto buenos para la enseñanza, ya que permiten ir realizando las mediciones físicamente y darse cuenta de cómo afectan los puntos de control a todo el conjunto.

Los analíticos, son métodos de ajuste cuyos programas se han adaptado para computadoras medianas e incluso para algunas pequeñas; aplican una transformación de semejanza a la línea de vuelo y hace después una transformación polinómica de orden superior.

En cuanto a precisiones en la triangulación aérea, la precisión planimétrica puede ser absoluta o relativa.

La primera, se indica por el error medio cuadrático en posición con respecto a los puntos de control (puntos de coordenadas conocidas). Este error resulta del orden de 30 a 60 μ en el plano de la negativa y ya dependerá de la escala a que se encuentre la fotografía, si se desea expresar en otras unidades.

La precisión relativa (por ejemplo, entre puntos de liga), depende del error de observación sobre un objeto bien definido en el modelo; resulta del orden de 16 μ en el plano de la negativa.

En cuanto a la precisión altimétrica, va de 0.25 a 0.45 % de la altura de vuelo.

STEREOSIMPLEX II C.
(Galileo-Santoni).

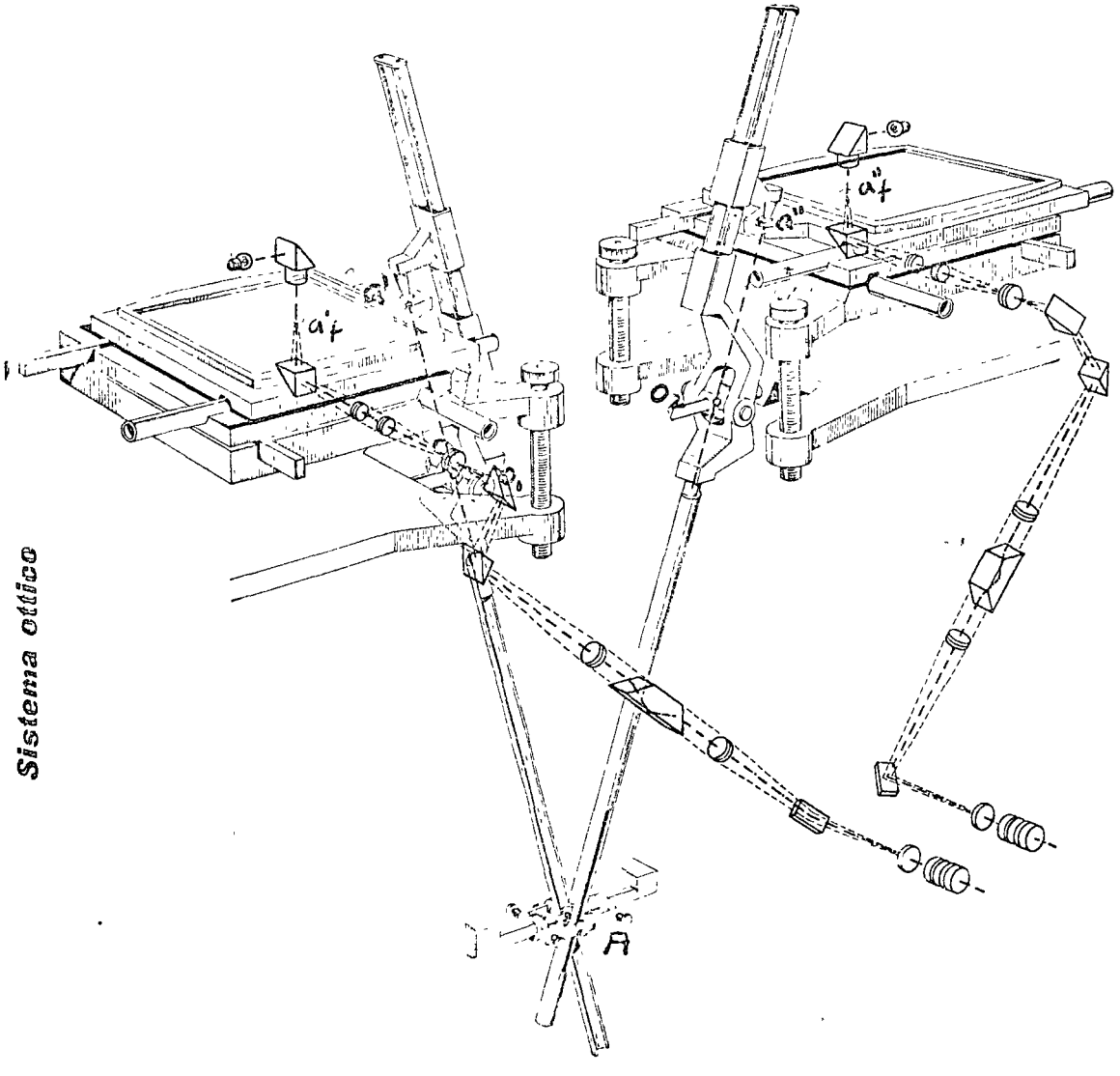
Proyección: Mecánica. C = 85 mm - 320 mm
Formato 23 x 33

Corr. distorsión: levas.

Orientación:
κ = 13
ϕ = $\pm$ 5.5
ω = $\pm$ 5.5
bx = 92 - 270 mm
by = $\pm$ 10 mm
Φ = $\pm$ 6
Ω = 100 en etapas de 6

Medición/restitución.
X max 340 mm
Y max -300 mm á 410 mm
Z +160 á +410 mm

Observación: Superficial. Amplificación 6X.



STEREOSIMPLEX III-d
(Galileo-Santoni)

Proyección: C = 98 a 220 mm
Formato 23 x 23 cm
Corrección de la distorsión: leva.

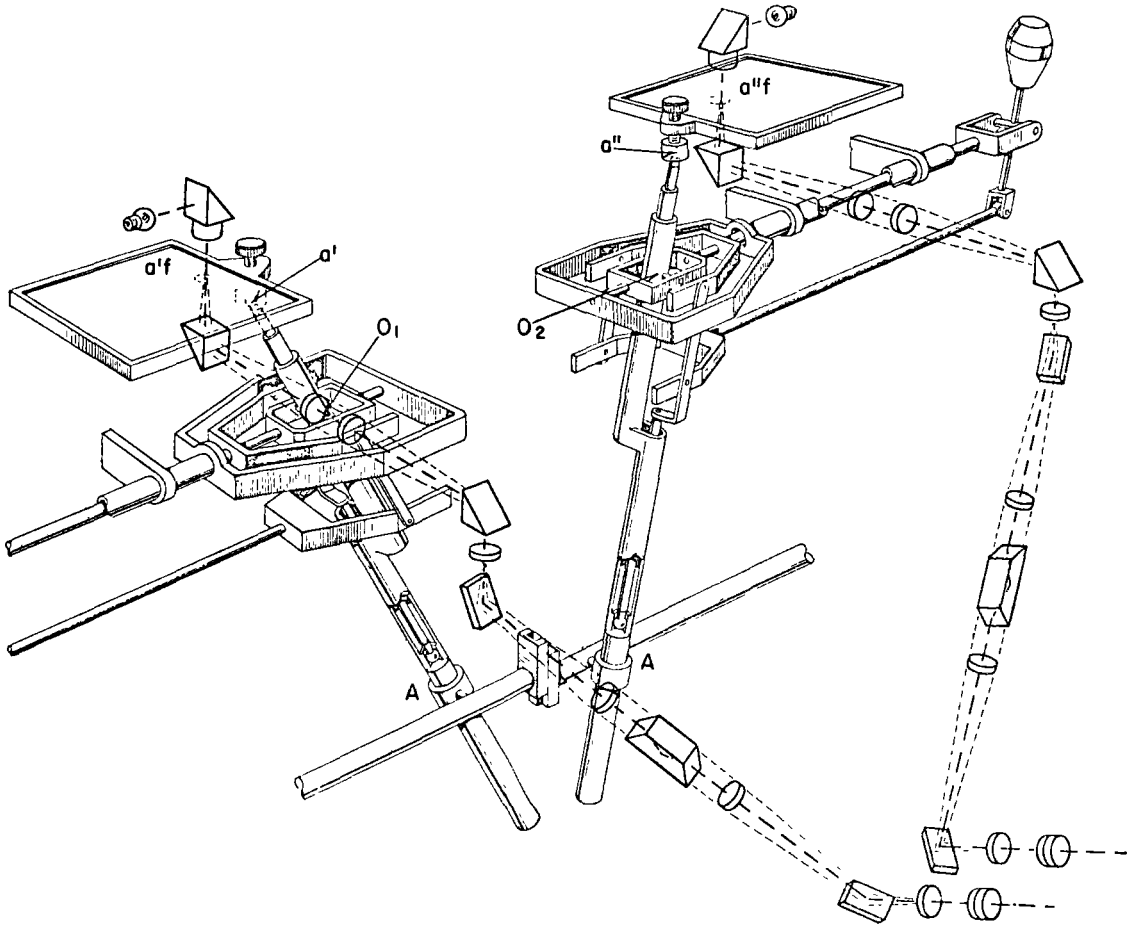
Orientación:

κ ± 20°
ϕ - 15° a +10° ϕ'' -10° + 15°
ω - 25° a +20°
bx 90 a 350 mm
by - 100 a +40 mm
bz ± 50 mm

Medición/Restitución:

X 575 mm
Y ± 405 mm
Z 175 a 525 mm

Observación: Superficial.
Amplificación 8X.



ESTEREOCARTOGRAFO MOD V
(Galileo Santoni)

C = 8 a 220 mm
Formato: 23 x 23 cm
Corrección de distorsión: leva.

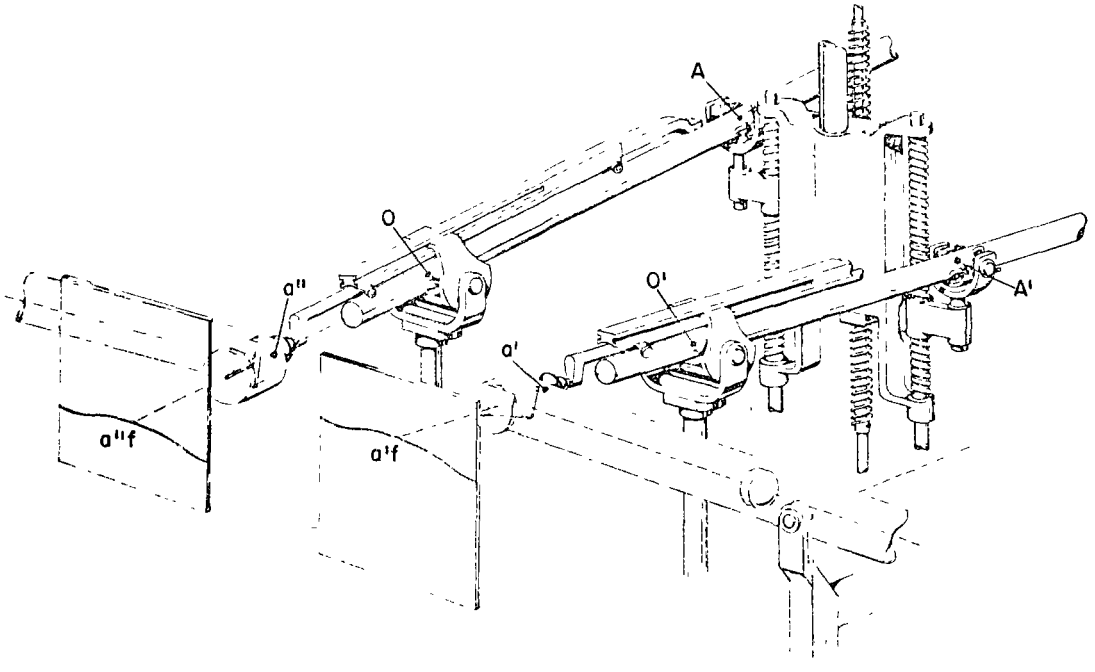
Orientación:

$\kappa \pm 20$
$\phi \pm 8$
$\omega \pm 12$
bx $\pm$ 300 mm
by 40 a 120 mm

Medición/Restitución.

X 500 mm
Y 750 mm
Z 150 a 525 mm

Observación: Superficial.
Amplificación 9X, 11X.



AUTOGRAFO (WILD) A7.

Proyección: Mecánica.
Formato 23 x 23
C = 98 mm - 215 mm
Coor. distorsión: placa.

Orientación:

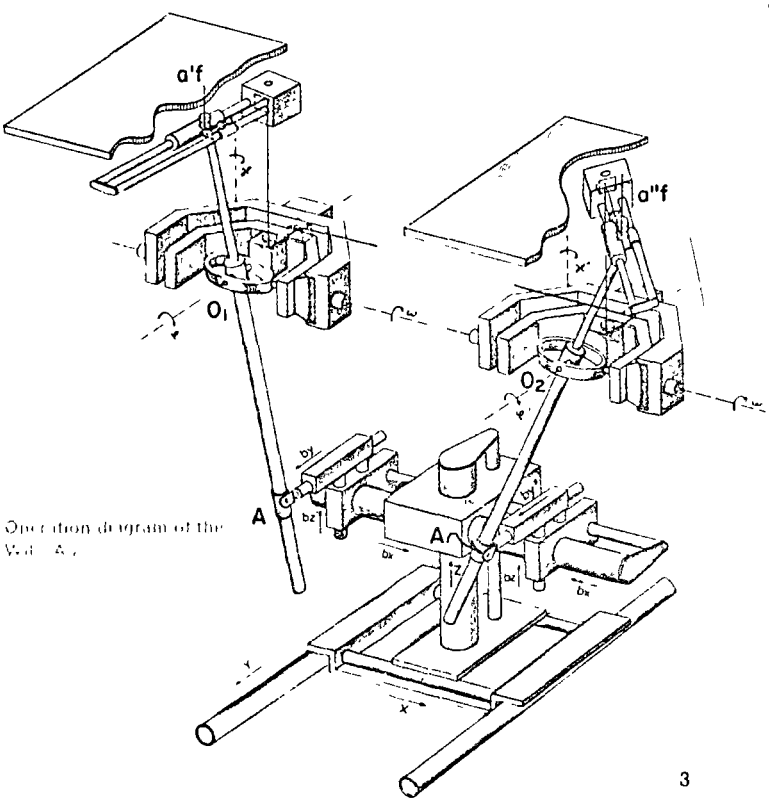
κ 0 - 400
ϕ - 30 á +6
ω - 30 á +9
Φ, ϕ_1, ϕ_2, bz
Ω, ω_1, ω_2
bx= +280 á -280
by $\pm$ 50 mm
bz $\pm$ 27 mm

Medición:

X 280
Y +350 á -420
Z 140 mm á 490 mm

Observación:

Superficial.
Amplificación 8.5X , 10X.



Operation diagram of the Wild A7.

AVIOGRAFO WILD B-8

Proyección: Mecánica.

c = 85 ± 3mm y 152 ± 3mm.
Formato 23 x 23 cm.
Corrección de Distorsión: Placa.

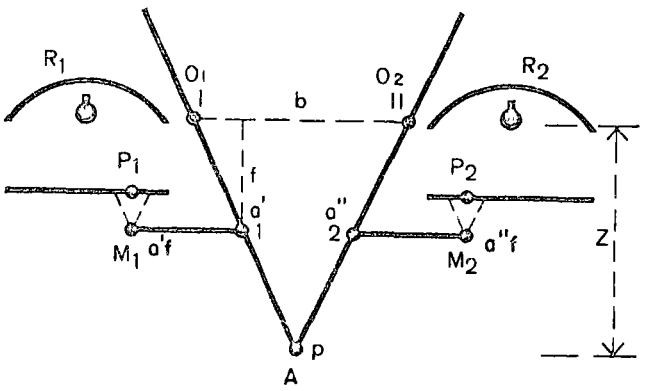
Orientación:

κ ± 15
ϕ ± 5
ω ± 5
Φ ± 5
bx 56 a 266 mm.

Medición/Restitución:

X 430 mm.
Y 530 mm.
Z 149 a 318 mm (dependiendo de C)
Amplificación 1.4 a 2.3 (dependiendo de C)

Observación: Superficial.
Amplificación 6X.



AUTOGRAFO B9 (WILD)

Proyección: C = 44 ± 3 mm
Formato 115 x 115 mm
(Placa reducida)

Orientación: $\chi \pm 15^g$
$\phi \pm 5^g$
$\omega \pm 5^g$
$\Phi \pm 5^g$
bx 38 - 184 mm

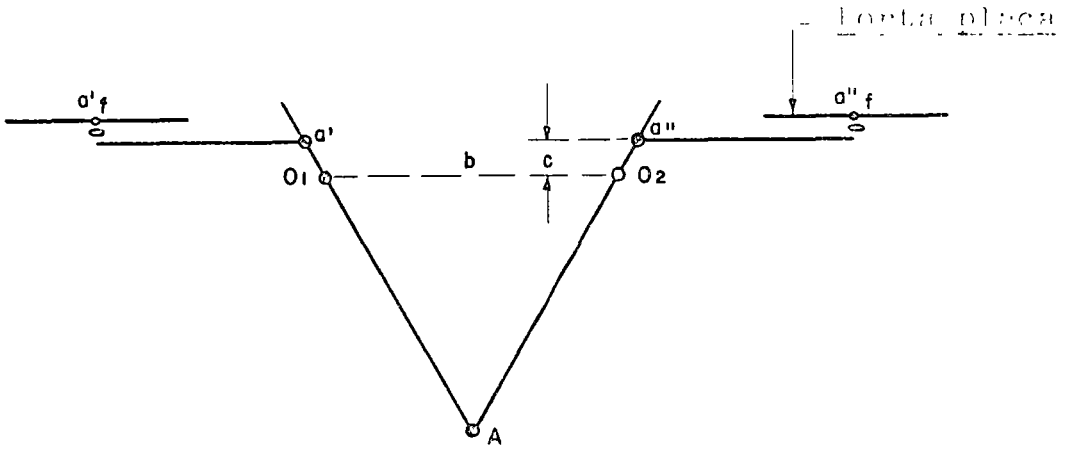
Modelo:

Medición/Restitución:

X max 300 mm
Y max 365 mm
Z 79.6 - 141.6 mm
Amplif. 0.9 - 1.6

Observación: Superficial.
Amplificación 7.5 x

Diseño simplificado:



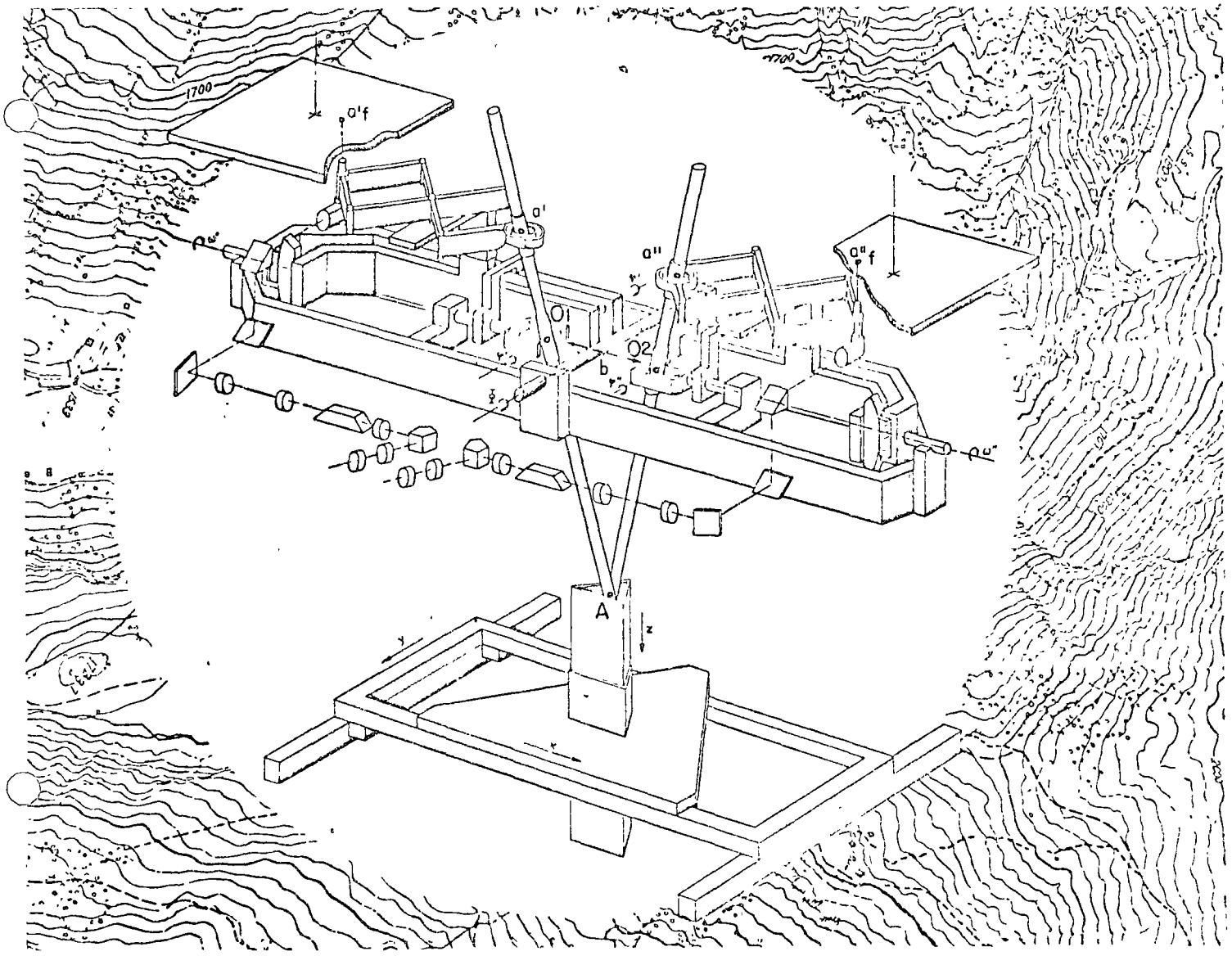
ESTEREO CARTOGRAFO WILD A8

Proyección: Mecánica.
C = 98 mm 215 mm
Formato 23 x 23
Corr. distorsión: placa.

Orientación: $\kappa \pm 20$
$\phi \pm 5$
$\omega \pm 6$
B 65 -260 mm

Medición/Restitución:
X max 345 mm
Y max 440 mm
Z 175 - 350 mm

Observación: Superficial 6X.



AUTOGRAFO WILD A-10

Proyección: Mecánica.
C = 86 a 308 mm
Formato 23 x 23 cm
Corrección de Distorsión: placa.

Orientación:
$\kappa \pm 15$
ϕ - 7 a +6
$\omega \pm 6$
bx 0 a 210 mm
by $\pm$ 16
bz $\pm$ 25 mm
$\Phi, \phi_1, \phi_2, b_z \quad \Omega, \omega_1, \omega_2,$

Medición/Restitución:
X $\pm$ 185 mm
Y $\pm$ 230 mm
Z 90 a 320 mm

Observación: Superficial.
Amplificación 8X.

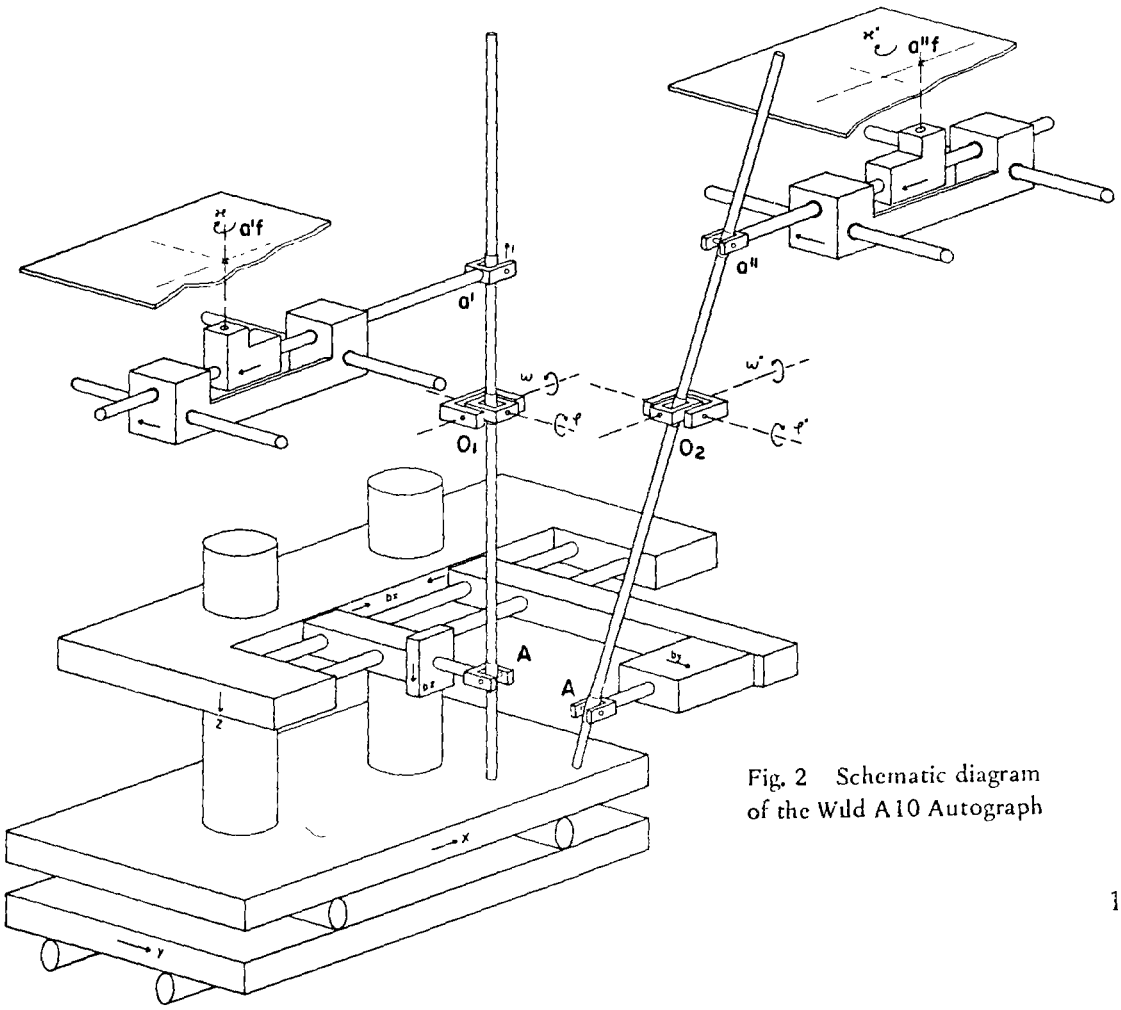


Fig. 2 Schematic diagram of the Wild A10 Autograph

KERN PG-3

C = 88 a 320 mm
Formato 23 x 23 cm
Corrección de Distorsión: placa.

Orientación:

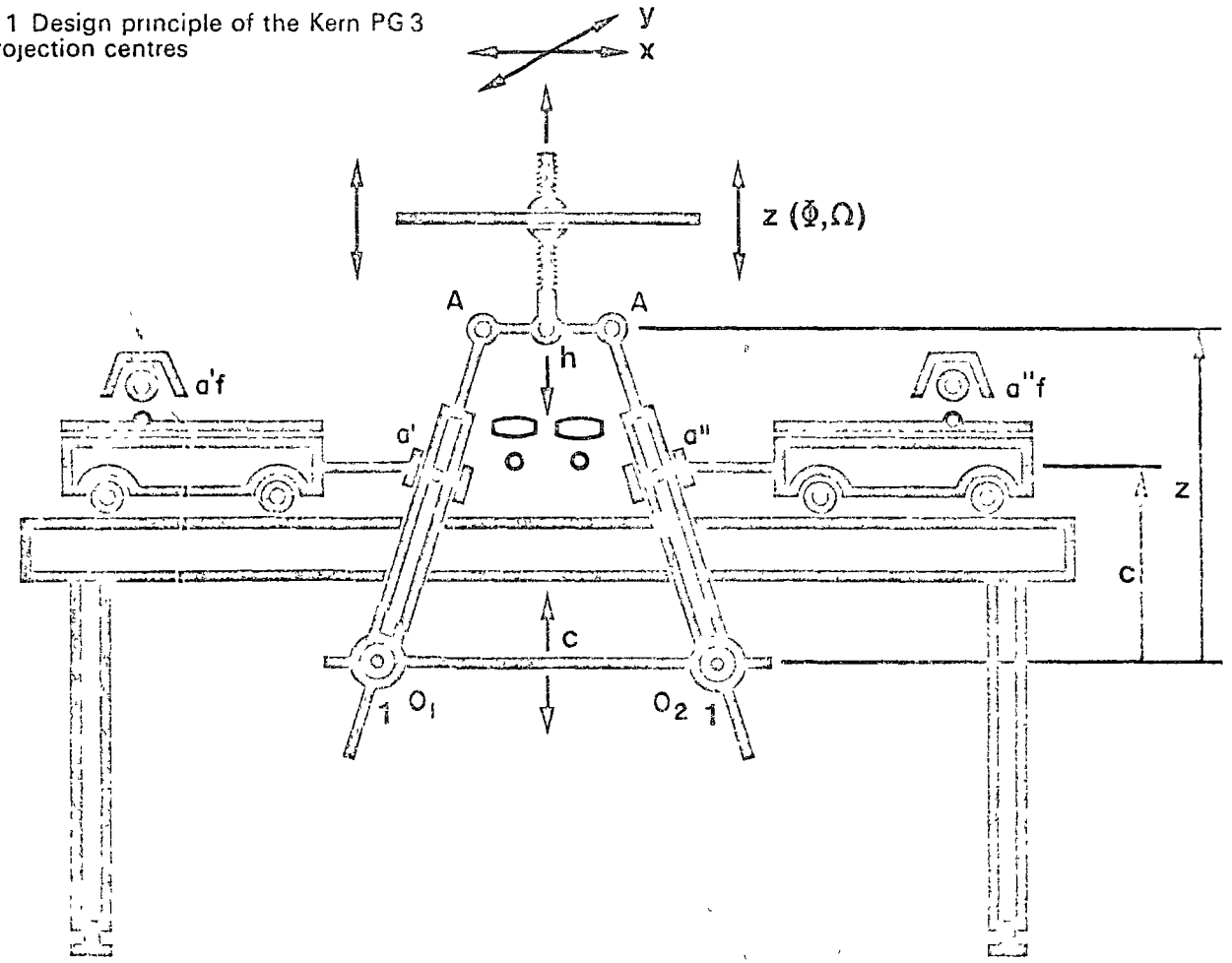
$\kappa \pm 10$
$\phi \pm 7$
$\omega \pm 7$
bx 140 a 433 "mm" (unidades de modelo).
$\Omega \pm 5$
$\Phi \pm 5$

Medición/Restitución:

X 533 "mm" (unidades de modelo)
Y 933 "mm" (unidades de modelo)
Z 190 a 760 "mm" (unidades de modelo).

Observación: Superficial.
Amplificación: 2x, 4x, 8x, ó 2.5x, 5x, 10x.

Fig. 1 Design principle of the Kern PG 3
1 projection centres



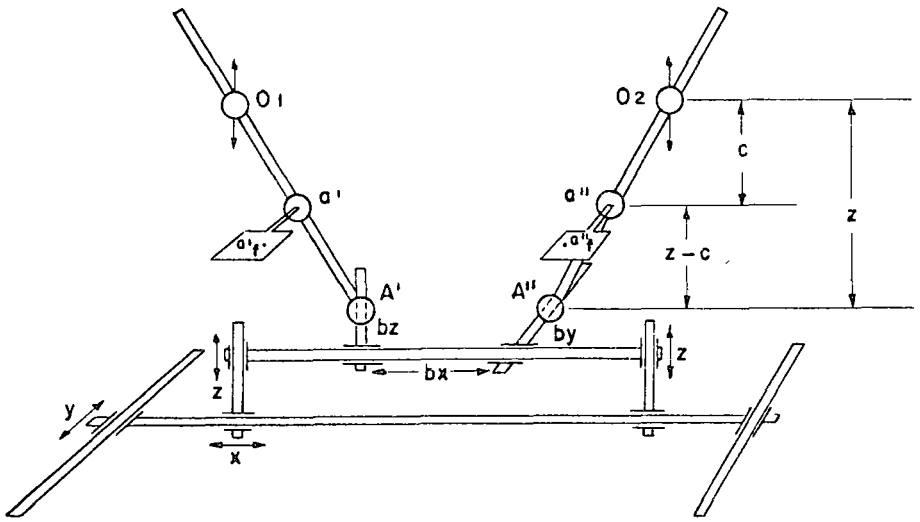
PLANIMAT (ZEISS)

Proyección: Mecánica.
C = 85 mm - 310 mm
Formato hasta 23 x 23.
Corr. distorsión - ó placas.

Orientación: κ 400g
ϕ ± 5.5
ω ± 5.5
bx o - 340 mm
bz ± 42 mm
by ± 15 mm

Modelo Máximo:
X 415 mm
Y 700 mm
Z 40 - 310 mm

Observación: Superficial, fijo 8X.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

T E M A: PLANNING OF PHOTOGRAMMETRIC PROJECTS.

ING. CARLOS GALINDO.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

420

INTERNATIONAL INSTITUTE
FOR
AERIAL SURVEY
AND
EARTH SCIENCES (ITC)
ENSCHEDE, THE NETHERLANDS

INVITED PAPER FOR COMMISSION IV.

H. G. JERIE

PLANNING OF PHOTOGRAMMETRIC PROJECTS

TWELFTH CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY. OTTAWA 1972

PLANNING OF PHOTOGRAMMETRIC PROJECTS

1. Introduction

1.1. Historical Review:

At the XI Congress of ISP at Lausanne, Comm. IV adopted a proposal by the author as resolution No. 5, reading:

"The parameters influencing the accuracy and cost of different photogrammetric subsystems should be studied, in order to establish the basic relations required for planning and designing of photogrammetric projects".

In the invited paper: "System Analysis applied to the planning of photogrammetric projects", presented to the Symposium of Comm. IV at Delft in September 1970, the author proposed a new definition, reading:

"A general and thorough system analysis of the problem of planning photogrammetric projects should be carried out. On the basis of such an analysis, the following objectives should be achieved:

a) Development of a systematic and scientific method for the planning of photogrammetric projects; and

b) Establishment and compilation of the information and data required for such a systematic planning procedure in the form of objective cost-models, accuracy models and qualitative information models of all alternative process components available in photogrammetric technology".

In the above-mentioned invited paper an attempt was made to present a system analysis of the overall problem, dealing not only with the design of optimal procedures to achieve given product specifications, but also with the problem of establishing optimal product specifications, since it can be shown that both problems are closely interrelated and certainly of equal importance.

The discussion following the presentation of the invited paper allows the following conclusions:

In general there was agreement concerning the necessity to develop a more systematic and objective approach to planning in our profession.
Although some speakers were afraid that the author's approach to the problem was too abstract, it was concluded that this approach might yet lead to a more orderly thinking into the cost processes involved in photogrammetric work.

The main part of the discussion centered of course around the difficulties to establish the required cost and performance models and to achieve a suitable quantification of all influencing factors and parameters involved.

It became obvious that this type of research and development requires a lot of effort and above all the cooperation of productive organisations, in order to obtain the vast amount of statistical information necessary to derive significant models.

The author must now confess, that due to reasons beyond his control, not much further development of the research project could be achieved in the period between the Symposium of Comm. IV at Delft and the XII Congress of ISP at Ottawa.
The ITC has moved its premises from Delft to Enschede and has had no access to a suitable computer in this period. The work on this project was thus only resumed early in 1972.

The decision to present state of affairs to the Congress of ISP is governed by the following considerations and objectives:

A discussion of the problem will contribute valuable ideas and information for the further development. It should furthermore assist in spreading the conviction of the necessity for a more systematic approach to planning and thereby increase the willingness of other organisations to contribute information and to participate in the development in future.

1.2. Scope of the paper

In addition to the foregoing historical review, a list of objectives will be presented which can hopefully be achieved by further research work. In paragraph 2, the second part of the above-mentioned Symposium paper, dealing with the problem of the analysis of the design of optimal procedures, will be presented again in a slightly revised form. This is intended for reference purposes only, as probably only a small number of congress participants are in the possession of the original paper.
Finally, in paragraph 3, a plan of operation for the further research work is developed, which should form a basis for the discussion and might possibly lead to decisions concerning the organisational aspects of the required cooperation of both research and production organisations.

1.3. Objectives of research

The problem analysis, which is only in a very general form at present, has to be worked out in more detail. Special attention has to be paid to the general establishment of the performance and cost models. Furthermore it will be necessary to deal with the stochastic characteristics of the system and to develop means to incorporate them in the decision- and optimisation problem.

The problem analysis will form the basis for two further developments:

a) A systematic planning procedure. In the long run this might be a computer programme for optimisation. In the immediate future it will at least consist of a complete list of considerations to be used for systematic planning.

b) A comprehensive computer programme for O.R.

The objectives to be achieved by such a computer programme for O.R., as intended by the ITC, are manyfold:

- Evaluation of alternative process components in view of various applications and circumstances.
- Establishment of general rules and relationships with respect to various products and circumstances.
- Establishment of general information concerning the cost performance ratio of different types of products under various circumstances.
- Identification and quantification of trade-off situations and break-even points.
- Identification and quantification of bottle-necks in various procedures.
- As a consequence of these bottle necks, identification and establishment of specifications for desirable technological developments.
- Sensitivity investigations of parameters and the various categories of influencing factors.
- Investigation into the stochastic characteristics of various influencing factors and their consequences on the total system.
- And, last but not least, such an O.R. programme should also represent a valuable aid for educational and consulting activities.

Finally, mention might be made of the fact that, although the absolute cost values derived by such an approach might not be very accurate (due to fluctuations and uncertainties in the input data used), the relative values can however be expected to be more accurate, and therefore more universally valid. This is of course what really counts with respect to optimisation.

2. Problem analysis: Establishment of a general system model

2.1. Product specifications

We still start with the assumption that the task of the planner consists of designing a photogrammetric procedure meant to satisfy a given set of product specifications in the most efficient (economical) way possible under the prevailing circumstances.

The most important items of such product specifications are given in table 1 below:

1.	Boundaries of project area	
2.	Type of product:	
	Photomosaics and orthophotomosaics	a
	Photomaps with annotation	b
	Line maps with symbols	c
	Digital data (with or without plot)	d
3.	Map scale	a b c
4.	Sheet-size, sheet layout, projection, grid	a b c
5.	Marginal information	a b c
6.	Type of qualitative information to be presented, and symbols to be used (legend)	b c
7.	Type of relief presentation (e.g. contours, spot heights)	b c
8.	Accuracy of metric information (planimetry and height)	a b c d
9.	Specifications concerning photographic image-quality	a b
10.	Form of final reproduction (transparency, paper, etc.)	a b c
11.	Distribution of required digital information (regular or irregular grid, profiles or type of objects)	d
12.	Form of digital data (tape, cards, codes, etc.)	d
13.	Time-schedule for delivery	a b c d

Table 1 : The product specifications

2.2. Principal project structures

Any photogrammetric process consists of all or a number of various functional phases as shown in the flow diagram below

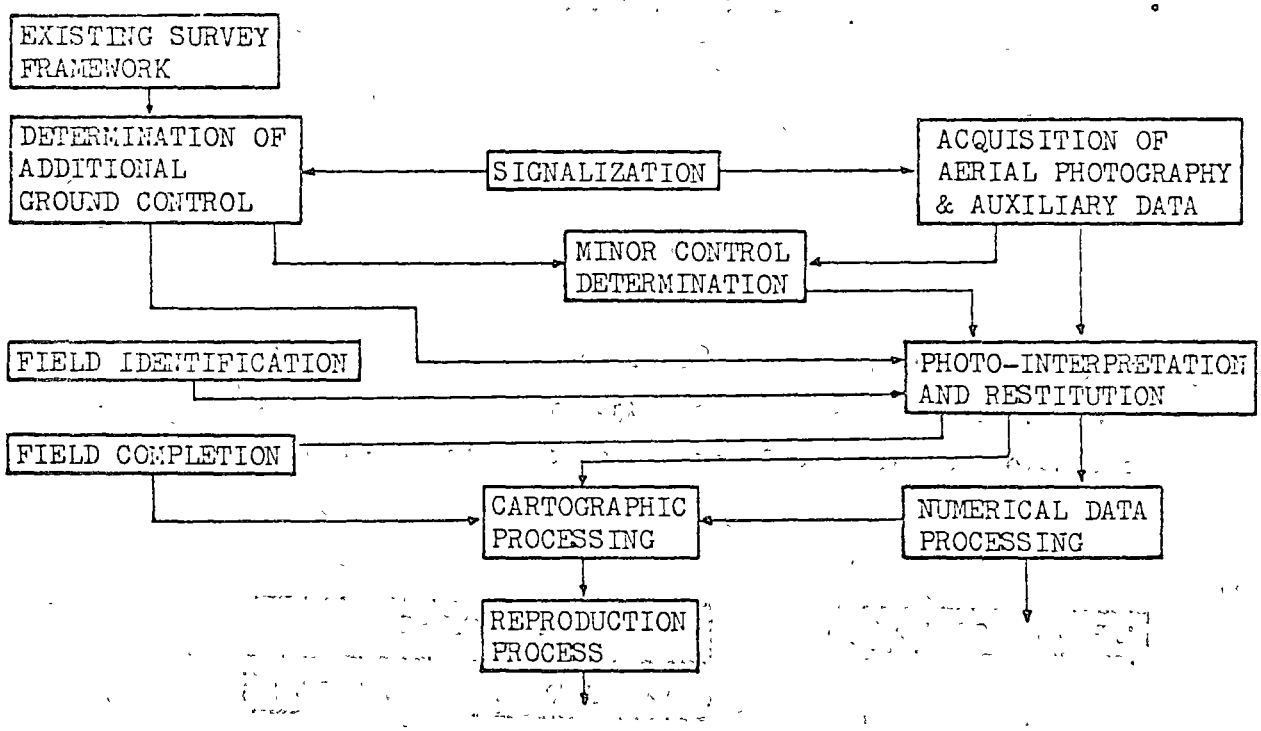


Fig. 1

This flow diagram already contains a number of elements of choice. Individual projects can therefore consist of various combinations of different functional phases.

A few examples are given to illustrate this point.

a)

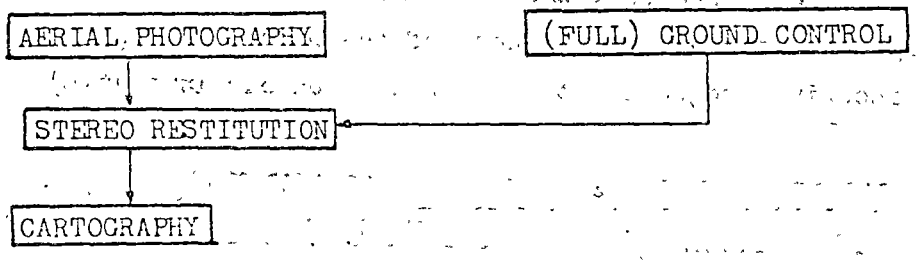


Fig. 2

A type of procedure still often used for smaller, high precision and large scale projects.

b)

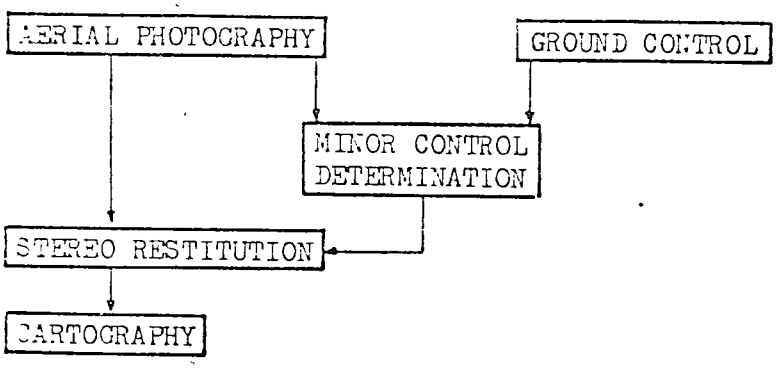


Fig. 3

Mainly applied in medium and small scale projects, in order to save ground control. Since the development of block adjustment, this has also found a much wider application in large scale projects (cadastral, etc.).

c)

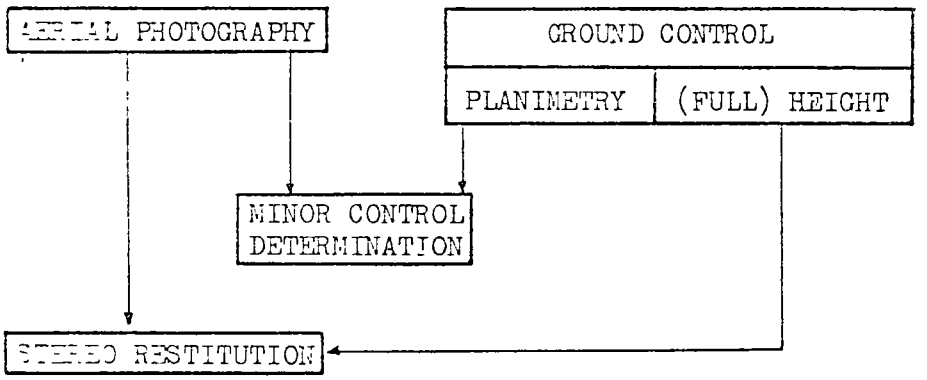
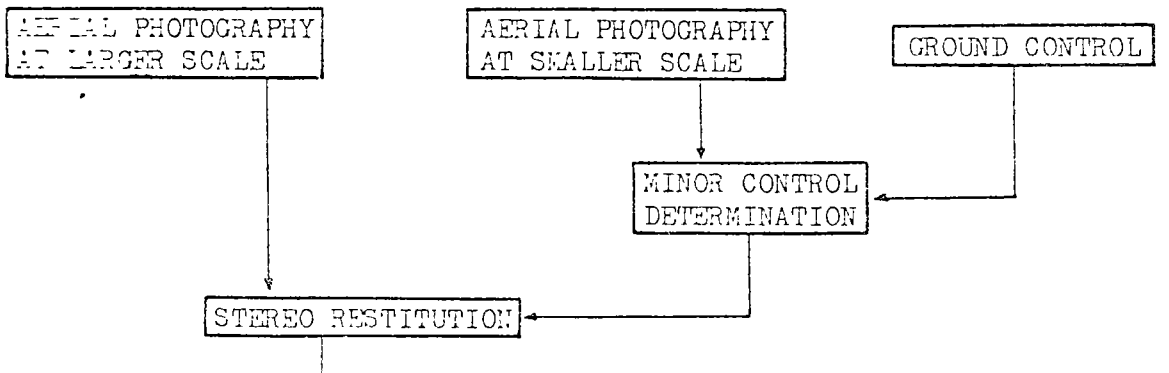


Fig. 4

Applicable to projects where the height accuracy requirements are considerably more stringent than those of the planimetric accuracy. (e.g. engineering projects with very small contour intervals).

d)



A separate (smaller scale) photographic coverage is used for the determination of minor control (in order to save ground control and A.T. work). The larger scale photographic coverage (determined by the need for semantic information) is used for plotting.

e)

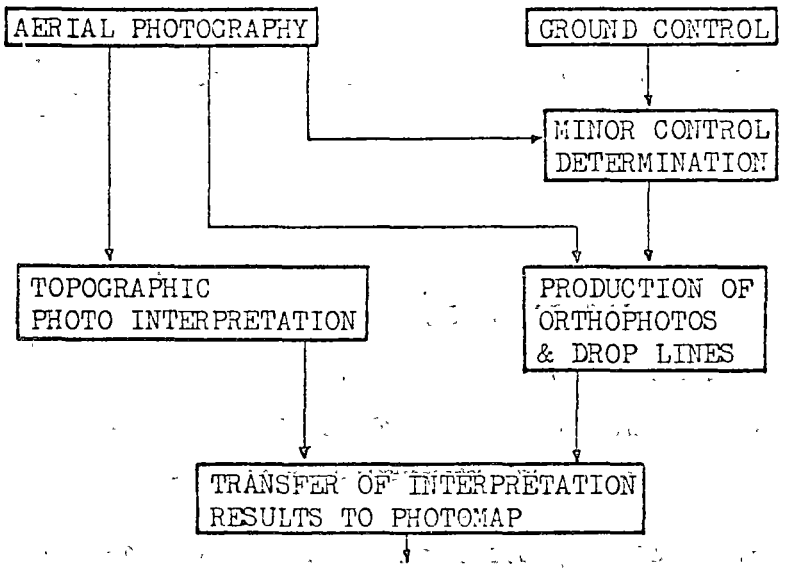


Fig. 6

A procedure applicable to the production of annotated photo maps. Topographic photo interpretation of the orginal aerial photographs is applied because of the loss of semantic information and the difficulty of stereoscopic observations of the orthophoto maps.

f)

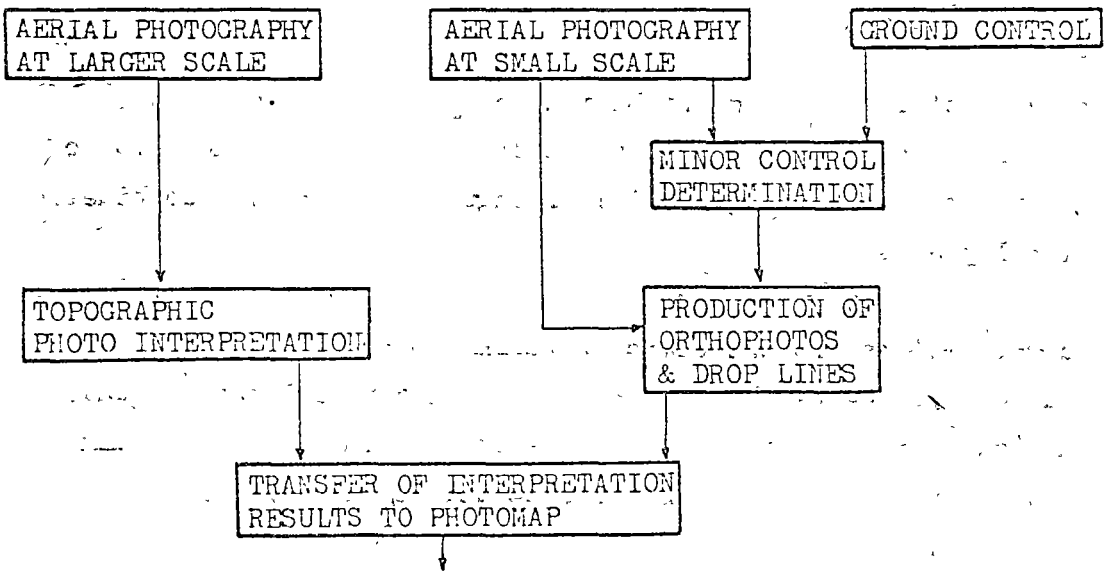


Fig. 7

A more consequent application of the principle applied in the foregoing procedure. Small scale photography is used for A.T and orthophoto

production, satisfying only the need for metric accuracy, while larger scale photography is used to supply the required semantic information. In this way the otherwise high costs of the photogrammetric operations for a large number of large scale photographs are significantly reduced.

As a result of the foregoing analysis we can now introduce the concept of different principal project structures from which the planner has to make his choice.

2.3. Process components and sub-processes

Next we have to realize that the development of photogrammetric technology has provided us with a large choice of means, by which each of the different functional phases of the total process can be executed.

These means, consisting of many different items of equipment and methods can furthermore be combined in many different ways.

For any such feasible combination of equipment and method we will coin the concept of process-component. These are the smallest units available to the planner to design and compose a complete mapping process.
It becomes quite obvious that it would be virtually impossible to compile a complete list of all process components which are either used or feasible, if one only considers all possible combinations between stereo-plotting equipment and plotting methods.

A further useful concept might be that of sub-processes , consisting of a number of specific process-components, which are used for the execution of an individual functional phase (e.g. aerial triangulation) or even combinations of such functional phases.

In order to define process-components, the concept of process-parameters will be used. In most cases, these process-parameters will have a qualitative meaning (such as type of equipment, or method) but they might also assume a quantitative character (such as photo scale, forward and side overlap, bridging distance etc.).

Accepting these concepts, the task of the planner of designing a photogrammetric procedure can now be defined as the task of determining the process-parameters.

A tentative list of the different process-parameters, meant to describe a

Type and distribution of ground control (method, equipment)
Signalization (method, material)
Type of survey aircraft (⟶ performance characteristics)
Type of aerial survey camera(s) ⟶ format, principal distance, lens characteristics, film-plate, reseau, etc.)
Film-filter combinations
Photoscale(s)
Flightplanning (⟶ forward and side overlap, flight pattern, etc.)
Processing of aerial photography (method, equipment, material)
Auxiliary data (type, accuracy)
Processing of auxiliary data (method)
Preparation for aerial triangulation (method, equipment)
Execution of aerial triangulation (method, equipment)
Adjustment of aerial triangulation (method, computer)
Photo-interpretation (method, equipment)
Preparation for plotting (method, equipment)
Execution of restitution (method, equipment)
Field identification (method, equipment)
Field completion (method, equipment)
Numerical data processing (method, computer)
Cartographic processing (method, equipment)
Reproduction (method, equipment)

Table 2 The process parameters

2.4. Performance of process components and sub-processes

The choice of process-parameters has obviously to be governed by the following objectives:

a) The given product -specifications have to be satisfied,

b) The most efficient (economical) procedure leading to a) should be selected.

With respect to the first objective the planner must command information concerning the performance (e.g. accuracy performance, semantic information performance, reliability, etc.) of the various alternative process-components at his choice.

With respect to the second objective he must know, the cost and/or true effort to be incurred in using these process-components.

It is obvious, however, that both the performance characteristics and the resulting cost and time values are by no means constant but a function of a large number of influencing factors.

If we try to identify these influencing factors, we find that they can be classified for convenience into four categories. These are:

a) The product specifications (see table 1)

b) The process parameters (see table 2)

c) Factors, pertaining to the project area (see table 3)

d) Factors present within the organisation executing the project (see table 4)

Geographical position: both absolute, and relative to location of executing organisation and airfields
Meteorological and climatological characteristics
Topographic and geomorphological characteristics (e.g. mountains, swamps, desert, etc.)
Vegetation coverage (types and density)
Cultural objects (types and density)
Existing geodetic control (density, accuracy, reliability)
Local human resources
Communication facilities
General economic and legal situation
Political aspects
Military security regulations
Social aspects (e.g. attitudes and habits of local population)
etc.

Table 3 :Factors pertaining to the project area

Available equipment, material and means of transportation
Available know-how (methods, experience)
Available personnel (number, skill, attitude towards work)
Social-economic environment (salaries, working time, etc.)
Efficiency of organisation and management
General financial situation and policies
State of documentation
Available production capacity, anticipated work-load
Human resources for recruitment of personnel
etc.

Table 4 : Factors present within the organisation executing the project

Of course, any individual process-component or sub-process is only influenced by some of the factors listed in the tables.

The general functional relationships between on the one hand the influencing factors and on the other the performance characteristics and cost & time effort for different process-components or subprocesses is presented schematically in fig. 8.

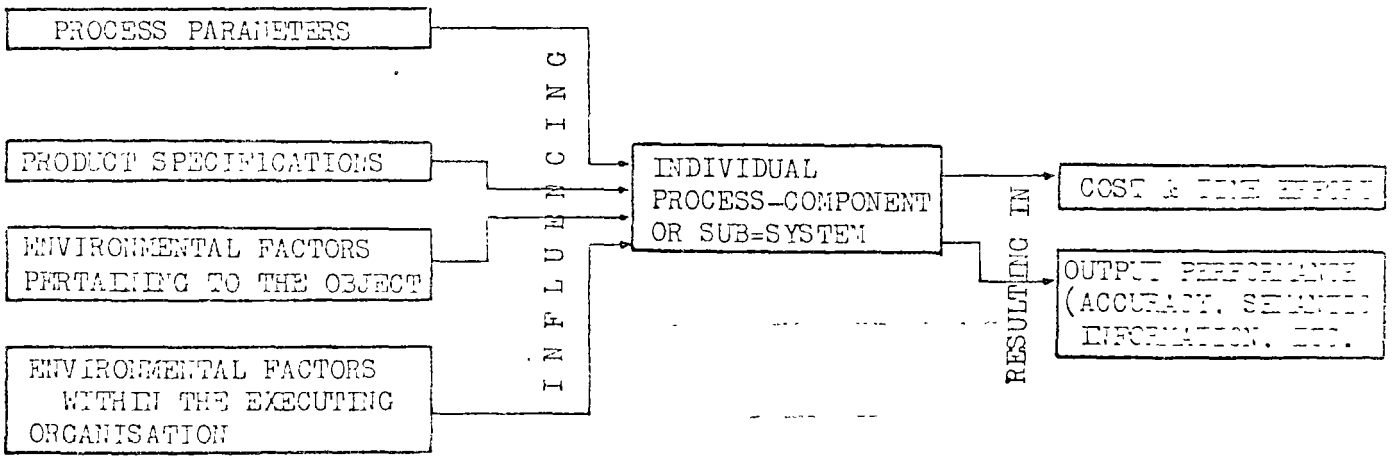


Fig. 8

However, these so essential functional relationships are in most cases not yet available to the planner, nor can they be readily established. Some of the reasons for this are:

a) A lack of sufficient theoretical insight into the actual functional relationships
b) A lack of sufficient statistical data needed to establish significant relationships
c) The difficulty experienced in attempting to quantify or at least usefully classify many of the influencing factors.

In order to make systematic planning possible, these difficulties must be removed. A comprehensive and systematic research effort will be required to this end.

It would be of course unrealistic (and probably also not really necessary) to attempt to establish the exact functional relationships. Instead we have to establish useful approximations, based on reasonably realistic and accurate models of the actual relationships.

The extent of allowable approximations will be governed by the objective and will differ according to the sensitivity of the desired results to the various required relationships. (a subject for Operational Research).

Furthermore we will have to face the fact that certain relationships cannot be established with the desired accuracy. These will have to be considered in planning by applying stochastic models (estimating the range of uncertainty of input data) computing the resulting uncertainty of performance and cost models and considering this in the final decision).

2.5 Establishment of cost models

Cost models for alternative process components and sub-processes should represent the cost of their execution as a function of all those factors, which have a significant influence on them.

With the help of these cost models, the planner can find out which combination of process components does not only yield the required product specifications but also represents the most efficient and economic total procedure.

In general, cost models are primarily functions of

a) basic cost factors, being unit costs for personnel, equipment material etc. and
b) production rates, being the required personnel time, equipment time, etc. for

Both groups depend on various factors, belonging to the four categories mentioned earlier. This is shown schematically in fig. 9.

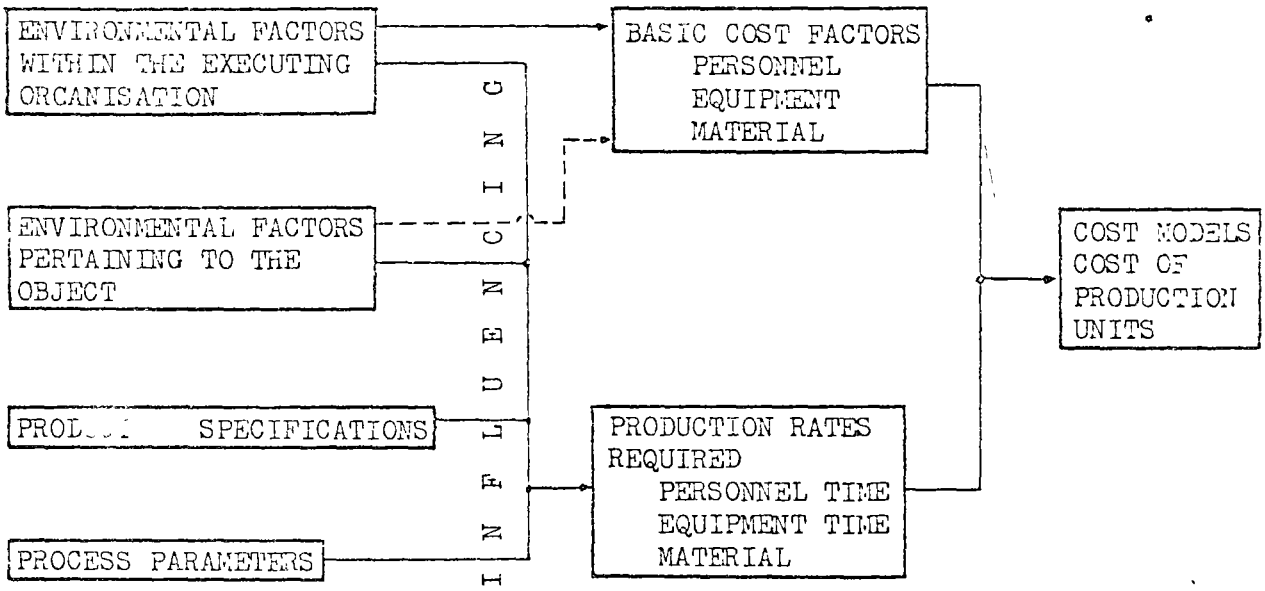


Fig. 9

A. Basic cost factors

Basic cost factors (especially personnel cost) can vary considerably from one organisation to another. In order to establish these for an individual organisation, one has first to identify and quantify all cost generating items within the organisation, and secondly, to assign the cost items in the most logical way to those categories (such as personnel, equipment, etc.) which are directly involved in the actual production processes.

Cost generating items in an organisation are:

Salaries: of all personnel, including social insurances, cost of overtime, cost for recruitment and training, bonusses etc.

Equipment: including purchase cost, import duties and taxes, cost of installation maintenance. These costs have to be distributed over a realistic period of use. (establishment of rate of depreciation and loss of interest per year).

Material : Purchase costs, allowances for waste etc.

Building : Amortisation of purchase cost or rent, maintenance, heating, air-conditioning, power supply, water etc.

Other cost items : e.g. for research, acquisition of work, consultancy, profit,

Preferably these basic cost factors should be established in the same units as are used for the expression of production rates (e.g. man-hours or -days, equipment-hours etc.)

B. Production rates:

Production rates must be established by a careful statistical analysis of work carried out over longer periods, so as to represent normal production routine. Production rates are influenced by factors belonging to all four categories mentioned before. The statistical analysis should be based on logical models taking into account the most probable functional relationship between the influencing factors and the resulting production rate.
Considerable effort will have to be spent in attempting to qualify or at least usefully classify the various influencing factors pertaining to the project area, in order to be able to predict production for other project areas (with differing influencing factors).

2.6 Establishment of accuracy models

Knowledge regarding the accuracy performance of various alternative process-components or sub-processes should enable the planner to determine the process parameters in such a way as to meet the given product specifications.

Accuracy models for planimetry and height are required for all process components designed to execute those functional phases which can contribute to a loss of accuracy of the final product. These are:

- Determination of ground control
- Determination of minor control
- Contouring, line-plotting, measurement of spot heights and planimetric coordinates
- Rectification and mosaicking
- Orthophoto production
- Contouring from drop-lines or D.T.M.'s
- Cartographic processing (fair-drawing, scribing)

Since only a part of the resulting errors are stochastic in character (the remaining being systematic) and since correlation exists between the errors of subsequent processes, it is theoretically incorrect to simply add up their respective variances in order to derive the variance of the final product. (However, due to the present lack of knowledge of the actual relationships, this might often be the only way to deal with the problem).

By far the most complicated task is the establishment of accuracy models for the determination of minor control. The reasons for this are the large number of influencing factors and possible combinations between various preparation - observation and adjustment methods, and the influence of the large number of possible configurations and flight patterns of the photographic coverage.

Therefore accuracy models should be established, considering only the most important process parameters as variables and considering other factors (especially those pertaining to the executing organisations) by applying calibration factors, which can be assumed to be more or less constant for an individual organisation.

Three different methods can be used for the establishment of accuracy models:

a) Analysis of practical experiments.
b) Theoretical analysis using functional and stochastic models of the actual physical process
c) Application of computer simulation

To the author's opinion the last method in conjunction with carefully designed practical experiments offers the best results as more realistic assumptions concerning the error sources and their stochastic properties can be applied as in method b).

2.7. Establishment of semantic information models

This information is required by the planner in order to make sure that the semantic information (i.e. the types and kinds of natural and cultural features) required by the product specification can be achieved.
In the first place this will depend on whether these natural and cultural features can be identified and classified on the aerial photography with sufficient reliability. This is primarily a function of the photoscale, the type of camera and film-filter combination used and the photographic processing.

Furthermore we have to consider the loss of information due to the various processes applied, the optical properties of equipment used, the skill of interpreters etc.
Alternative means for the planner to achieve the necessary semantic information include the application of premarking (signalisation), field identification carried out before plotting and field completion. Therefore, from the economic standpoint there exists a very strong trade-off position between on the one hand the choice of photoscale and the cost of resulting photogrammetric work and

on the other hand the effort necessary for field survey operations. Considering the financial implications such as unnecessary high cost of photogrammetric operations if too large a photoscale is used, or probably still more important, the excessive cost of field survey if too small a photoscale is employed, special attention should be paid to the problem of semantic information models.

2.8. Identification of constraints

Attention should also be paid to the fact that the planner is to a certain degree limited in the choice of process components currently available.
Three such categories of constraints can be distinguished.

a) Only those process-components, which either are or can be made available to the executing organisation, can be employed. Hereby temporary conditions in the executing organisation have also to be considered such as the distribution of the work load over various divisions, temporary underemployment etc., resulting from the totality of projects under hand.

b) Certain specific characteristics prevailing in the project area (e.g. topographic configuration, vegetation coverage, meteorological conditions etc.) might be incompatible with the employment of certain process-components

c) Certain process-components applicable for the execution of different functional phases might be incompatible with one another

2.9. A simplified model of the design process

Based on the foregoing analysis and the concepts developed, a model of the design process (i.e. the choice of process parameters) can be presented in schematical form (fig. 10). Obviously it represents an optimization problem. The objective of optimisation might either be a minimisation of cost or of the time required for execution or a suitable combination of both.

The primary input for the design process are the product specifications. The most important items of the product specifications affecting the choice of project parameters are:

The type of product required;
The requirement for qualitative information;
The type of height information required;
The planimetric accuracy required;
The height accuracy required.

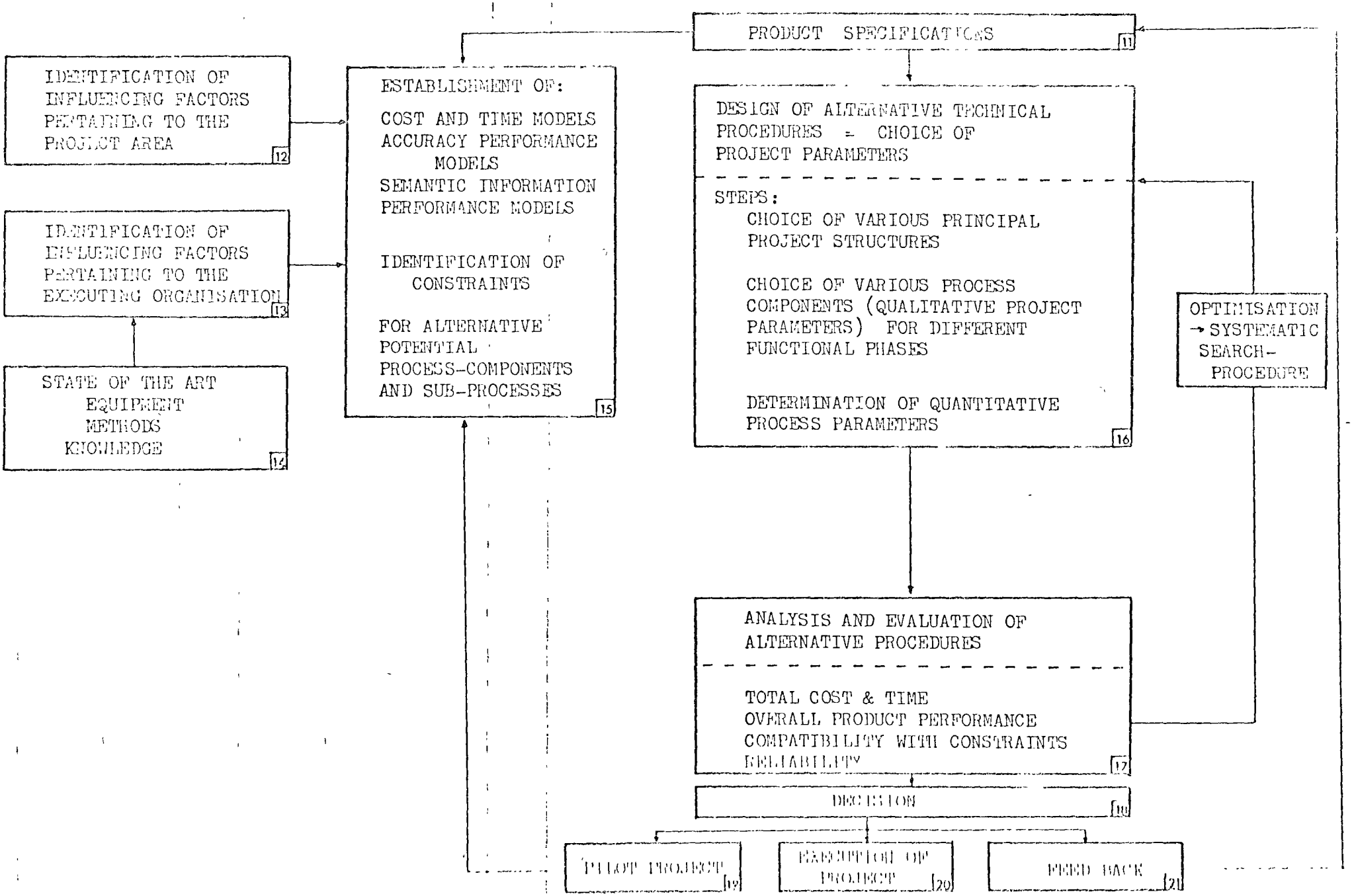


Fig. 10 Design of Optimal Procedure

The choice of process parameters will eventually be determined by:

The product specifications;

The influencing factors pertaining to the project area;

The influencing factors pertaining to the executing organisation;

The existing constraints;

The interaction of the process parameters.

These influences are expressed in the form of:

Cost and time models;

Accuracy performance models;

Qualitative information performance models;

Reliability characteristics

for the various process components, available or to be made available to the planner.

The identification of influencing factors pertaining to the project area [12] and those preventing within the executing organisation [13] and the subsequent establishment of cost and time and performance models will be a preparatory task.

It is not (yet) possible to present or describe a method, which allows a direct determination of process parameters, representing the optimal procedure for each individual project.

Instead, by applying an iterative trial-and-error procedure one has to try to find a good approximation to the optimal solution. Such a systematic search procedure might consist of the following steps:

a) Various different project structures will be listed
b) For each functional phase of these principal project-structures, various feasible system components (qualitative process parameters) can then be considered
c) The remaining (quantitative) process parameters will be determined (using the previously prepared performance models) in such a way that the relevant specifications will be achieved.
d) Using the relevant cost and time models, a cost analysis of alternative procedures (sets of project parameters) can be carried out.

This cost analysis will be a guide for the systematic search, (carried out by altering the principal project structures and the various process parameters) to achieve optimisation.

In this, the experience, creativity and intution of the designer will greatly influence the speed and eventual success of his efforts.

In practice, the task of design and decision making should probably be carried out at two different levels.

The bulk of the planning work can be executed at the middle executive staff-level, using pre-determined methods and data. The objective of this should be to present to the top-management a number of alternative solutions, accompanied by a careful and detailed analysis of all aspects relevant for a final decision.

For the final decision at top management level, other aspects, which are not directly the concern of the middle-management, such as overall organisation policies, the general market and competitive situation, etc., must be considered.

Depending on circumstances, three different outcomes of the final decision can be envisaged:

a) The analysis may reveal that insufficient or unreliable information regarding certain essential factors is available for planning. This might concern influencing factors pertaining to the project area, or other information necessary to establish cost and performance models.
In such a case, the need for a pilot project, based on a provisionally designed procedure, might be indicated.

From an analysis of the results of such a pilot project, assumptions can be verified and missing information can be provided. Both will form a feed-back to the planning stage.

b) If any feasible procedure could be designed, which is in accordance with the constraints identified in the first phase of planning (time limits, available funds) and the preliminary cost estimates on which the optimization of product specification was based, the project can be implemented as far as the executing organisation is concerned.

c) If the conditions defined under b) are not met, then a feed-back of information to the first phase of planning is indicated. Preferably this should be accompanied by alternative proposals to provide a maximum of useful information for the establishment of new or modified product specifications.

2.10 Conclusions and Recommendations

a) Planning of photogrammetric projects is a highly complex task, due to the many interrelations which exist both between the process parameters themselves and between other categories of influencing factors.
If a systematic, scientific method can be developed for the execution of planning, it should lead to the design and implementation of more efficient procedures for the execution of mapping projects.

b) Optimum procedures for the execution of photogrammetric projects are a function of different categories of influencing factors. It is very likely that the character of these influencing factors will vary considerably for different projects. Some of these factors are also liable to change with time.
Therefore, every photogrammetric project requires individual treatment. Procedures adopted for other projects cannot be simply copied.

c) The objective of planning should be the optimisation of the total procedure. Due to the many interactions (or trade-off positions) between various functional phases of a project, separate planning (and optimisation) of various phases cannot lead to an overall optimum.

In practice, a closer integration of the purely photogrammetric processes with the field survey and cartographic processing will be required.

3. Plan of operation for further research activities

In order to make "systematic planning" possible, a number of tools must be provided for use by individual organisations. The following items can be mentioned:

a) A standard procedure or "routine" for planning (eventually in the form of a computer programme)
b) Accuracy performance models of various feasible process components or sub processes
c) Semantic information performance models of various feasible process components or processes
d) Cost & time models: Basic cost factors for individual organisations and production rate models for various feasible process components or sub-processes
e) Standard procedures for the identification, quantification or classification of relevant influencing factors pertaining to the project areas
f) Decision criteria for the purchase of new equipment and the implementation of new methods and procedures.

The establishment of these tools can only be accomplished by close cooperation between research organisations and production organisations, as only the latter can provide the required statistical data and can assist in the verification of results obtained. In turn, these production organisations will derive the greatest

benefit from the results of such a research programme.

Subsequently it will be attempted, to describe the necessary activities of research-organisations (R.O.) and production organisations (P.O.) with respect to the above-mentioned items in more detail:

a) Standard procedure for "planning"

(R.O.): Theoretical analysis of the problem and design of a model.

(P.O.): Verification and modification of this model on the basis of past experience and existing routines

(R.O.): General design of a systematic procedure

(P.O.): Adaption and specialization to the specific circumstances prevailing in the individual organisations

b) Accuracy performance models

(R.O.): Identification and theoretical analysis of various feasible process-components. Objective: Identification of influencing parameters and design of functional models.

Collection and analysis of statistical data for the establishment, verification and improvement of stochastic models

(P.O.): Contribution of available statistical data

(R.O.): Design and implementation of practical experiments to obtain missing statistical information

(P.O.): Participation in the execution and evaluation of practical experiments. Contribution of material for experiments

(R.O.): Development of computer programmes for and execution of analytical and numerical determination of general accuracy models. Development of operational methods for the "calibration" of general accuracy models, in order to adapt these to the special circumstances of individual production organisations.

(P.O.): Execution and evaluation of practical experiments for calibration of general accuracy models

c) Semantic information performance models

(R.O.) Theoretical analysis of different process components to identify those factors, which influence semantic information performance. Design of theoretical models
Collection of statistical data

(P.O.) Contribution of statistical data

(R.O.) Design and implementation of practical experiments to obtain missing information

(P.O.) Contribution of material and participation and evaluation of practical experiments

(R.O.) Establishment of semantic information performance models, preferably under consideration of their stochastic character.

An attempt should be made to determine eventually these semantic information models on a more theoretical basis. General properties, like photoscale, contrast, colour, resolution should be brought in a functional relationship with the interpretability of various kinds of material and cultural objects.
The problem could then be reduced to a study of these properties and their deterioration during the various phases of a photogrammetric process.

d) Cost models

d.1 Basic cost factors

(R.O.) Theoretical analysis of the problem and development of routines for the establishment of "basic cost factors" in individual production organisation

(P.O.) Verification, modification and adaption of these routines

(R.O.) Collection of relevant data for general system research

(P.O.) Contribution of data

d.2 Production rates

(R.O.) Theoretical analysis of different process components and subprocesses to identify those factors which significantly influence production rates
Design of theoretical models for production rates
Collection of statistical data

(P.O.) Analysis and contribution of available statistical data for the actual establishment of production rates

(R.O.) Collection of data for general system research

e. Standard procedures for assessment of influencing factors pertaining to the project area

(R.O.) Theoretical analysis of the problem
Development of operational methods for the identification, quantification or classification of relevant factors

(P.O.) Analysis and evaluation of executed projects
Verification of developed methods

(R.O.) Collection of statistical data for general system research

One of the main problems will probably be the quantification and classification of these influencing factors in project areas where no experience in the form of previous projects exists. Here, more assessable indicators will have to be found which prove statistically to be strongly correlated with the required values (geographical and geomorphological research).

f) Decision criteria for the purchase of new equipment and the implementation of new methods and procedures

(R.O.) Theoretical analysis of the problem and development of operational methods for the establishment of suitable criteria

(P.O.) Verification of results of analysis and modification of methods, based on existing experience and policies

(R.O.) Compilation of a general catalogue of process components with relevant data concerning cost & performance models

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

Geodesía y Generalidades

Ing. Raymundo Arvizu

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

INTRODUCCION

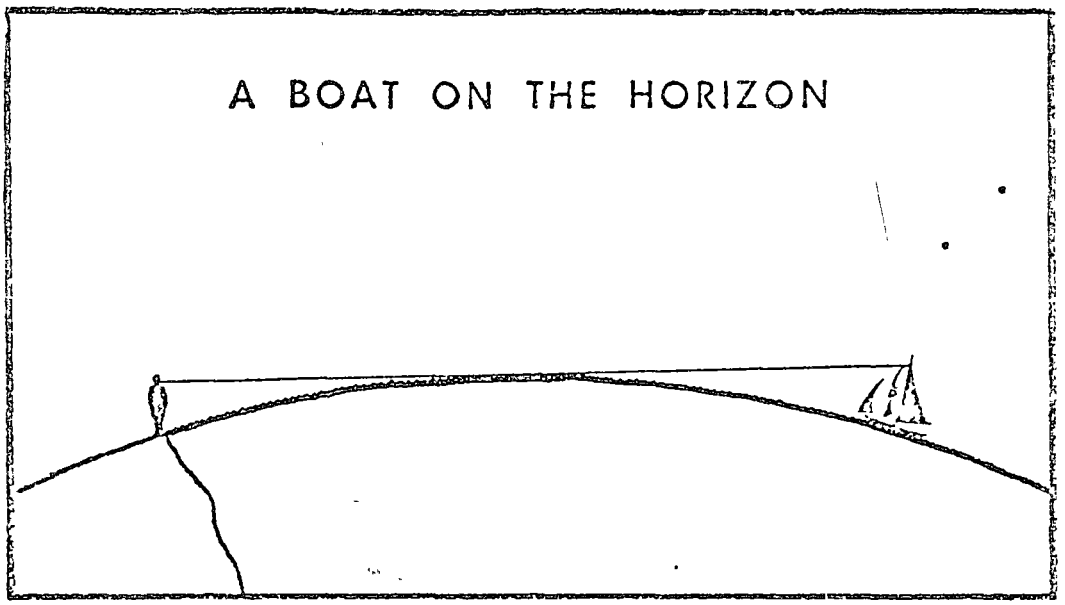
Geodesia es una de las Ciencias de la tierra. Otras Geo-Ciencias son: Geografía, Geología, Geomorfología, Geofísica .

Los tres aspectos más importantes de los cuales se ocupa la Geodesia son:

1.- Forma y tamaño de la tierra .

2.- Campo de Gravedad de la tierra .

3.- Posicionamiento de puntos .



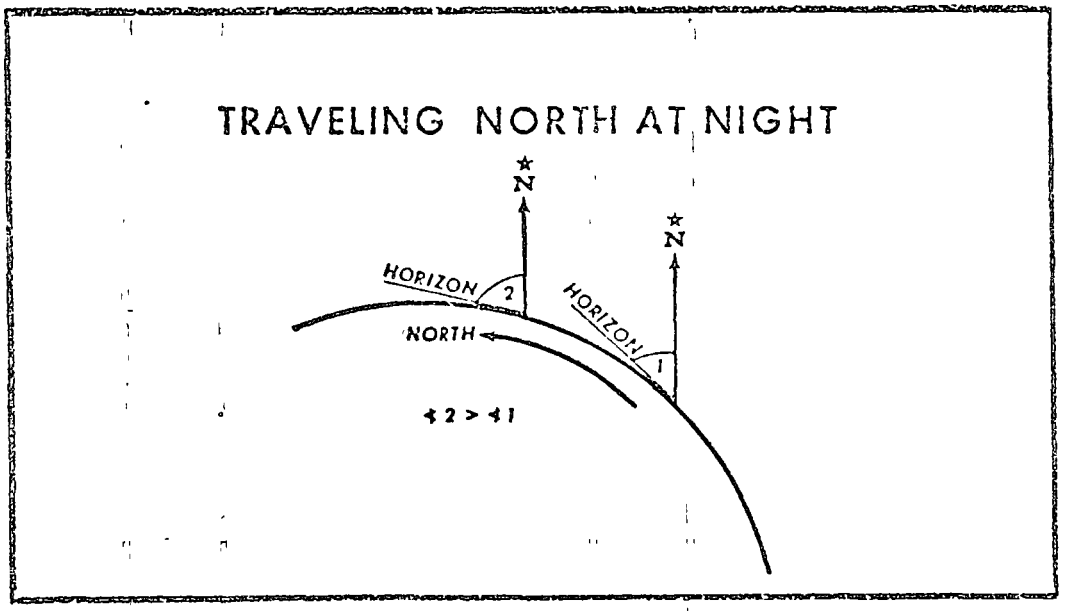
FORMA Y TAMAÑO DE LA TIERRA

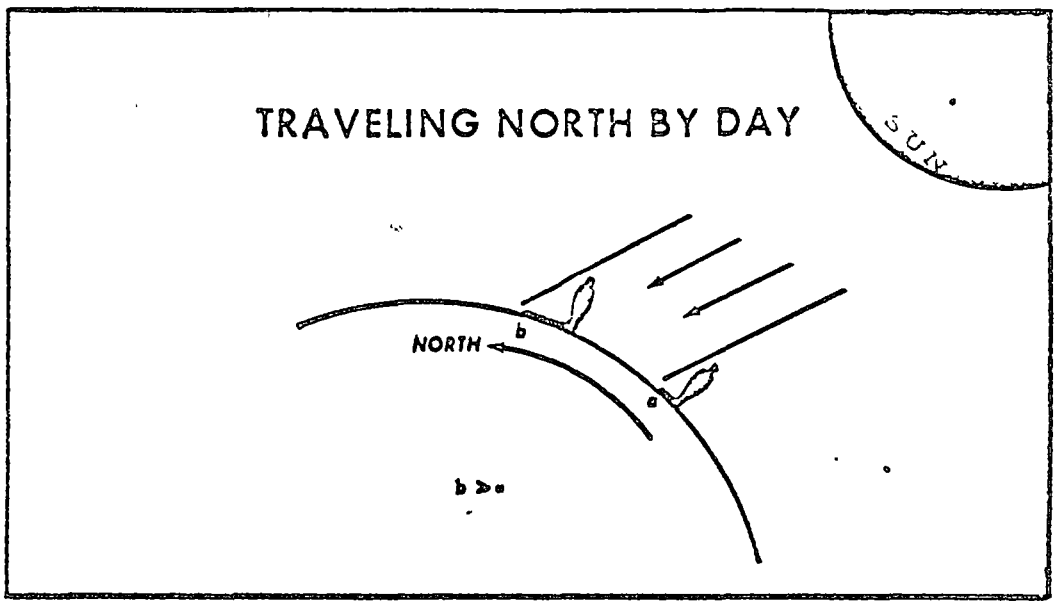
1.- Para algunas necesidades puede considerarse plana a la tierra (catastro, ingeniería civil, recursos) pero para distancias largas y áreas grandes, esto no funciona, por ejemplo:

a) Cuando un barco se acerca desde el horizonte, lo primero que se ve es la vela y al final la quilla .

b) Viajando al norte de noche, la estrella polar aparece cada vez más alta .

c) Viajando hacia el norte de día, la sombra proyectada es cada vez más grande .

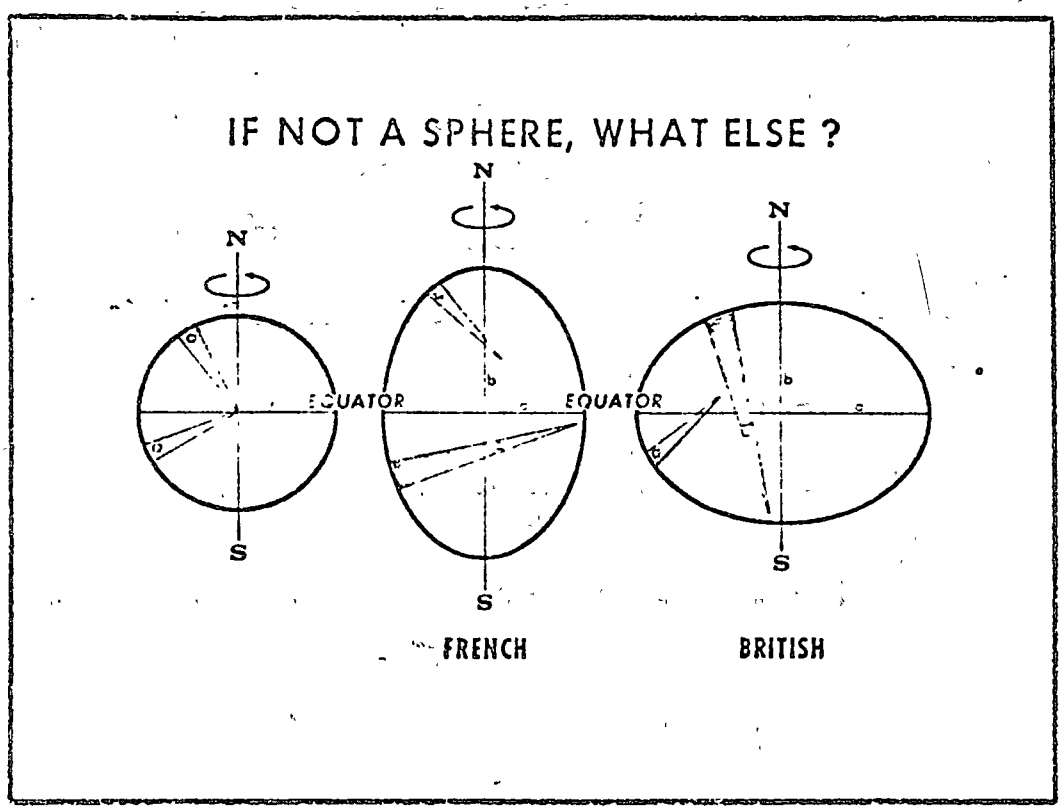




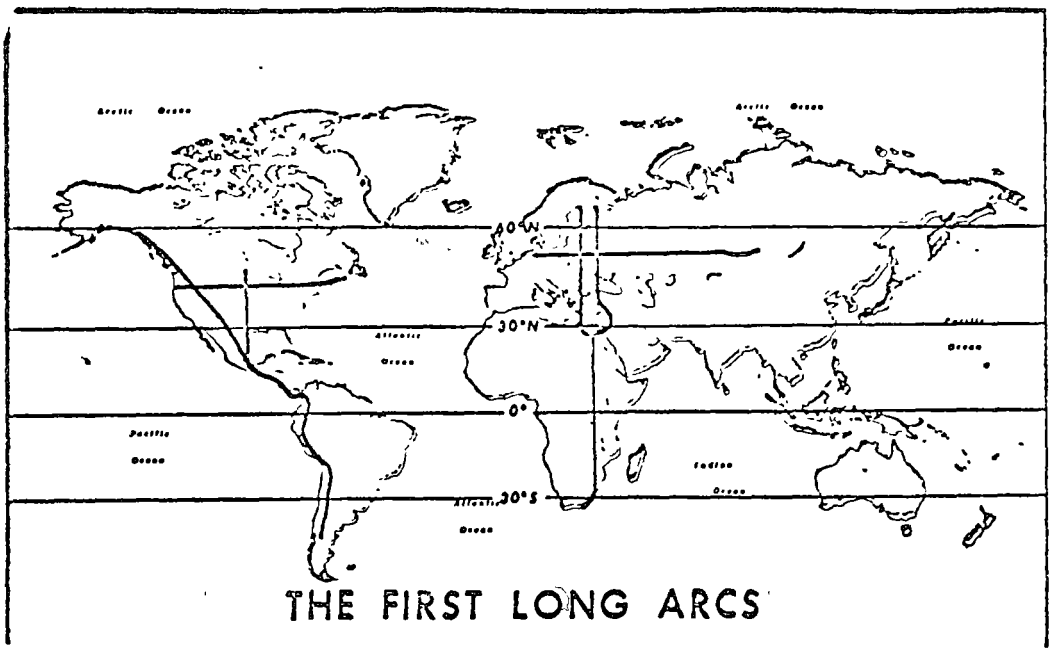
Estas observaciones nos sugieren que la tierra es una esfera, pero y qué tan grande es esta esfera?

El primero en medir el tamaño fue Erastótenes (260 A.C.) el resultado fue 16% más grande, pero lo importante fue la combinación de ángulos astronómicos y medidas de distancias .

Después (siglo 17) se vio que la tierra no tenía misma curvatura en diferentes lugares. Esto hizo pensar que no era una esfera - después de todo, entonces ¿Qué era?

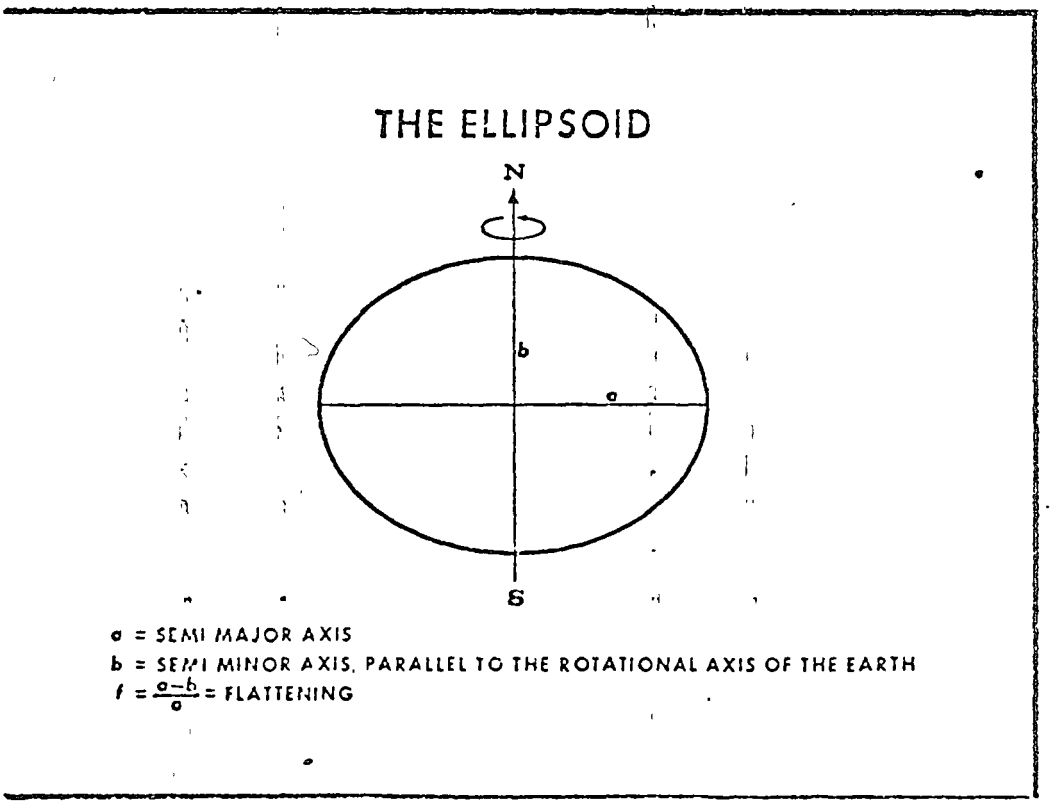


Los franceses pensaban que tenía forma de huevo, alargada en los extremos.
Los británicos (Newton) estaban convencidos de que estaba achatada en los polos como toronja.
Con dos expediciones se determinó que un grado de arco en Laponia (cerca del círculo ártico) era más grande que en Perú (cerca del ecuador).
El poeta, dramaturgo y reformador Voltaire comentó:
"Ustedes han encontrado con penosa fatiga, lo que Newton halló sin salir de casa"
Desde entonces se ha utilizado el elipsoide para representar la forma de la tierra.

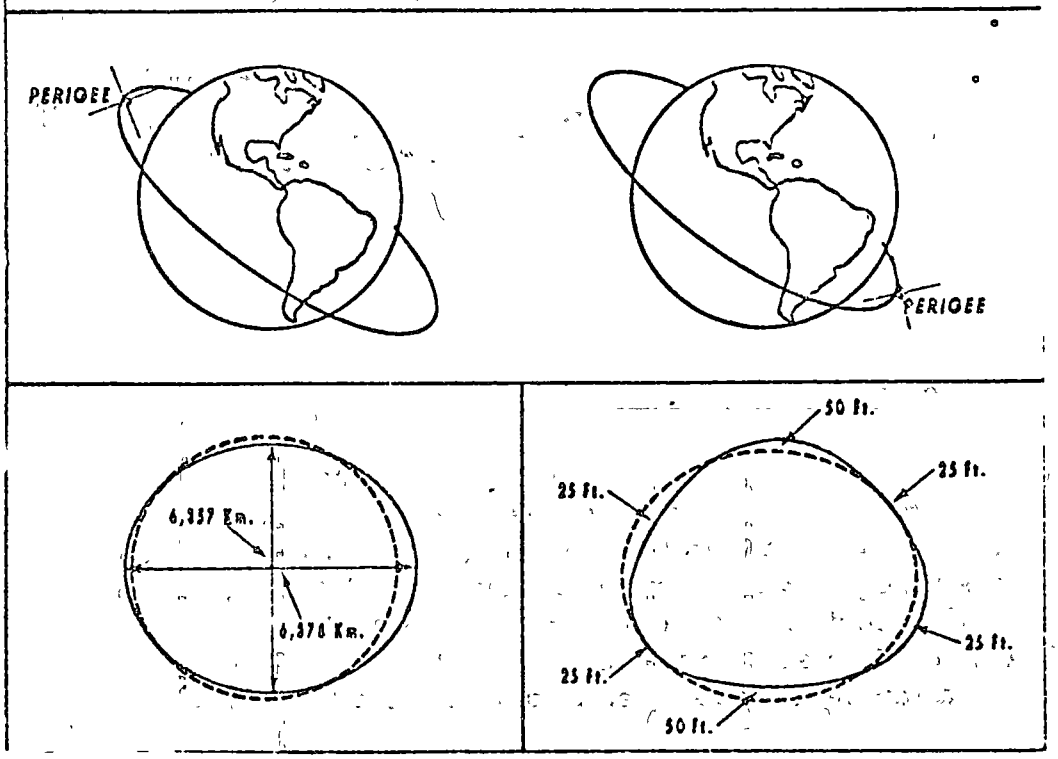


ELIPSOIDE

Si una elipse gira alrededor de su eje menor, forma un elipsoide de revolución, el elipsoide representativo del modelo de la tierra tiene su eje menor paralelo al eje de rotación.
Su tamaño ha sido determinado por varios científicos: Everest, Bessel, Clarke, Helmert, Hough, Fisher. En base a medidas efectuadas sobre la superficie de la tierra.

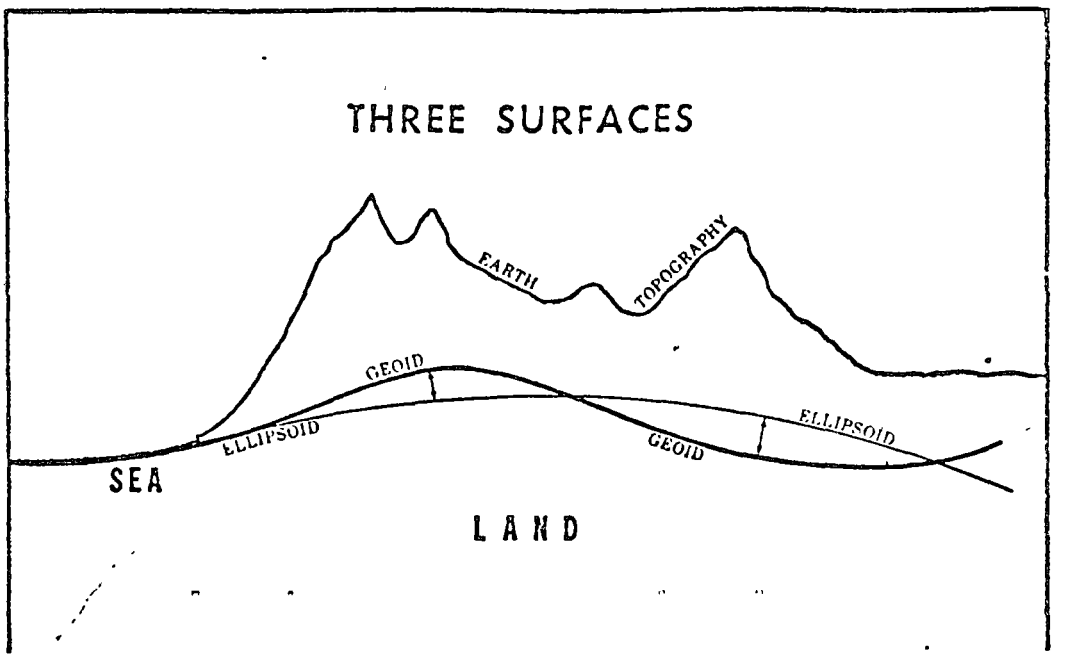


WHAT SATELLITE DATA TELL US OF THE EARTH'S SHAPE



QUE NOS DICEN LOS SATELITES DE LA FORMA DE LA TIERRA

Con la información que proporcionan los Satélites, es posible deducir la forma de la tierra. Se observó que el perigeo (punto de la órbita del satélite más cercano de la tierra), se acercaba más a la tierra cuando el satélite pasaba por el hemisferio Norte que cuando pasaba por el Sur. Lo cual indica una asimetría en la forma de la tierra, ésta es más angosta en Norte que en el Sur.
Una vez se pensó que era una esfera, luego pareció ser como una toronja, ahora encontramos que era algo diferente a una toronja, más bien como una pera.

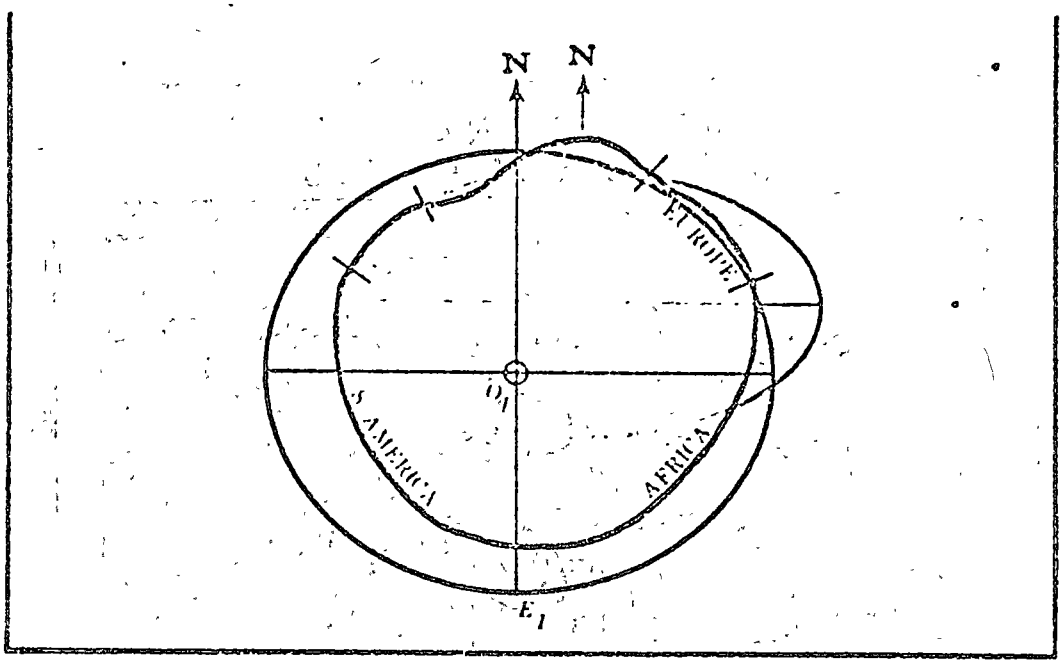


TRES SUPERFICIES

Actualmentes estas cosas son bastante complicadas. Cuando hablamos de forma de pera o un elipsoide, no nos referimos a la forma producida por los valles y montañas, la topografía, (esto es lo que se representa en las cartas topográficas), sino a la superficie del mar, si esta fuera continuada de la costa hacia tierra dentro sin considerar las elevaciones sobre de ella. Esta superficie del nivel del mar se le nombra también GEOIDE. La forma del geoide es lo que queremos decir por figura de la tierra.

Se ha encontrado que la forma del geoide es bastante irregular comparado con un elipsoide, estas irregularidades se miden a partir del elipsoide y se les llaman alturas geoidales.

Distinguimos, entonces 3 superficies: Topografía, el geoide y el elipsoide. Las cartas topográficas nos dan las elevaciones sobre el nivel del mar (el geoide). Cartas del geoide nos proporcionan las alturas geoidales en relación al elipsoide. Juntos nos dan la altura total de la Topografía sobre el elipsoide de cualquier punto.

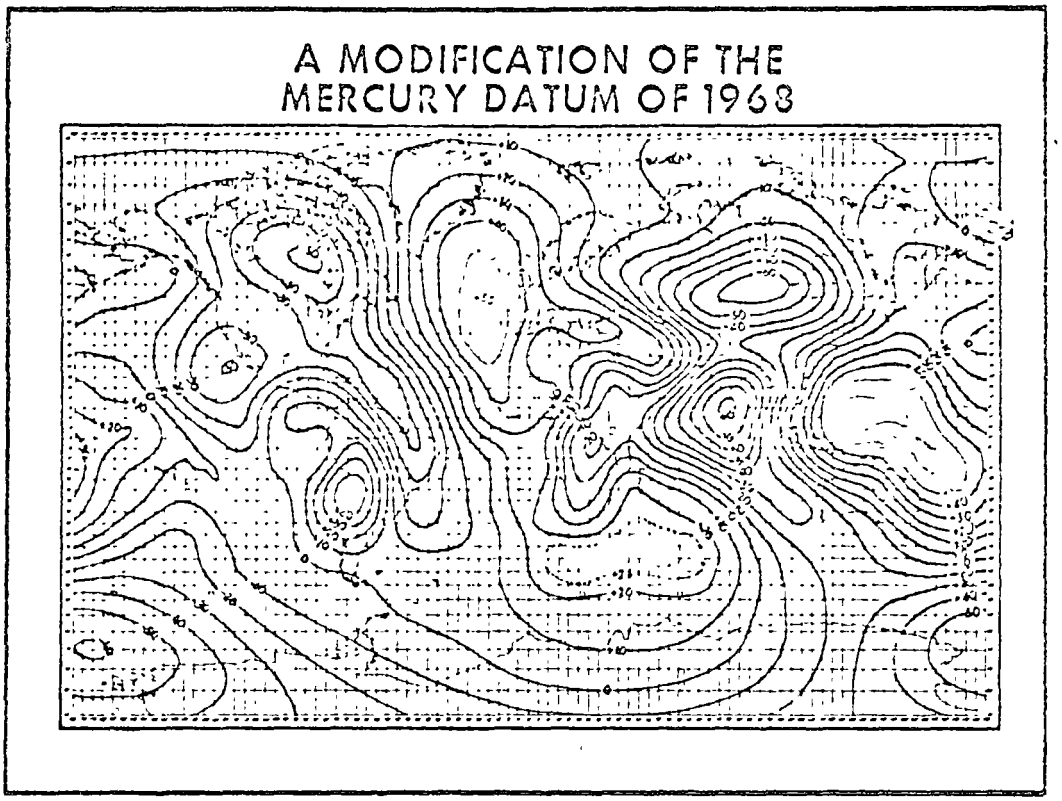


EL GEOIDE Y DOS ELIPSOIDES

El geoide con su forma irregular, subiendo y bajando, nos hace pensar más bien en una papa que en una pera.

Para representar su forma, utilizamos un elipsoide con cierta aproximación, pero debemos escoger uno de tamaño y forma que se adapte lo mejor posible al geoide. Algunos de los elipsoides que se han utilizado son los siguientes:

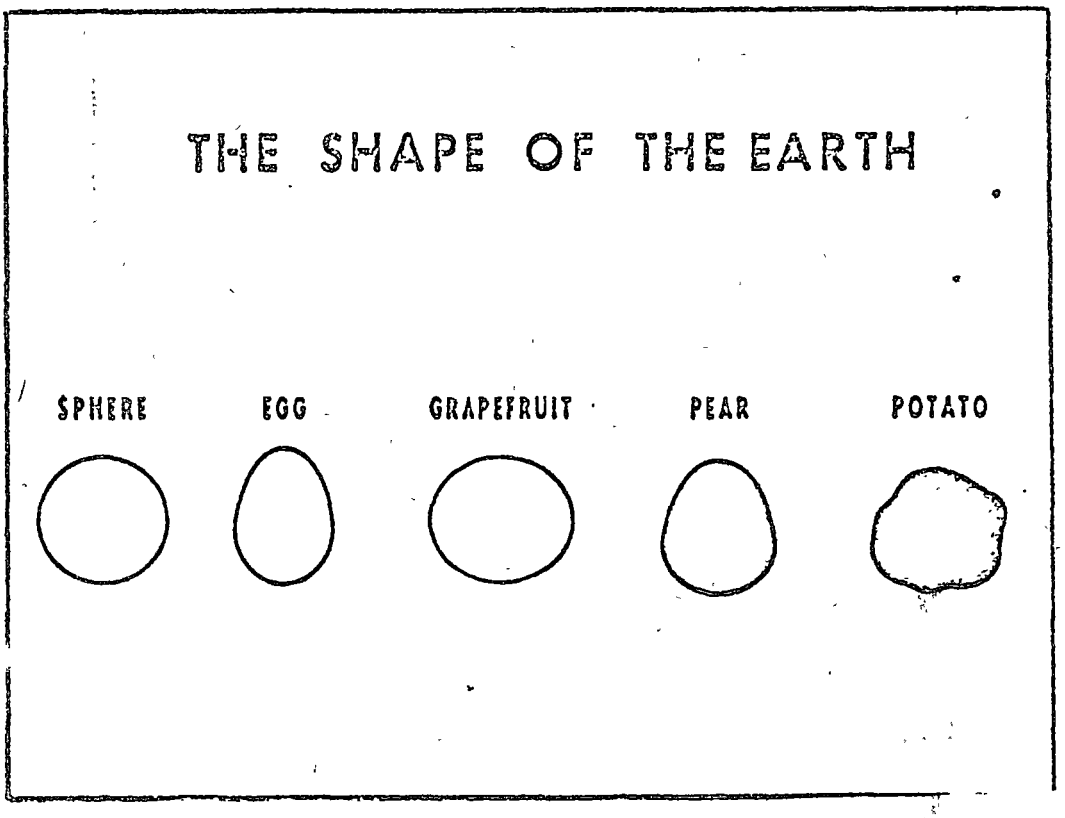
Clarke 1866 (Norte y Centro América, Groenlandia)
Internacional 1924 (Hayford 1909) (Europa, algunos países de Sudamérica).
Clarke Modificado 1880 (Africa).
Everest 1830 (India, Asia del Sur, Indonesia)
Bessel 1841 (China, Corea, Japón)
Krasovsky 1942 (Unión Soviética)
Australiano 1965 (Australia)
Sudamericano 1969 (Sudamérica).



UNA MODIFICACION AL DATUM MERCURIO

1968

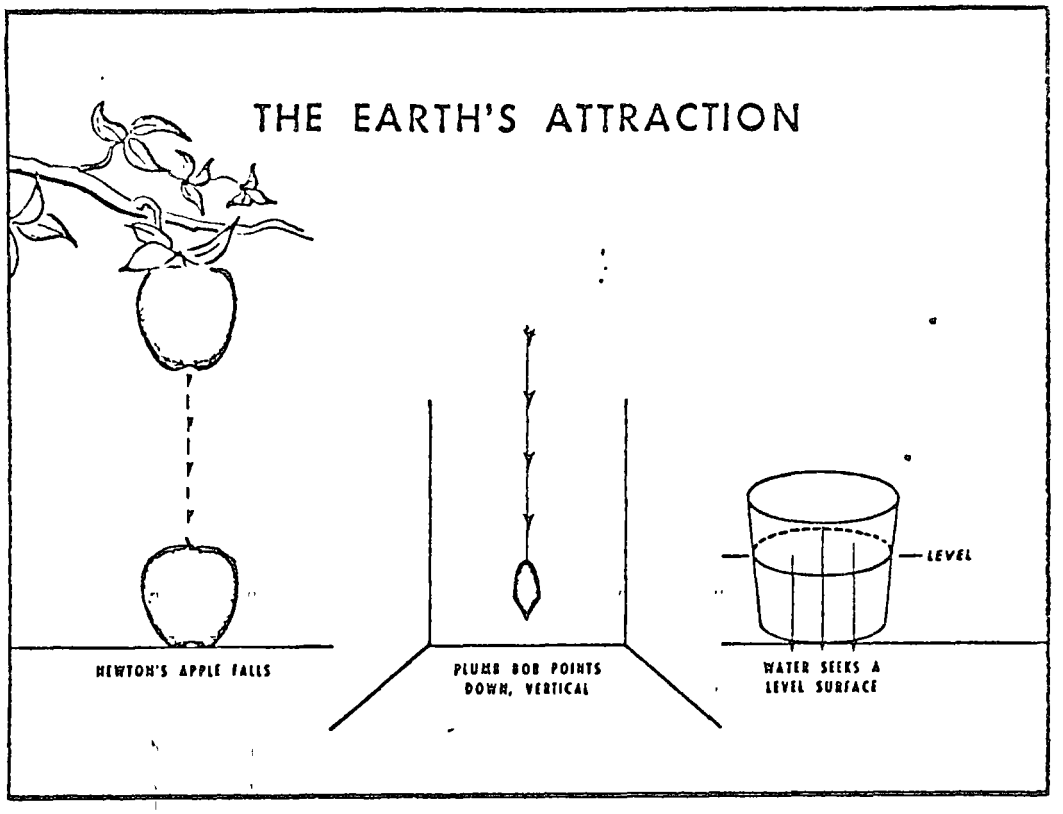
Para el proyecto de los vuelos espaciales tripulados Mercurio, Gemini , y Apolo se utilizó el esferoide de Fischer 1960 y más tarde en 1968 fue modificado, las alturas geoidales fluctúan de 80 m abajo a 60 m arriba del elipsoide .



LA FORMA DE LA TIERRA

Ahora ya conocen ustedes la historia del desarrolo del conocimiento del tamaño y forma de la tierra .

La forma de la tierra es particularmente atribuida a la fuerza de gravedad. A continuación veremos la manera como se estudió el campo de gravedad.



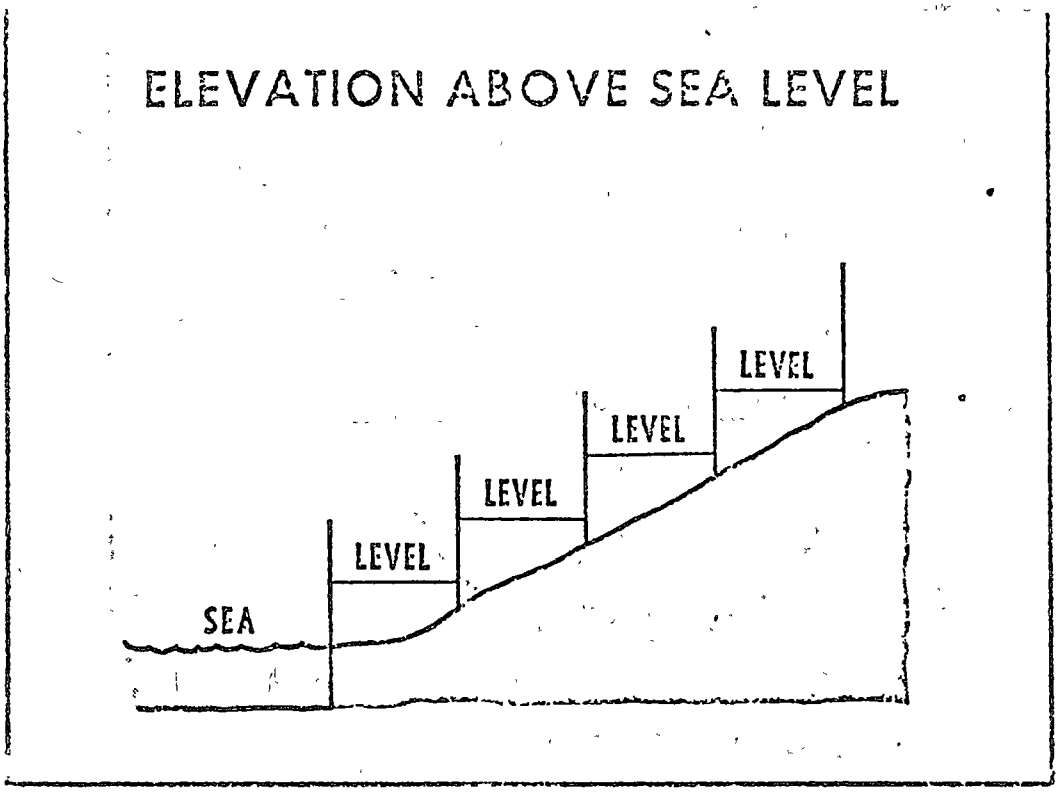
EL CAMPO DE GRAVEDAD DE LA TIERRA

La atracción terrestre (llamada gravedad) causa que las cosas caigan. Recuerden la historia de Newton bajo un manzano. Cuando una manzana cayó y le pegó, empezó a pensar en su teoría de gravitación.

Una plomada suspendida por una cuerda, es atraída por la tierra y entonces jala a la cuerda tensándola hacia abajo (vertical).

La gravedad tira de cada molécula de agua en vaso, y el agua toma la forma de una superficie de nivel (horizontal).

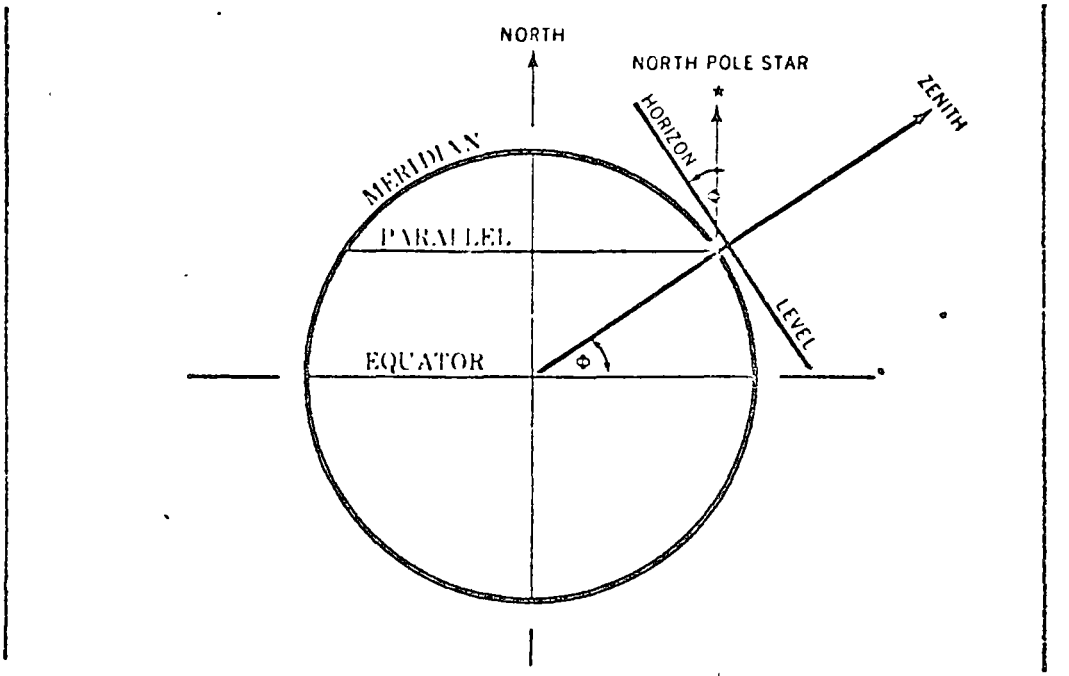
Estas dos direcciones, la vertical y la horizontal, están dadas por la naturaleza. Son muy empleadas en Ingeniería y Topografía. Utilizamos la plomada ó el nivel para, por ejemplo, obtener paredes derechas, pisos horizontales, o para controlar cauces de ríos, pendientes de caminos, etc.



ELEVACION SOBRE EL NIVEL
DEL MAR

En Topografía, el nivel determina la altura relativa de dos lugares. Una escala (mira o estadal) se pone en la costa y la siguiente tierra adentro. En las miras se determinan dos marcas al mismo nivel. La diferencia en las lecturas de los estadales da la altura de uno con respecto a otro.

Repitiendo este procedimiento de nivelación paso a paso desde la costa hasta tierra adentro, podemos determinar la elevación de cualquier punto sobre el nivel del mar.



¿DONDE ESTAMOS?

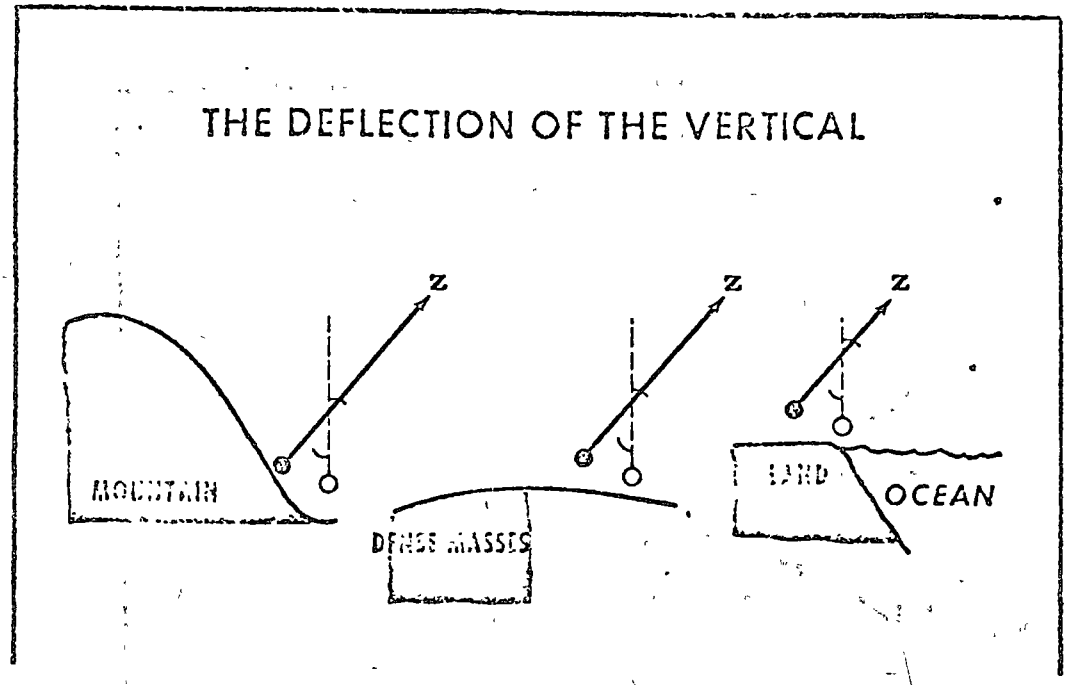
En Geodesia, el nivel y la plomada nos ayudan a determinar el sitio en que estamos sobre la tierra. El ángulo entre la vertical y el ecuador es aproximadamente nuestra latitud.

El punto directamente sobre nuestra cabeza es el zenit.

Podemos observar la estrella polar y determinar su distancia angular desde el zenit ó desde el horizonte.

La altura de la polar sobre el horizonte, esto es, el ángulo entre su dirección y el nivel, es igual a la latitud en el globo.

Sin embargo, esto solamente sería cierto si la tierra fuera perfectamente homogénea. En la realidad la tierra no es tan perfecta, y natural mente tiene una manera de engañarnos.



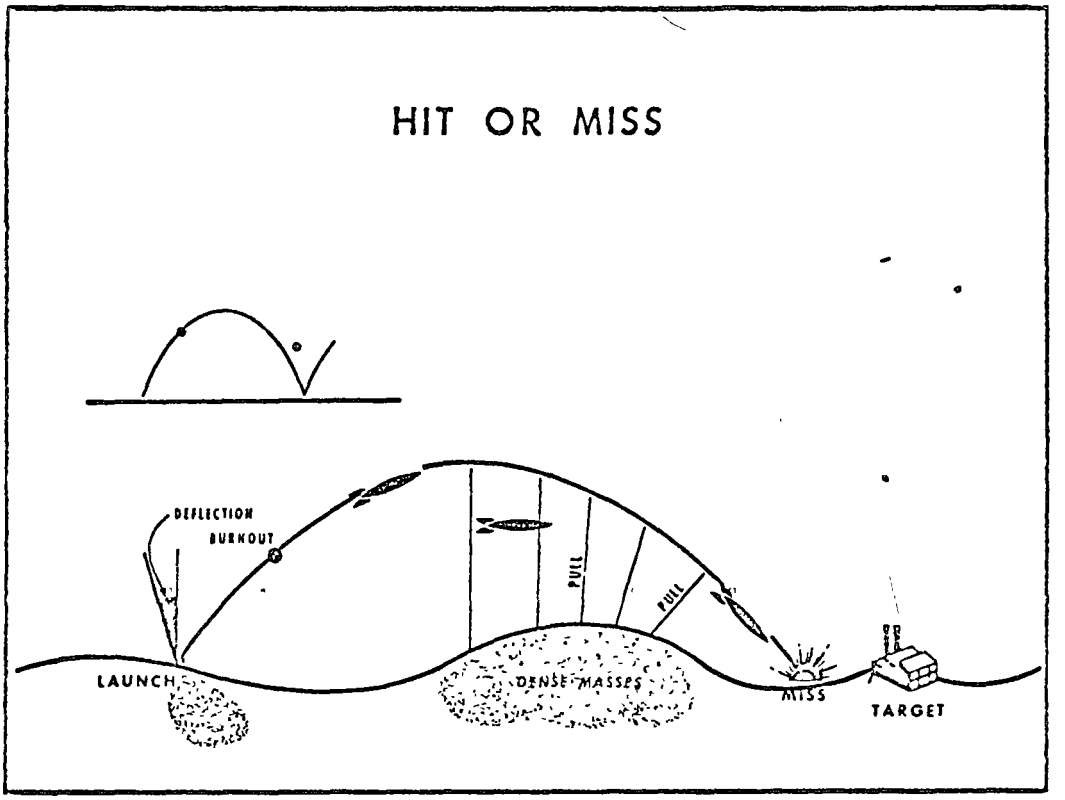
LA DESVIACION DE LA VERTICAL

Las montañas y valles, agua y tierra, y las diferentes clases de roca, complican la teoría geodésica por su influencia en la gravedad y porque ésta afecta la forma del geoide.

Una montaña cercana a la línea de la plomada. atraerá a ésta en su dirección. Una masa muy densa bajo el terreno hará el mismo efecto. En la costa, la diferencia entre la masa más densa de la tierra y la menos densa del agua tendrá el mismo efecto.

Todas las masas irregulares, conocidas y desconocidas afectan la dirección de la plomada, pero no podemos detectar visualmente de inmediato qué tanto ha sido desviada por estas masas. Esta desviación de la vertical es el problema básico que afecta nuestros cálculos a menos que encontremos la manera de corregir su influencia .

Como hemos visto, la gravedad se utiliza para encontrar posiciones y elevaciones, pero también es engañosa por falsear posiciones y direcciones. La ciencia de la Geodesia es necesaria para explicar y evaluar la influencia de la gravedad y determinar correcciones para aplicarlas a nuestras medidas .



DAR EN EL BLANCO O FALLAR

La trayectoria que sigue un objeto arrojado al aire depende de la fuerza y dirección del lanzamiento .

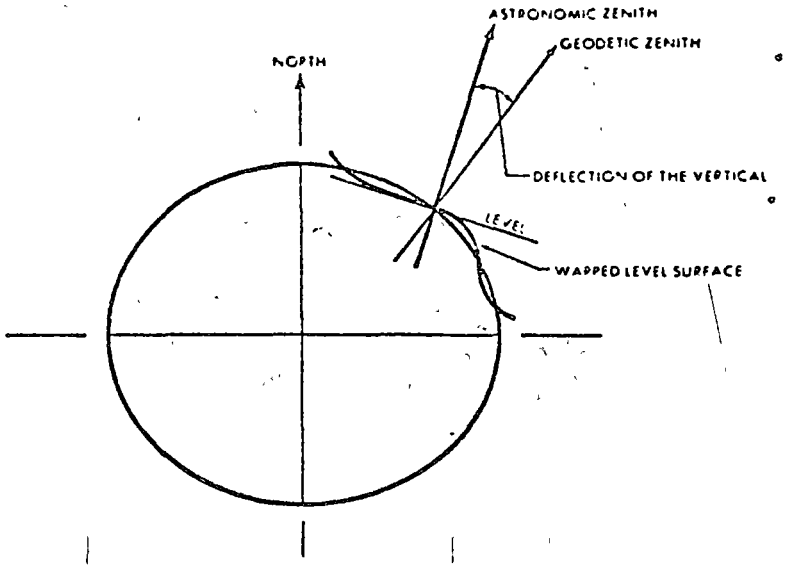
La trayectoria de un proyectil puede calcularse conociendo la potencia y dirección del empuje. Si la gravedad es diferente a la supuesta , nuestros cálculos serán incorrectos. Al lanzado, el proyectil puede estar desviado en otra dirección a - causa de que la vertical no era la que nosotros pensábamos.

En su vuelo está sujeto a las influencias de las masas conocidas y desconocidas que pueden sacarlo de su trayectoria precalculada. Esto hace que falle el blanco.

Los satélites también están sujetos a estas fuerzas gravitacionales irregulares que hacen cambiar la órbita predicha.

A menos que tengamos en completo conocimiento de la naturaleza de estas irregularidades gravitacionales , que causan perturbaciones en las órbitas, no podremos predecir acertadamente órbitas - futuras. Esto hace que procedimientos tales como encuentros espacialeses y amarizajes se dificulten y afecten nuestra capacidad para utilizar los satélites con propósitos geodésicos .

THE WARPING OF THE LEVEL SURFACE

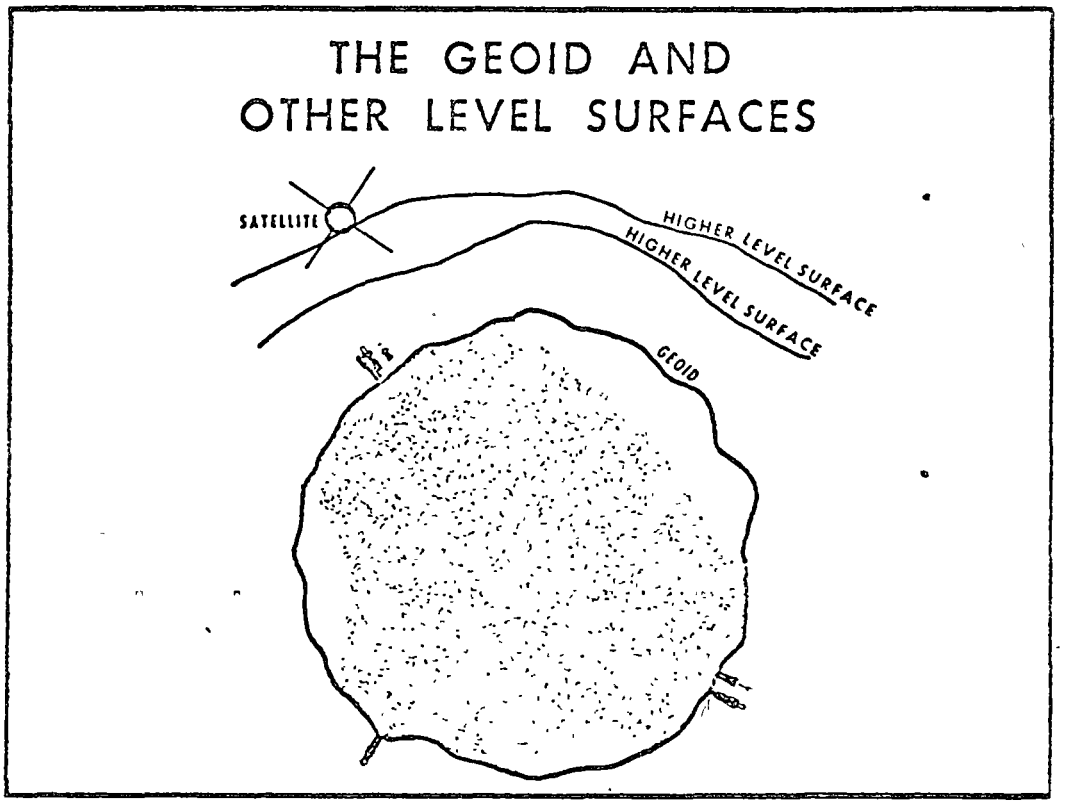


LA ONDULACION DE LA SUPERFICIE DE NIVEL

La Geodesia estudia el efecto de estas masas irregulares en la tierra de tal suerte que nos permitan efectuar las correcciones debidas. Para tales propósitos, empezamos por considerar a la tierra homogénea y llana, tal como un elipsoide, las diferencias entre éste y la tierra real es lo que se estudia. Si la dirección de la fuerza de la gravedad es diferente a la del modelo, lo llamamos desviación de la vertical, medida en segundos de arco. Si la intensidad de la fuerza de gravedad es diferente al modelo, lo llamamos anomalía de la gravedad medida en milligals.

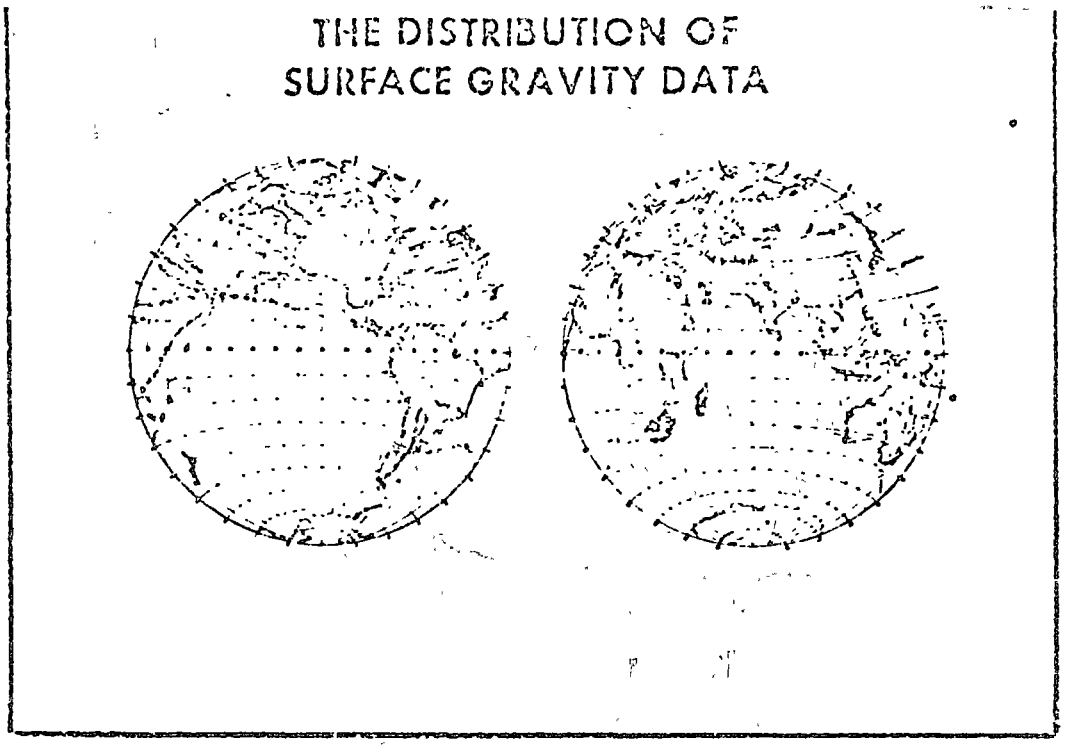
La desviación de la vertical es el ángulo entre la dirección observada de la línea de la plomada y la normal al elipsoide modelo. Considerando las direcciones hacia arriba, es el ángulo entre el zenit astronómico y el geodésico.

Ya que la línea de la plomada y la superficie de nivel forman ángulos rectos, la desviación de la vertical causa una correspondiente ondulación de la superficie de nivel. El ángulo de desviación es igual al ángulo de ondulamiento. Entonces, la forma de esa superficie ondulada puede ser trazada, paso a paso, si las desviaciones son conocidas.



EL GÉOIDE Y OTRAS SUPERFICIES DE NIVEL

Los satélites muestran el campo de gravedad externo de la tierra a lo largo de sus órbitas específicas a grandes alturas sobre el geoide. De estas pruebas se deriva un modelo de gravedad el cual nos ayuda a predecir el efecto de la gravedad en otras órbitas .

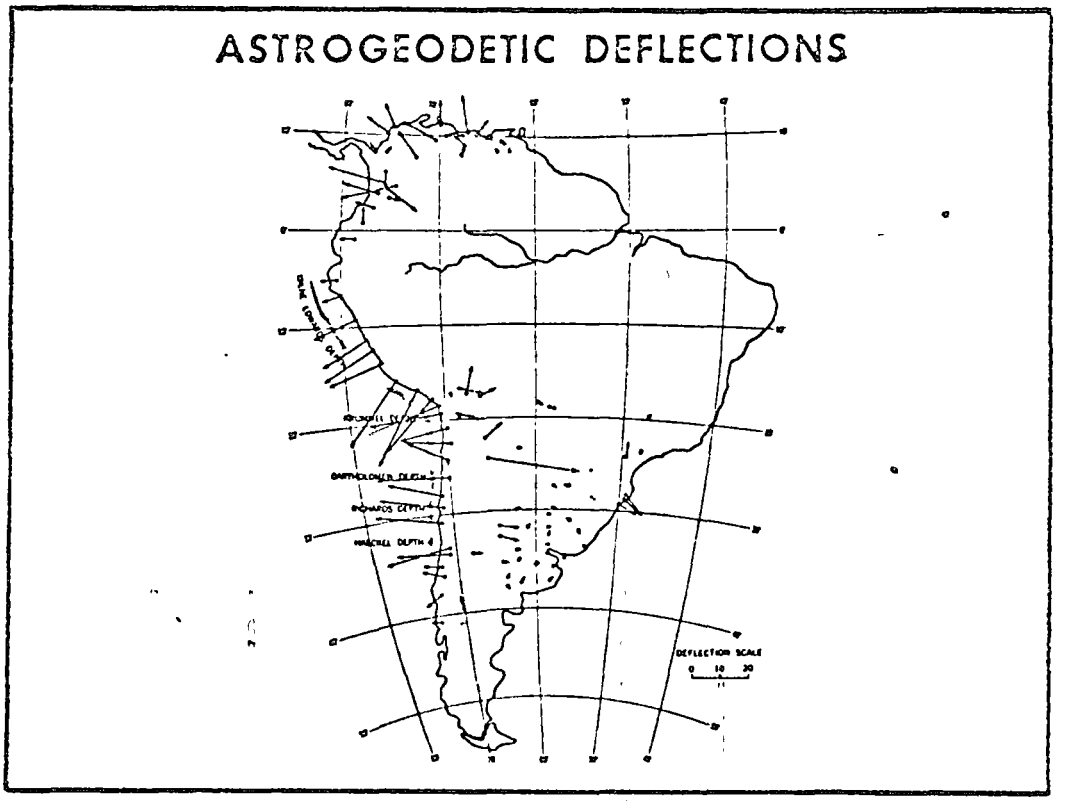


LA DISTRIBUCION DE LOS DATOS DE GRAVEDAD TERRESTRE

Medir la intendisad de la gravedad en puntos sobre la superficie - con suficiente detalle, nos da información de su variación de lugar a lugar. Esto es particularmente útil en prospección y para efectos superficiales cercanos.

Desviaciones de la vertical y la forma geoidal pueden calcularse - de las anomalías de la gravedad, siempre y cuando haya una cobertura mundial completa de anomalías de la gravedad. Los datos disponibles cubren solamente las partes sombreadas en la figura.

Es fácil ver que tan incompleto es nuestro conocimiento.



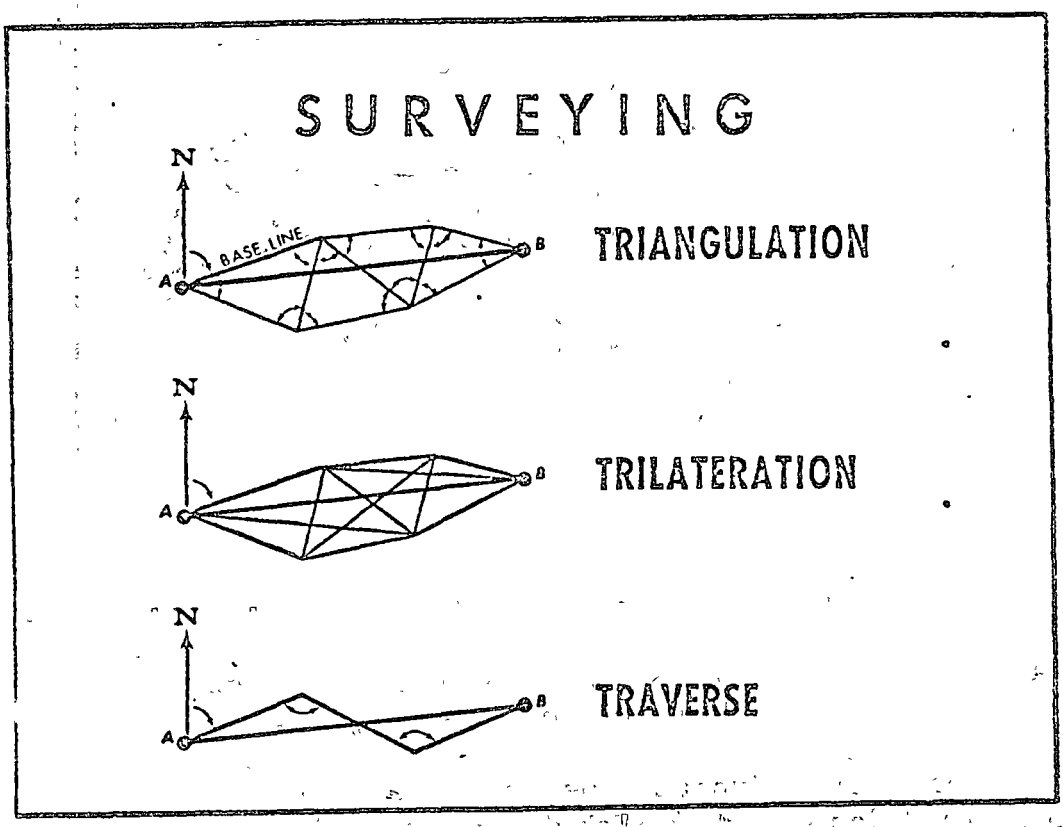
DESVIACIONES ASTROGEODESICAS

Con los métodos astrogeodésicos se determina la desviación de la vertical directamente comparando las posiciones obtenidas con observaciones astronómicas y con triangulaciones. Con estas desviaciones se puede determinar la forma del geoide. Este método está limitado a las áreas terrestres de la tierra.

En resumen, los tres métodos para estudiar los efectos del campo de gravedad terrestre son:

SATELITES
GRAVIMETRIA
DESVIACIONES ASTROGEODESICAS

Estos tres métodos tienen sus ventajas y desventajas, sus aplicaciones especiales y sus limitaciones. Dependiendo del propósito, el detalle y la precisión requeridos, uno u otro, o una combinación de los métodos será utilizada. Con esta información estaremos en posibilidad de localizar en forma precisa cualquier punto sobre la superficie del globo.



POSICIONAMIENTO DE PUNTOS

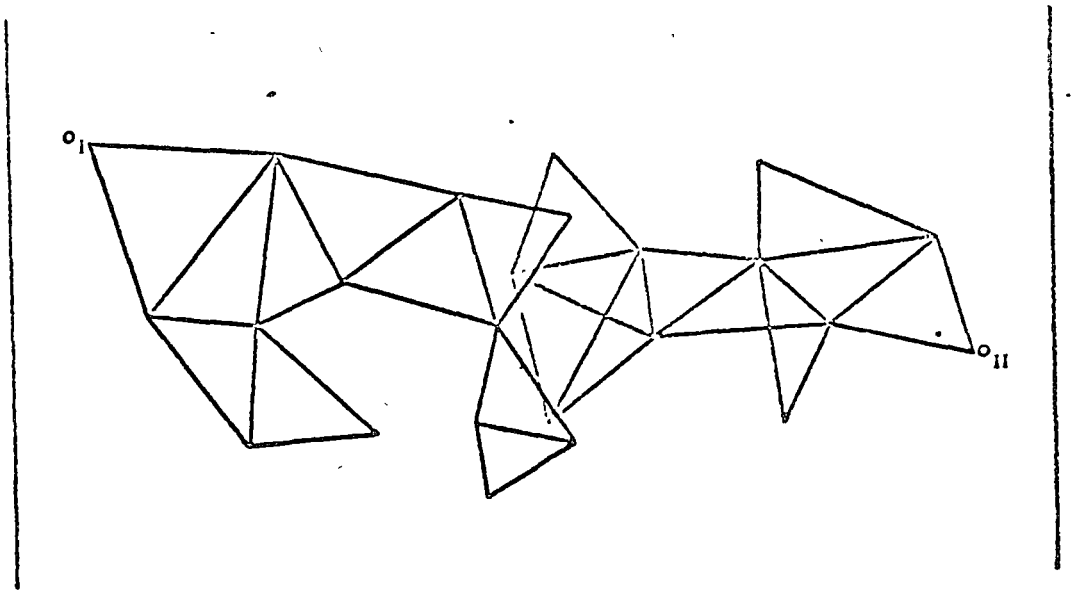
En los levantamientos se determina la distancia y dirección de un punto a otro. Si los dos puntos están muy alejados uno del otro, se establecen una serie de puntos intermedios. Algunos de los procedimientos utilizados son:

1.- Triangulación, la cual establece una cadena de triángulos. El procedimiento comienza en un punto dado A con una línea base medida cuidadosamente y su azimut (su dirección desde el norte) Luego, todos los demás ángulos de la cadena de triángulos son medidos y por medio de ellos, la distancia de A a B y su dirección pueden calcularse.

2.- Trilateración, la cual incluye la medida de los lados de una cadena de triángulos u otros polígonos. Calculando entonces la distancia y dirección A B.

3.- Poligonal, consiste de medidas de ángulos y distancias sin utilizar triángulos, con el propósito de calcular la distancia y dirección A B.

Para obtener mayor precisión en Triangulación, se establecen más de una línea base.



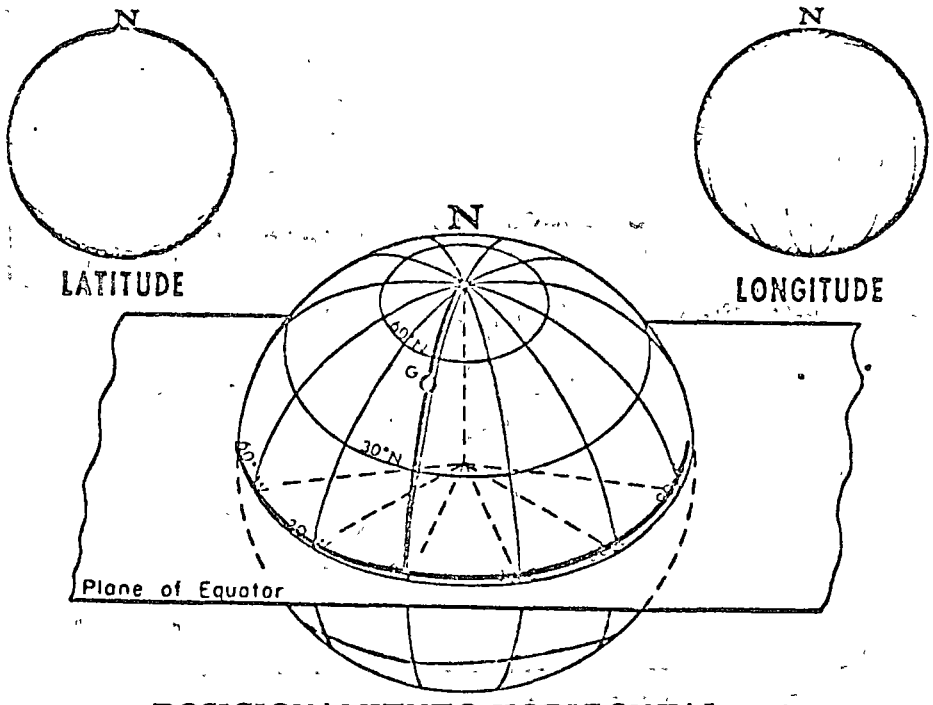
Cuando se establecen líneas de propiedad por medio de levantamiento y éstos empiezan por diferentes puntos, sucede que cuando los dos sistemas se encuentran, no ajustan uno con otro. Los dos levantamientos están basados en puntos datum diferentes OI y OII.

En la segunda Guerra Mundial, los mapas de Francia y de Alemania no coincidían en las fronteras, debido a que estaban basados en diferentes sistemas geodésicos con distintos puntos datum.

Después de la Guerra, Europa unificó su punto datum en 1950.

Hay muchas áreas donde no hay buenas cartas, o donde habiéndolas no son confiables debido a que están basadas en diferentes sistemas geodésicos.

Esta es otra razón por la cual la Geodesia es necesaria.



POSICIONAMIENTO HORIZONTAL

Para el sistema geodésico, utilizamos un elipsoide como modelo matemático de la tierra, y determinamos en él la posición de cualquier punto, en términos de latitud, longitud y altura, con referencias cero de partida para cada uno.

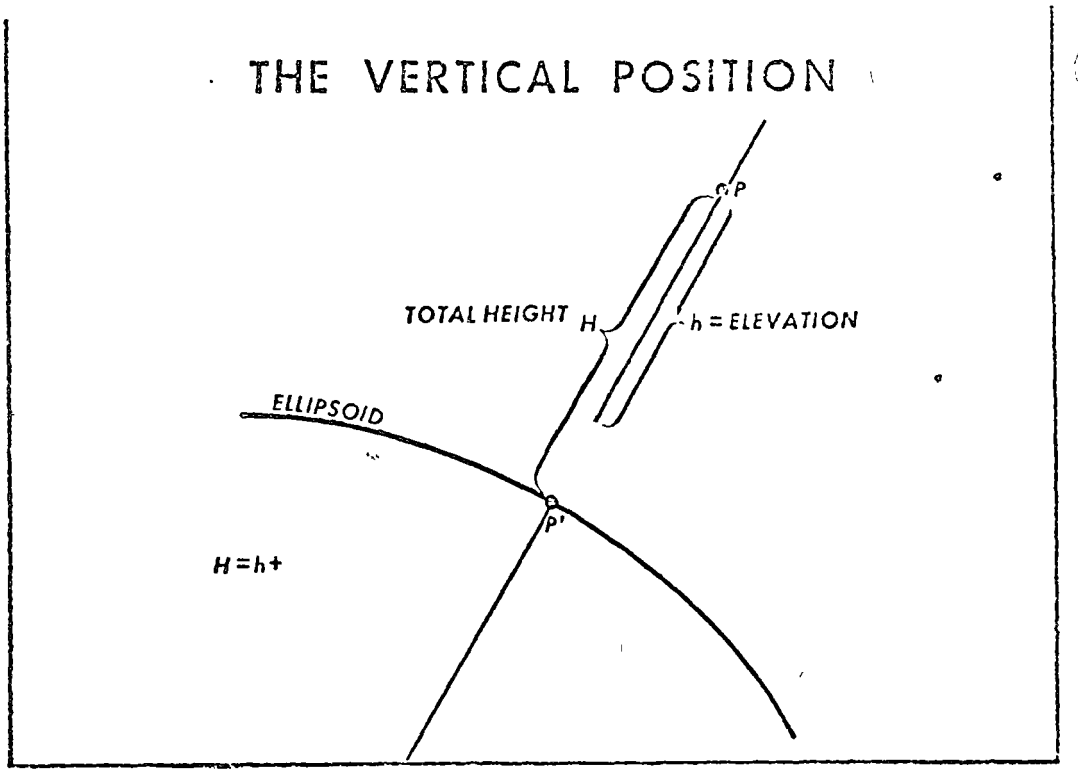
LATITUD, referida a una serie de círculos paralelos al ecuador, llamados paralelos. La numeración empieza en el ecuador y crece hasta 90° al Norte y 90° al Sur.

LONGITUD, referida a una serie de círculos elipses, llamados meridianos. Su numeración empieza por convención con el meridiano que pasa a través de Greenwich en Inglaterra y crece hasta 360° hacia el este, o bien 180° al este y 180° al oeste.

LA POSICION HORIZONTAL de un punto es la intersección de un paralelo y un meridiano y se expresa en términos de latitud y longitud.

Para completar la posición se debe incluir un tercer valor, la posición vertical. Esta es la altura del punto arriba o abajo del elipsoide. Debe incluir también las especificaciones del elipsoide mismo.

Este último junto con la posición completa de un punto en particular, el punto datum, es llamado DATUM GEODESICO.

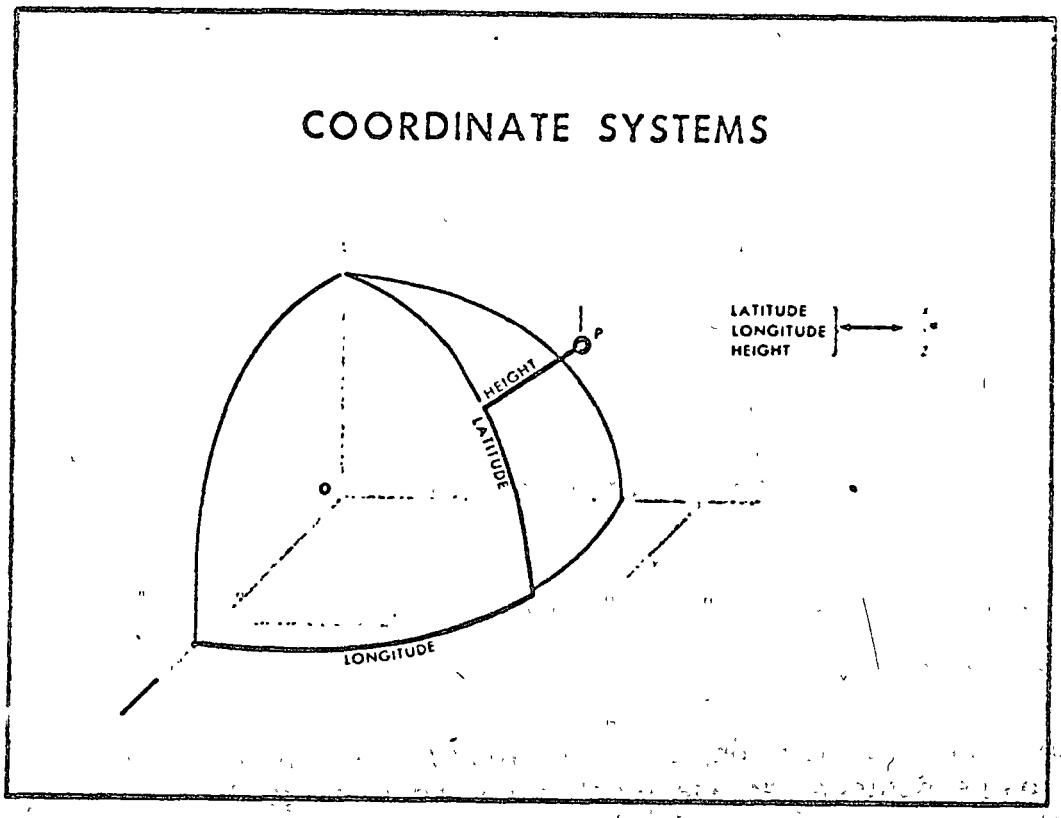


LA POSICION VERTICAL

La altura H del punto P arriba del elipsoide se mide a lo largo de la normal al elipsoide. El punto P' sobre el elipsoide mismo - tiene una altura cero . P y P' tienen la misma posición horizontal, pero diferente posición vertical. La altura total H de un punto P - sobre el elipsoide no se observa directamente. La nivelación determina una parte, la elevación h sobre el nivel del mar. La otra parte, la altura geoidal N, que es la separación entre el geoide y el elipsoide, debe calcularse separadamente .

Si las alturas geoidales son calculadas erronéamente , la altura del punto P será incorrecta. Pero algunos sistemas geodésicos tienen diferencias por varios cientos de metros. Lo cual nos dice que el - sistema de referencia (elipsoide) no se ajusta al geoide en esa parte del globo.

La Geodesia puede resolver estos problemas .



SISTEMAS DE COORDENADAS

En lugar de describir la posición de un punto P en términos de latitud, longitud y altura, podemos también usar un sistema de coordenadas Cartesiano en X, Y, y Z. Esta última es muy usada en cálculos de satélites.

Los sistemas pueden relacionarse entre sí por medio de fórmulas de conversión. Pero si uno es incorrecto, el otro también lo será. Por ejemplo; no considerar una gran altura geoidal.

Aún cuando la imprecisión de un punto parezca tolerable, puede incrementar errores considerables en ciertas aplicaciones.

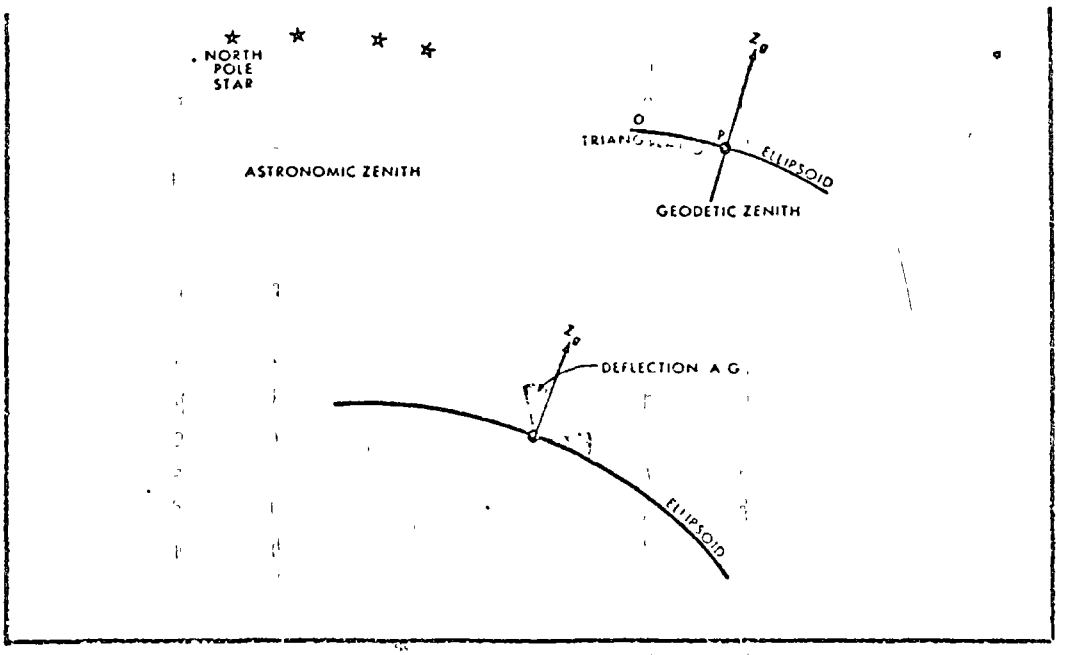
POSICIONES GEODESICAS Y ASTRONOMICAS

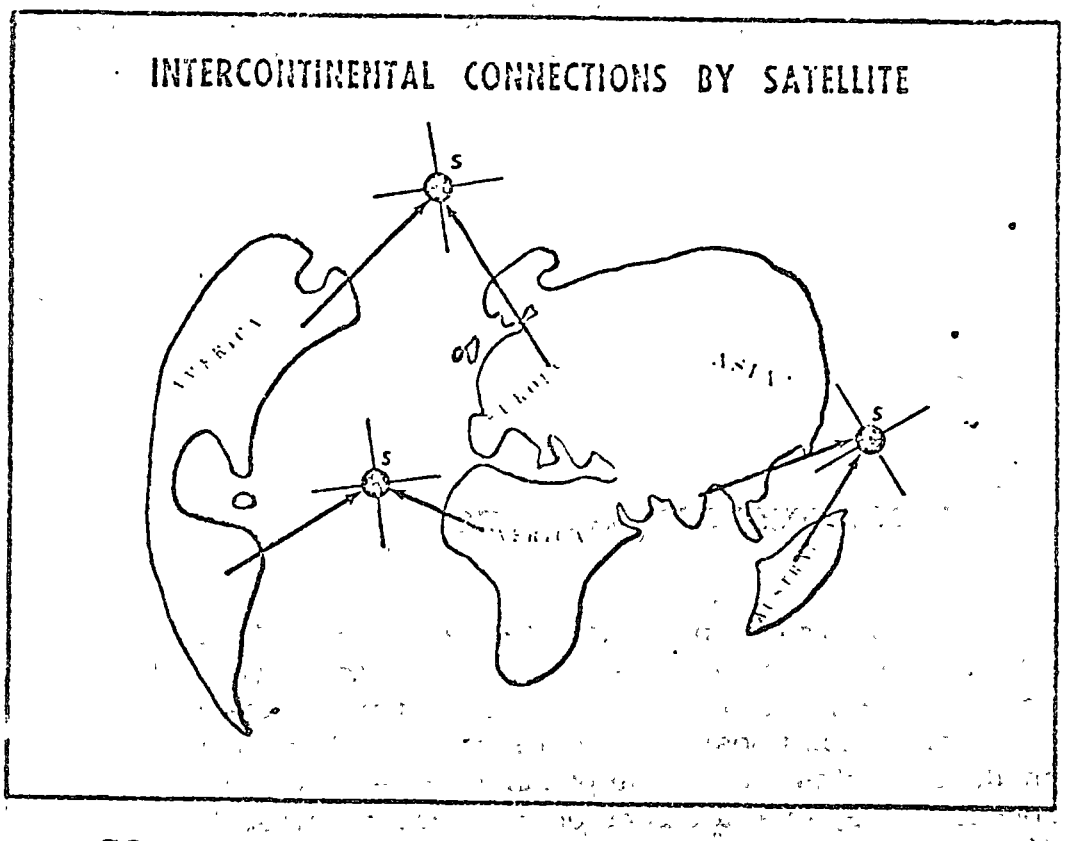
Observando estrellas, la posición astronómica de un punto P se obtiene en relación a la dirección vertical en P, el zenit astronómico de la esfera celeste .

Por medio de triangulación, trilateración y/o poligonales en levantamientos geodésicos, se puede obtener la posición geodésica del punto P. La posición está basada en cálculos referidos al elipsoide, está definido por la normal al elipsoide en P, el zenit geodésico.

Estas dos direcciones zenitales , generalmente no son idénticas.

El ángulo entre ellas es la desviación astro-geodésica de la vertical. Es igual al ángulo de intersección entre las superficies del geoide y del elipsoide en P. Es posible entonces calcular la separación de ambas superficies con los valores de la desviación , paso por paso. Y por consiguiente obtener un sistema compatible de posiciones geodésicas .





CONEXION INTER-CONTINENTAL POR SATELITES

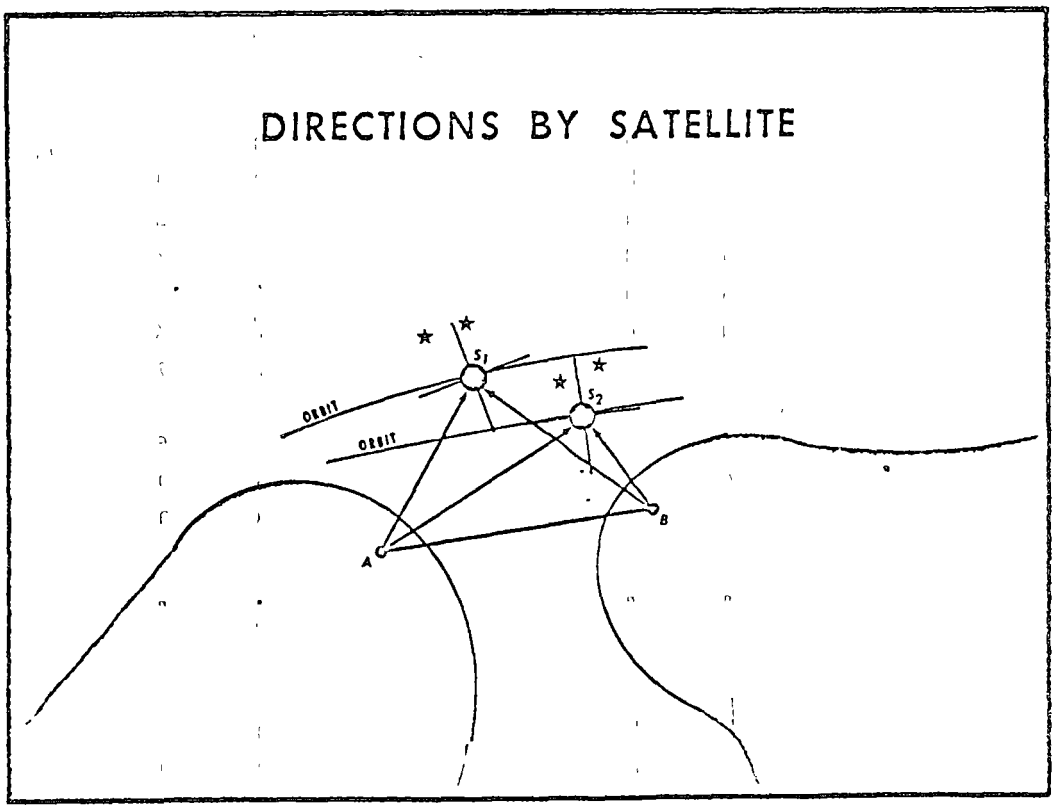
El método astrogeódesico puede conectar todos los puntos de un continente a un sistema geodésico compatible, pero no puede extenderse sobre los océanos. Esto puede hacerse con satélites .

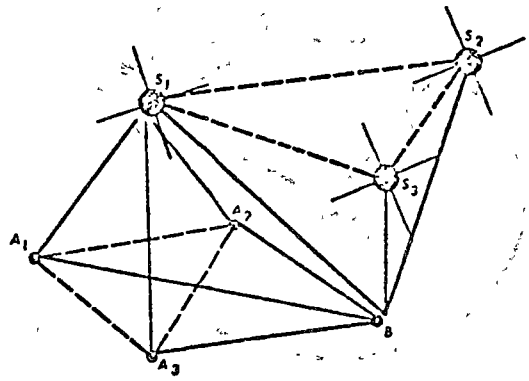
Hay muchos tipos de satélites , unos miden direcciones, otros distancias .

DIRECCIONES POR SATELITES

En el sistema geométrico óptico de satélites, éstos se fotografían simultáneamente con un fondo de estrellas, desde dos estaciones terrestres A y B . Los cuales fijan el par de direcciones AS y BS para varias posiciones del satélite. Este par de direcciones define tantos planos que pasan a través, de la línea aún desconocida A B, que la dirección del punto conocido A hacia la estación desconocida B puede calcularse .

Repitiendo este procedimiento para determinar direcciones de estaciones conocidas a desconocidas, se puede efectuar una red mundial de estaciones, comparable una enorme red de triangulación .



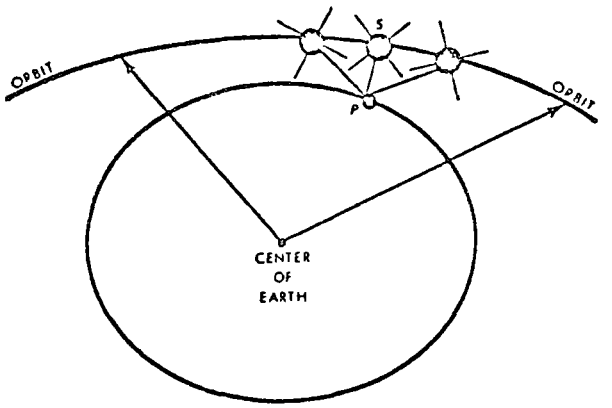


DISTANCES BY SATELLITE (SECOR)

DISTANCIAS POR SATELITES

El sistema SECOR determina la posición de un satélite midiendo simultáneamente su distancia a tres estaciones terrestres conocidas, A1, A2, A3. La idea se invierte entonces y desde tres posiciones conocidas S1, S2, S3 del satélite se determina la estación B desconocida.

Su posición puede calcularse en función de las tres estaciones conocidas. Esto es comparable a una trilateración.



POSICIONES GEOCENTRICAS POR SATELITES

En un sistema de satélites dinámicos, la órbita del satélite se determina primero de ecuaciones dinámicas, las cuales relacionan la posición del satélite al centro de la tierra, e incluyen perturbaciones de la órbita debida al campo gravimétrico irregular de la tierra. Uno de estos sistemas es el llamado DOPPLER.

El paso de los satélites Doppler se registra desde una estación P y su punto más cercano se deduce del efecto Doppler. Este efecto, es el mismo principio por el cual el sonido de la sirena de ambulancia parece más alto cuando se acerca y más bajo cuando se aleja.

Observando el paso de varios satélites, la posición del punto P se eslabona a la órbita y al centro de la tierra, obteniendo coordenadas geocéntricas. Si dos puntos se eslabonan al mismo sistema geocéntrico de coordenadas, sus posiciones relativas se pueden calcular.

En resumen, hay muchos aspectos que necesitan ser estudiados para el posicionamiento preciso de puntos. Para un problema específico, uno debe escoger de varios métodos y responder a preguntas tales como:

¿Hacen estos métodos lo que sus proponentes dicen que hacen?

¿Hay manera de verificar sus resultados?

¿Verificar con qué?

¿Cúal método para tal propósito?

¿Puede haber errores sistemáticos?

¿Importa esto o no ?

¿Qué queremos decir con posición?

¿Qué posición? ¿En relación a qué?

¿Cómo? ¿Cúal método?

PROS y CONTRAS de varios métodos

Estas y problemas similares deben investigarse por Geodesia .

GEODESIA, SU APLICACION EN CETENAL.

I DEFINICION.

El término "Geodesia" a menudo se emplea con dos acepciones; la ciencia que se ocupa del estudio e investigación de la forma y el tamaño de la tierra, a base de medidas directas efectuadas sobre su superficie, y el arte que utiliza estas determinaciones científicas de una manera práctica denominado Ingeniería Geodésica.

Apoyo Básico y Control Geodésico o Primario, son términos empleados comúnmente para referirse a la Red Nacional Geodésica.

El Apoyo Básico es de dos tipos: Horizontal y vertical.

El control horizontal determina la latitud y la longitud referidas a la figura matemática de la tierra (elipsoide) y proporciona los elementos para representarlos en un sistema de coordenadas rectangulares.

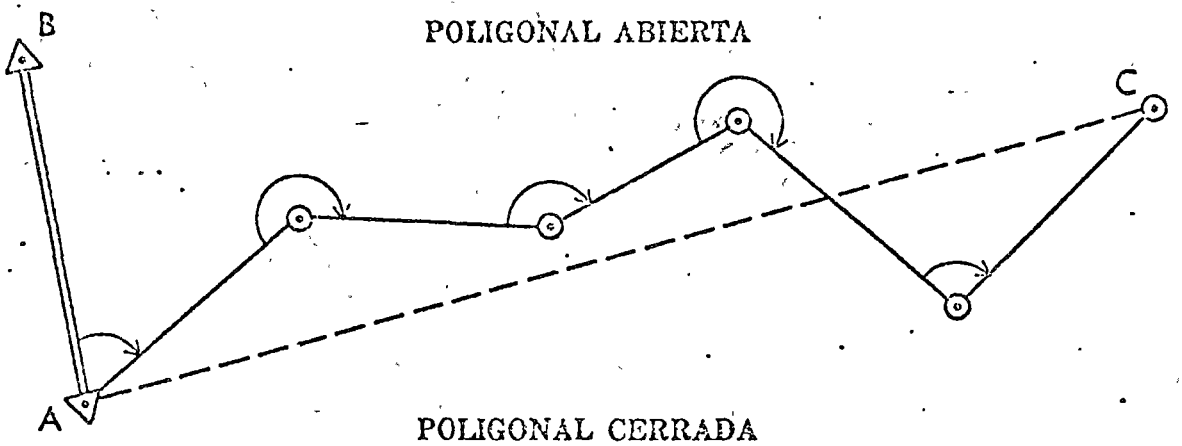
Los métodos para establecer el control horizontal son: Triangulación, trilateración, poligonales y sistemas de posicionamiento con satélites, separadamente o en combinación. Los instrumentos y los procedimientos adecuados deben seleccionarse para obtener la precisión requerida.

El control vertical se establece por medio de nivelaciones con alto órden de precisión. Nos proporciona elevaciones de puntos señalados a lo largo de líneas que forman circuitos cerrados y se lleva al cabo midiendo diferencias de elevaciones entre bancos de nivel consecutivos.

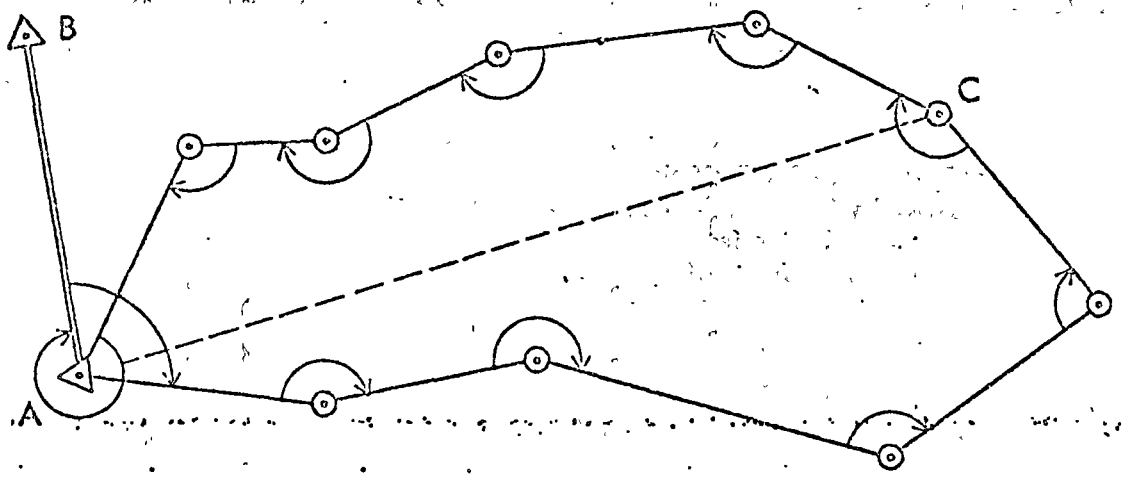
El control vertical determina las elevaciones referidas al Geoide, una superficie equipotencial de la tierra representada por el nivel medio del mar.

Estos trabajos nos proveen de estaciones propiamente monumentadas y señaladas en el terreno.

POLIGONAL ABIERTA



POLIGONAL CERRADA

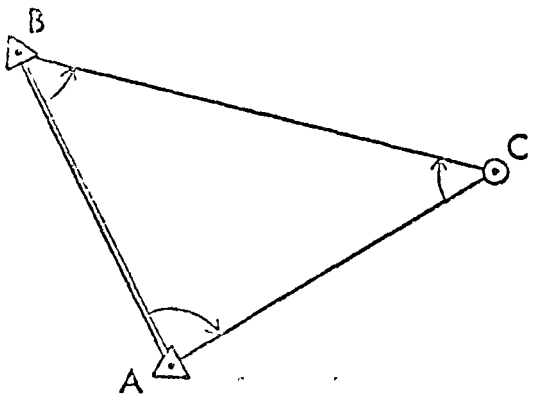


VALORES CONOCIDOS:
Latitud y longitud del punto A.
Azimut de la linea AB.

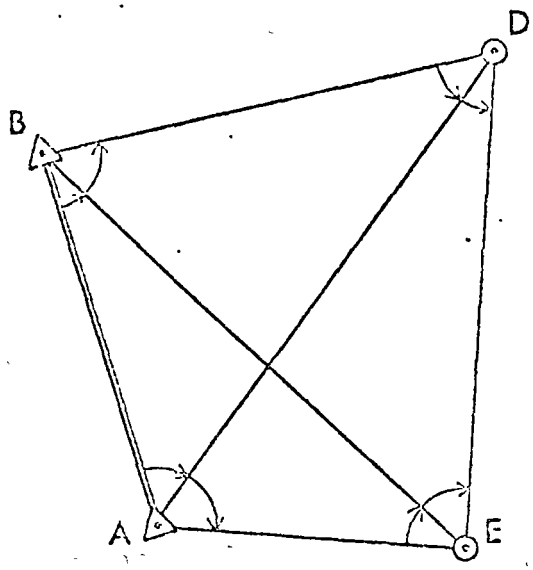
VALORES MEDIDOS:
Longitud de los lados de la poligonal.
Angulos entre los lados de la poligonal.

VALORES CALCULODOS:
Latitud y longitud del punto C, y de otros puntos.
Longitud de la linea AC.

PRINCIPIOS DE POLIGONACION



TRIÁNGULO SIMPLE



CUADRILATERO SIMPLE

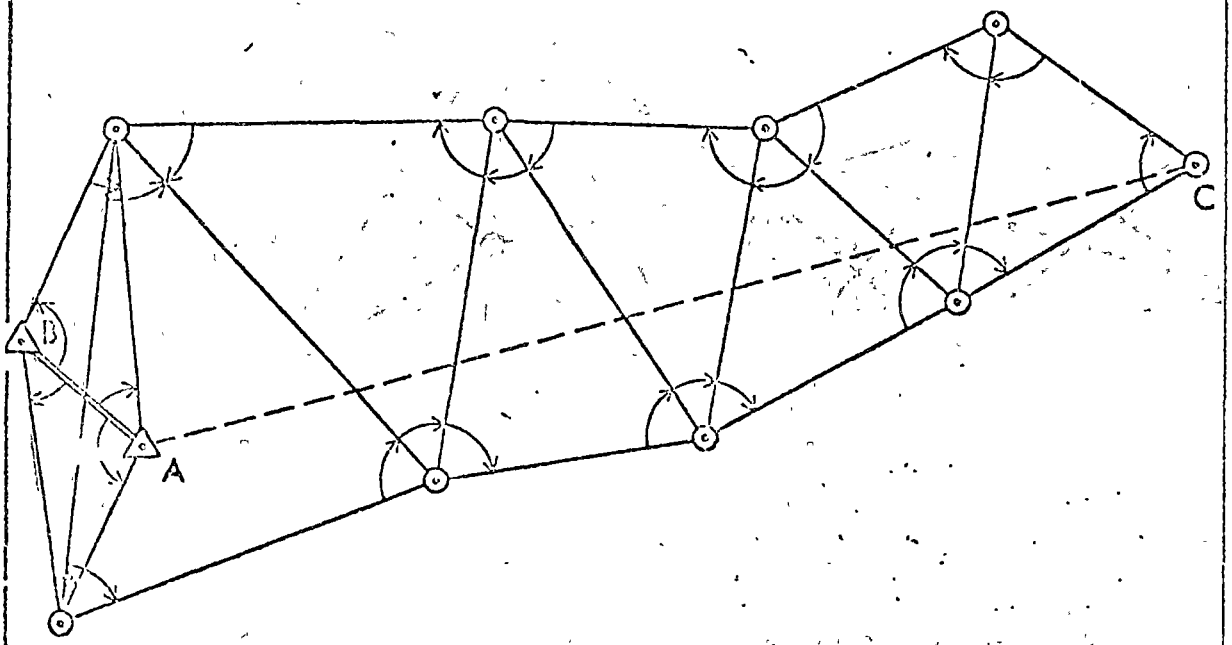
VALORES CONOCIDOS:
Latitud y longitud de los puntos A y B.
Longitud de la línea AB.
Azimut de la línea AB.

VALORES MEDIDOS:
Todos los angulos de los triángulos

VALORES CALCULADOS:
Longitud de todos los lados no medidos.
Azimut de todas las líneas.
Latitud y longitud del punto C, o de los puntos D y E.

PRINCIPIOS DE TRIANGULACION

(34)

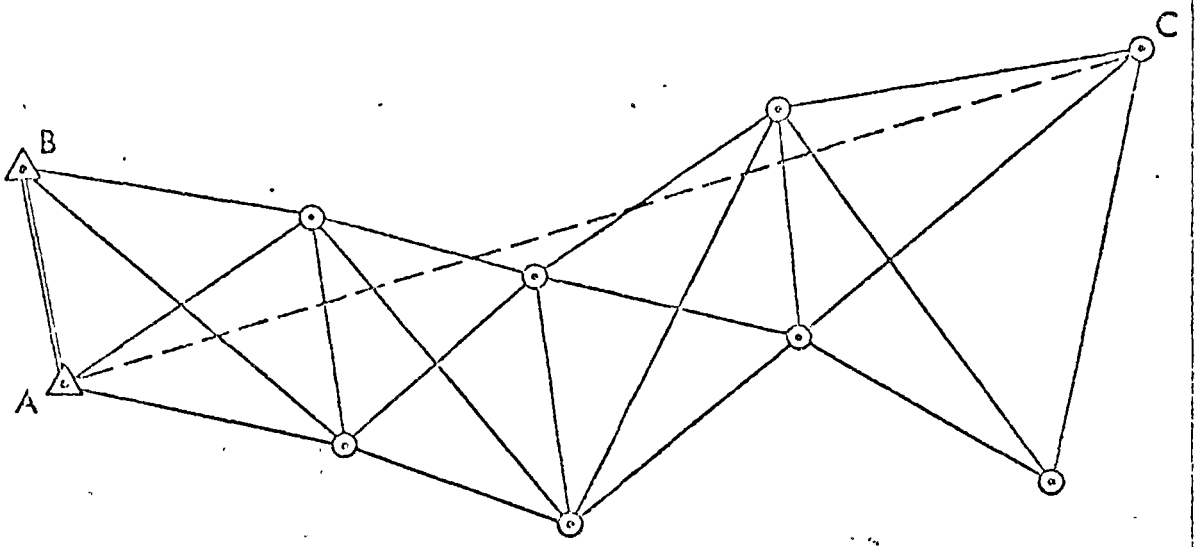


VALORES CONOCIDOS:
Longitud de linea de base AB.
Latitud y longitud de los puntos A y B.
Azimut de la linea AB.

VALORES MEDIDOS
Angulos a nuevos puntos de control.

VALORES CALCULADOS
Latitud y longitud del punto C y de otros puntos nuevos.
Longitud y azimut de la linea AC.
Longitud y azimut de todas las otras lineas.

UN EJEMPLO DE UNA RED DE TRIANGULACION SIMPLE



VALORES CONOCIDOS:
Longitud de la línea de base AB.
Latitud y longitud de los puntos A y B.
Azimut de la línea AB.

VALORES MEDIDOS:
Longitud de todas los lados de los triángulos.

VALORES CALCULADOS:
Latitud y longitud del punto C, y de otros nuevos puntos.
Longitud y azimut de la línea AC.
Azimut de todas las otras líneas.

EJEMPLO DE UNA RED DE TRILATERACION SIMPLE

II IMPORTANCIA DEL APOYO BASICO.

La aplicación más práctica de los trabajos geodésicos se encuentra en el control de Mapas y Cartas de grandes áreas, así como también en proyectos de Ingeniería. Por lo que es necesario primero establecer redes de control horizontal y vertical que proporcionen una base común para todas las operaciones topográficas y poder de esta manera asegurar un producto coherente.

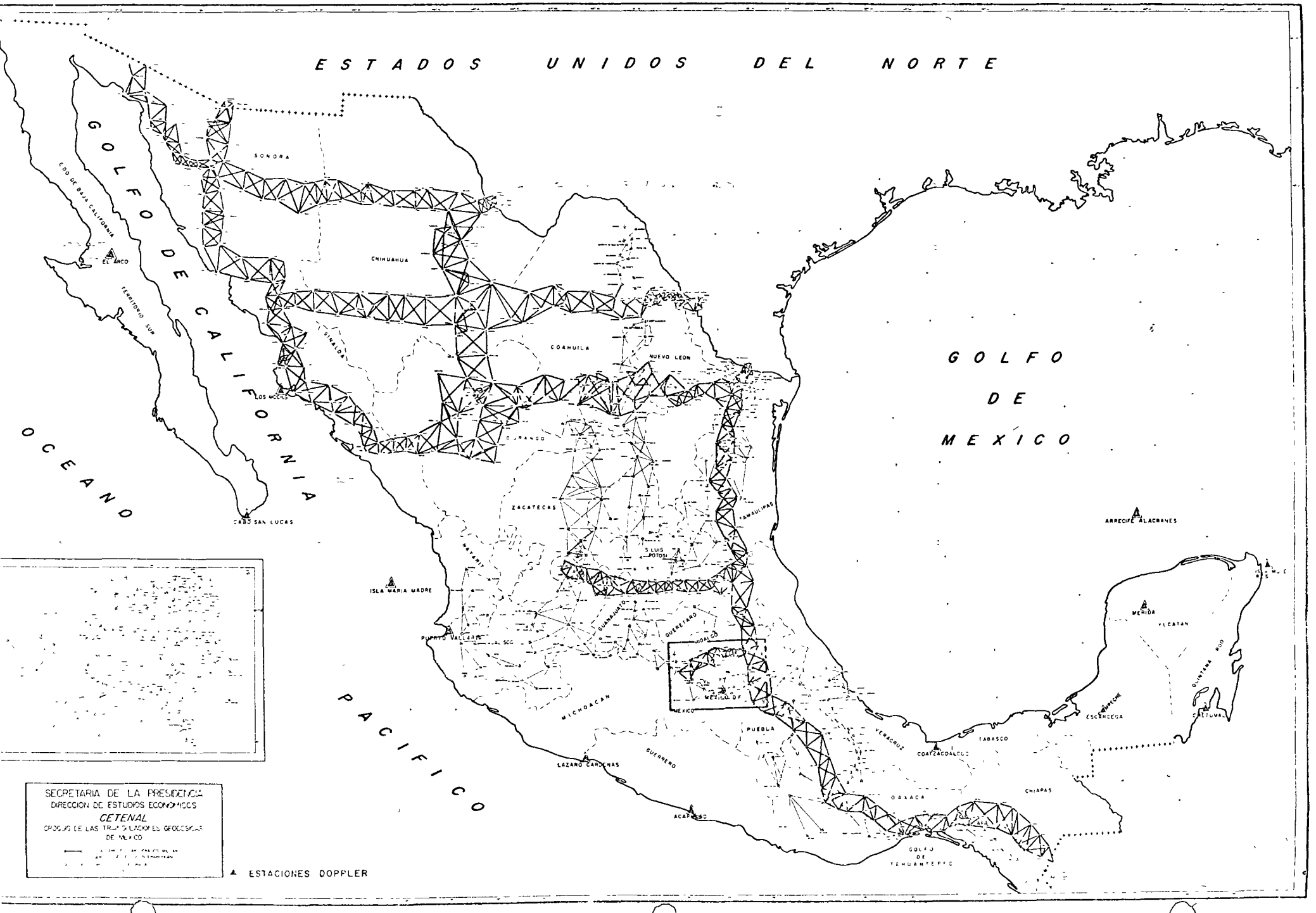
En los levantamientos parciales, el trabajo puede depender de determinaciones locales de posición sólamente para las estaciones de control; pero cuando se necesita detallar las operaciones, el Mapa debe ser de una precisión suficiente para satisfacer las necesidades de la Ingeniería y cuando un país o Continente deba representarse en tales Mapas, tenemos que usar un sistema de coordenadas unificado, este es un asunto de gran importancia el situar los límites entre las Naciones, en la delineación de Estados y en la determinación de los Límites Internacionales de aguas, y esto se hace por medio de las triangulaciones.

Los Mapas son el mejor medio físico informativo para representar los recursos naturales de que dispone el país, esta información es necesaria para la óptima utilización de los mismos recursos y para planear y llevar a cabo el desarrollo integral del país.

Es una necesidad contar con una cartografía de calidad que cumpla con todas las normas y especificaciones mundialmente aceptadas. Esto implica, entre otros factores, el disponer de un sistema geodésico que constituya una fuerte, rígida y amplia estructura de carácter horizontal y vertical, lo suficientemente densa para apoyar en ella todos los trabajos topográficos necesarios para proporcionar el control indispensable en un levantamiento aerofotogramétrico, que sirva para la propagación del apoyo terrestre por medio de las aerotriangulaciones correspondientes.

III APOYO BASICO EXISTENTE.

En Norteamérica la triangulación se extiende desde el extremo norte del Canal de LYN, Alaska, E. U. A. aproximadamente a la latitud 59° N y 135 °W de Longitud hacia el Sureste a través de la costa Canadiense hasta los E. E. U. U., a través de este país penetra en México a lo largo del meridiano 98° deteniéndose en la Costa del Pacífico, aproximadamente a la latitud 16° N y 98° W de longitud.


ESTADOS UNIDOS DEL NORTE
GOLFO DE CALIFORNIA
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE MEXICO
EDO. DE BAJA CALIFORNIA
TERRITORIO SUR
EL ARCO
SONORA
CHIHUAHUA
SINALOA
COAHUILA
NUEVO LEON
LOS MOCHIS
DURANGO
ZACATECAS
TAMAULIPAS
S. LUIS POTOSI
NAYARIT
CABO SAN LUCAS
ISLA MARIA MADRE
PUERTO VALLARTA
GUANAJUATO
QUERETARO
HIDALGO
MEXICO
MEXICO D.F.
MICHOACAN
PUEBLA
VERACRUZ
TABASCO
COATZACOALCOS
LAZARO CARDENAS
GUERRERO
ACAPULCO
OAXACA
CHIAPAS
GOLFO DE TEHUANTEPEC
ARRECIFE ALACRANES
MERIDA
YUCATAN
QUINTANA ROO
CAMPECHE
ESCARCEGA
CHETUMAL
SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA
DIRECCION DE ESTUDIOS ECONOMICOS
CETENAL
CROQUIS DE LAS TRIANGULACIONES GEODESICAS DE MEXICO
ESTACIONES DOPPLER


SONORITA
NOGALES
CD. JUAREZ
JANOS
CABORCA
STA ANA
HERMOSILLO
GUAYMAS
GUERRERO NEGRO
CHIHUAHUA
OJINAGA
PIEDRAS NEGRAS
JIMENEZ
MONCLOVA
CD MIER
MATAMOROS
LOS MOCHIS
TORREON
SALTILLO
MONTEMOREL
LA PAZ
SAN LUCAS
MAZATLAN
DURANGO
CD VICTORIA
ZACATECAS
TAMPICO
SN LUIS POTOSI
LAGOS DE MORENO
GUADALAJARA
QUERETARO
POZA RICA
PACHUCA
CARAPAN
MORELIA
COLIMA
TOLUCA
MEXICO
CUERNAVACA
VERACRUZ
PLAYA AZUL
ACAYUCAN
OAXACA
ACAPULCO
LA VENTOSA
TEHUANTEPEC
TEPANATEPEC
PUERTO ANGEL
COMALAPA
M. PACHULA
MERIDA
CAMPECHE
ESCARCEGA
CHETUMAL
VILLA HERMOSA
UIS DE LAS NIVELACIONES DE PRECISION
TUADAS EN LA REPUBLICA MEXICANA

Además de la Red de triangulación del meridiano 98° W, en México existen otras cadenas en la parte Norte y Central del país. Cubren un 60% de la Superficie del Territorio Nacional. Particularmente las regiones de Michoacán, Guerrero, Tabasco, el Sur de Veracruz, parte de Chiapas y las Penínsulas de Baja California y Yucatán carecen del apoyo básico indispensable para la Cartografía. Aunque en algunas de estas Zonas se han establecido estaciones Doppler.

Por lo que respecta al apoyo básico de carácter vertical, en gran parte de los caminos y carreteras del país, se han corrido nivelaciones de precisión; las regiones de Chihuahua, la Costa de Jalisco, la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca carecen de este tipo de apoyo.

IV NECESIDADES.

Es indispensable proyectar y llevar a cabo la densificación del apoyo básico necesario para la Cartografía en esas Zonas que carecen del mismo, con los métodos adecuados y de acuerdo a las especificaciones que estos tipos de trabajo requieren.

La Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) realiza trabajos de posicionamiento de primer órden por medio de poligonales y ha utilizado satélites activos (DOPPLER); y además efectúa nivelaciones de precisión.

El Departamento Geográfico Militar está llevando a cabo la triangulación de la Península de Baja California.

Todos estos trabajos en base a un mismo sistema de referencia son de gran utilidad para los fines que persigue CETENAL.

V APLICACION EN CETENAL DE LOS TRABAJOS GEODESICOS EFECTUADOS EN MEXICO.

Habiéndose dividido la República Mexicana en varias Zonas, para el

propio levantamiento aerofotogramétrico a escala 1:50 000, cada una de ellas requiere del control terrestre para la restitución fotogramétrica.

Por lo anterior se proporcionan puntos de control cada 25 Km. aproximadamente, unidos mediante poligonales geodésicas de II órden, debidamente monumentados y señalados con placas metálicas.

Dichas poligonales se proyectan en gabinete conforme a la longitud y número de líneas de vuelo alto que cubran la Zona de trabajo; formando en cada Zona tantos bloques como sea necesario (generalmente 2 por Zona) y apoyando únicamente la periferia de los mismos. Las poligonales se ligan a dos o más vértices geodésicos cercanos existentes. En caso de que el apoyo básico quede muy alejado, previamente se proyectan y llevan a cabo los trabajos geodésicos necesarios (poligonales, astronomía, posicionamiento con satélite Doppler) para propagar y proporcionar el control indispensable en esa región.

El apoyo vertical (Z) se proporciona mediante líneas de nivelación geométrica y/o trigonométrica, ésta última es imprescindible en algunas regiones montañosas. Dichas líneas de nivelación se ligan a los bancos de nivelación de precisión más cercanos existentes, en caso de que no las haya, la Comisión programa las nivelaciones geodésicas con base a las necesidades actuales y futuras.

Las líneas de nivelación para una Zona de trabajo se proyectan más o menos perpendiculares a las fajas de vuelo y con una separación de 25 a 30 Km. dependiendo de las restricciones del proyecto fotogramétrico. A lo largo de la ruta de nivelación se sitúan B. N. (monumentados cada 6 Km. aproximadamente.

Los trabajos de campo una vez efectuados, son revisados, depurados y procesados; si cumplen con las especificaciones en cuanto a tolerancias y grado de precisión, serán utilizados en el proceso de aerotriangulación para la propagación del control fotogramétrico correspondiente por el sistema de bloques.

Todos los datos numéricos, croquis y descripciones de vértices y bancos de nivel, monumentados y señalados en el terreno, establecidos por CETENAL están a disposición del usuario que los requiera.

PROBLEMAS RELATIVOS DE LA CONFIABILIDAD EN LOS DATOS GEODESICOS

En la historia de la Geodesia en México, diversas autoridades han establecido vértices geodésicos con distinto orden de precisión y éstos han sufrido reajustes de acuerdo a los nuevos trabajos ejecutados. Por esta razón, existen diferentes juegos de coordenadas para un mismo vértice, esto se presta a confusión si en determinado momento no se sabe que valores se están utilizando para los cálculos de trabajos locales, y podría pensarse que éstos están fuera de tolerancia, pero antes de llegar a esta decisión se debe verificar que las coordenadas de los puntos de apoyo:

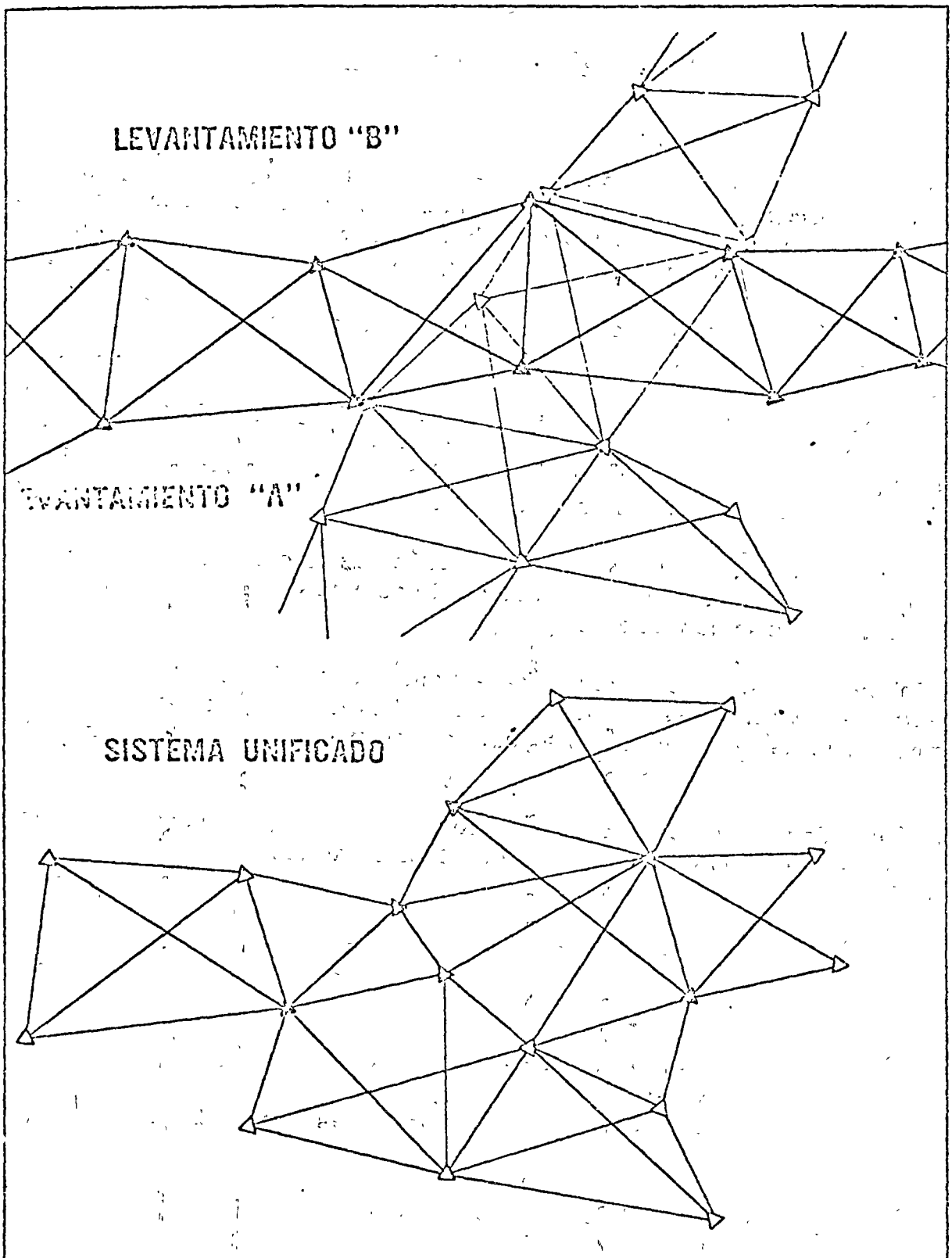
1.- Estén referidas al mismo sistema.
2.- Pertenezcan al mismo reajuste.
3.- No pertenezcan a cadenas abiertas.
4.- No sean de orden inferior al trabajo realizado.

Si estas condiciones se satisfacen, podremos entonces juzgar la bondad de los trabajos que estemos realizando y no antes.

Es pues de suma importancia, sobre todo en trabajos de alta precisión, utilizar datos que satisfagan las condiciones antes mencionadas pero sólo de esta manera podremos verificar nuestros trabajos independientemente del sistema de proyección que se utilice.

La Carta Topográfica a escala 1:50 000 que está elaborando CETENAL está referida al Datum Norteamericano de 1927 y por esta razón, cualquier obra civil que se proyecte en base a dicha Carta deberá referirse al mismo sistema, de lo contrario se encontrarán diferencias que en algunos casos podrán ser notables y darían lugar a dudas en cuanto a la calidad de la Carta o del proyecto. Esto en caso de que fueran perceptibles dichas diferencias, porque tal vez hasta a la hora de materializarlo en el terreno, será donde se encuentren que "algo anda mal" y entonces será muy tarde para remediar la situación y esto representaría pérdidas y quizás ineficacia de la obra.

(42)



LA REDUCCION DEL DATUM PUEDE UNIR
LOS SISTEMAS DE TRIANGULACION SOBREPUESTOS

NIVELACION DE PRECISION

Para la ejecución de este tipo de nivelación se utilizan aparatos equipados con micrómetros que permitan la apreciación exacta de las fracciones de milímetros, y las miras empleadas deberán estar provistas de cintas de acero Invar que llevan pintada una doble graduación.

El equipo más adecuado es el Nivel Wild N3 con miras PNL - 3 ó sus equivalentes de otras marcas.

Las líneas de nivelación se fraccionan en tramos de 2 Km. aproximadamente identificándolos en sus extremos con Bancos de Nivelación de Precisión (placas metálicas empotradas en rocas, obras de arte y en ausencia de éstas se construirán monumentos de concreto).

De todos y c/u de estos Bancos se calcularán posteriormente sus elevaciones de ida y vuelta dentro de una tolerancia de acuerdo a las especificaciones y según el tipo de terreno.

Se elaboran croquis detallados de cada Banco de Nivelación de Precisión, en donde aparecen todos los detalles circundantes así como los datos necesarios que sirvan posteriormente para la fácil recuperación del monumento.

Las líneas de nivelación de precisión se localizan de preferencia, a lo largo de vías de comunicación para facilitar su levantamiento así como la localización de los Bancos establecidos.

EQUIPO

1 Nivel Geodésico N3
1 Nivel de Mano
2 Miras de Precisión con cintas de metal Invar
2 Riostras
1 Brújula
1 Cinta Métrica de 25 ó 30 M.
2 Bases Metálicas (Sapos)
1 Sombrilla
1 Sumadora Manual
1 ó 2 Camionetas
Equipo para acampar
Herramientas; para vehículos y monumentación.

(44)

ESTRUCTURACION DE UNA BRIGADA DE NIVELACION DE PRECISION

Un Jefe de Brigada

Un Nivelador

Un Anotador

Un Aparatero

Dos Estadaleros

Un Chofer

RENDIMIENTO Y AVANCES

Por lo que respecta a nivelación de precisión, el trabajo de campo se divide en dos etapas, que son el reconocimiento del terreno y monumentación de los Bancos de Nivelación y la medición de los desniveles entre ellos.

En la monumentación de los bancos de nivelación debido a que éstos se establecen cada 2 Km., influye principalmente en el avance del trabajo la existencia de vías de acceso, por el esfuerzo que representa transportar los materiales para la construcción de los monumentos. La experiencia indica que en terreno con buenos caminos se pueden construir de 6 a 8 monumentos por día y de 3 a 5 para Zonas que no cuentan con caminos.

Cuando se miden los desniveles el factor que determina el avance es lo accidentado del terreno, debido a que las visuales con el nivel se reducen a distancias muy cortas cuando la pendiente es fuerte; lo mismo ocurre cuando el camino es sinuoso y existen obstáculos, como vegetación.

El avance diario en la medición de los desniveles es de aproximadamente 2 Km. en terrenos donde las visuales son muy cortas; y aumenta proporcionalmente, según las visuales se alarguen; hasta alcanzar un avance máximo de 6 Km. en las condiciones más favorables.

POLIGONAL GEODESICA

Debido a que gran parte del Territorio de la República carece del apoyo básico, es indispensable propagarlo por medio de poligonales geodésicas de I ó II orden a las Zonas que así lo requieren. Siempre y cuando este método sea el apropiado para esa región.

Para levantar las poligonales se utilizan aparatos de alta precisión, tanto en la medida de ángulos como de distancias. Para la medida de ángulos se utilizan aparatos que permiten medir décimos de segundo y aproximar al centésimo (Wild T 3). Para la medida de distancias se utilizan aparatos electrónicos que funcionan a base de micro ondas(Electrotape), cada unidad puede funcionar como transmisor y receptor permitiéndonos así medir cada lado en los dos sentidos, tienen un rango de medición que varía desde los 10 Mts. hasta 50 Km. con una discrepancia de ± 5 cms. entre una medida y otra.

ASTRONOMIA

Con el fin de dar rigidez y precisión al cálculo de una poligonal, es necesario controlarla con Azimutes precisos cada 4 ó 5 lados, ya que existe la probabilidad de que se acumulen los errores en el Azimut propagado a través de una poligonal extensa.

Con los intervalos indicados, la acumulación de errores en Azimut entre estaciones Astronómicas no será muy grande y distribuídos convenientemente se reducirá al mínimo su efecto en las estaciones intermedias.

Una estación escogida para control azimutal, comprenderá observaciones para Azimut y longitud con precisión de segundo orden.

Se observa a la polar y una estrella auxiliar; se efectúan 32 series en dos noches, con un mínimo de 24 series aceptables.

Se utiliza un altazimut de un décimo de segundo de aproximación del Tipo Wild T - 3.

ESTRUCTURACION DE UNA BRIGADA DE POLIGONAL GEODESICA

Un Jefe de Brigada

Un Topógrafo

Dos Técnicos en Poligonación

Dos Anotadores

Dos Heliotropistas

Dos Choferes

En los trabajos de Poligonal Geodésica, se efectúa primero el reconocimiento y monumentación de los vértices; después se miden los ángulos y distancias entre ellos y paralelamente se hacen observaciones astronómicas para el control azimutal de la poligonal. Los factores más determinantes para el avance son: La existencia de vías de comunicación y las condiciones climatológicas que determinan la visibilidad entre los vértices y a las estrellas.

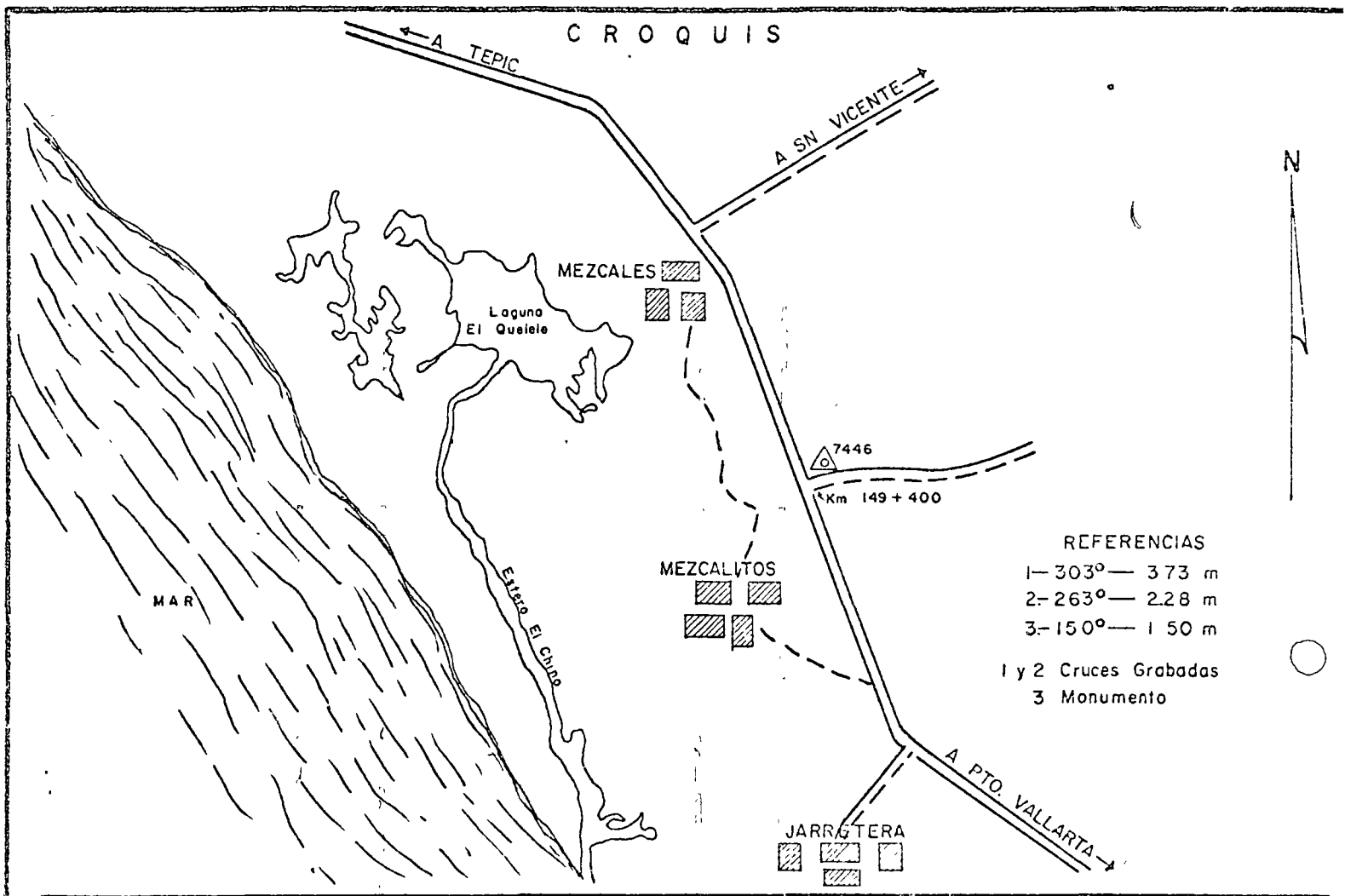
En Zonas de fácil acceso, se puede hacer el reconocimiento y monumentación de 1 a 2 vértices por día; disminuye notablemente este rendimiento cuando los caminos son escasos, ya que es difícil el traslado de los materiales, equipo y personal hacia los sitios elevados, que es donde generalmente se establecen los vértices.

Para la medición de ángulos y distancias se tardan de 1 a 2 días para cada estación, considerando además que deben efectuar los traslados hacia las estaciones más próximas a medir.

Una observación astronómica se efectúa en 2 o 3 días con buenas condiciones de visibilidad, es requisito de la poligonal que este tipo de observaciones se haga cada 4 o 5 lados, o bien cada que la poligonal cambie notablemente de dirección.

Considerando que el promedio de las distancias entre los vértices de una Poligonal Geodésica es de más o menos 20 Km. podemos entonces calcular la duración del trabajo en el campo, de acuerdo a la longitud de la Poligonal.

CETENAL
SERVICIO GEODESICO NACIONAL
OFICINA DE APOYO BASICO



VERTICE No. 7446 | ESTADO Nayarit | IDENTIFICO Ing. Eco. Castella.

UBICACION 1.30 mts. de la Guarnición de carr. | JEFE DE BRIGADA Ing. Erasto Ramírez G.

DESCRIPCION DEL VERTICE Monumento de concreto y sección triangular con placa metálica empotrada de la dependencia oficial CETENAP.

ITINERARIO Pto. Vallarta - Aeropuerto de Puerto Vallarta - Km. 149 + 400 - Vértice.

VIAS DE COMUNICACION PROXIMAS Carretera Tepic - Pto. Vallarta.

ORIENTACION CON RESPECTO A LA POBLACION MAS IMPORTANTE Y CERCANA Al NW de Puerto Vallarta

NOMBRE DEL GUIA O PERSONAS QUE CONOCEN EL VERTICE No hubo guía.

TIEMPO APROXIMADO PARA LLEGAR AL VERTICE 30 minutos partiendo de Puerto Vallarta en Vehículo.

IDENTIFICACION	ESTADO	AUTORIDAD
ZONA 10 LINEA KZ B N. Nº 6472	VERACRUZ	SRIA. DE LA PRESIDENCIA CETENAL

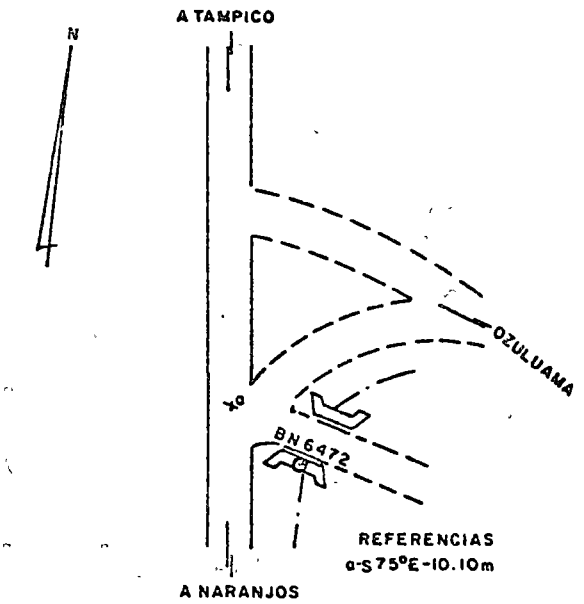
DESCRIPCIÓN

El BN-6472 se localiza a lo largo de la carretera Nº 180, en la desviación (en construcción) a Ozuluama, Ver.

La marca se encuentra empotrada en la dala Sur de una alcantarilla construida al SE de la mencionada desviación.

Tramo: Naranjos-Tampico.

CROQUIS



FECHA	BRIGADA	ALTITUD
DIC. DE 1970	ING. J. NAVA M.	

IDENTIFICACION	ESTADO	AUTORIDAD
ZONA 10 LINEA KZ B.N. Nº 6473	VERACRUZ	SRIA. DE LA PRESIDENCIA CETENAL

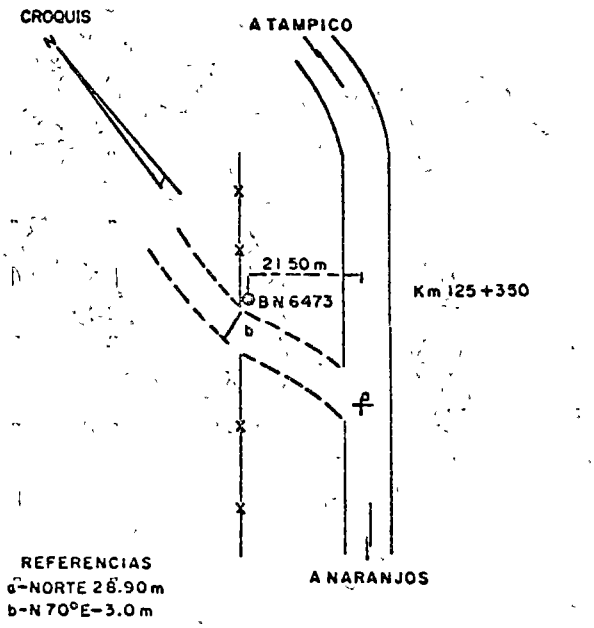
DESCRIPCION

El BN-6473 se localiza a lo largo de la carretera Nº 180, a 2.01 Km al Norte de la desviación a Ozuluama, Ver.

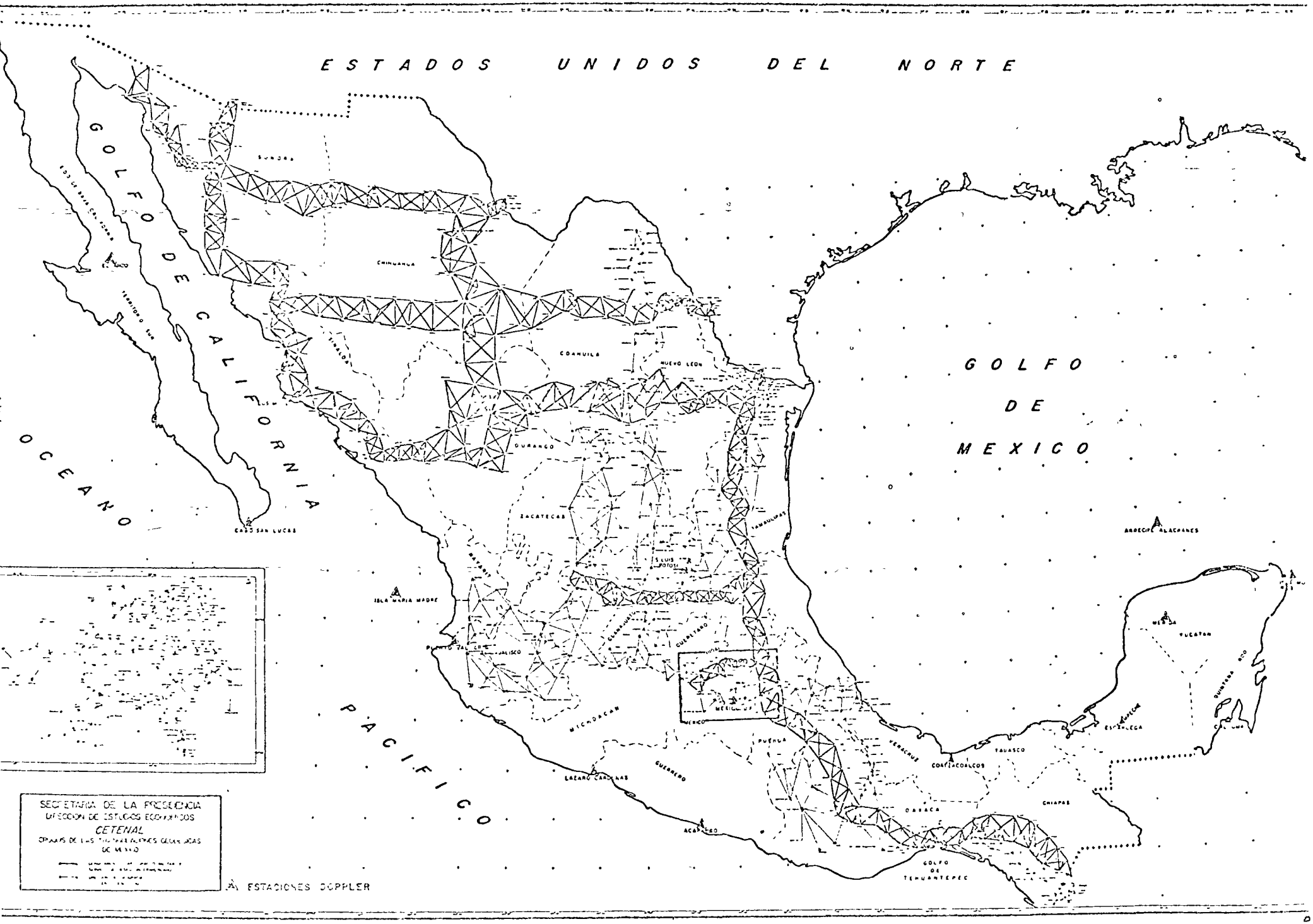
La marca se encuentra empotrada en un monumento de concreto en la margen NW del camino a 21.50 m de su eje.

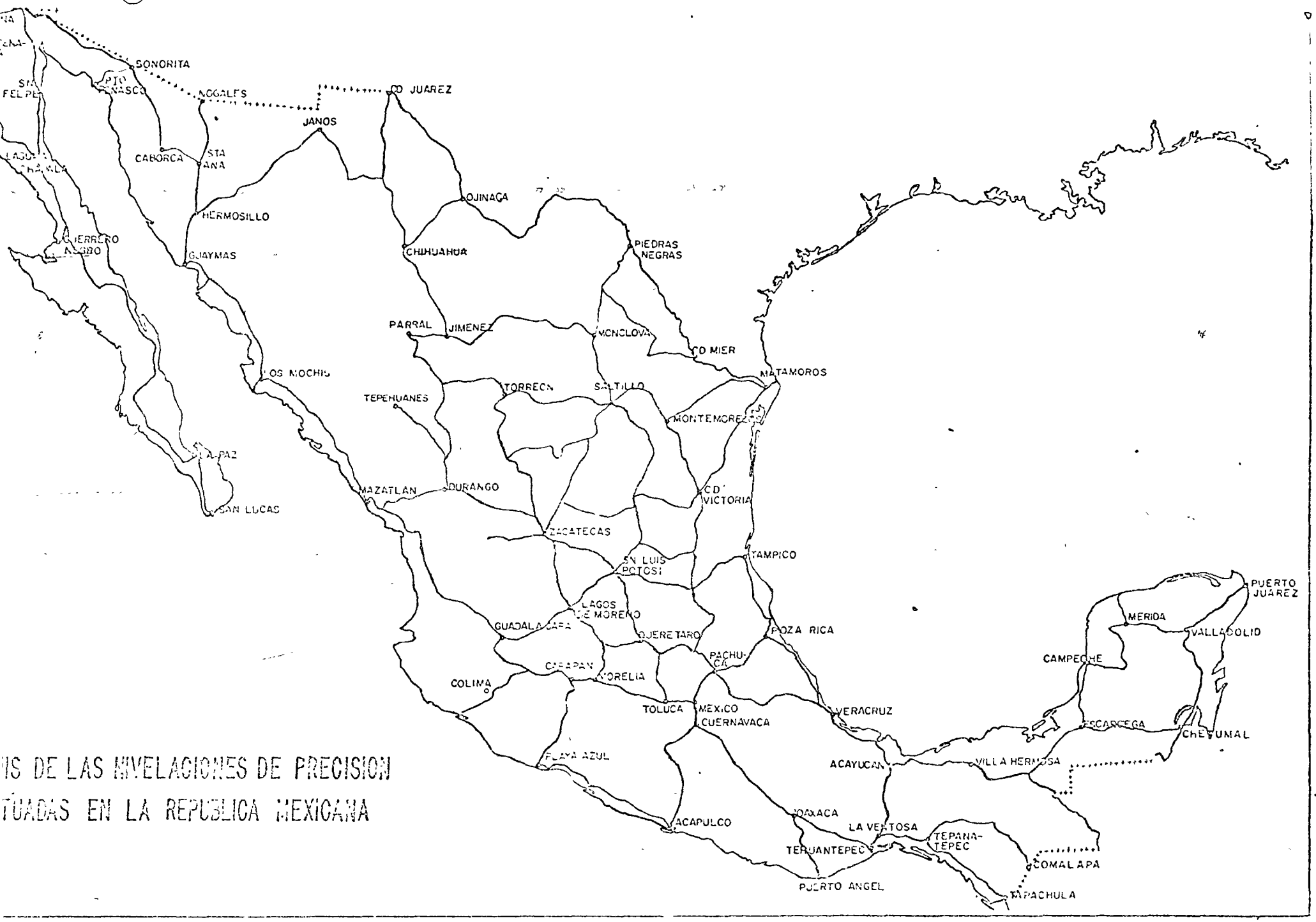
Tramo: Naranjos-Tampico.

CROQUIS



FECHA	BRIGADA	ALTITUD
DIC. DE 1970	ING. J. NAVA M.	


ESTADOS UNIDOS DEL NORTE
GOLFO DE CALIFORNIA
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE MEXICO
SONORA
CHIHUAHUA
COAHUILA
NUEVO LEON
DURANGO
ZACATECAS
TAMAULIPAS
SAN LUIS POTOSI
NAYARIT
JALISCO
GUANAJUATO
QUERETARO
MICHOACAN
MEXICO
PUEBLA
VERACRUZ
GUERRERO
OAXACA
CHIAPAS
TABASCO
YUCATAN
CAMPECHE
QUINTANA ROO
CABO SAN LUCAS
ISLA MARIA MADRE
LAZARO CARDENAS
ACAPULCO
COATZACOALCOS
GOLFO DE TEHUANTEPEC
ARRECIFE ALACRANES
SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA
DIRECCION DE ESTUDIOS ECONOMICOS
CETENAL
ESTACIONES DOPPLER



IS DE LAS NIVELACIONES DE PRECISION
TUADAS EN LA REPUBLICA MEXICANA

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

F O T O G R A M E T R I A

TEMA: APOYO DE LA RESTITUCION

ING. ALEJANDRO GARCIA E.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

APOYO TERRESTRE AL TIPO DE RESTITUCION
TRIANGULACION AEREA O APOYO TOTAL DE LA RESTITUCION.

Teniendo la Fotogrametría como objeto transformar proyec-- ciones centrales a ortogonales para su medición o representación gráfica, - es necesario contar con elementos suficientes que permitan llevar a cabo es ta transformación dentro de precisiones preestablecidas.

Entre estos elementos deben contarse con la posición y eleva ción de ciertos puntos que referidos a un orígen y a un plano de comparación, permitan restituir la verdadera magnitud de los objetos contenidos en una -- perspectiva.

En la aplicación cartográfica de la fotogrametría estos puntos corresponden a puntos situados sobre la superficie terrestre, que como es - sabido sus posiciones y elevaciones se determinan por métodos topográficos, recibiendo el nombre de Puntos de Apoyo Terrestre.

De acuerdo a las características de un vuelo fotogramétrico, - resulta indispensable contar con dos de estos puntos por fotografía que a la - formación del modelo estereoscópico permitan contar con el mínimo de cua- tro puntos por modelo, indispensables para garantizar la orientación absolu- ta del mencionado modelo.

Estos cuatro puntos deberán ser localizados en posiciones -- convenientes dentro del modelo, siendo la más apropiada la que corresponde a los vértices de un rectángulo por ser esta la geometría de un modelo --- (Fig.1).

**

Estos puntos deben ser facilmente fotoidentificables, su situación deberá ser en áreas donde no existan sombras, pendientes fuertes, presencia de humo ó nubes; además de que exista buen contraste fotográfico, y en detalles suficientemente pequeños que permitan ser leídos con precisión y certeza mediante las marcas de medición en los instrumentos fotogramétricos. En algunos casos se efectúa un pre-señalamiento anterior al vuelo, que de no ser por su elevado costo sería el método aconsejable para garantizar la fotoidentificación.

De acuerdo a las características anteriores es conveniente que exista una coordinación entre el topógrafo y el fotogrametrista a fin de que dichos requerimientos puedan ser satisfechos, atendiendo a los problemas que pueda presentar una zona en particular. Así el topógrafo debe compenetrarse de la importancia de cumplir al máximo los requerimientos del fotogrametrista y este a su vez analizar los problemas que puedan presentarsele al primero.

En un proyecto de apoyo debe prestarse especial atención a la zona en la que van a llevarse a cabo los trabajos topográficos; atendiendo al grado de dificultad respecto a visibilidad, accesos y accidentes orohidrográficos, el topógrafo deberá prestar especial atención a la fotoidentificación de los puntos levantados, así como elaborar un croquis con el máximo detalle que permita al fotogrametrista definir con precisión todos y cada uno de los puntos (Fig.2).

Al proyectar los levantamientos terrestres debe atenderse

**

fundamentalmente al proyecto específico, a fin de determinar si todos los - puntos requeridos deberán ser levantados topograficamente, o bien, si di-- chos puntos deban obtenerse mediante triangulación aérea. En términos - generales tal decisión habrá de derivarse atendiendo a la función costo-tiempo.

Puede notarse que cuando un proyecto lo cubren tres líneas - de cinco a seis modelos cada una, el costo de levantamiento terrestre es -- aproximadamente el mismo para obtener el apoyo directo ó el necesario para triangulación, sin embargo esto no debe tomarse con rigidéz pues deberá atenderse invariablemente a los problemas que puedan presentarse desde el- punto de vista topográfico.

Cuando el problema deba resolverse mediante apoyo propagado la densidad del apoyo terrestre requerido lo determinará fundamentalmente el método que vaya a emplearse para la propagación, un criterio se muestra en las Fig .3 .

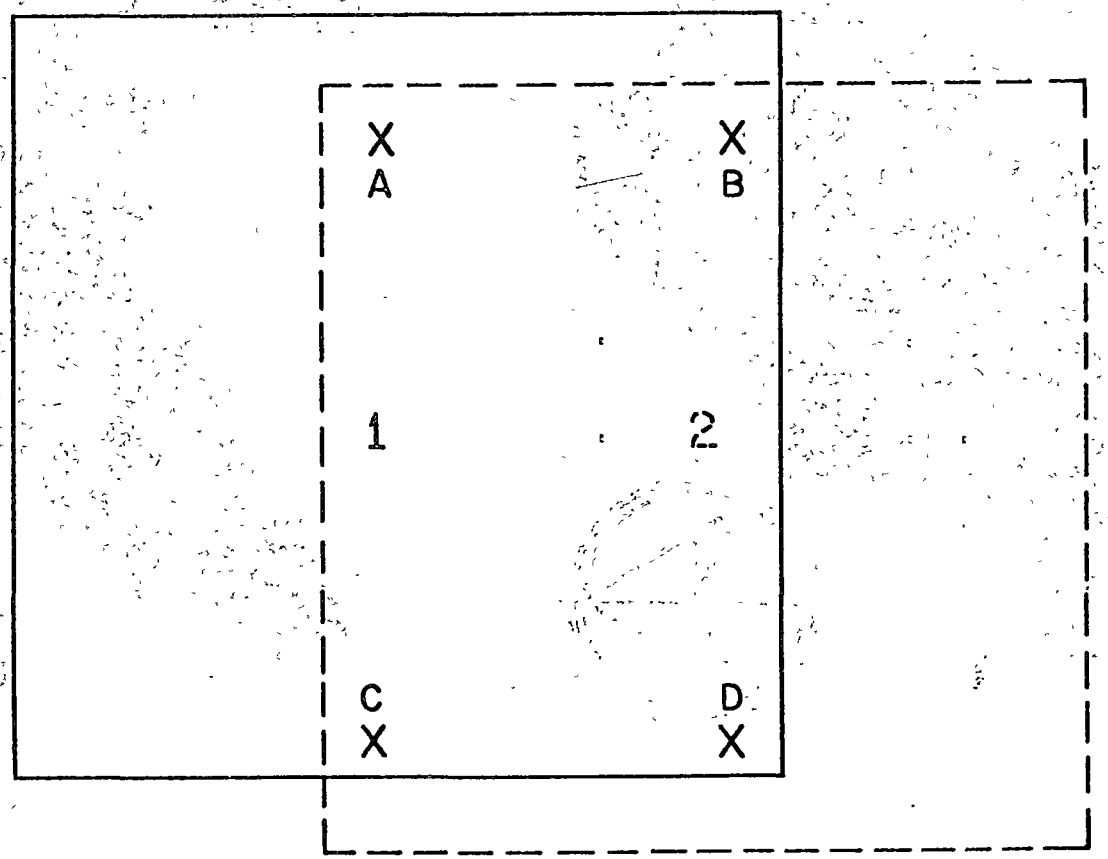
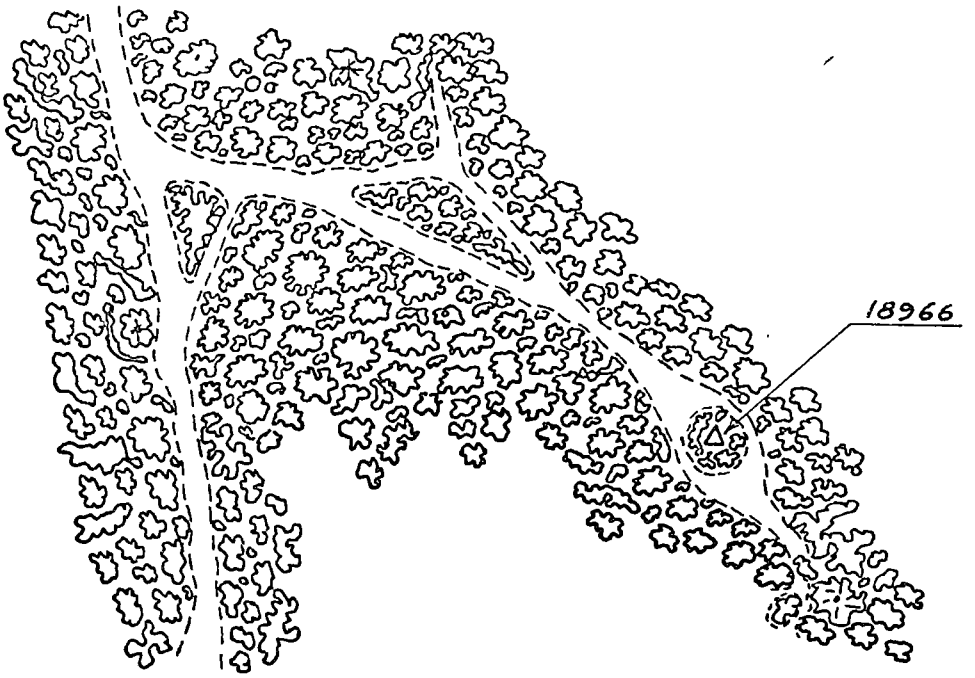


Fig. 1.- Situación correcta de puntos en el modelo.



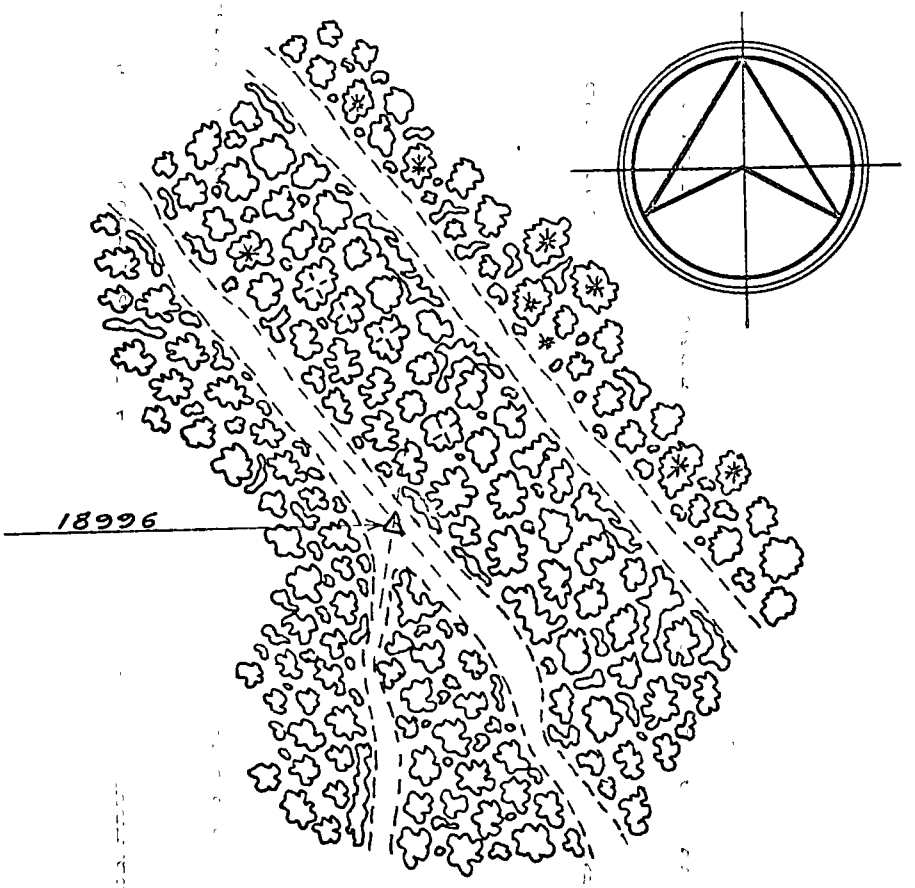
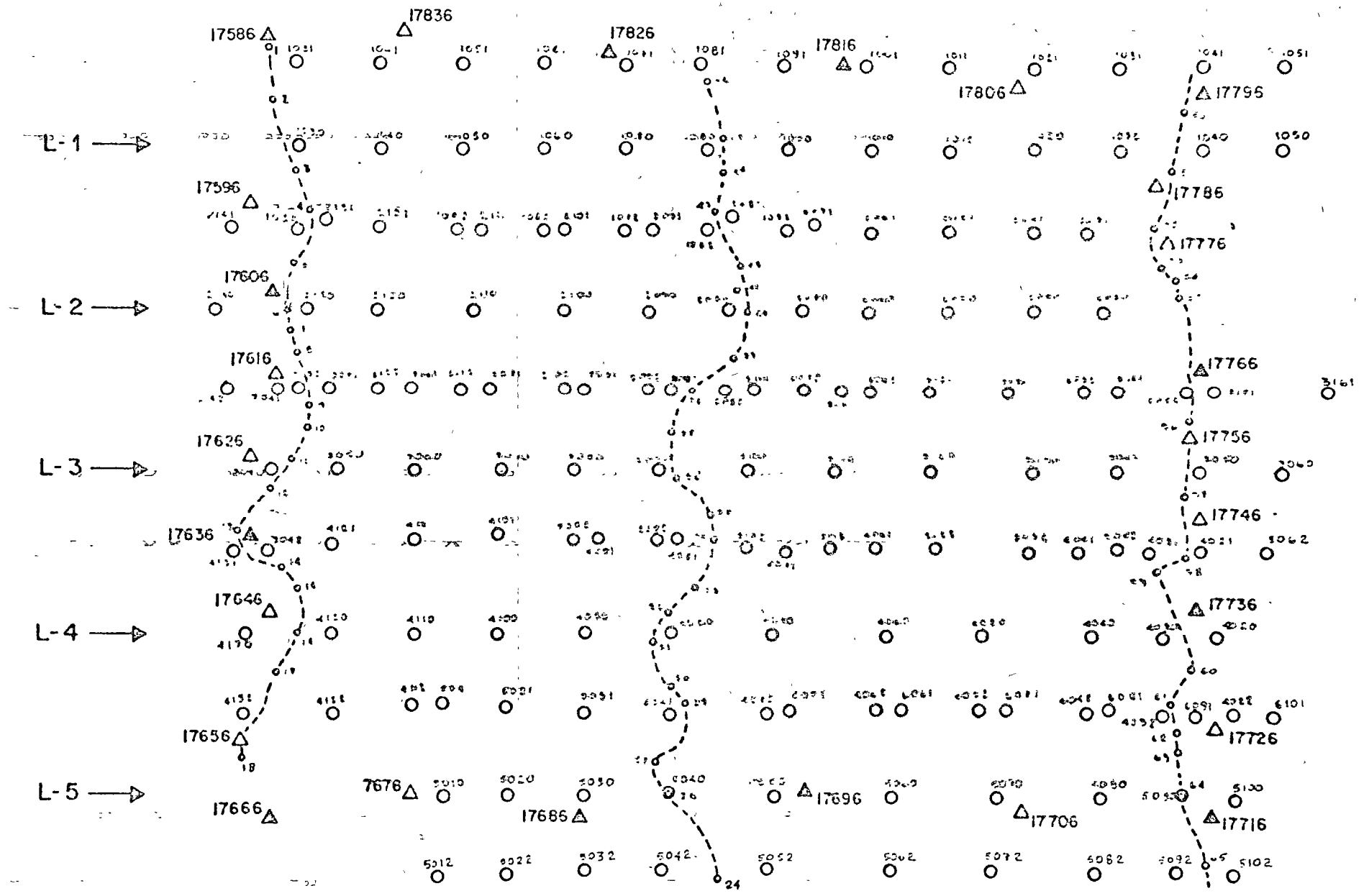


Fig. 2.- Croquis elaborados por el topógrafo para fotoidentificación de puntos.



△△ Apoyo horizontal

o Apoyo vertical

Fig. 3.- Proyecto de apoyo.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

Tema No. VII

Ing. Antonio Bolaños Medina

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

TEMA NUM. VII

SISTEMAS DE REDES DE COORDENADAS PLANAS.-PROYECCIONES DE MAPAS Y CUADRICULAS.- SISTEMAS ESPECIFICOS DE CUADRICULAS.- AZIMUTES Y ANGULOS DE LA CUADRICULA.- CALCULO DE LA CUADRICULA.

ING. ANTONIO BOLAÑOS MEDINA.

E. S. I. A.

A LOS ASISTENTES

Los conceptos que se citan en el temario son tan amplios y complicados que difícilmente se pueden concentrar en un intento de tan corto tiempo. Es por ello que he preferido, con el estracto de algunos capítulos de los tratados de Cartografía, motivar a los asistentes con el fin de que surjan discusiones tendientes a un aprendizaje mútuo.

SISTEMAS DE REDES DE COORDENADAS PLANAS. PROYECCIONES DE MAPAS Y CUADRICULAS.

Las proyecciones y cuadrículas de cualquier tipo, constituyen las redes de coordenadas que sirven de base para el dibujo de: MAPAS. Es por ello que se ha creído justo hacer un recordatorio acerca de lo que es un mapa y de algunos de sus antecedentes.

Un mapa es una representación convencional de la superficie terrestre, esto es, de su contenido; y pueden ser mapas generales y mapas específicos. Entre los primeros se pueden citar los mapas del mundo, mapas cartográficos y mapas topográficos; y entre los segundos se cuentan los mapas políticos, urbanos, mapas de comunicaciones, mapas económicos y estadísticos, para la navegación marítima, para la navegación aérea, mapas catastrales, para representar la integración porcelaria de alguna zona y sus propietarios, mapas geológicos, hidrológicos, edafológicos, etc. etc. Cada uno de los mapas citados debe estar confeccionado e integrado de acuerdo con el sistema de proyección, de acuerdo con la escala y con la finalidad; siendo los elementos representados mediante símbolos, dibujos y colores que puedan variar de un país a otro y de un estado a otro en el mismo país.

Un paso más avanzado en el estudio de la cartografía lo constituye la preparación de mapas especiales y la de globos y relieves.

La confección de mapas precede a la escritura, según información comprobatoria por exploradores y viajeros, de que varios pueblos primitivos que no llegaron a emplear ni conocer la escritura y que fueron muy hábiles en el trazado de mapas; y en una observación general de todos los viajeros por todas las partes del mundo que, preguntado un nativo por el camino que conduzca a cierto lugar, tomará una varita y dibujará en el suelo un esquema del camino, completándolo con pequeños objetos para indicar la ubicación de algún punto notable.

Los pueblos primitivos que vivían como guerreros y como cazadores, debían conocer la dirección y las distancias de sus recorridos, pues el desconocimiento de ello era cuestión de vida

o muerte; por lo que sintieron la necesidad de comunicarse unos a otros el conocimiento del terreno y así nacieron los primeros mapas.

Quizá los mapas prehistóricos más interesantes sean las cartas marinas hechas por los indígenas de las Islas Marshall, formadas por conchas dispuestas sobre un enrejado de fibras de palma. Véase figura No. 1

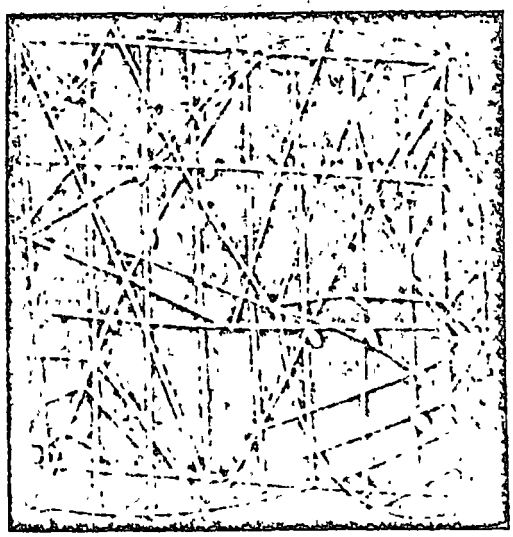


FIG. 1.—Cartas de los indígenas de las islas Marshall, que están representadas por conchas; el enrejado de fibras de palma sirve, en parte, para soporte de las conchas, y, en parte, para indicar la curvatura predominante de los frentes de olas.

Fueron los antropólogos los que descubrieron que se trataba de cartas usadas para la navegación; y dedujeron que las líneas en cuadrícula ortogonal, representaba el mar abierto, las conchas las islas y las curvas los frentes predominantes de las olas.

MAPAS ESQUIMALES

En seguida se habla de los mapas esquimales confeccionados con gran habilidad, como lo demuestra el hecho de un mapa de las islas Belcher dibujado por un esquimal de la Bahía de Hodson, carente de instrucción y de instrumentos y que coincide de manera sorprendente con las mejores cartas hidrográficas de la región. Véase la fig. No. 2

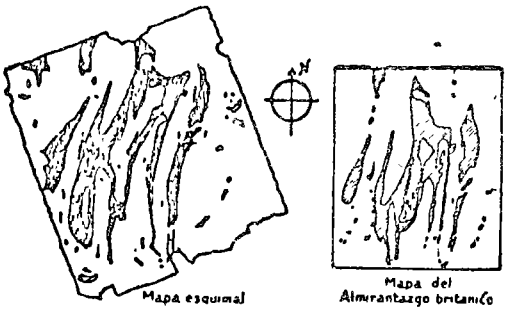


FIG. 2. — Mapa esquimal de las islas Belcher, en la bahía de Hudson; la longitud del archipiélago es de unos 150 kilómetros

MAPAS INDIOS Y AZTECAS.

Aunque de modo diferente a los esquimales, los mapas aztecas son muy interesantes, pues en ellos se respresentaron, más que detalles topográficos, hechos históricos, con dibujos y figuras totalmente realistas. Véase la fig. No. 3.

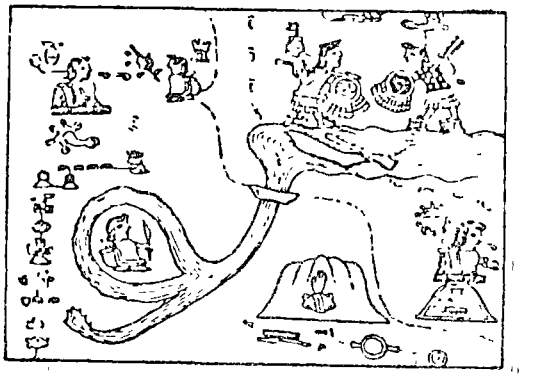
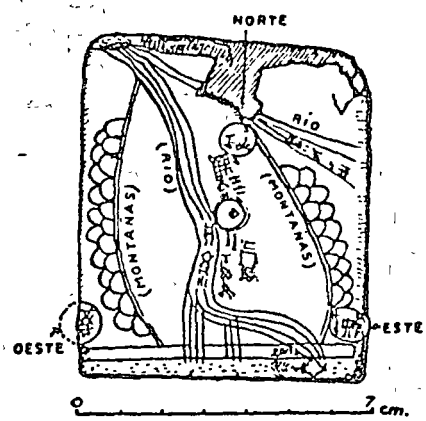


FIG. 3. — Mapa azteca en el que se indican los viajes de una tribu. Los caminos van señalados, frecuentemente, con huellas de pies. Adviértanse la canoa y el remo

MAPAS BABILINICOS

El mapa más antíguo existente en el museo Semítico de la Universidad de Harvard, fué hallado en una excavación de las ruinas de la Ciudad de Ga Sar, al norte de Babilonia y que consiste en una placa de barro cocido que representa el valle de un río, seguramente el Eúfrates, con montañas a cada lado en forma de escamas. El río desemboca por un delta de tres brazos en un lago en el mar. En el mapa de referencia los puntos cardinales están representados por círculos con descripciones, lo cual indica que aquellos como los actuales, ya estaban orientados. Véase fig. no. 4



EL MAPA MÁS ANTIGUO
Tableta de arcilla procedente de Ga-Sur, del año 2500 a de J. C.

FIG. 4. — El mapa más antiguo del mundo. Es una pequeña placa de barro que se conserva en el Museo Semítico de la Universidad de Harvard.

En el museo Británico, hay varias placas semejantes a la anterior, que representan de un modo primitivo, fincas, poblaciones y toda Babilonia.

La importancia que para nosotros tienen estas placas no estriba en su mérito representativo, sino en la prueba evidente que proporcionan sobre la gran antigüedad del arte cartográfico.

A los babilonios, por otra parte, se debe la obra que aún se conserva y que consiste en la división del círculo en grados sexagesimales.

MEDICIONES DE LOS EGIPCIOS

Hasta los antecedentes vistos, todavía no se habla de distancias y sólo se tienen expresiones gráficas, pues la medición del terreno empezó con los egipcios con fines tributarios, pues se dice que los enormes gastos de los faraones y los sacerdotes se cubrían principalmente con los impuestos sobre la tierra; así fué como se midieron y registraron cuidadosamente las propiedades rústicas, señalando sus linderos, esto sucedió en el gran imperio del Valle delta del Nilo.

PRIMEROS MAPAS CHINOS

Los cartógrafos Chinos coordinan mejor sus mapas locales y sientan ciertos principios cartográficos, tal como: divisiones rectilíneas, cuadrícula para localizar los diversos lugares, la orientación para indicar exactamente la dirección de uno a otro lugar, indicación precisa de distancias, señalamiento de las altitudes, anotación de los ángulos a la derecha y a la izquierda para las curvas de los caminos; en tales condiciones y en la época primitiva alcanzaron cierto nivel científico. Ver figuras 5 y 6.

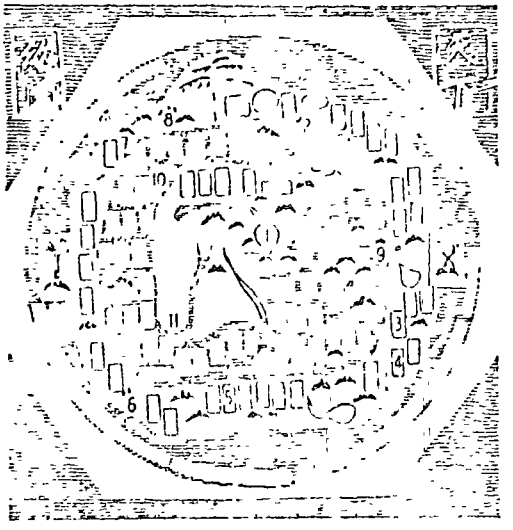


FIG. 5 — Mapa antiguo que representa a China como imperio central, y todos los demás países como pequeñas islas a su alrededor.

FIG 6. — El mapa chino más antiguo que se conoce es una placa de piedra grabada el año 1137 d. de J. C., basado probablemente en el mapa de Chia Tan del año 801. En este mapa se ve la Gran Muralla, que cruza el río Amarillo.

GRECIA

El principio de nuestro sistema actual cartográfico se ha atribuido a los griegos, quienes aceptaron la forma esférica de la Tierra, con sus polos, su ecuador y sus trópicos, introdujeron nuestro sistema de longitudes . . . y latitudes y construyeron las primeras proyecciones y calcularon el tamaño de la tierra e hicieron un mapa de ella con todos los mares y ríos. Afirmaban por otra parte, que el mundo habitable era de forma oblonga con el eje Este Oeste de doble longitud que el Norte Sur y de ahí nuestros términos "Longitud y Latitud".

Siguiendo un orden cronológico, tendríamos mucho de que asombrarnos y mucho qué admirar, hasta llegar al principio fundamental de la Cartografía; y que consiste en el establecimiento de un sistema de coordenadas al cual pueda referirse cuqlquier punto de la tierra. Ya tenemos apuntadas las principales direcciones de referencia, que son el Norte, Sur, Este y Oeste, así como los elementos para el sistema de paralelos y meridianos equidistantes -- que está en uso.

SISTEMA DE COORDENADAS DE MERIDIANOS Y PARALELOS.

El principio fundamental de la Cartografía consiste en el establecimiento sobre la superficie de la Tierra de un sistema de coordenadas al que pueda referirse cualquier punto de la misma, teniendo como referencia las direcciones: Norte, Sur, Este y Oeste.

El sistema coordenado de la Tierra se compone de dos elementos de características muy diferentes: meridianos y paralelos fundados en la rotación de la Tierra.

PARALELOS.- Entre el ecuador y cada polo hay 90 paralelos de latitud, que son círculos menores menores paralelos al ecuador, cada uno de los cuales corresponde a un grado, dividiéndose éste en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos.

La longitud del arco de meridiano comprendido entre cada dos paralelos no es exactamente igual para todos ellos, sino sólo de manera aproximada. La latitud de un lugar se puede determinar, lo sabemos, midiendo la altura de la estrella Polar o del Sol sobre el horizonte. Si la tierra fuera una esfera perfecta, la distancia entre dos paralelos cualesquiera consecutivos sería siempre la misma, pero por ser un elipsoide su curvatura varía rápidamente cerca del ecuador que de los polos y, por consiguiente, también la altura de las estrellas más en las latitudes bajas que en las altas. Así que para observar una variación de 1° en la altura de la estrella Polar hay que recorrer en las proximidades del ecuador una distancia menor que cerca de los polos. -- Véase fig. No. 32

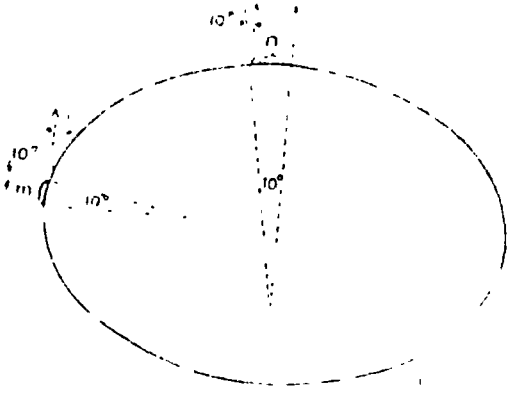


Fig. 32.— Cerca del ecuador, a una variación de 10° de altura de la Polar, corresponde un arco menor que cerca del polo. Cerca del ecuador, el grado de latitud es más corto que en los polos.

La longitud de 1° de latitud es de 110.51 Km. cerca del ecuador; y de 11.70 en los Polos. Por lo que para mediciones de exactitud, tomando como forma de la tierra el esferoide de Hayford, se aplica la ecuación siguiente:

1° de latitud = 111.1312 - 0.5690 cos. de 2 Ø + 0.0012 cos 4 Ø en Km., en que Ø es la latitud en grados, minutos y segundos.

MERIDIANOS.- La otra serie de coordenadas terrestres consiste en 180 círculos máximos que pasan por los polos y que forma ángulos iguales entre sí; dividen por lo tanto el ecuador y los paralelos en 360° de longitud. En cartografía se consideran como círculos perfectos el ecuador y los paralelos; y como iguales los arcos interceptados por los planos meridianos.

La longitud de 1° de longitud varía desde 11.29 Km. en el ecuador, hasta 0° en los polos. Es de gran importancia conocer la longitud de un grado de longitud en cualquier paralelo. Si suponemos esférica la tierra, el radio de un paralelo es: - r = R cos Ø, siendo R el radio de la Tierra y fi (Ø) la latitud.

Los radios de los paralelos guardan entre sí la misma relación que sus circunferencias, o que 1/360 de sus circunferencias, que es 1° de longitud.

1° longitud = 1° latitud cos Ø

Las longitudes se determinan hallando la hora local por medio del paso o del Sol; se compara esta hora con la del primer meridiano por un cronómetro o por las señales horarias dadas por radio; así la diferencia entre la hora local y la de Greenwich es la longitud, teniendo en cuenta que a una hora de diferencia corresponden 15° de longitud. A dicha diferencia hay que sumar o restar, según el caso, la ECUACION DE TIEMPO, la cual está dada por la diferencia entre la hora solar observada y la hora media dada por el reloj.

Se acostumbra tomar como meridiano inicial por todas las naciones, el meridiano del observatorio de Greenwich en Londres, por el mérito que revisten los cálculos de longitudes hechos -- por el Almirantazgo inglés.

Las latitudes se refieren al Norte y al Sur del ecuador_ y las longitudes al Este y al Oeste del meridiano de Greenwich_ desde 0° hasta 180°. Con los elementos anteriores, ya es posible situar un punto cualquiera de la Tierra.

Por la fórmula anterior, se ve que la longitud varía con_ el coseno de la latitud Ø; y este hecho es el principio de la -- teoría de las proyecciones en los mapas que debe tenerse muy en_ cuenta.

En el caso de una latitud de 60°, se ve fácilmente en la_ fig. No. 33, que 1° un grado de longitud es precisamente la mi-- tad de largo que en el ecuador.

El ecuador no es un círculo _ exacto; y por ello en los cál- culos de precisión se utiliza el esferoide de Hayford.

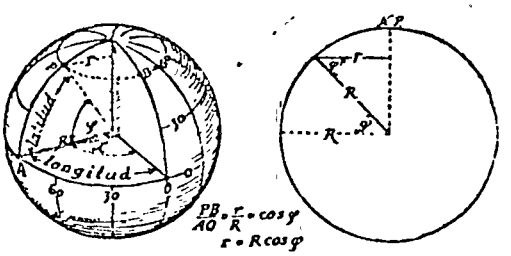


FIG 33. — La longitud varía con el coseno de la latitud. Este es el principio fundamental en la construcción de mapas

1° de longitud en Km. = 111.4164 cos Ø - 0.0950 cos Ø + 0.0012 cos 5 Ø.

Existen tablas que dan las equivalencias de longitudes de un grado de meridiano y de un grado de paralelo, así como el va-- lor de los cosenos en las diferentes latitudes.

PROYECCIONES

Se puede entender por proyección a la representación gráfica del sistema de paralelos y meridianos terrestres en un plano, en cuyo reticulado se puede dibujar un mapa. Tal representación requiere un estudio especial en virtud de que la superficie esférica no puede desarrollarse sobre un plano sin que se deforme o se rompa; salvo cuando se trate de zonas comprendidas entre 250 y 300 Km2 en que las deformaciones no tienen influencia; en cambio en grandes extensiones el problema se resuelve aplicando, de varios métodos, el sistema más apropiado para cada caso de aplicación.

Se dice que una proyección es EQUIVALENTE O AUTALICA, cuando una zona o extensión cualquiera, grande o pequeña, tiene la misma superficie tanto en el plano como en la esfera, independientemente de las deformaciones que se presentan.

Las proyecciones CONFORMES U ORTOMORFAS son aquellas en las que cualquier parte de la tierra de no mucha extensión, tiene la misma forma tanto en el plano como en la esfera; aquí la relación entre las longitudes de meridiano y paralelos en el plano es igual a la misma relación en la esfera; y a pesar de ello, se dice que no hay proyección que sea a la vez Equivalente y Conforme. Así es como se ha preferido una proyección intermedia entre las dos mencionadas. Por lo antes dicho, al construir una proyección es muy importante saber cuales son las líneas verdaderas y que son las primeras que se deben trazar.

CLASIFICACION DE LAS PROYECCIONES

Las proyecciones se clasifican según la forma de obtenerlas, en: Cilíndricas, si la superficie de proyección es un cuadro proveniente de un cilindro; cónicas si la superficie de proyección proviene de un cono cortado a lo largo de la generatriz; o acimutal si la superficie es un plano. Véase la fig. No. 1 con los 3 casos.

Lámina 1

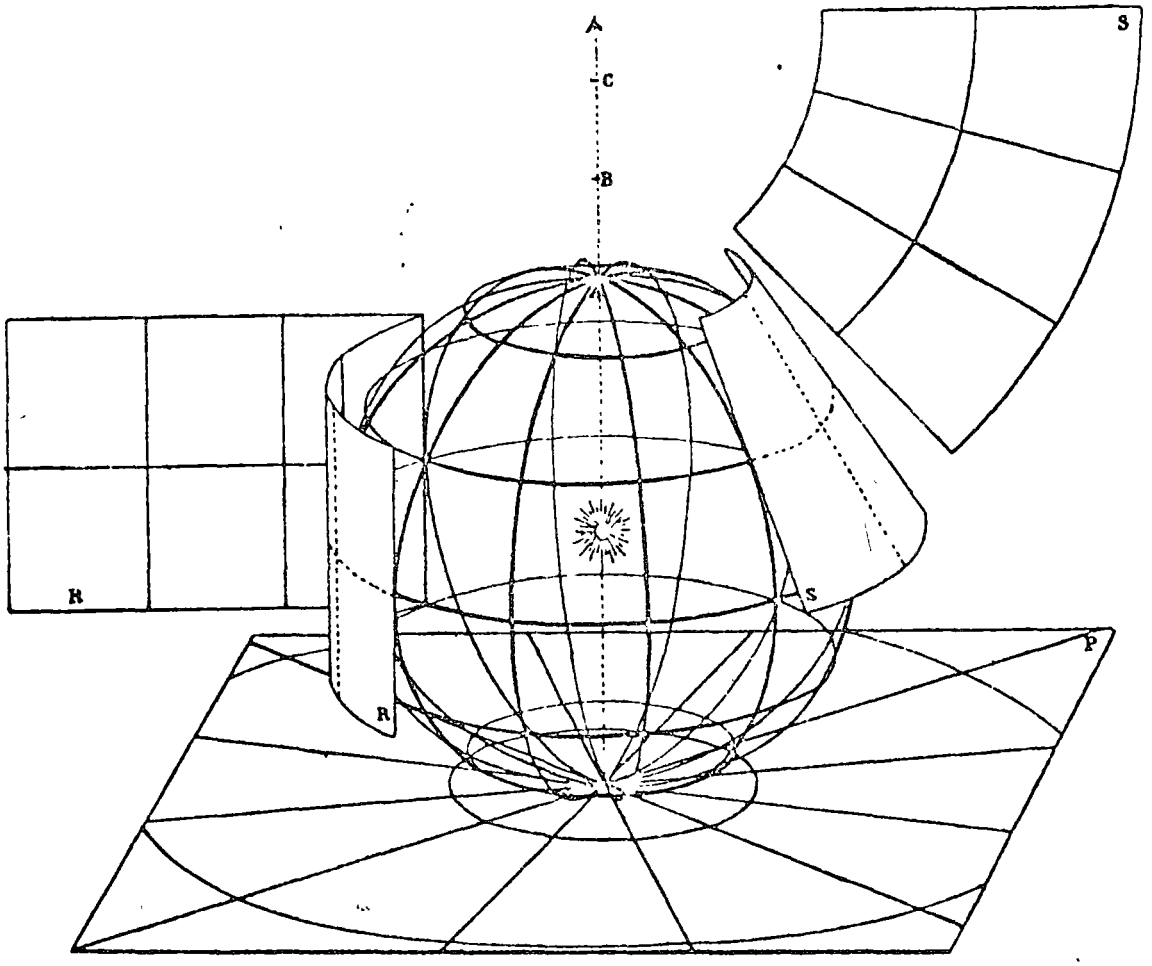


Fig. 1

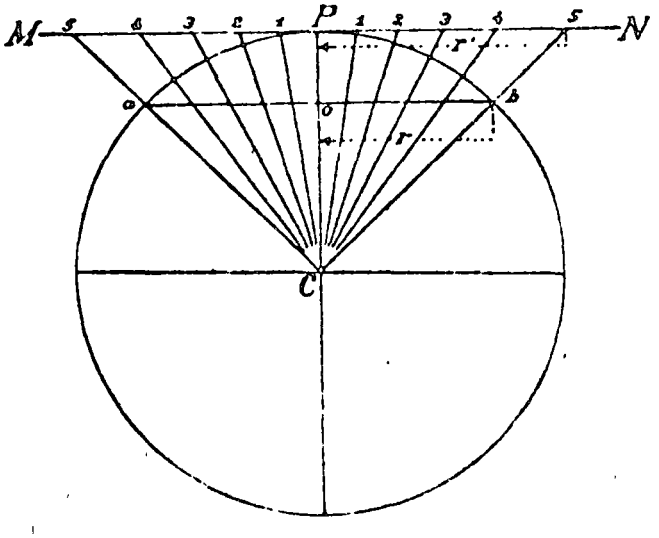


Fig. 2

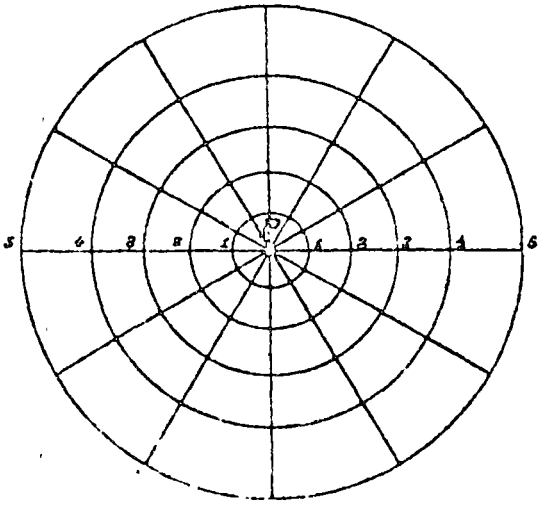


Fig. 3

No se tiene la certeza de la clasificación anterior, por lo que se han agrupado en: Proyecciones con paralelos horizontales; Proyecciones cónicas; Proyecciones Acimutales y Análogas y en Proyecciones convencionales.

PROYECCIONES CILINDRICAS.- En esta clase de proyecciones, los paralelos están representados por líneas rectas horizontales y los puntos de la tierra de igual latitud aparecen en el mapa a la misma altura sobre el paralelo que se toma como referencia.

PROYECCION EQUIRECTANGULAR.- Es la proyección más sencilla y consiste en una retícula de líneas verticales o meridianos a igual distancia unas de otras y de líneas horizontales o paralelos, también equidistantes entre sí. El paralelo central se toma como base y se divide a escala, en partes iguales de magnitud verdadera, lo mismo que en un globo terráqueo de idéntica escala. En el globo, la longitud de 1° de longitud a la latitud Ø es:

1° de longitud = 1° de latitud x cos Ø. Véase fig. No. 39

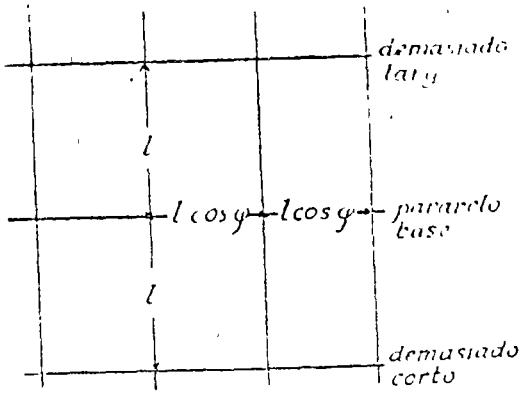


FIG. 39 — En la proyección equirectangular la escala es exacta en el paralelo central y en todos los meridianos pero los demás paralelos son demasiado largos o demasiado cortos

PROYECCION MERCATOR.- Esta proyección se funda en paralelos horizontales y meridianos verticales equidistantes entre sí, cuyos meridianos equidistantes están colocados de tal modo que, en ecuador esta equidistancia está representada en verdadera magnitud a la escala correspondiente. Los paralelos por otra parte, están dispuestos de tal manera que, en una zona de dimensiones pequeñas, la relación entre dos distancias tomadas respectivamente sobre meridianos y paralelos es igual a la relación entre las longitudes homólogas en el globo terráqueo. Véase en la fig. No. 41 el mapamundi de Mercator.

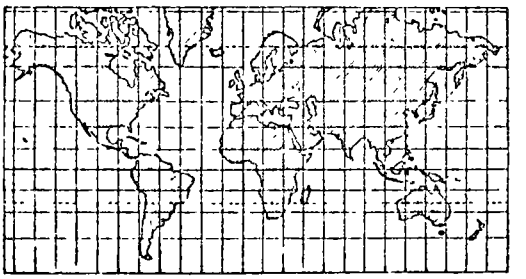


FIG. 41. — En la proyección Mercator están muy exageradas las superficies en las altas latitudes. Solamente en el ecuador las dimensiones son exactas.

Algunas características de la proyección Marcator son: es una proyección conforme, esto es, en superficies reducidas, la forma de la parte representada es igual a la red sobre la Tierra; y la más importante que consiste en ser el único sistema en que todos los rumbos o loxodrómicos son líneas rectas y que sobre el globo terráqueo tienen rumbo constante y cortan a todos los meridianos formando ángulos iguales.

El empleo de esta proyección obedece a la facilidad de construcción y por las ventajas de los paralelos horizontales y los meridianos verticales.

Debido a la gran cantidad de proyecciones que existen, es obvio decir que no es posible hablar de ellas en esta exposición

con tan limitado tiempo, es por ello que, sólo se agregan otros -- conceptos que ayudarán a motivar la investigación de cada uno de _ nosotros, en los tratados correspondientes.

Elección de la clase de proyección.- Para la elección de -- una proyección, es esencial conocer los fundamentos de las mismas, para que tal elección sea conciente de acuerdo con la finalidad_ o destino de los mapas. Por ejemplo: como caso general para mapas simplemente ilustrativos, es conveniente emplear proyecciones con paralelos horizontales y meridianos verticales; para mapas esta-- dísticos, una proyección equivalente; en mapas continentales, la_ proyección ortográfica oblícua y para mapas de mayor precisión -- nos aconsejan las proyecciones cónicas, etc. A continuación se dá una tabla de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos para la identificación de las proyecciones. Hoja siguiente.

CONSTRUCCION DE UN CANEVA

Para la construcción del canevá de una hoja, en la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos existen tablas de las pro yecciones policónicas para la República Mexicana; en ellas estaán hechas las interpolaciones para cada 15 minutos con los valores de las XX e yy. En una de las tablas se hallan valores hasta de 3° del Meridiano Central y en otras, de los 3° a los 6° de su origen, tie nen tambiém ordenados los valores de los arcos de meridiano para _ cada quince minutos. Fueron preparadas dichas tablas para cartas_ que abarquén más de 2° de longitud y divididas por meridianos es- paciados a menos de 1°.

Las tablas calculadas por la dirección de Estudios Geográ- ficos y Climatológicos, están preparadas para las latitudes de la República y por lo mismo satisfacen por completo cualquier traba- jo de cartografía del Territorio Mexicano.

Las 32 cartas del Atlas Geográfico de la República Mexica- na, las Cartas murales del Valle de México, las del Distrito Fede ral, la Carta General de la República Mexicana 1/500 000; así co-

Los meridianos son:	Los paralelos son:	Otras características	Proyecciones
Líneas curvas.	Líneas curvas.	Los espaciamientos en el meridiano central son iguales.	Azimutales equidistantes: oblicua y meridiana.
		Los espaciamientos en el meridiano central crecen del centro hacia uno y otro lados.	Intermedias de Breusing: oblicua y meridiana.
		Los espaciamientos de los paralelos en el meridiano central decrecen del centro hacia el N. y el S.	Azimutal equivalente de Lambert, oblicua (Fig. 78).
		Los especiamientos en el meridiano central y en el Ecuador, que es línea recta, decrecen del centro a uno y otro lados.	Aitoff y azimutal equivalente de Lambert, meridiana. (Figs. 84 y 79).
		El mapa se extiende en una dirección oblicua respecto a la línea Norte-Sur y la mejor representación se localiza a lo largo de una zona que sigue dicha dirección oblicua.	Cónica y policónica oblicuas.
		La proyección abarca una región polar, y el meridiano central y el normal son líneas rectas.	Mercator, transversal. (Fig. 70).
		La región representada es pequeña, en general, y el canevá es comparable a una fracción próxima al meridiano central del canevá de la proyección transversal de Mercator.	Cassini o por coordenadas rectangulares (Fig. 73).

mo la de los estados de: Sonora, Durango, San Luis Potosí, Chihuahua y México, se han publicado con la proyección Policónica.

El uso de las tablas es como sigue: Se traza en el medio de la hoja la línea recta que representa el meridiano central, cuya magnitud se encuentra a escala de la primera columna de la tabla correspondiente, entre los límites que marcan las latitudes de la segunda columna. Por sus dos extremos se trazan normales sobre las cuales como ejes de las abscisas y a partir del meridiano como eje de las ordenadas, se construyen por medio de las coordenadas que se encuentran en las columnas 4a, 5a y 6a los puntos de longitud de 1°, 2° y 3° para la escala 1:1 000 000, o los de longitud de 0°30', y 1°00' y 1°30' para la escala de 1:500 000.

Estos puntos unidos entre sí por una línea curva define los paralelos extremos. Los puntos correspondientes de estos paralelos a la misma longitud, unidos por líneas rectas definen los meridianos.

Estos meridianos divididos en 4 partes iguales dan los puntos de cruzamiento con los paralelos intermedios, los cuales serán las curvas que pasan por tales puntos.

Teóricamente las partes en que se dividen los meridianos no deben ser iguales, pero a estas escalas y dentro de los límites de estas hojas no son sensibles las diferencias.

Si se tienen que construir canevás que abarquen extensiones más grandes, en las cuales las diferencias entre los espaciamientos de los paralelos pueden llegar a ser gráficamente sensibles, se procede en la forma indicada hasta antes de dividir los meridianos en partes iguales con el fin de marcar puntos por donde deben pasar los paralelos, pues éstos deberán trazarse independientemente; para lo cual se divide el meridiano central según las magnitudes que resultan al aplicar las fórmulas que para tal caso se encuentran en los Apuntes sobre Cartografía de la misma dirección antes mencionada. y aplicando las tablas de coordenadas correspondientes. Véanse las tablas siguientes.

Escala 1:500 000.

Proyección policónica de Lallemand. Esferoide de Clarke 1866.

Meridiano Central	Latitudes	COORDENADAS			
			λ = 0°30′	λ = 1°00′	λ = 1°30′
m. m.			m. m.	m. m.	m. m.
	14	x	108.0	216.1	324.1
442.5		y	0.1	0.5	1.0
	16	x	107.1	214.1	321.1
442.6		y	0.1	0.5	1.2
	18	x	105.9	211.8	317.7
442.7		y	0.1	0.6	1.3
	20	x	104.7	209.3	314.0
442.8		y	0.2	0.6	1.4
	22	x	103.3	206.5	309.8
442.9		y	0.2	0.7	1.5
	24	x	101.8	203.5	305.3
443.0		y	0.2	0.7	1.6
	26	x	100.1	200.3	300.4
443.1		y	0.2	0.8	1.7
	28	x	98.4	196.7	295.1
443.3		y	0.2	0.8	1.8
	30	x	96.5	193.0	289.5
443.4		y	0.2	0.8	1.9
	32	x	94.5	189.0	283.5
443.6		y	0.2	0.9	2.0
	34	x	92.4	184.8	277.2
		y	0.2	0.9	2.0

Para el uso de esta tabla, véase página 109.

14'

Tablas para la Carta de la República.

Escala 1:1 000 000.

Proyección policónica de Lallemand. **Esferoide de Clarke 1866.**

Meridiano Central	Latitudes	COORDENADAS			
			λ = 1°	λ = 2°	λ = 3°
m. m			m m	m m.	m m.
	12	x	108.9	217.9	326.8
442.3		y	0.2	0.8	1.8
	16	x	107.1	214.1	321.2
442.5		y	0.3	1.0	2.3
	20	x	104.7	209.3	314.0
442.6		y	0.3	1.2	2.8
	24	x	101.8	203.6	305.3
442.9		y	0.4	1.4	3.3
	28	x	98.4	196.8	295.2
443.2		y	0.4	1.6	3.6
	32	x	94.5	189.0	283.5
443.5		y	0.4	1.7	3.9
	36	x	90.2	180.4	270.5
		y	0.5	1.9	4.2

Para el uso de esta tabla, véase página 109.

IDENTIFICACION DE LAS PROYECCIONES

Los meridianos son:	Los paralelos son:	Otras características	Proyecciones
Rectas paralelas y equidistantes.	Rectas paralelas.	Los espaciamientos de los paralelos y de los meridianos son iguales.	Cilíndrica simple o equidistante. (Fig. 63)
		Los espaciamientos de los paralelos son iguales entre sí y mayores que los de los meridianos.	Cilíndrica con dos paralelos tipos. (Fig. 64)
		El espaciamiento de los paralelos decrece hacia los polos.	Cilíndrica equivalente. (Fig. 65)
		Los espaciamientos de los paralelos crecen hacia los polos. Las distancias de los paralelos al ecuador crecen como las tangentes de las latitudes.	Cilíndrica perspectiva. (Fig. 66)
		Los espaciamientos de los paralelos crecen hacia los polos y varían sensiblemente en razón inversa del coseno de su latitud media.	Cilíndrica de Mercator (Fig. 67)
Rectas paralelas cuyas distancias crecen a partir del meridiano central.	Curvas.	Las curvas son hipérbolas cuyos ejes son el meridiano central y el ecuador.	Gnomónica ecuatorial (Fig. 14)
Rectas concurrentes.	Círculos concéntricos equidistantes.	El punto de concurso de los meridianos es el centro del círculo que representa el polo. Los ángulos entre los meridianos quedan disminuídos	Cónica equidistante, con uno o dos paralelos tipos (Figs. 38, 44 y 45).
		Los ángulos de los meridianos se conservan.	Azimutal equidistante polar. (Fig. 61).
	Círculos concéntricos, cuyas distancias aumentan hacia el polo.	El polo es el punto de concurso de los meridianos. Los ángulos que forman éstos se conservan.	Ortográfica polar. (Fig 29). Azimutal polar equivalente de Lambert. (Fig. 77).
		El polo es el punto de concurso de los meridianos. Los ángulos entre los meridianos están disminuídos	Cónica equivalente de Lambert.
	Círculos concéntricos, cuyas distancias decrecen hacia el polo.	El polo es el punto de concurso de los meridianos. Se conservan los ángulos entre éstos.	Polares. Gnomónica (Fig 13), estereográfica, (Fig. 24). Henry James, La Hire y Breusing.
	Círculos concéntricos, cuyas distancias crecen hacia uno y otro lados del paralelo patrón.	El polo es el punto de concurso de los meridianos. Los ángulos entre éstos son menores que los verdaderos.	Cónica ortomórfica de uno o dos paralelos tipos.

Los meridianos son:	Los paralelos son:	Otras características	Proyecciones
Rectas concurrentes.	Círculos concéntricos, cuyas distancias disminuyen a un lado y otro a partir del paralelo central.	El polo es un círculo cuyo centro coincide con el punto de concurso de los meridianos. Los ángulos entre éstos quedan disminuídos	Cónica equivalente de Albers, con dos paralelos tipos. (Fig. 46).
	Curvas de segundo grado	Los meridianos concurren en el polo. Los ángulos entre los meridianos son menores que en la esfera	Gnomónica oblicua. (Fig. 15).
	Arcos de círculo que se van abriendo al alejarse del meridiano central.	A la escala en que se emplea generalmente es difícil distinguir esta proyección de la cónica equidistante.	Policónica modificada de Lallemand. (Fig. 54).
Líneas curvas.	Rectas paralelas equidistantes.	Los meridianos dividen a cada paralelo en partes iguales. Los meridianos son sinusoides.	Sanson-Flamsteed o Sinusoidal. (Fig 49).
	Rectas paralelas cuyas distancias decrecen hacia los polos.	Los espaciamientos de los meridianos en su cruzamiento con cada paralelo son iguales.	Mollweide y Goode. (Figs. 82 y 85).
		Los espaciamientos de los meridianos en su cruzamiento con los paralelos decrecen al alejarse del meridiano central.	Ortográfica meridiana (Fig. 31).
	Arcos de círculo concéntricos y equidistantes.	El polo no es el centro de los arcos de círculo. Los meridianos dividen a cada paralelo en partes iguales.	Bonne. (Fig. 48).
		El polo es el centro común de los paralelos. Los meridianos dividen a cada paralelo en partes iguales.	Werner. (Fig. 50).
	Arcos de círculo que se van abriendo al separarse del meridiano central.	El meridiano central y los paralelos quedan divididos en partes iguales.	Policónica. (Fig. 53)
		El meridiano central queda dividido en partes iguales, lo mismo que el paralelo patrón. El cruzamiento de los meridianos con los paralelos es en ángulo recto.	Policónica rectangular.
		Las divisiones del meridiano central y las del paralelo medio crecen a partir del centro. Los meridianos son también arcos de círculo y su cruzamiento con los paralelos es un ángulo recto.	Estereográficas meridiana y oblicua. (Figs. 25 y 26).
		Las divisiones del meridiano central y las del ecuador son iguales Los meridianos son arcos de círculo concurrentes en los polos.	Globular (Fig. 81).
	Arcos de elipse que cortan a los meridianos, excepto el central, oblicuamente.	Las divisiones del meridiano central y las de los paralelos son mayores hacia el centro del mapa.	Ortográfica oblicua. (Fig. 38).

1

PLANIMETRIA

La planimetría tiene por objeto la determinación de las posiciones relativas de los puntos y líneas del terreno, en una proyección horizontal.

1.1 SISTEMA PARA INDICAR LA POSICION DE PUNTOS DEL TERRENO

La posición de un punto se indica por medio de *coordenadas*, pertenecientes a un sistema determinado. Estas coordenadas pueden ser ortogonales (rectangulares) o polares.

Usualmente, los planos y las cartas constituyen representaciones planas de la superficie de la Tierra, pero como esta última es elipsoidal, se requiere un *sistema de proyección* que defina matemáticamente la relación entre el plano o carta y la superficie terrestre.

Un sistema geodésico de coordenadas puede relacionarse con el sistema general del país, o bien constituir un sistema independiente.

1.1.1 SISTEMAS DE COORDENADAS

Coordenadas ortogonales

Las coordenadas ortogonales de un punto corresponden a las distancias perpendiculares entre éste y dos ejes coordenados, perpendiculares entre sí. *El sistema de coordenadas usado en Geodesia aplicada difiere del que se emplea en Matemáticas en el hecho de que el eje de las abscisas (eje x) es vertical, y el de las ordenadas (eje y) es horizontal; el eje x se cuenta positivo hacia el norte (hacia arriba), y el eje y hacia el oriente (hacia la derecha), los cuadrantes se numeran en el sentido de las manecillas del reloj, como puede verse en la Figura 1.1. En otros sistemas, los ejes corresponden a la dirección sur-norte y este-oeste.*

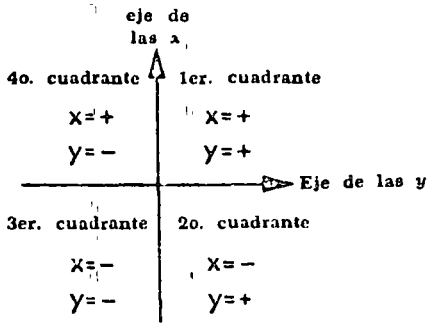


FIGURA 1.1. Sistema de coordenadas. El eje de las x es vertical y el de las y es horizontal. Obsérvese que los cuadrantes han sido numerados en el sentido de las manecillas del reloj

Las coordenadas x-y de un punto indican sus distancias al eje de las y y al eje de las x, respectivamente, según vemos en la Figura 1.2.

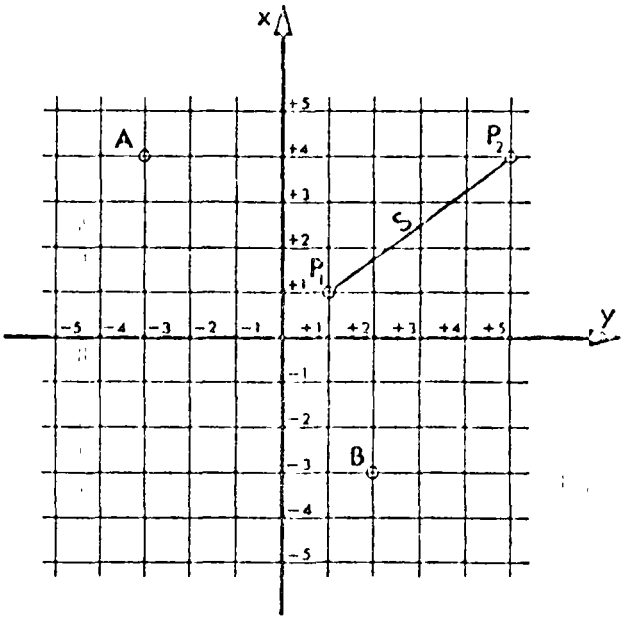


FIGURA 1.2 Ejemplos. Coordenadas del punto A: $(+4, -3)$, coordenadas del punto B: $(-3, +2)$; la longitud S se determina mediante el teorema de Pitágoras

La diferencia de coordenadas entre dos puntos se simboliza generalmente con la letra Δ. Como aparece en la Figura 1.3, las diferencias de coordenadas entre los puntos 1 y 2 se determinan como sigue:

$$\Delta x_{2-1} = x_2 - x_1$$
$$\Delta y_{2-1} = y_2 - y_1$$

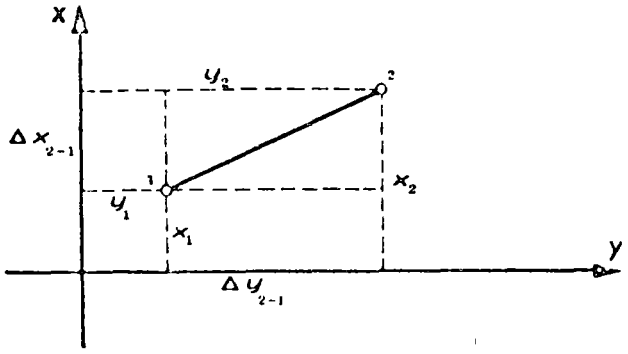


FIGURA 1.3 Diferencias de coordenadas $y_2 - y_1 = \Delta y_{2-1}$; $x_2 - x_1 = \Delta x_{2-1}$

Las coordenadas ortogonales se emplean en la elaboracion de planos, en la determinación de distancias y rumbos entre puntos, así como en el cálculo numérico de áreas

Coordenadas polares

Las coordenadas polares de un punto son la *distancia horizontal* (s) y el *ángulo de dirección* (φ), medidos, respectivamente, desde un punto inicial dado (punto polar), y a partir de una línea recta fija (direccion de partida o eje polar). El ángulo de dirección se cuenta en el sentido de la rotación de las manecillas del reloj, usualmente desde el eje x del sistema ortogonal de coordenadas (Figura 1.4), pero en algunos casos puede establecerse con relación a algún eje arbitrario de partida (Figura 1.5).

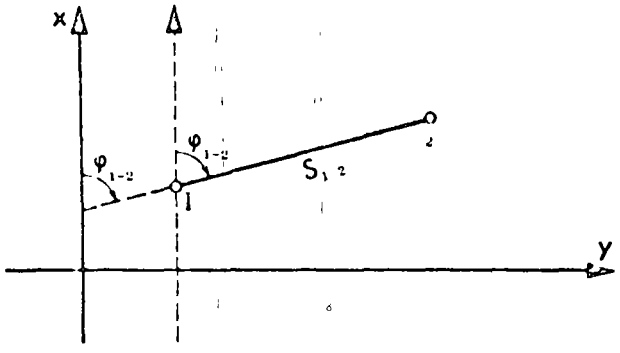


FIGURA 1.4. Coordenadas polares

Las coordenadas polares se usan especialmente en estacamientos, puntos de referencia y en la elaboración de planos y cartas.

Transformación de coordenadas

Hay ocasiones en que es necesario transformar las coordenadas ortogonales en polares, por ejemplo, al obtener los datos para el estacamiento. El proceso de transformación inversa se realiza para determinar los ángulos de dirección y las distancias entre puntos aislados, de los que se conocen sus coordenadas polares

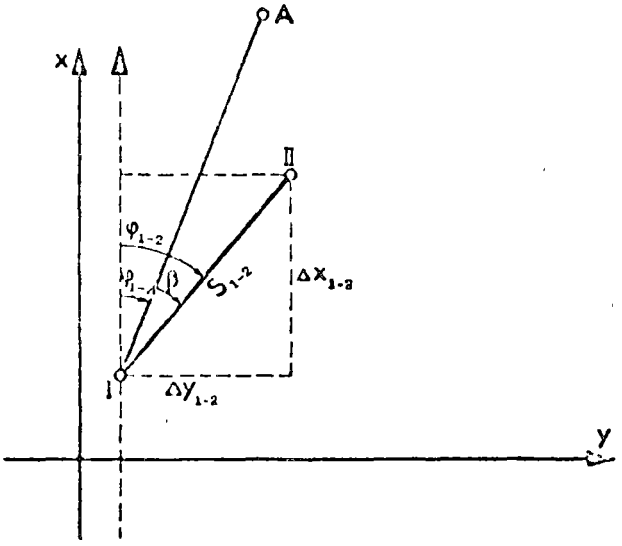


FIGURA 1.5. Dirección de partida. El ángulo de dirección hacia un punto puede darse partiendo de una línea o dirección arbitrariamente elegida (en este caso, 1—A), Δx_{1-2} y Δy_{1-2} son usados en transformaciones de coordenadas (véanse los párrafos correspondientes)

Transformación de coordenadas ortogonales en polares

Conocidas: x_1, y_1 y x_2, y_2

hállense: φ_{1-2} y S_{1-2}

De la Figura 1.5 se concluye que

$$\tan \varphi_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$S_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Transformación de coordenadas polares en ortogonales

Medidos: la distancia S_{1-2} y el ángulo β (beta)
conocidos: x_1, y_1 y el ángulo de dirección inicial φ_{1-A}

hállense: x_2 y y_2.

De la propia Figura 1.5 se concluye que:

$$\varphi_{1-2} = \varphi_{1-A} + \beta$$
$$x_2 = x_1 + \Delta x_{1-2} = x_1 + S_{1-2} \cdot \cos \varphi_{1-2}$$
$$y_2 = y_1 + \Delta y_{1-2} = y_1 + S_{1-2} \cdot \operatorname{sen} \varphi_{1-2}$$

Determinación de la distancia entre puntos con coordenadas conocidas

Coordenadas del punto P_1: $x_1 = +1$, $y_1 = +1$

Coordenadas del punto P_2: $x_2 = +4$; $y_2 = +5$

En la Figura 1.2, la distancia S es la hipotenusa del triángulo rectángulo, donde $x_2 - x_1$ es un cateto, y $y_2 - y_1$ es el otro.

Según el teorema de Pitágoras:

$$S^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

que, de acuerdo con los datos del ejemplo, resulta:

$$S^2 = (4 - 1)^2 + (5 - 1)^2$$

$$S = 5$$

1.1.2 SISTEMAS DE PROYECCION

La cartografía tiene por objeto representar en un plano una porción de la superficie terrestre, reproduciendo las distancias y los ángulos esféricos en una *proyección plana*, en la que ambos pueden medirse.

Debido a la forma elipsoidal de la Tierra, estas representaciones presentan deformaciones, llamadas errores de proyección, que originan diferencias entre los ángulos, distancias y áreas de la carta, y las medidas correspondientes de la superficie terrestre. De acuerdo con los fines a que la carta o mapa se destine, se elegirá el sistema de proyección más adecuado, que haga insignificantes dichos errores.

En los sistemas de proyección más comunes, la superficie terrestre (considerada esferoide) se proyecta sobre un plano, un cilindro, o un cono. Atendiendo a las características geométricas del plano de proyección, los sistemas se dividen en:

a. *Proyección azimutal*: proyección sobre un plano (Figura 1.6);
b. *Proyección cónica*: representación sobre el desarrollo de un cono;
c. *Proyección cilíndrica*: representación sobre el desarrollo de un cilindro.

Si el eje del cilindro o del cono coincide con el eje de la Tierra, tendremos una proyección normal, mas si dicho eje se halla en el plano del ecuador, se producirá una proyección transversal.

Proyección normal de Mercator

Como es sabido, la superficie terrestre no puede ser reproducida con exactitud por ninguno de los sistemas de proyección. Los errores de dichos sistemas crecen a medida que el área es mayor. En la proyección normal de Mercator, el plano de proyección es la superficie de un cilindro tangente al ecuador (Figura 1.9).

Los meridianos son representados en forma de rectas verticales, paralelas, con un espaciamiento proporcional a su diferencia en longitud, medida sobre el ecuador.

Los paralelos aparecen como rectas perpendiculares a los meridianos, y la distancia entre ellos constituye la característica de este tipo de proyección. El ecuador se presenta en su verdadera magnitud y los ángulos se proyectan con exactitud (sistema conforme).

El sistema queda definido por las siguientes ecuaciones de transformación:

$$x = R \cdot \log \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$y = R \cdot \lambda$$

donde

λ = longitud geográfica
φ = latitud geográfica
R = radio de la Tierra
x, y = coordenadas ortogonales

Las distancias medidas en una dirección cualquiera se amplifican según el factor:

$$m = \frac{1}{\cos \varphi}$$

La escala es, consecuentemente, constante para una misma latitud, mas como en las regiones nórdicas del globo este sistema produce grandes deformaciones, ahí sólo debe usársele para representar áreas reducidas. En dichas regiones se emplea generalmente la proyección *transversal* de Mercator, en la que el cilindro es tangente a un meridiano (Figura 1.10).

1.1.3 RED DE TRIANGULACION

Para el establecimiento de puntos de control planimétrico, la mayoría de los países cuentan con redes de triangulación de varios órdenes de exactitud, calculadas con arreglo a un determinado sistema de proyección.

Con frecuencia, las redes están formadas por cadenas de triángulos, que conectan lados conocidos de triángulos del mismo sistema. En esta forma pueden controlarse las mediciones intermedias. Conociendo un lado y los ángulos interiores de un triángulo, por la ley de los senos pueden calcularse sucesivamente los lados de los triángulos adyacentes que forman la cadena (Figura 1.14), *siempre y cuando se midan los ángulos de los triángulos.*

En las cadenas de triángulos, se miden algunos lados con gran exactitud para que sirvan como *bases*; los ángulos de los triángulos se obtienen por repetición de las mediciones angulares.

Como actualmente se cuenta con longímetros electrónicos que permiten medir casi cualquier distancia, generalmente se miden las longitudes de muchos lados de la cadena. En algunos de los vértices se realizan observaciones astronómicas para la determinación de la longitud,

Proyecciones perspectivas	Proyecciones normales	Proyecciones transversales	Proyecciones de eje inclinado
Azimutal (la esfera es proyectada directamente sobre un plano)	1.11	1.12	1.13
Cónica (la esfera es proyectada sobre un cono, el cual se desarrolla en seguida formando un plano)	1.14	1.15	1.16
Cilíndrica (la esfera es proyectada sobre un cilindro, el cual se desarrolla en seguida formando un plano)	1.17	1.18	1.19

FIGURA 1.6

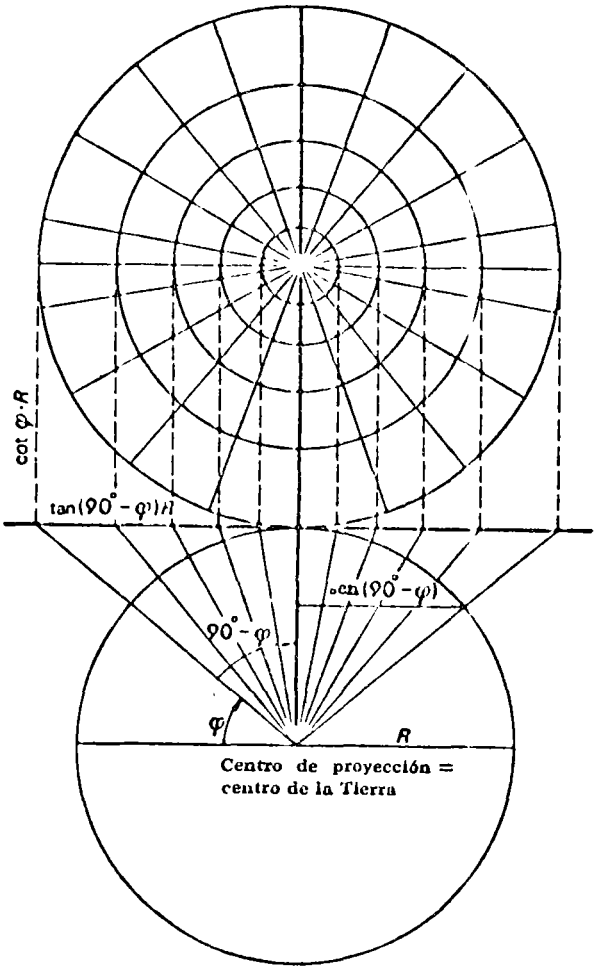


Figura 1.7. Proyección gnomónica. La proyección es una perspectiva directa cuando el centro de la Tierra coincide con el centro de proyección. Este sistema es utilizado en cartas de navegación marítimas y aéreas porque los círculos principales se representan con líneas rectas

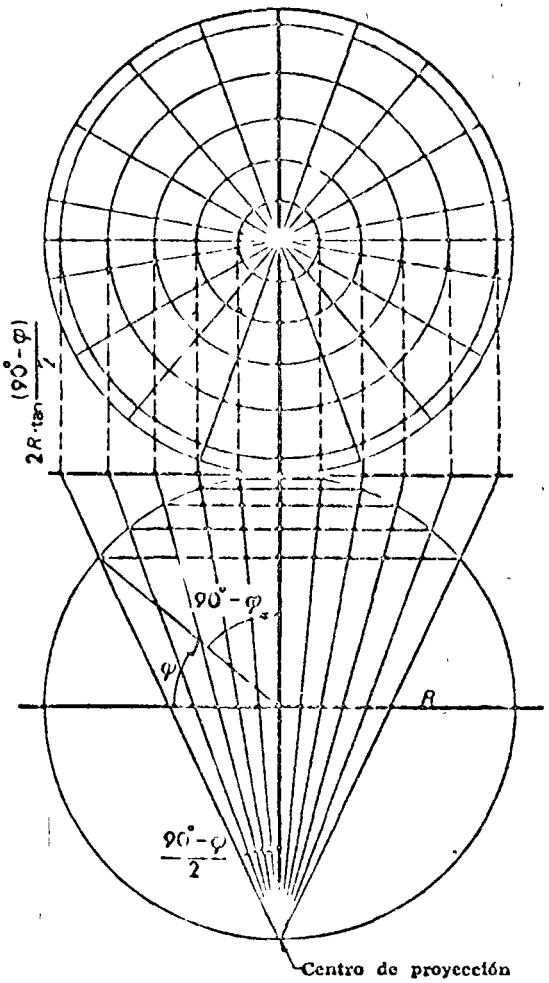


Figura 1.8. Proyección estereográfica. El centro de proyección está situado en el polo opuesto. Este sistema es conveniente para áreas no muy extensas, cuyas dimensiones en longitud y latitud sean semejantes

la latitud y el azimut. Las longitudes de las bases *determinan la escala de la red,* los ángulos *indican su forma,* y las determinaciones astronómicas *fijan su posición.*

La exactitud de las coordenadas de los vértices de un triángulo depende, a su vez, de la exactitud de las medidas angulares y de longitud, de los métodos de compensación, y de la forma de la red de triangulación. Puesto que los vértices de triangulación se utilizan principalmente como apoyo para poligonales y para triangulaciones de detalle, la exactitud de un vértice de triangulación deberá ser mayor que la especificada para las mediciones que en él se apoyen. Además, los vértices deberán estar situados en lugares accesibles que faciliten la liga con otros levantamientos.

Red local de triangulación

Las redes de triangulación destinadas a servir de base para levantamientos de ciudades y áreas extensas son generalmente de órdenes inferiores, no obstante, requieren alta precisión (Figura 1.15). Como la orientación de estas redes es a menudo arbitraria, al tratar de ligarlas con otras redes o con la red básica nacional, puede presentarse algún problema. Cuando la liga de un sistema de coordenadas a la red nacional, no sea posible o no se considere necesaria, el sistema de que se trate podrá orientarse independientemente de la manera siguiente:

Uno o varios de los lados de la triangulación se orientan respecto al norte astronómico, y al punto de estación se le asignan coordenadas $x - y$ tales que resulten positivas todas las coordenadas de los puntos situados dentro del área considerada.

La orientación puede hacerse determinando el azimut por medio de observaciones del Sol o de la Polar. Recientemente se han construido instrumentos giroscópicos para trabajos geodésicos de este tipo (véase inciso 1.4.4)

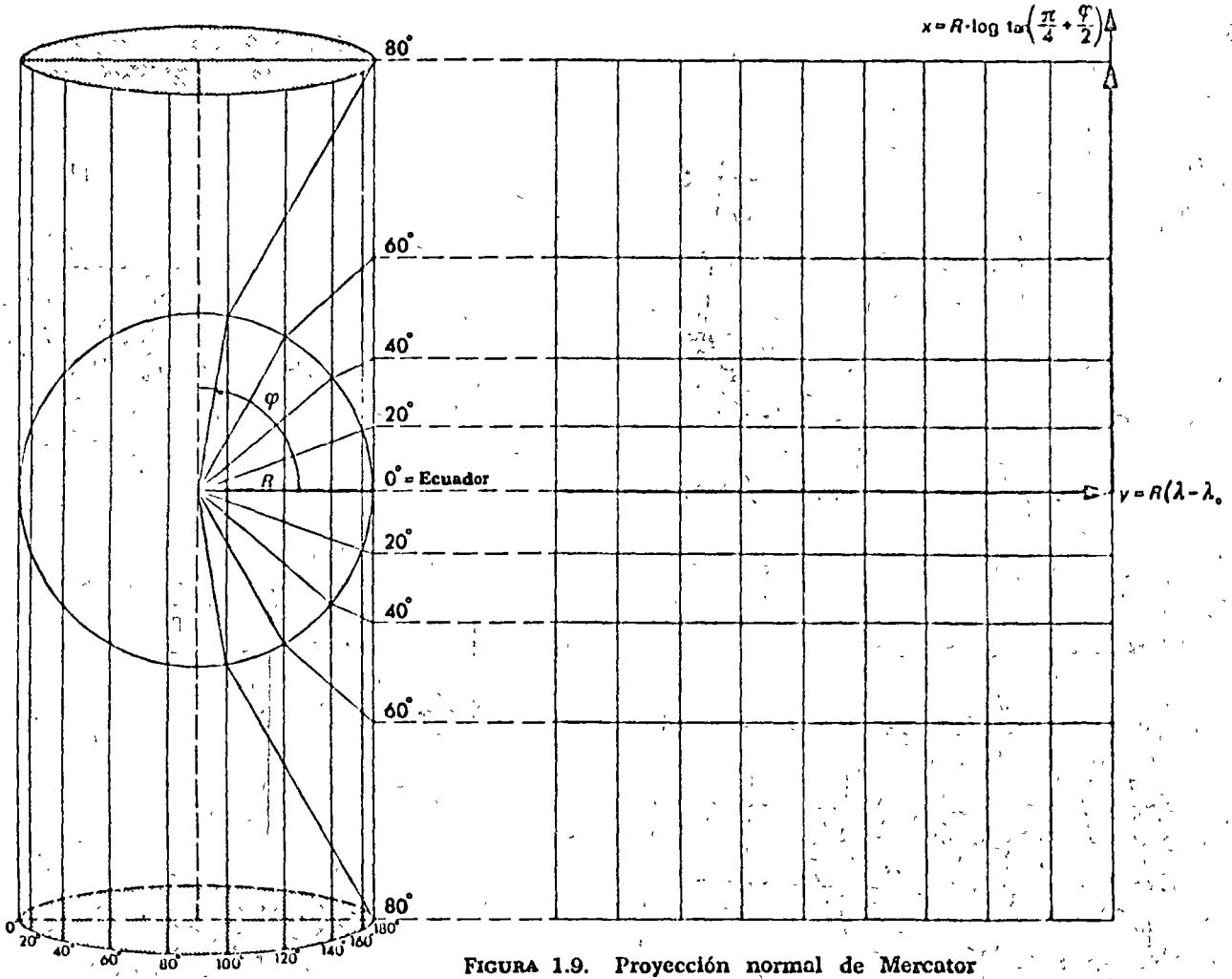


FIGURA 1.9. Proyección normal de Mercator

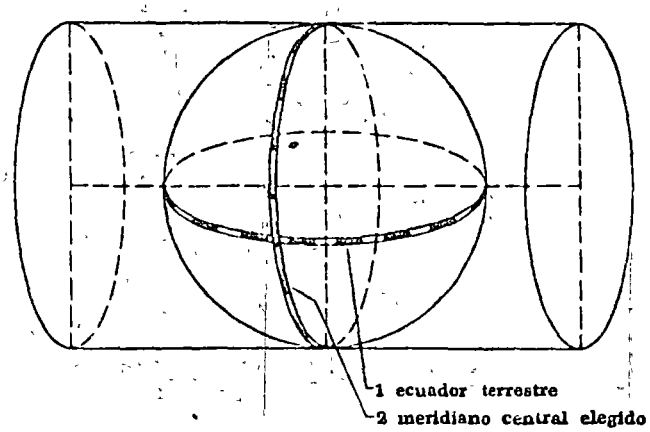


FIGURA 1.10. Proyección transversal de Mercator

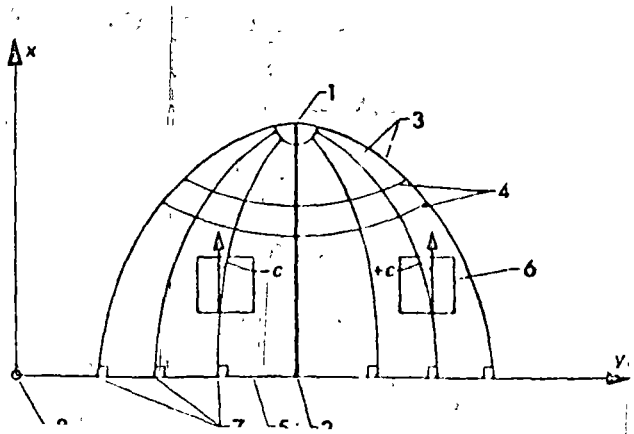


FIGURA 1.11. Elementos de la proyección transversal de Mercator. 1. Polo Norte. 2. Meridiano central elegido. 3. Meridianos. 4. Paralelos. 5. Ecuador terrestre. 6. Mapa orientado paralelamente al meridiano central. 7. Intersecciones perpendiculares a la línea del ecuador. 8 Origen del sistema coordenado. El ecuador y el meridiano central se proyectan como líneas rectas, en tanto que el meridiano elegido aparece en su verdadera magnitud Las intersecciones entre el ecuador y los meridianos son perpendiculares. El origen de las coordenadas fue elegido de manera que los valores de las ordenadas (y) resultasen siempre positivos. La diferencia angular entre la dirección del norte geográfico y la dirección norte de un mapa es representada por c (convergencia de meridianos) y su signo es negativo (—) al oeste

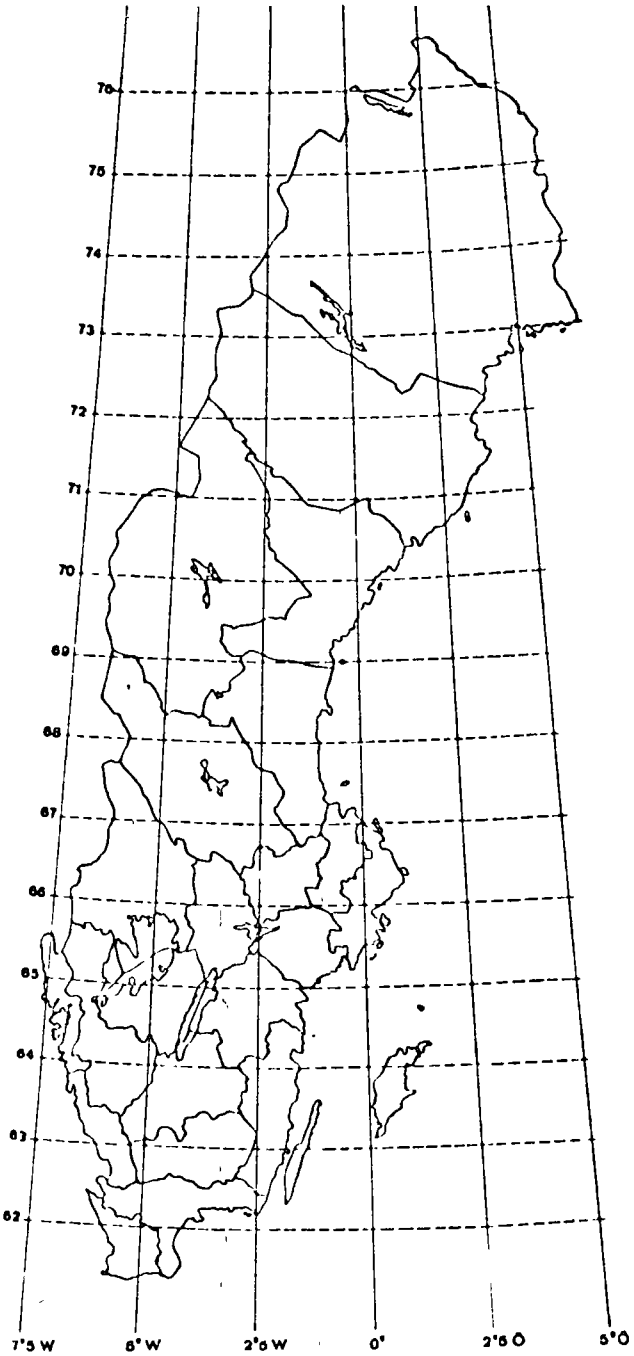


FIGURA 1.12. Orígenes de coordenadas. Las longitudes están referidas al meridiano que pasa por el observatorio Ganila de Estocolmo. Los números de los paralelos indican su distancia al ecuador, en centenas de kilómetros. Cada punto de cruce constituye el origen de un sistema de coordenadas. Ejemplo: Sistema 7°5 W 64

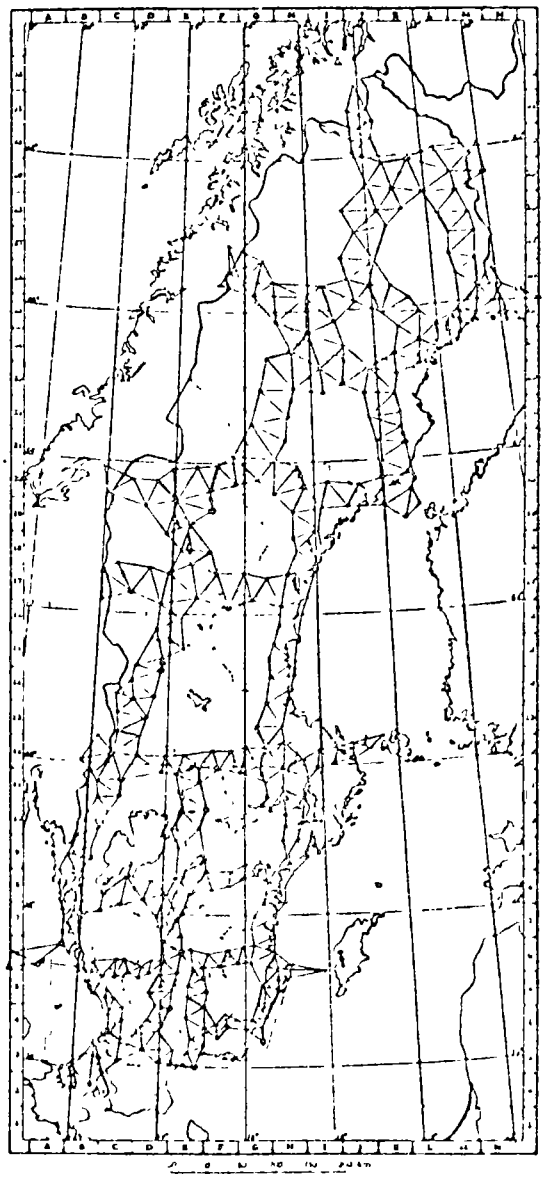


FIGURA 1.13. Red de triangulación de 1er. orden

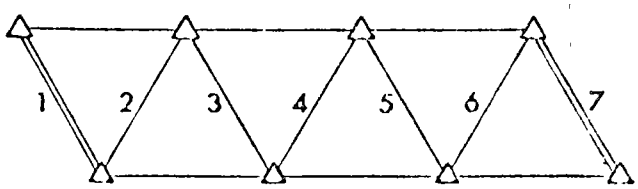


FIGURA 1.14 Red de triangulación. Las bases 1 y 7, así como los ángulos interiores de los triángulos se miden con toda precisión. Las distancias 2 a 7 se calculan por la ley de los senos La distancia 7 se emplea para comprobación

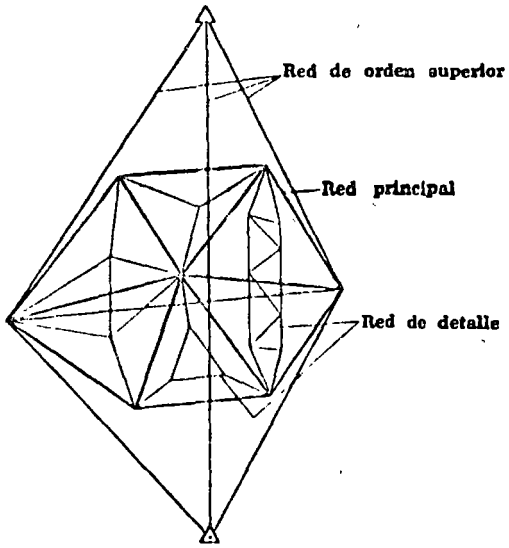


FIGURA 1.15. Red local ligada a una red de primer orden. La red principal presenta la forma de una "red de Berlín", llamada así por su punto central

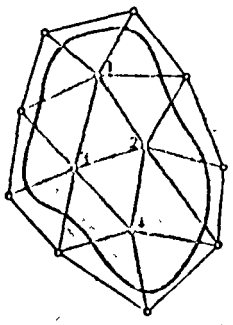


FIGURA 1.16. Polígonos con punto central. La red de triangulación está constituida por polígonos cuyos puntos centrales son los vértices Núms. 1, 2, 3 y 4. El sistema cubre toda el área de interés, por lo que los trabajos de detalle pueden realizarse fácilmente

1.2 MEDICION DE ANGULOS

La medición de ángulos se lleva a cabo con el propósito de conocer la posición relativa de

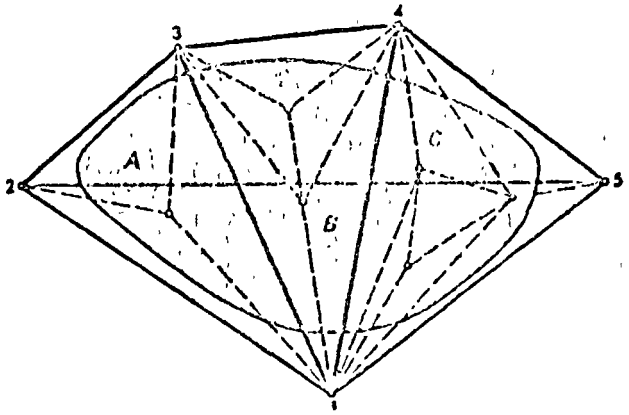


FIGURA 1.17. La red básica consta de tres triángulos; el lado 2-5 resulta redundante; el área por levantar se halla delineada en la figura. A fin de completar la red, para levantamientos posteriores, se establecieron los siguientes puntos interiores: Un punto dentro del triángulo *A* (1—2—3—1); dos puntos dentro del triángulo *B* (1—3—4—1); tres puntos dentro del triángulo *C* (1—4—5—1)

los puntos de interés. Para ello es necesario medir, tanto los ángulos horizontales como los verticales. El ángulo horizontal proporciona la posición horizontal de un punto y el ángulo vertical su posición vertical.

Los ángulos verticales pueden referirse al cenit, al nadir o al plano horizontal (Figura 1.18).

1.2.1 DIMENSIONES DE LOS ANGULOS

1. En el *sistema sexagesimal*:

Angulo de una revolución = 360°

$1° = 60'$

$1' = 60''$

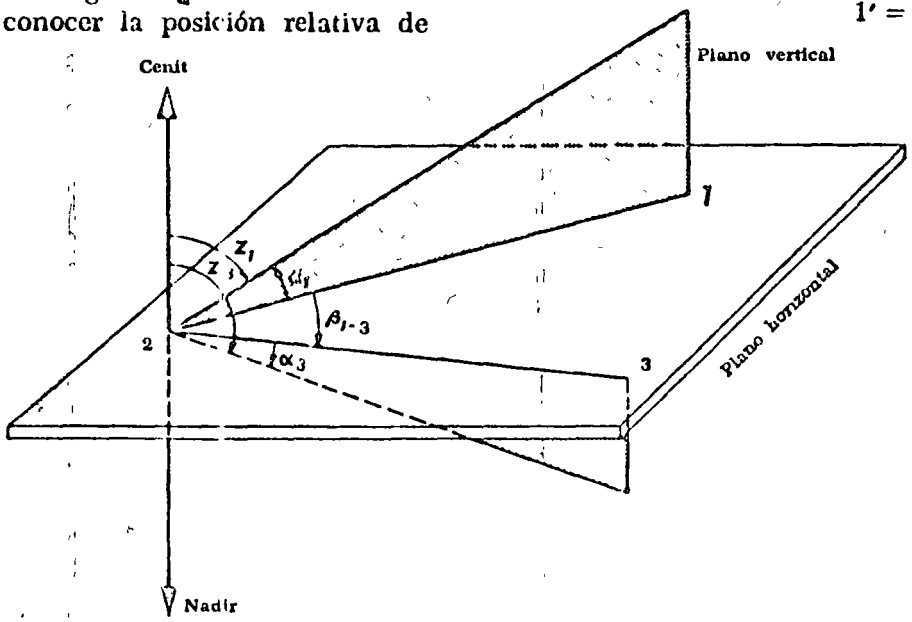


FIGURA 1.18. Los ángulos verticales pueden darse con relación al cenit, al nadir o al plano horizontal. β_{1-3} es el ángulo horizontal entre los lados 2-1 y 2-3

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

-- FOTOGRAMETRIA --

Fotogrametría en Vías Terrestres

ING. BULMARO CABRERA RUIZ

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA

Fotogrametría en Vías Terrestres

BULMARO CABRERA RUIZ
Ingeniero Civil

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

1 9 7 5

INTRODUCCION

Nuestro país invierte, cada año, varios miles de millones de pesos en carreteras y ferrocarriles. Siendo escasos los recursos, es imprescindible que cada peso destinado a tal fin se emplee cuando, dónde y en la forma que se obtengan los máximos beneficios para el país, y para lograrlo, se necesita que la planeación, la programación, el proyecto, la construcción y la conservación de las vías terrestres se realicen de la manera más racional, utilizando las mejores técnicas a nuestro alcance.

Aquí se describe someramente el procedimiento general de proyecto de carreteras que se sigue en la Secretaría de Obras Públicas, en el cual se utilizan principalmente fotogrametría, fotointerpretación y cómputo electrónico.

En estas notas se pretende dar una idea de conjunto del procedimiento de proyecto, pero destacando los trabajos fotogramétricos, los que se describen en forma simplificada.

El proyecto de vías terrestres requiere, principalmente, de datos socioeconómicos, uso del suelo, datos de tránsito, topografía, geotecnia, hidrología y técnicas de diseño y evaluación de proyectos.

En los últimos años, la obtención de datos del terreno se ha estado realizando cada vez con mayor rapidez, seguridad y economía, mediante la aplicación de la fotogrametría y la fotointerpretación.

La aplicación de la fotogrametría a las vías terrestres empezó a desarrollarse por el año de 1950, con la participación importante de ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, Suecia, Suiza e Inglaterra.

De 1960 en adelante se ha tenido un gran avance en este campo, principalmente debido al desarrollo de los instrumentos y técnicas de la topografía de precisión, fotogrametría, computación electrónica y dibujo automático.

En un proyecto dado, la fotogrametría puede intervenir en menor ó mayor grado, según se trate de la rectificación de una vía existente, sobre una ruta definida, o que el proyecto incluya la selección de la mejor ruta. Asimismo, la existencia de fotografía aérea y cartas o planos topográficos confiables, la cobertura vegetal o de agua, las posibilidades de vuelo fotográfico, el programa de obras y la magnitud del proyecto, son factores que afectan substancialmente la aplicación de la fotogrametría a un proyecto en particular.

Actualmente, unos 20 paises han integrado sus propios sistemas de diseño utilizando fotogrametría; las principales diferencias entre estos se deben a la calidad de la información cartográfica y a las condiciones de topografía y vegetación existentes en cada país. La tendencia universal es, hacer los sistemas tan simples, lógicos y flexibles como sea posible, a fin de aumentar su eficiencia. Uno de tales sistemas es el desarrollado en México por la Secretaría de Obras Públicas, cuyas principales actividades se muestran en el diagrama de flechas de la Figura No. 1.

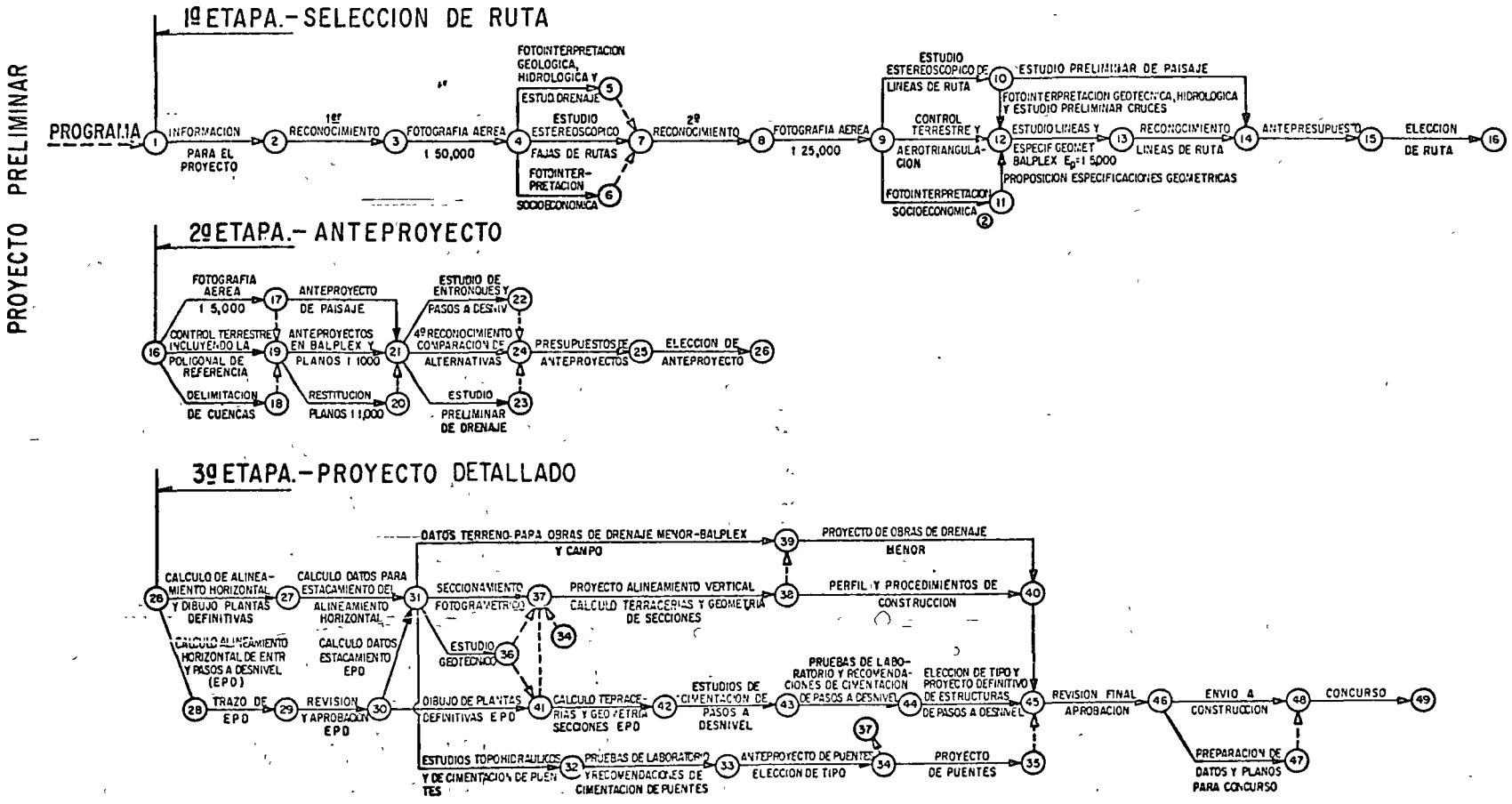
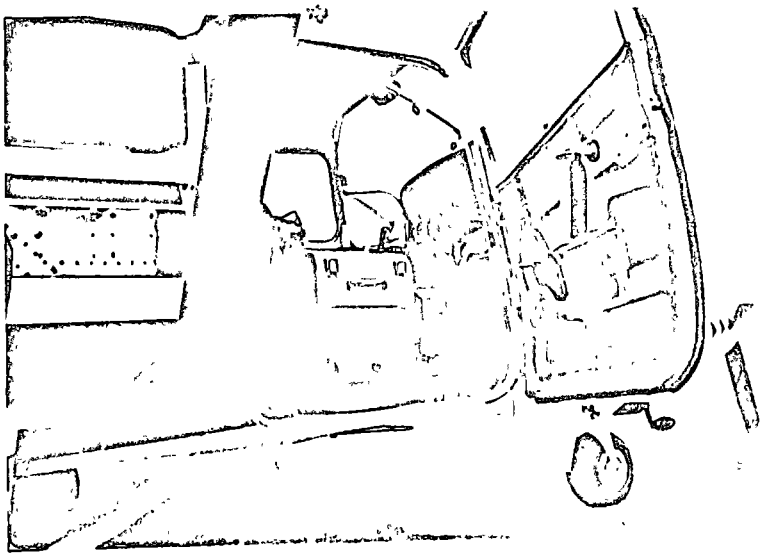


FIG. 1. RED DEL PROYECTO DE CARRETERAS METODO FOTOGRAMETRICO-ELECTRONICO

MEXICO

I.- PROYECTO Y CONSTRUCCION DE CARRETERAS

2. AVION FOTOGRAFICO



3. CAMARA RC-8 INSTALADA

METODOLOGIA

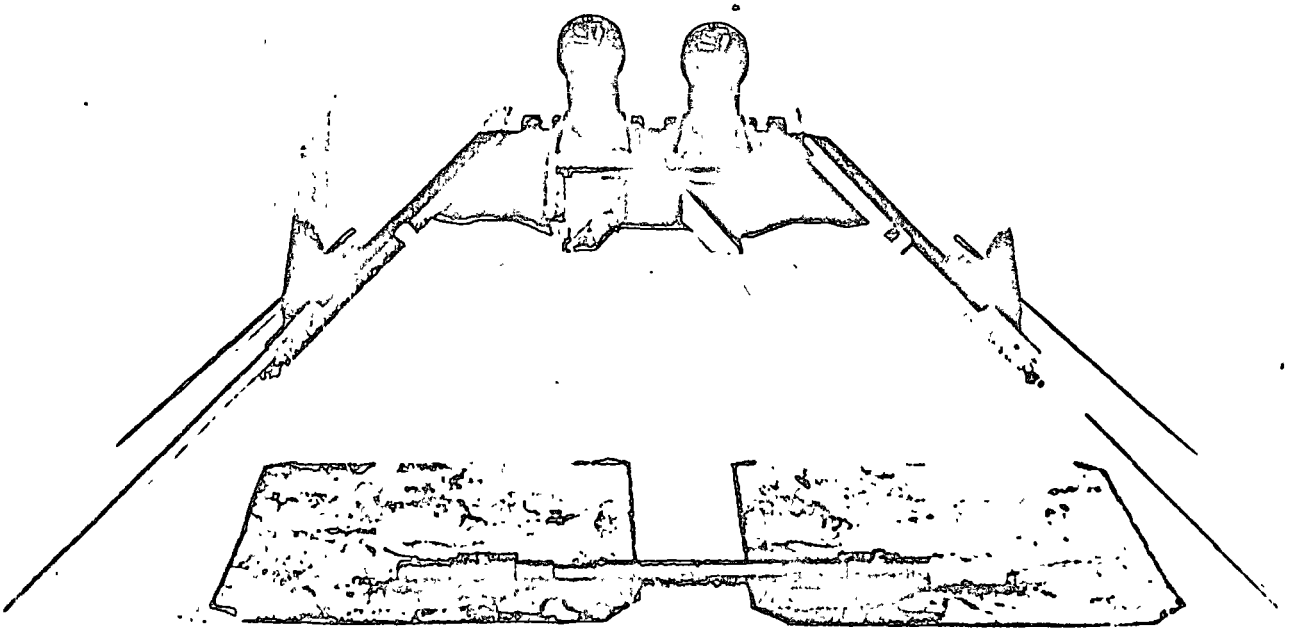
El sistema general se divide en 3 etapas: Selección de Ruta, Anteproyecto y Proyecto Detallado. De la primera a la última etapa, el ancho de la faja de estudio disminuye, mientras que el detalle y la precisión de las mediciones aumenta.

SELECCION DE RUTA

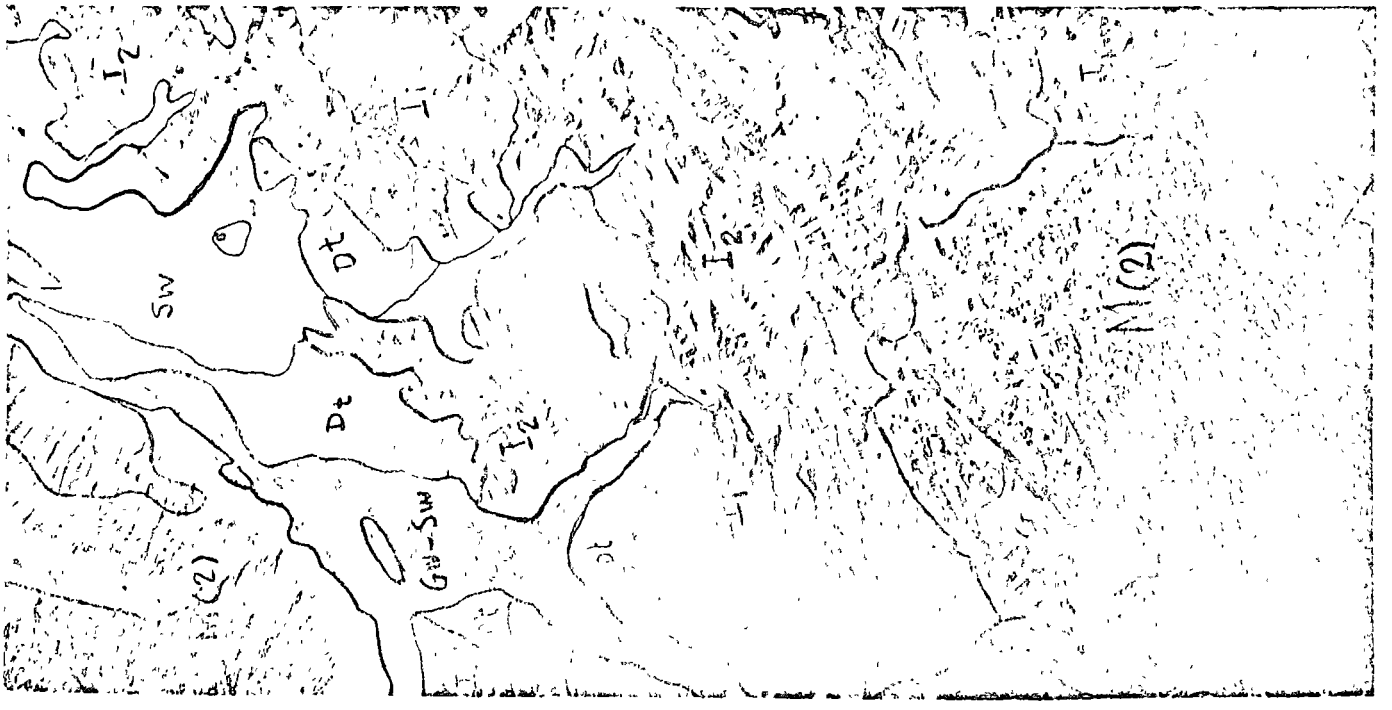
La etapa de selección de ruta consiste en el estudio, a nivel preliminar, de todas las posibilidades de ubicación de la vía, y la selección de la mejor, mediante el análisis de los costos y los beneficios de las diferentes alternativas.

El estudio comprende reconocimientos aéreos y terrestres, fotointerpretación desde los puntos de vista topográfico, de uso del suelo, geotécnico e hidrológico y trabajos fotogramétricos y de diseño que permiten el cálculo de cantidades y costos de obra en terracerías, drenaje, pavimento, etc. así como los correspondientes costos de conservación y operación.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan, en nuestro país, las diversas cartas existentes, a escalas 1:500,000, 1:250,000, 1:100,000, 1:25,000 y las 1:50,000 que está elaborando CETENAL, así como fotografías aéreas a



4. ESTEREOSCOPIO DE ESPEJOS



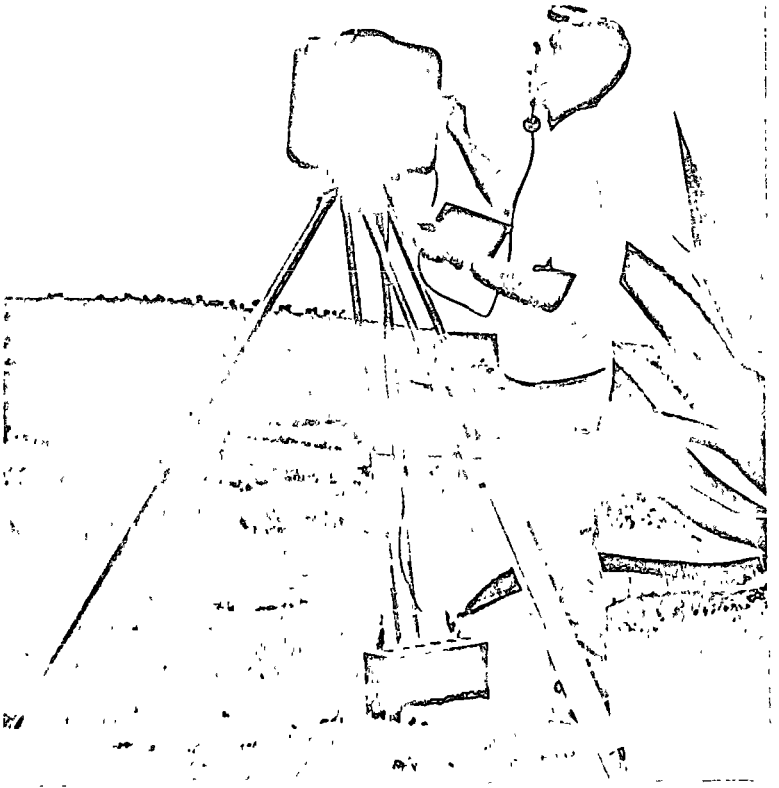
5. FOTOGRAFIA INTERPRETADA (GEOLOGIA)

escalas de 1:50,000 a 1:25,000, de diversas fuentes. La selección depende del tipo de terreno y de la disponibilidad y confiabilidad del material cartográfico y fotogramétrico.

A menos que el terreno sea muy montañoso, las fotografías a escala 1:50,000 son utilizadas solo para fotointerpretación, con el fin de delimitar las fajas de terreno que alojan las mejores líneas de ruta, por las cuales debe continuarse el estudio. La interpretación de las fotos a escala 1:50,000 se hace con la ayuda del material cartográfico, estereoscopio y barra de paralaje, para la medición aproximada de desniveles.

El análisis de las fotografías en el concepto uso del suelo, produce un croquis o mosaico fotogeológico, sin embargo, es conveniente que el resultado del análisis se conserve en los pares estereoscópicos, para su mejor utilización por parte del proyectista, quien con base en la información anterior, el análisis topográfico y las consideraciones de operación, servicio y costo, estudia las diversas alternativas y determina las más convenientes, cuyo estudio debe continuarse.

Cuando el proyecto se aloja en terreno muy abrupto, y no es obvia la elección de la mejor faja de terreno, se hace control terrestre para las fotos a escala 1:50,000.

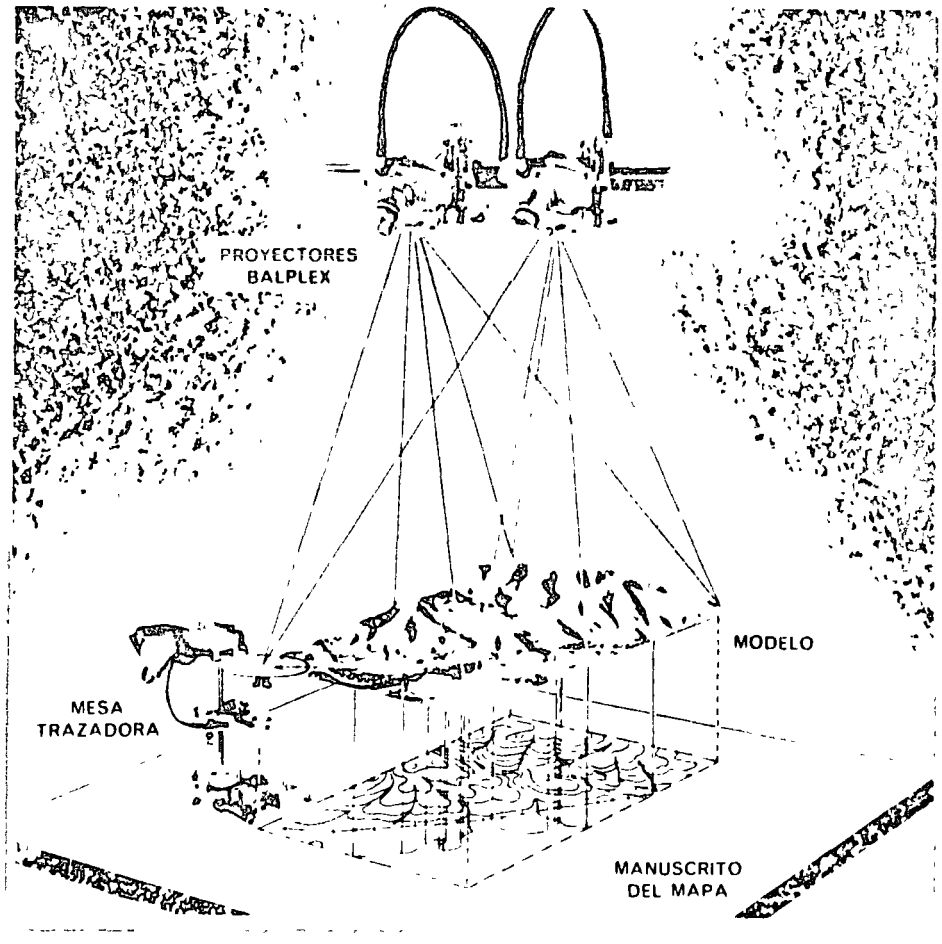


6. TELUROMETRO MRA-3 EN OPERACION

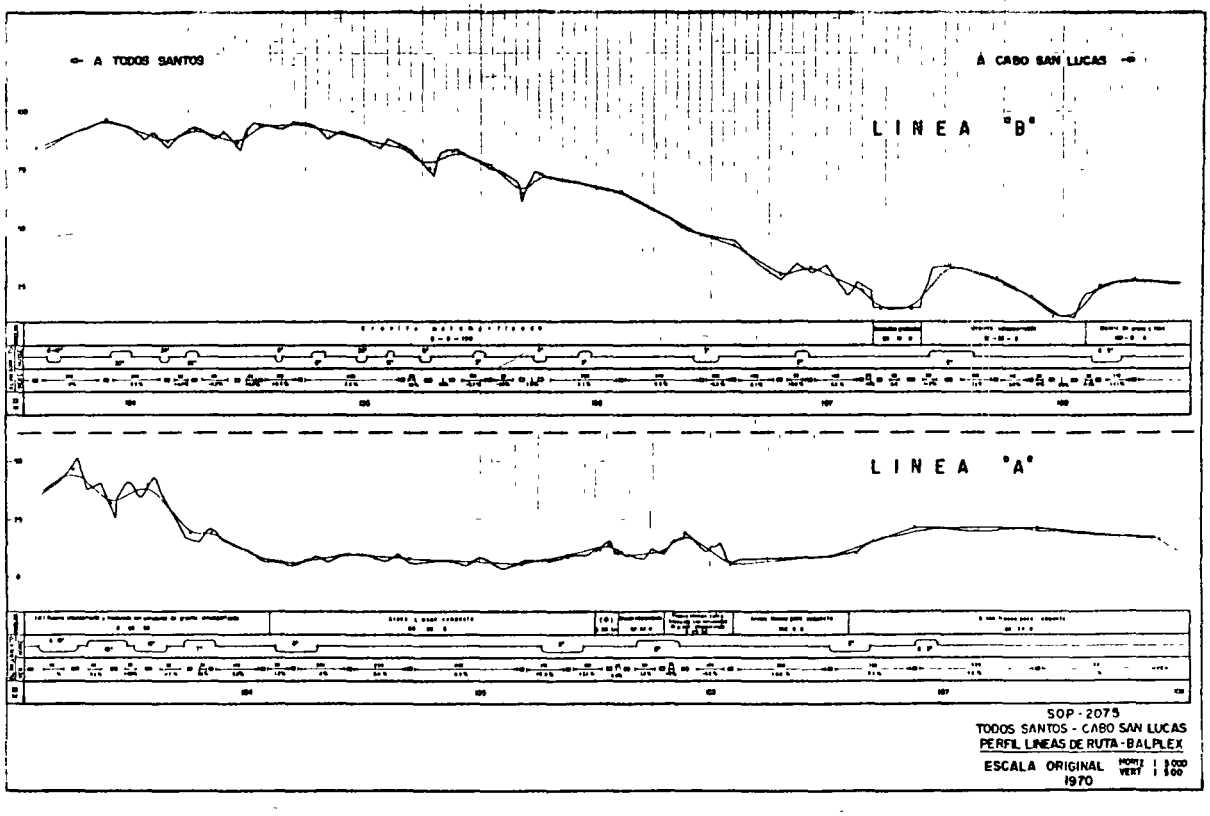
7. BALPLEX 760 Y MESILLA DE ANTEPROYECTO

El siguiente paso se lleva a cabo a base de fotografías a escala 1:25,000, que si no las hay convenientes, se toman cubriendo las fajas de estudio - previamente determinadas. A estas fotografías se les hace control terres-- tre (ver anexo "A") con el fin de orientarlas en instrumentos Balplex 760, donde puede realizarse, a nivel de anteproyecto preliminar, el estudio de alternativas en planta, perfil y sección transversal, haciendo todas las - medidas en el Balplex. En caso necesario, se hace restitución a escala - 1:5,000/5m de una faja, tan angosta como pueda delimitarse en el propio instrumento, de acuerdo con las posibilidades de ubicación de las alter- nativas.

El Balplex 760 tiene la ventaja de la proyección sucesiva de hasta 5 mode los completos de una línea, con ahorro en control terrestre mediante aero- triangulación, permitiendo simultáneamente la interpretación en los concep tos (suelos, drenaje, bancos de materiales, etc.) que afectan el proyecto, y la medición o restitución necesarias, sin necesidad de reorientar los mo delos. La precisión altimétrica del Balplex viene a ser 0.25 °/oo de la al- tura de vuelo, sin considerar el efecto de la vegetación, o sea, aproxi madamente 1m para fotos a escala 1:25,000, Con el fin de aumentar la precisión de las mediciones en el Balplex, es recomendable el uso de fotografías aéreas tomadas con lentes Aviogón, pues las distorsiones -



8. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL BALPLEX



9. PERFILES DE ALTERNATIVAS DE LINEAS DE RUTA

radiales de ambos sistemas ópticos tienden a compensarse.

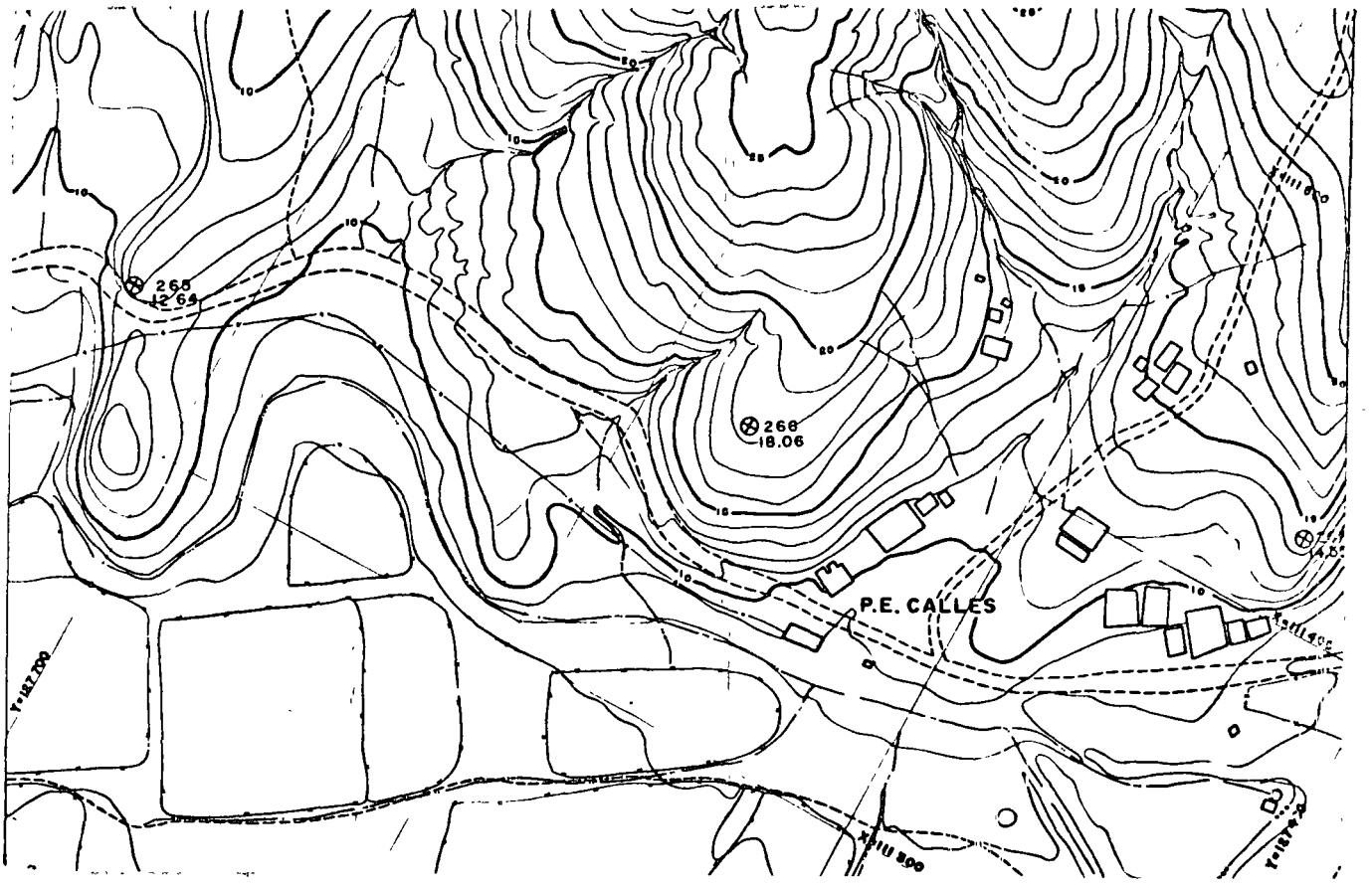
La cubicación de terracerías y el cálculo de costos de operación de las alternativas del anteproyecto preliminar, puede hacerse mediante tablas, nomogramas o programas de cómputo, en base al perfil del terreno, el perfil de la subrasante, la pendiente transversal del terreno, las secciones tipo, las características de los materiales, el alineamiento horizontal, las características del tránsito, el período de previsión, la tasa de actualización, etc.

Mediante la evaluación de las alternativas (a través de los índices de costo/habitante servido, índice de productividad o índice de rentabilidad, según sea el tipo de camino), se selecciona la mejor línea de ruta, la cual se presenta en fotografías aéreas, planta, perfil con cantidades de obra, antepresupuesto y memoria de evaluación.

ANTEPROYECTO

El objetivo fundamental de esta fase es definir la línea que mejor satisfaga los requerimientos de beneficios y costo, la que debe ser trazada en el campo o procesada fotogramétricamente, para desarrollar el proyecto detallado.

10. AUTOGRAFO A-8 EN RESTITUCION



11. PLANO A Esc. 1:1,000/1m OBTENIDO DE FOTOS A Esc. 1:5,000, MEDIANTE AUTOGRAFO A-8

Si la línea de ruta seleccionada se aloja en terreno cubierto de vegetación alta y densa, el trabajo debe continuarse directamente en el campo, trazando como poligonal preliminar (apoyo del levantamiento topográfico) la propia línea de ruta; de otro modo, sobre ésta y sus posibles variantes se preseñala una poligonal de referencia (ver anexo "A"), y se toman fotografías aéreas a escala 1:5,000 ó 1:10,000; 1:5,000 si la vegetación densa tiene una altura inferior a 50 cm y 1:10,000 en caso contrario.

Con estas fotografías aéreas y el control terrestre, constituído por la poligonal de referencia y puntos laterales de control vertical, se elaboran planos a escala 1:1,000 ó 1:2,000, con curvas de nivel a cada 1m ó 2m, mediante instrumentos generalmente de segundo orden, como el autógrafo A-8, etc. El ancho de la faja de restitución es normalmente de 200 a 400 m, de acuerdo con las posibilidades de ubicación del eje definitivo.

En los trabajos de esta fase, un autógrafo A-8 bien ajustado permite una precisión altimétrica de 0.10 a 0.15 °/oo de la altura de vuelo, sin considerar el efecto de la vegetación.

Tomando como base la línea de ruta y utilizando los planos a escala 1:1,000 ó 1:2,000, las fotografías aéreas, y eventualmente el Balplex, se estudia con detalle la mejor ubicación de la línea, deduciendo perfiles y secciones del terreno para varias alternativas, calculando costos de construcción, operación, etc.

La mayor cantidad de detalles y la mayor precisión de los planos a escala 1:1,000/1m, obtenidos de un vuelo a escala 1:5,000, permite un anteproyecto más seguro, que requiere menos ajustes en el campo que si se utilizan planos a escala 1:2,000/2m, obtenidos de fotografías aéreas a escala --- 1:10,000.

El resultado de esta fase se presenta en fotografías aéreas a escala 1:5,000 ó 1:10,000, planta y perfil con los datos de justificación de la elección.

PROYECTO DETALLADO

En esta etapa se obtienen los perfiles longitudinales, secciones transversales y planos de detalle del terreno, necesarios para el diseño geométrico de las secciones de construcción, la cubicación de las terracerías y el proyecto del drenaje, tanto de los ejes principales como de las intersecciones.

Dependiendo de la densidad de la vegetación, la longitud del tramo y la configuración topográfica, los datos del terreno para el proyecto detallado pueden ser obtenidos directamente en el campo o por fotogrametría.

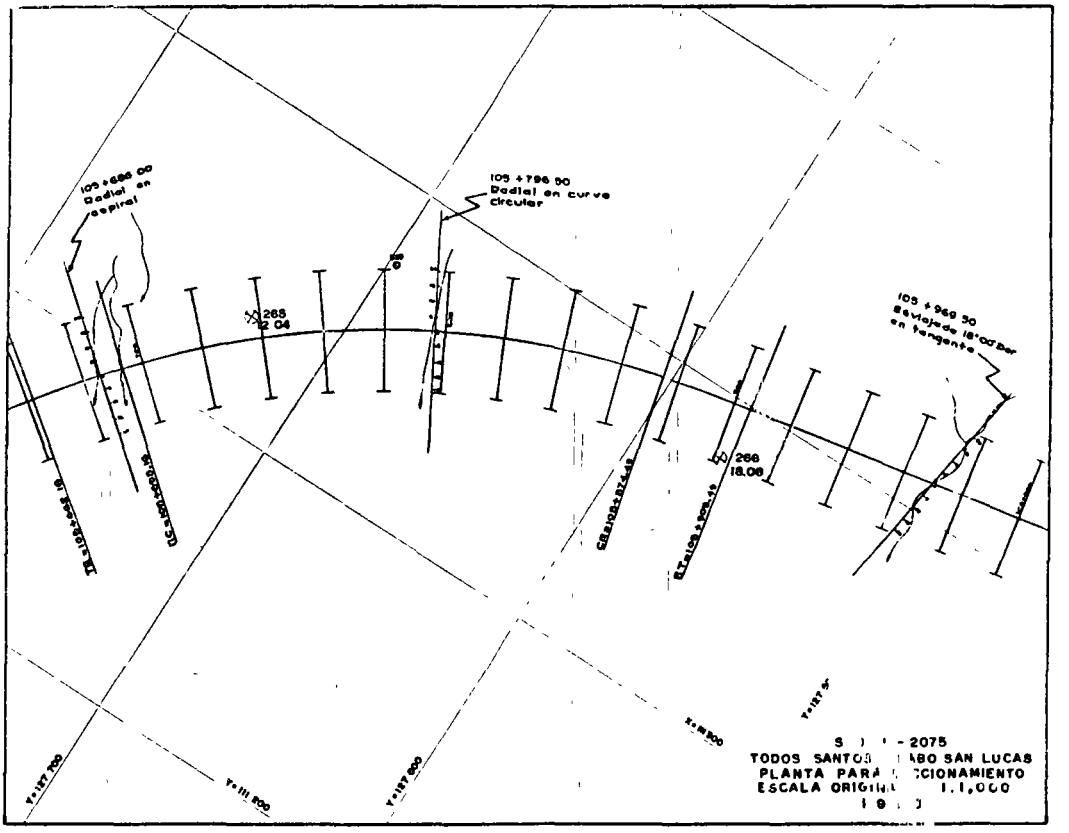
Para la obtención de los datos en el campo, se replantean los ejes del anteproyecto a partir de los vértices de la poligonal de referencia que sirvió de control horizontal a las fotos a escala 1:5,000 ó 1:10,000. El cálculo de las

medidas lineales y angulares para este replanteo se hace mediante un programa de cómputo electrónico que utiliza las coordenadas x-y de los vértices de la poligonal y las de los puntos principales y de cada 20 m del alineamiento horizontal.

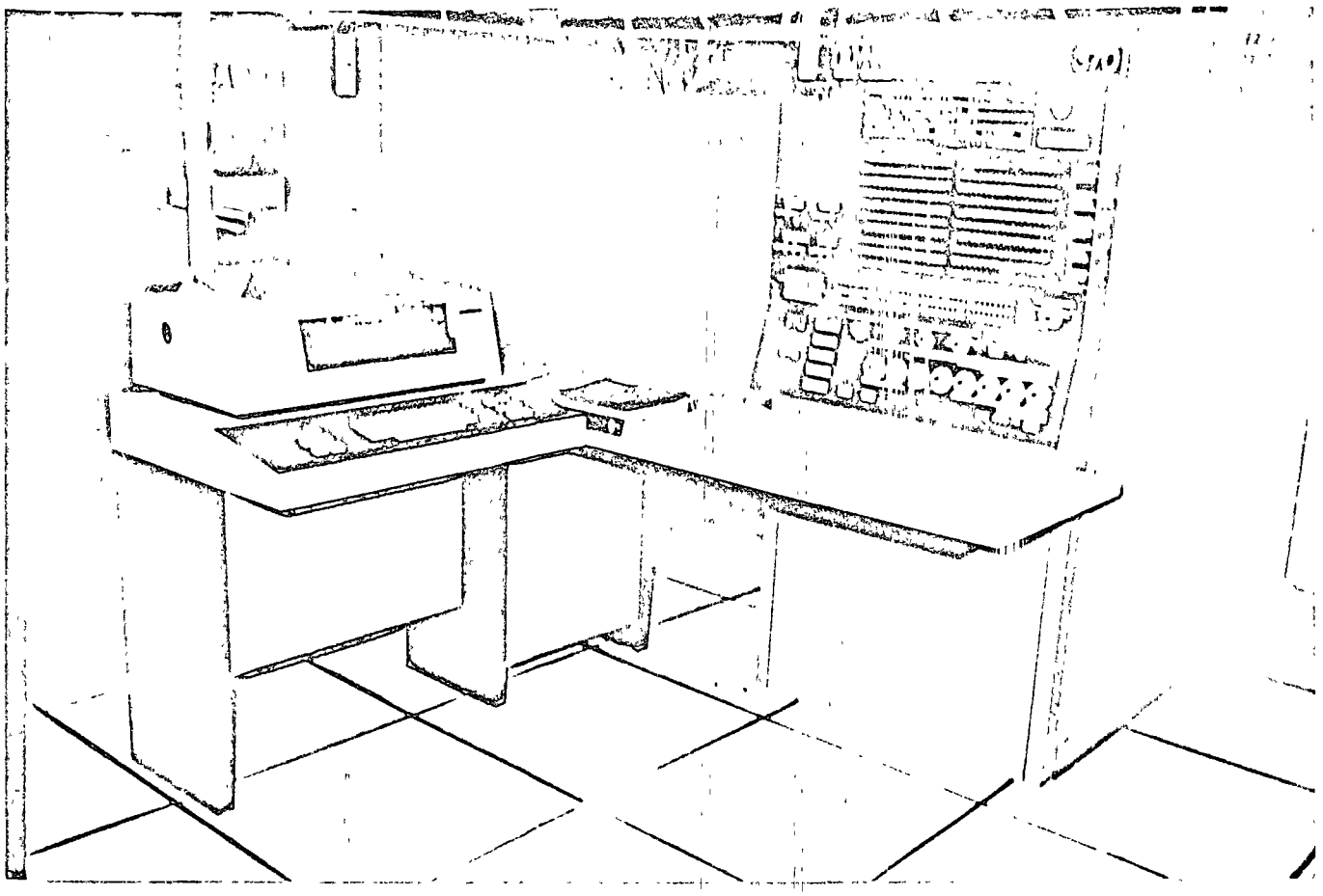
Para obtener los datos del terreno por fotogrametría se hace un seccionamiento fotogramétrico; para ello se orientan en un instrumento de segundo orden, o uno de primer orden, como el autógrafo A-7, con dispositivo automático de registro de coordenadas, las fotografías aéreas a escala 1:5,000 y su control terrestre utilizados previamente, la planta a escala 1:1,000 que contiene los ejes principales y los de las intersecciones, con las secciones transversales de cada 20 m y los ejes de las obras de drenaje. Las secciones intermedias correspondientes a quiebres del terreno se escogen durante el seccionamiento.

Una vez que se ha verificado numéricamente la orientación absoluta del modelo, mediante las coordenadas instrumentales y terrestres de los puntos de control, la operación consiste en registrar ordenadamente, en listado y en tarjetas o cinta, mediante las claves correspondientes, las coordenadas instrumentales del terreno sobre cada sección, en el eje y en los puntos de quiebre significativos. A continuación, las coordenadas instrumentales x'-y'-z', de los puntos de quiebre registrados, son transformados, mediante

12. AUTOGRAFO A-7 EN SECCIONAMIENTO



13. PLANTA A Esc. 1:1,000 PARA SECCIONAMIENTO FOTOGRAMETRICO



14. SISTEMA IBM 370

DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS DE VIAS TERRESTRES — TRABAJO NUMERO 2075
DPTO. DE VIAS TERRESTRES 24 GENAL FOTOGRAMETRIA — HOJA NUMERO 3
(69-13)

RESULTADOS DE TRANSFORMACION — DEL SECCIONAMIENTO TRANSVERSAL

CAMINO LA PAZ C SAN LUCAS — TRAMO TODOS SANTOS C LUCAS — ALTERNATIVA 4 FEBRERO 69

DEL KM 105570.00 AL KM 106110.00

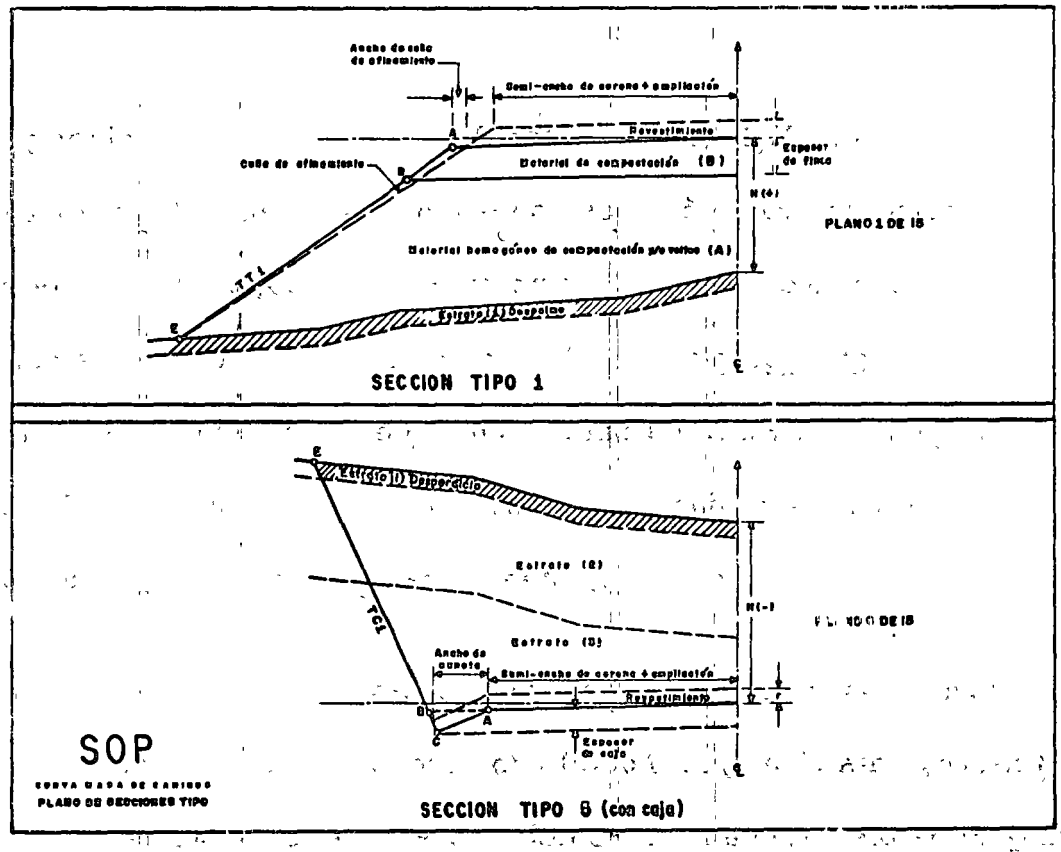
TRAM	T	KILOMETRAJ	ELEVAC	DESN	DIST	DFSN	DIST	DESN	DIST	DESN	DIST	DFSN	DIST
2075	01	105570000	1295	-447	2029	-464	2021	-312	1550	-314	1170	-230	1107
2075	02	105580000	1295	-197	597	0	0	-3	0	102	-278	300	-1039
2075	03	105580000	1295	237	-1405	469	-2006	0	0	0	0	0	0
2075	01	105590000	1301	-374	2027	-338	1746	-240	1470	-248	1126	-179	982
2075	02	105590000	1301	-93	362	1	-7	78	-439	63	-1034	282	-1453
2075	03	105590000	1301	435	-1989	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105600000	1002	-169	2032	-158	1713	-111	1530	-87	1270	-83	873
2075	02	105600000	1002	-44	470	-1	5	32	-262	113	-891	293	-1404
2075	03	105600000	1002	551	-1976	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105611125	1037	-235	2025	-711	1663	-143	1011	-122	534	-104	471
2075	02	105611125	1037	-2	10	89	-895	149	-942	421	-1279	0	0
2075	01	105620000	996	-159	2028	-141	2022	-40	996	-57	477	-3	12
2075	02	105620000	996	174	-897	452	-1978	462	-1579	0	0	0	0
2075	01	105630000	1007	-158	2035	-90	1336	-21	457	-3	16	39	-287
2075	02	105630000	1007	138	-1172	295	-1979	0	0	0	0	0	0
2075	01	105660000	935	-182	2047	-68	1778	-132	1676	-125	1400	-38	771
2075	02	105660000	935	-8	176	1	15	-3	1	84	-387	49	-818
2075	03	105660000	935	82	-594	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105662121	946	-174	2044	-174	2007	-174	1674	-171	1635	-49	7 0
2075	02	105662121	946	-35	663	-8	11	0	-66	45	-947	46	-8 0
2075	03	105662121	946	77	-997	-78	-1031	120	-1693	120	-1739	136	-1918
2075	01	105680000	835	-83	2047	-93	2041	-93	1582	-48	871	3	15
2075	02	105680000	834	0	0	27	-748	69	-1331	74	-1790	36	-1900
2075	01	105683312	834	-56	2042	-84	2032	-45	1210	-1	1	28	-1018
2075	02	105683312	836	80	-1534	73	-1972	80	-1992	0	0	0	0
2075	01	105693312	842	-80	2047	-63	2033	-35	1664	5	1120	18	545
2075	02	105693312	842	-7	-164	34	-944	35	-1160	61	-1409	0	0
2075	01	105700000	876	-53	2067	-51	2039	-27	1589	-185	1302	15	1003
2075	02	105700000	876	-22	509	-5	28	31	-910	56	-1576	11	-1955
2075	01	105711105	880	47	2053	-71	2038	-68	1844	10	1202	-1	860
2075	02	105711105	880	0	51	27	-501	65	-1513	73	-1939	14	-1963
2075	01	105720000	885	136	2035	126	1576	-50	1140	-2	35	4	-765
2075	02	105720000	885	87	-1647	69	-1992	0	0	0	0	0	0
2075	01	105733375	900	186	2035	193	2024	154	1470	3	760	-3	17
2075	02	105733375	900	26	-557	53	-1613	57	-1968	0	0	0	0
2075	01	105733212	1107	25	2044	95	2035	95	1743	56	937	-7	420
2075	02	105733212	1107	-11	175	2	21	-19	-381	-131	-1407	-32	-1945
2075	03	105733212	1107	-149	-1973	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105740000	1194	-38	2050	-64	2035	-28	1605	5	501	-1	156
2075	02	105740000	1194	-4	53	-10	22	33	-198	115	-1124	107	-1900
2075	03	105740000	1194	30	-1957	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105750000	1050	-169	2033	-172	1777	-97	943	-10	160	-1	19
2075	02	105750000	1050	6	-247	41	-308	107	-873	193	-1970	130	-1968
2075	01	105762843	1022	-147	2053	-163	2016	-163	1677	-100	713	1	35
2075	02	105762843	1022	-4	51	11	-65	28	-465	99	-535	110	-1095
2075	03	105762843	1022	241	-1975	0	0	0	0	0	0	0	0
2075	01	105770000	981	-154	2044	-49	1044	-3	371	-3	18	48	-358
2075	02	105770000	981	54	-317	111	-1101	239	-1671	0	0	0	0
2075	01	105770668	931	-54	2044	-79	2038	-49	1894	-10	917	-1	17
2075	02	105770668	931	63	175	41	-2 0	79	-1846	0	0	0	0
2075	01	105800000	987	-61	2047	-71	1409	-91	1554	-78	279	-1	8
2075	02	105800000	987	11	-104	19	-071	65	-1844	104	-1967	0	0
2075	01	105815106	1155	-44	2046	-43	1547	41	374	17	63	-7	42
2075	02	105815106	1155	27	92	-10	-746	23	-847	11	-907	14	-1347
2075	03	105815106	1155	11	-1909	11	-1929	0	0	0	0	0	0
2075	01	105820000	1268	-154	2037	-137	2031	-90	1424	-33	1080	5	444
2075	02	105820000	1268	-9	306	-14	17	0	16	0	-104	63	-493
2075	03	105820000	1268	-3	-443	37	-1369	-3	-1732	39	-1964	0	0
2075	01	105840000	1515	-779	2033	-619	1624	-178	1445	-97	712	1	14
2075	02	105840000	1515	14	012	47	-1966	0	0	0	0	0	0
2075	01	105860000	1640	-359	2063	-374	2033	-287	1589	-93	667	-3	26
2075	02	105860000	1640	87	-982	169	-1962	0	0	0	0	0	0
2075	01	105867450	1682	-395	2049	-393	2029	-248	1496	-71	677	9	19
2075	02	105867450	1682	72	-641	139	-1003	-249	-1977	0	0	0	0
2075	01	105875460	1694	-300	2045	-286	1955	-178	1838	-269	1301	87	924

15. SECCIONAMIENTO TRANSFORMADO

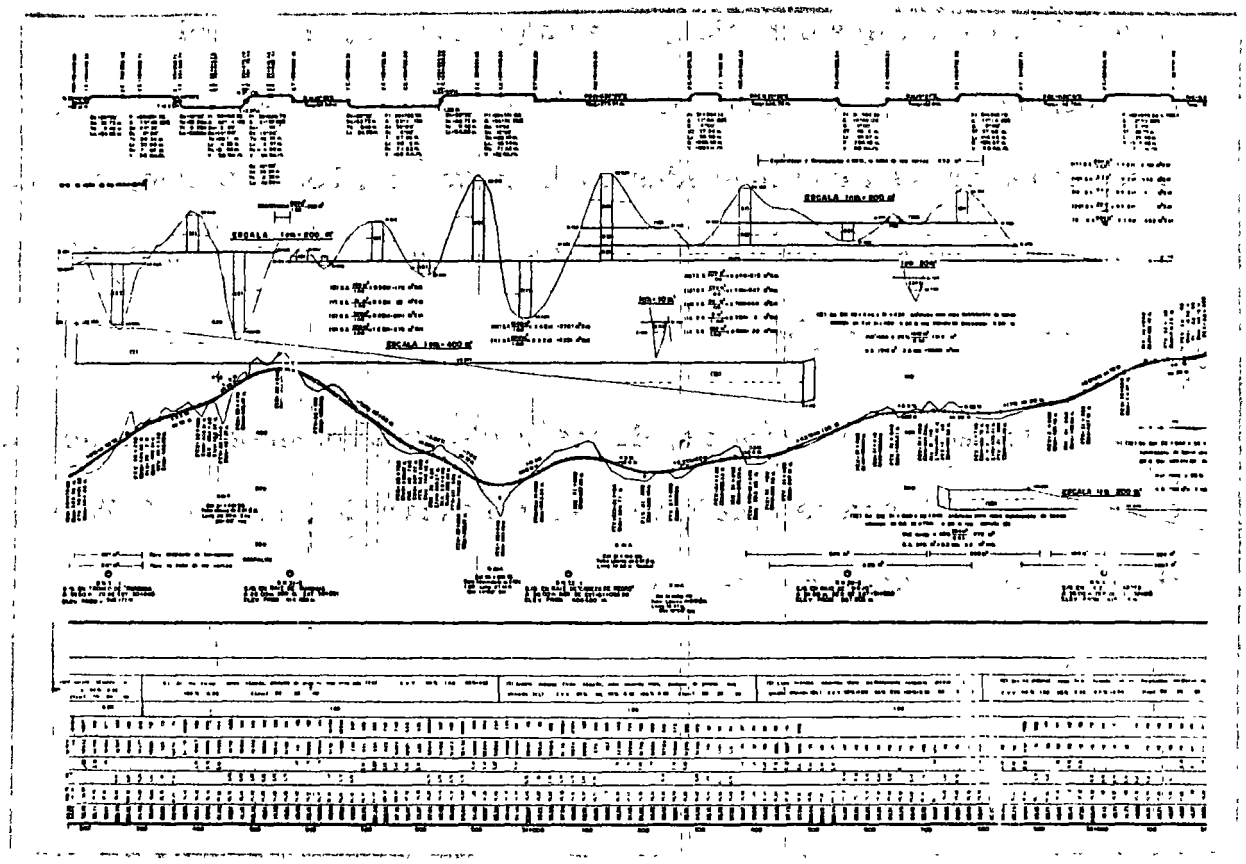
computadora, al sistema de coordenadas terrestres con base en las coordenadas x-y-z de los puntos de control terrestre; en seguida, en el mismo proceso, se transforman las coordenadas terrestres de los puntos de quiebre, al sistema convencional distancia/desnivel de cada sección, referido al terreno en cada eje seccionado.

Como resultado de este proceso, se obtiene, para cada eje, el perfil longitudinal del terreno, por cadenamiento y elevación a cada 20 m y en secciones intermedias, las secciones transversales del terreno a cada 20 m y en quiebres intermedios, mediante distancia y desnivel de cada punto de quiebre respecto al terreno en el eje, y para cada eje de obra de drenaje, su cadenamiento y esviaje, así como su perfil longitudinal, por distancia y elevación de cada punto de quiebre.

Con los datos de perfil y secciones transversales del terreno así obtenidos, las secciones tipo, los datos de ampliaciones y sobreelevaciones, los datos del alineamiento vertical y los datos de suelos, se hace el proyecto de terracerías, generalmente mediante el ensayo de varias alternativas de subrasante. Esta fase se realiza con la ayuda de un programa de cómputo, que produce como resultados, la geometría del alineamiento vertical y de las secciones de construcción, los volúmenes de corte y terraplén, así como las coordenadas del diagrama de masas, que se utilizan para el cálculo de los movimientos de terracerías.



16. GEOMETRIA DE SECCIONES DE CONSTRUCCION



17. PERFIL DE CONSTRUCCION

Con la subrasante definitiva, los perfiles de los ejes de las obras y los datos hidrológicos y geotécnicos, obtenidos con ayuda de la fotointerpretación, la fotogrametría, y directamente en el campo, se elabora el diseño geométrico preliminar de las obras de drenaje. Este diseño se considera preliminar, debido a la común presencia de vegetación en los sitios de las obras, lo que se traduce en imprecisión en la determinación de los desplantes, los cuales deben ser ajustados previamente a la construcción.

Obviamente, las mediciones fotogramétricas para la obtención de datos del terreno, para el proyecto detallado, deben hacerse con los máximos controles de precisión a lo largo del proceso. De las cámaras aéreas debe conocerse, entre otros elementos, la distorsión radial, para compensarla o incluirla en la transformación, si es significativa. El control terrestre debe tener una precisión mínima de 1/10,000 en el cierre planimétrico y las precisiones altimétricas indicadas en el Anexo "A". Los instrumentos fotogramétricos habrán de estar bien ajustados y controlada la agudeza visual y la producción de los operadores.

La precisión altimétrica teórica, de las mediciones fotogramétricas del seccionamiento, es representada por un error estándar del orden de 0.15 m, sin incluir el efecto de la vegetación.

Al comparar los perfiles y secciones transversales del terreno obtenidos por fotogrametría, con los resultantes de mediciones directas en el campo, se han hallado, en general, discrepancias de ambos signos, con valores inferiores a 20 cm en un 85% de los puntos; discrepancias de 20 a 30 cm en un 10%, así como puntos aislados (5%) con diferencias aún mayores.

Analizando los resultados de los muestreos efectuados hasta ahora, puede establecerse que las causas principales de estas diferencias han sido las siguientes:

1) Errores en el replanteo del trazo, a partir de la poligonal de referencia.

2) Deficiente criterio de nivelación en el campo.

3) Existencia de pasto, cultivos, o en general, vegetación densa y/o alta, que impide ver el terreno a través de las fotografías aéreas.

4) Errores de observación y registro en las operaciones fotogramétricas.

5) Fallas no detectables en los procesos automáticos.

Los errores por las causas 1 y 2 pueden ser disminuidos entrenando debidamente al personal de campo.

Los errores por la causa 3 pueden reducirse; a) seleccionando mejor los tramos en los que deban obtenerse los datos finales del terreno por fotogrametría; b) utilizando, para este objeto, fotografías aéreas a escala no me-

nor que 1:5,000, tomadas cuando la cobertura vegetal sea mínima, de acuerdo con el régimen de cultivo, foliación, época de lluvias, etc.

Los errores por la causa 4 pueden aminorarse optimizando la selección de los operadores fotogrametristas y verificando frecuentemente su agudeza visual.

Los errores por la causa 5 pueden reducirse adicionando rutinas de verificación.

Alguna de las mejoras recientes, en la aplicación de la fotogrametría al proyecto de vías terrestres, han sido: el uso de dispositivos automáticos de registro en el Balplex, la digitalización del terreno durante la restitución de planos para anteproyecto, con el fin de aplicarlo en el proyecto detallado, el uso de ortofotos, principalmente en proyectos ubicados en zonas con abundante planimetría, y el uso de perspectivas en la etapa de anteproyecto.

MODELO DIGITAL DEL TERRENO

El modelo digital viene a ser la imagen numérica de una faja de terreno, formada por una serie de puntos de coordenadas espaciales conocidas, a partir de los cuales es posible obtener, por interpolación, elevaciones de ---

puntos sobre líneas dadas, con fines de proyecto geométrico y de cubicación.

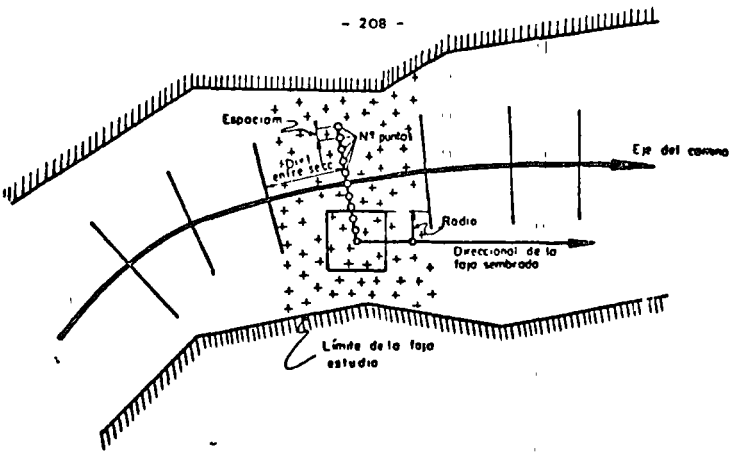
El modelo digital es particularmente útil en el proyecto y cubicación de entronques, con gran concentración de ejes en pequeñas áreas, donde los seccionamientos convencionales serían complicados, y en el estudio de ajuste de terracerías con cambios de alineamiento horizontal. El modelo digital evita el seccionamiento de cada alternativa.

Las coordenadas x-y-z de los puntos dato del terreno, pueden obtenerse por mediciones directas en el campo, de modelos fotogramétricos o de planos con curvas de nivel.

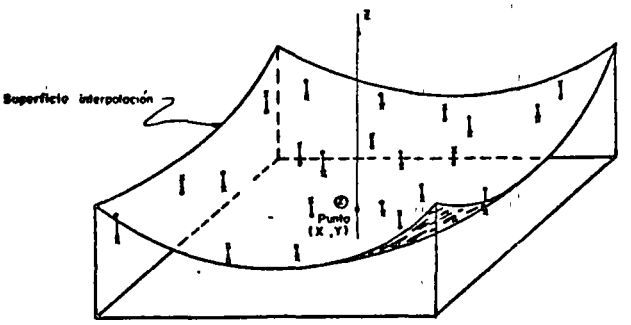
Ya existen en el mundo muchas versiones de modelo digital, las cuales difieren principalmente en la manera de escoger los puntos dato del terreno, y en el método de interpolación.

Existen 5 sistemas básicos para el registro de los puntos:

1) Sobre líneas de una misma dirección.
2) En los cruces de una retícula.
3) Sobre secciones transversales correspondientes a líneas base.
4) Siguiendo líneas de razgos sobresalientes del terreno.
5) Siguiendo curvas de nivel.



SELECCION DE PUNTOS



18. ESQUEMAS DE REGISTRO E INTERPOLACION EN MDT

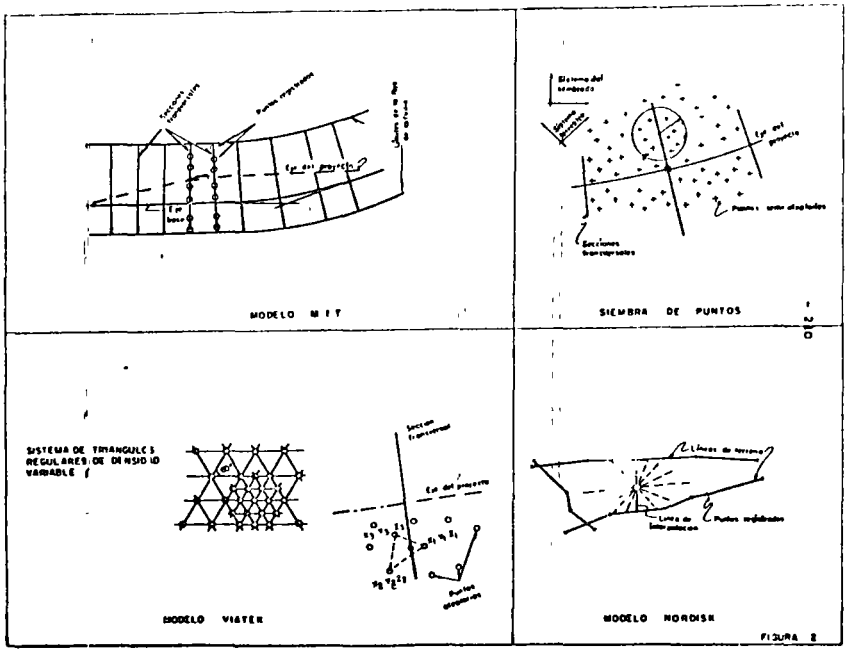
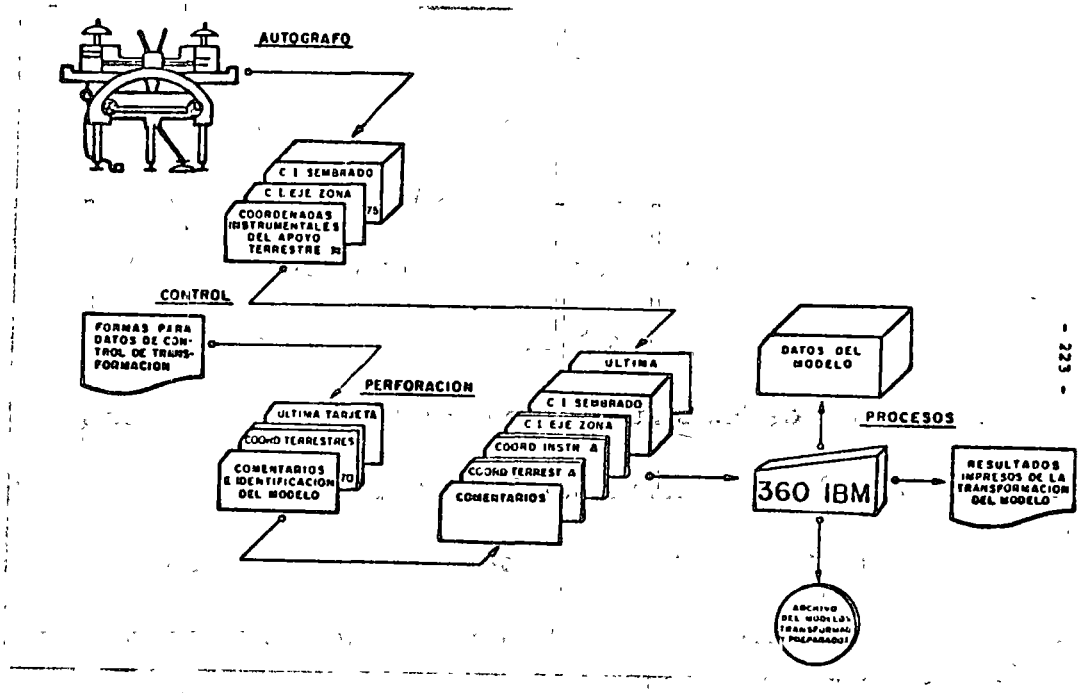


FIGURA 8



19. MODELO DIGITAL DEL TERRENO , DIAGRAMA DE OPERACION DE LA TRANSFORMACION Y FORMACION DE ARCHIVO

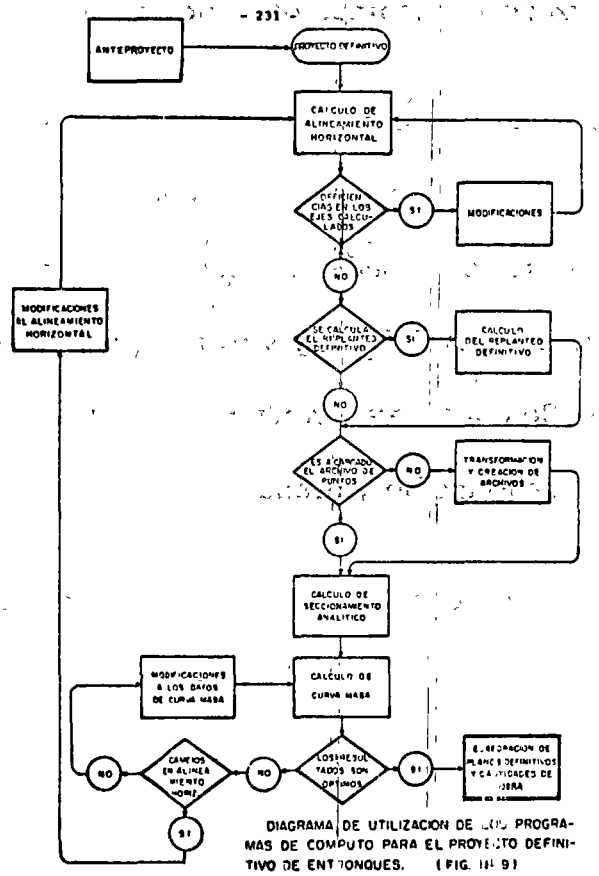


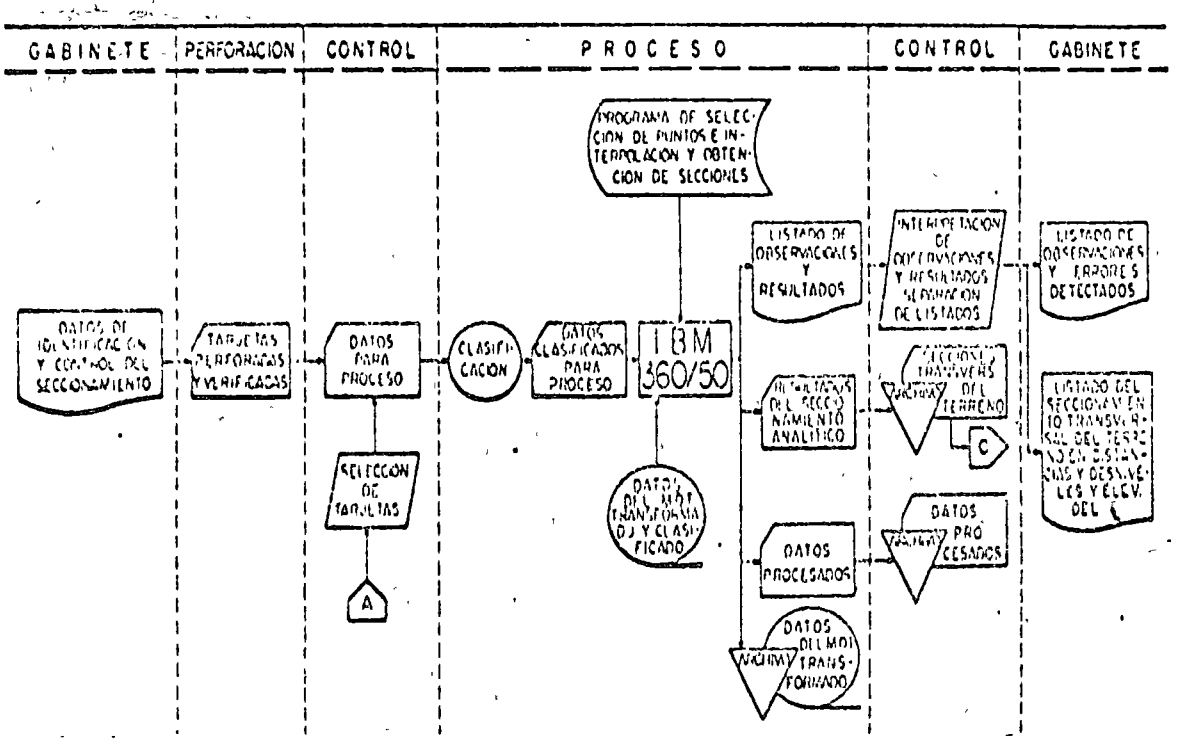
DIAGRAMA DE UTILIZACION DE LOS PROGRAMAS DE COMPUTO PARA EL PROYECTO DEFINITIVO DE ENTRONQUES. (FIG. III 9)

Si desde el punto de vista del proyecto de carreteras en campo abierto, consideramos que los ajustes de línea en planta son, en general, relativamente pequeños, porque el proyectista ha desechado previamente las alternativas distantes entre sí, francamente inconvenientes, seguramente resultará mejor una combinación de los sistemas de registro 3 y 4, ya que es fácil prolongar las propias secciones transversales de las líneas base hasta los límites de la faja de interés y registrar por separado los quiebres sobre las aristas -- importantes, para asegurarse de su completa inclusión en la imagen numérica del terreno.

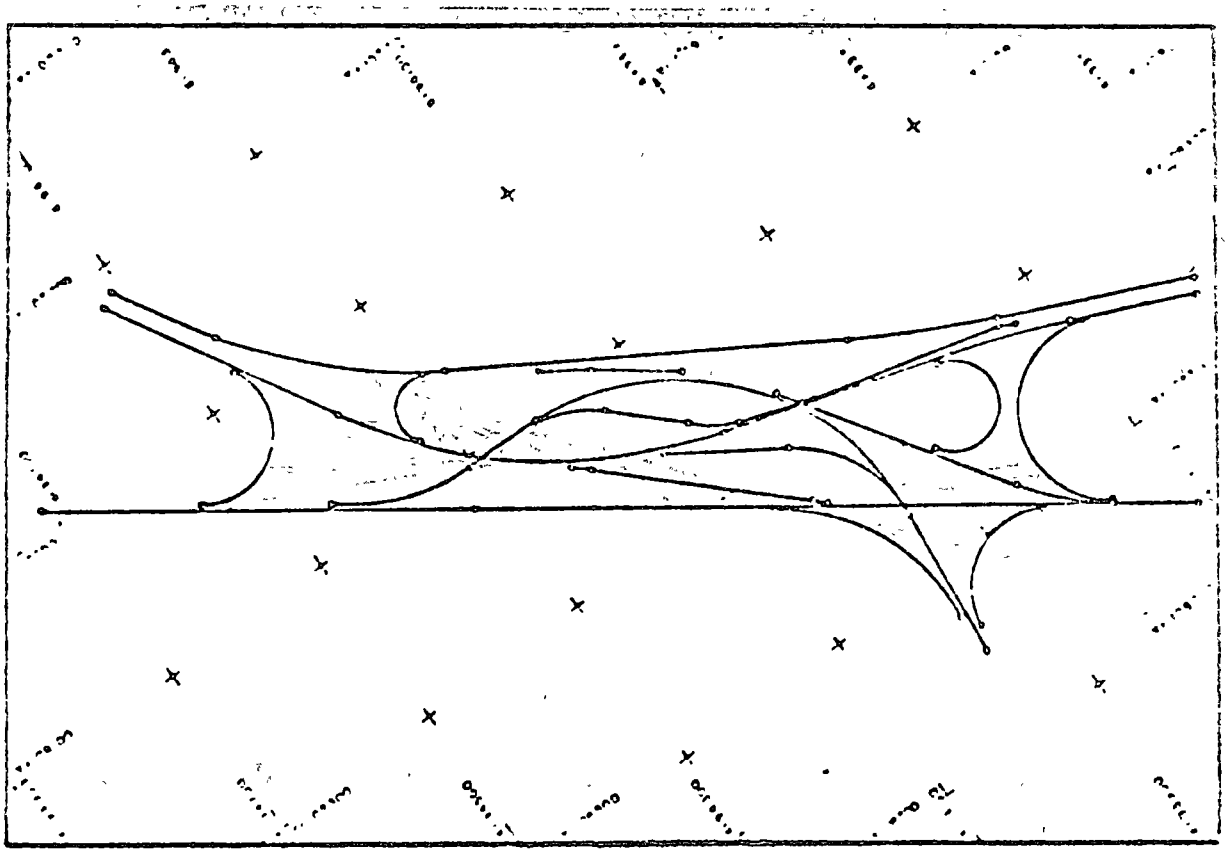
En las diferentes versiones de modelo digital, se usan interpolaciones de - primer o segundo grado y combinaciones de ambas.

La capacidad de la computadora que se usa, y el arreglo del programa, limitan el número total de puntos que pueden manejarse, lo cual a su vez limita la longitud del tramo en cada proceso o la densidad del registro. Para un terreno dado, la densidad del registro podrá variarse de acuerdo con la etapa de proyecto. Se consideran convenientes para modelo digital, las - computadoras de tamaño medio y grande.

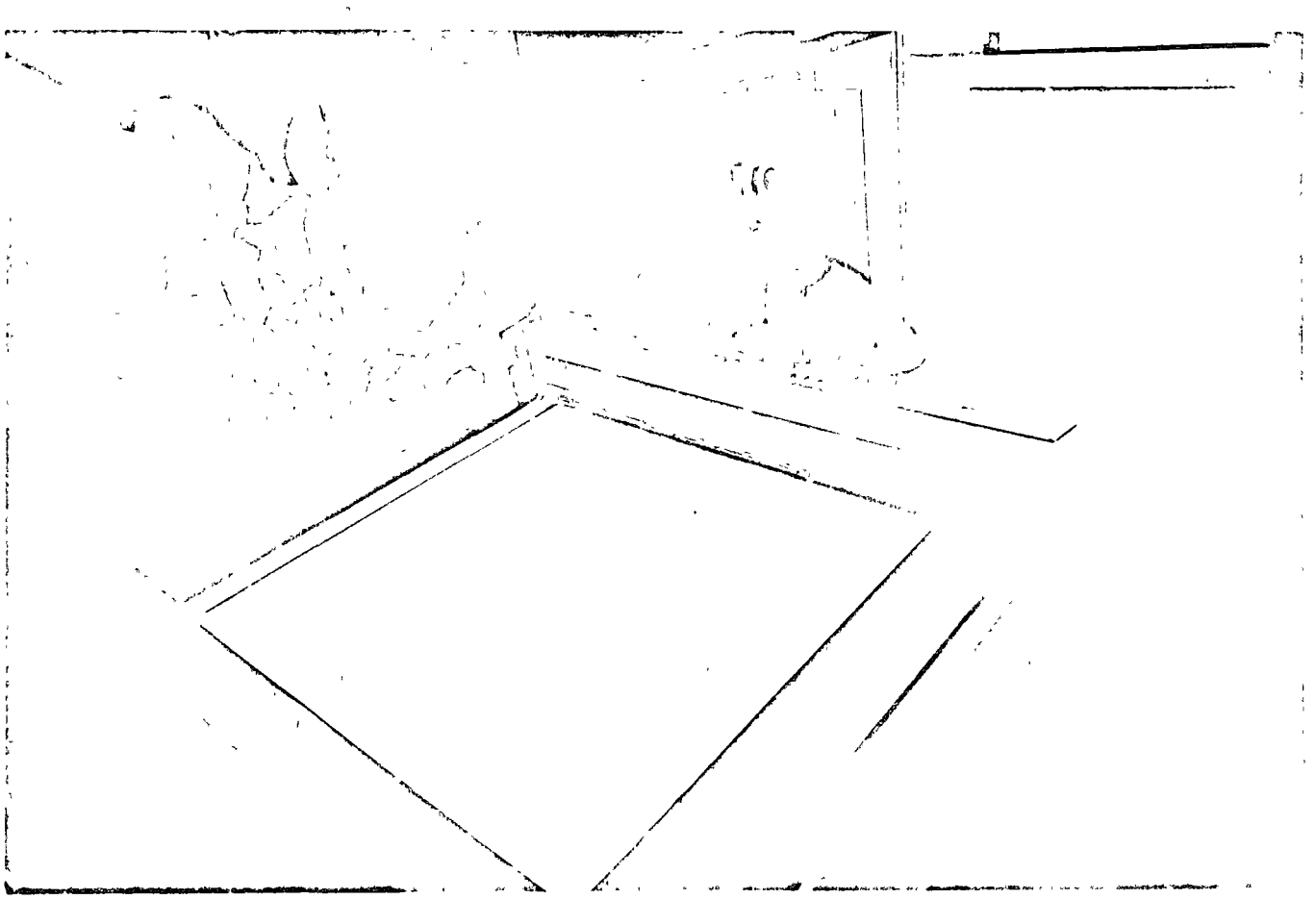
Los resultados de un proceso de modelo digital generalmente se obtienen en forma de secciones, en listado y tarjetas o cintas, para usarse en procesos posteriores de proyecto geométrico, cálculo de terracerías, dibujo, etc.



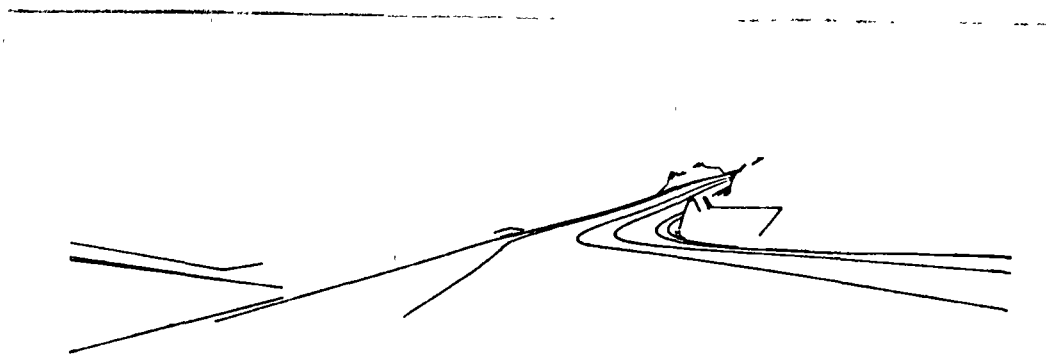
20. OBTENCION DEL SECCIONAMIENTO NALITICO DEL EJE PROYECTADO CON BASE EN EL MODELO DIGITAL DEL TERRENO TRANSFORMADO



21. EJES DE ENTRONQUE PARA OBTENCION DEL SECCIONAMIENTO ANALITICO MEDIANTE MDT



22. GRAFICADOR AUTOMATICO CON DIRECTOR DE CINTA



23. PERSPECTIVA DIBUJADA MEDIANTE GRAFICADOR AUTOMATICO

Con excepción de los modelos que utilizan el registro de puntos sobre líneas o aristas del terreno, las secciones y los puntos que las definen resultan a intervalos prefijados, lo cual es un inconveniente para su uso en proyecto definitivo en terreno accidentado, pues no aparecen muchos quiebres intermedios, importantes para la cubicación o el drenaje.

CONCLUSION

Las principales ventajas de la aplicación de la Fotogrametría al proyecto de vías terrestres, sobre los procedimientos tradicionales, se tienen en las etapas de Selección de Ruta y Anteproyecto, donde, si las condiciones de vegetación, topografía y tamaño de la obra, son propicias, la fotogrametría es ideal para determinar las mejores soluciones, en forma rápida y económica, aunque la obtención de datos del terreno para el proyecto detallado se haga directamente en el campo.

ANEXO "A"

CONTROL TERRESTRE PARA PROYECTO FOTOGRAMETRICO DE VIAS TERRESTRES

Bulmaro Cabrera Ruiz, Ingeniero Civil
Oficina de Fotogrametría
Secretaría de Obras Públicas

GENERALIDADES

Como sabemos, los proyectos viales implican trabajos fotogramétricos en fajas de terreno relativamente angostas, que generalmente se cubren con el ancho de una sola línea de vuelo; así, el control terrestre se reduce al control de modelos aislados y fajas de longitud variable.

Los procedimientos de control han evolucionado con el desarrollo de los equipos de medición de distancias; hace pocos años, el control implicaba mediciones de bases con cinta, cadenas de triangulación, figuras aisladas planimétricamente y ligadas en altimetría mediante nivelaciones geométricas, fototrigonométricas o barométricas, etc.

Posteriormente, cuando se tuvieron los primeros longímetros electrónicos, fué común medir con ellos uno que otro lado de triangulación, cuyo uso continuó en la forma tradicional.

Actualmente, cuando ya se cuenta con equipos electrónicos de medición de distancias, de operación confiable y en número suficiente, el control terrestre se efectúa a base de poligonales, radiaciones, intersecciones y nivelaciones trigonométricas y geométricas.

Dado el orden de magnitud de los trabajos fotogramétricos para vías terrestres, las mediciones del control quedan comprendidas en el campo de la geodesia práctica o topografía de precisión.

En el procedimiento general de proyecto, se requiere apoyar fotografías aéreas de dos escalas 1:25,000 (o excepcionalmente 1:50,000) y 1:5,000; el primer control se utiliza para el estudio de las líneas de ruta y el segundo, para anteproyecto y proyecto definitivo.

CONTROL PARA FOTOS A ESCALA 1:25,000

Para el proyecto de este control se toman como guía las líneas de ruta determinadas por el estudio de las fotos a escalas 1:50,000 y 1:25,000, y como base, la información relativa a puntos geodésicos y nivelaciones de precisión existentes en la zona de trabajo.

Si las fotos a escala 1:25,000 no han sido tomadas aún y si la zona carece de suficientes detalles planimétricos que puedan servir de puntos de control, debe verse la conveniencia del preseñalamiento.

En forma general, el primer control tendrá el siguiente aspecto:

a) Si la liga a vértices geodésicos es económicamente posible.

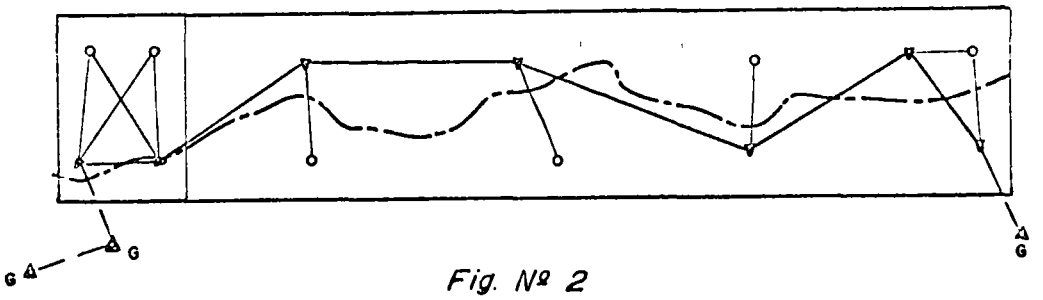


Fig. Nº 2

b) Si el control es independiente (sin liga geodésica).

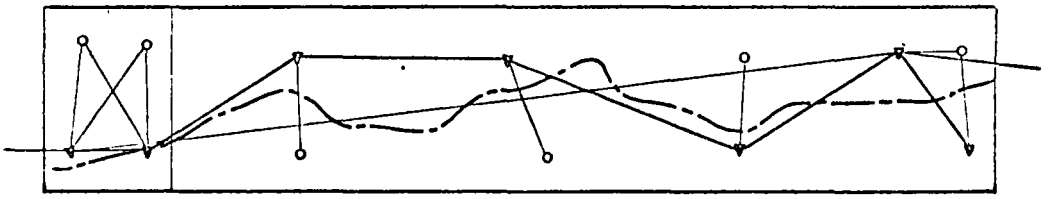


Fig. Nº 3

Ya que por necesidades del estudio, las fotos de esta escala son orientadas en balplex, preferentemente de 6 o más proyectores, conviene que el control se proyecte precisamente para aerotriangulaciones de un número - máximo de fotos igual al número de proyectores disponibles en la barra.

Pero, ya sea que las aerotriangulaciones se hagan en balplex o en otro instrumento, por razones de precisión es recomendable limitarlar a 6 u 8 fotos. Habrá en un extremo de la faja un modelo de salida con apoyo completo (3 puntos de x-y-z y uno de z, como mínimo), un modelo - de llegada, con un mínimo de dos puntos de x-y-z (situados en los ex-

tremos de una línea normal al eje de vuelo) y puntos intermedios de x-y-z, distantes entre sí 4 Km, en promedio, en ambos sentidos.

Es muy conveniente situar algunos puntos de control cerca de la línea de ruta, para facilitar posteriores ligas con la poligonal de referencia, o en su caso, con el trazo definitivo directo. Se procura que los puntos queden en las zonas de triple traslape, para que su utilidad sea máxima, y a no - menos de 2 cm de la orilla de la imagen, por razones de distorsión.

Si los puntos han de ser señalados, es recomendable el empleo de cruces o tréboles con brazos de 3 m de longitud y 0.50 m de ancho. Las mojoneras deben ser estables y tener dispositivos de identificación.

La medición de este control comprende, desde luego, la determinación de azimutes, ángulos, distancias y desniveles.

La determinación de azimutes puede hacerse por liga geodésica, mediante giróscopo o por observaciones astronómicas. En nuestra Dependencia usualmente se hace mediante observaciones del sol.

Los ángulos se miden con tránsitos de un segundo de lectura y se controlan con determinaciones de azimut y cierres de la poligonal mediante lados largos o por ligas con vértices preexistentes de levantamientos confiables. - La tolerancia en el cierre angular es de $10''\sqrt{n}$, siendo n= número de ángulos leídos.

Las distancias pueden medirse con cualquier longímetro electrónico capaz de medir las distancias del amplio rango que este tipo de trabajo implica; en nuestro caso usamos telurómetros MRA-3. La tolerancia en el cierre planimétrico es de $0.18\ m\sqrt{L}$, después de la compensación angular, siendo L el desarrollo de la poligonal cerrada, en kilómetros.

Los desniveles son determinados por nivelación trigonométrica, leyendo los ángulos verticales en ambos sentidos simultáneamente. La tolerancia en el cierre altimétrico es de $0.16\ m\sqrt{L}$.

Tan importante como la medición del control, lo es la identificación de los puntos; así, cuando el vértice no haya sido preseñalado o no quede precisamente en un detalle singular, desde el propio vértice se determinará, por coordenadas polares, la posición y elevación de algún punto característico cercano, que se identifique fácilmente en el campo, y en la foto, a la escala de la imagen que se observará en el instrumento fotogramétrico. El trabajo de identificación se facilita con el empleo de amplificaciones fotográficas de las zonas que alojan los puntos de control; se marcan con piquetes finos en las amplificaciones y se describen mediante croquis acotados en las libretas de campo.

En todos los casos, los vértices deberán quedar marcados en mojoneras, en

rocas fijas, etc. anotando en ellas o en algún testigo cercano, los datos de identificación del punto.

Para facilitar el manejo de los diferentes tipos de puntos, es muy conveniente establecer nomenclaturas que distingan a los puntos de uno y otro control, los de poligonal de los auxiliares, los terrestres de los fotogramétricos, -- etc.

La toponimia es también un aspecto muy importante del control terrestre; ha de obtenerse en el campo toda la información que de una u otra forma pueda afectar al proyecto.

El cálculo de las coordenadas de los puntos de este control, debe considerar las ligas geodésicas, si las hay, la reducción de distancias sobre el elipsoide y su corrección por proyección, las determinaciones de azimut, las convergencias de meridianos, las tolerancias de cierre y su compensación, así como las correcciones por refracción y curvatura, en el cálculo de desniveles.

CONTROL PARA FOTOS A ESCALA 1:5,000

Los puntos de este control tienen función múltiple, se utilizan para la orientación de modelos, y como referencias para el trazo del proyecto, tanto en

el período de estudio, como durante la construcción.

Dado que a partir de este control se obtienen los datos del terreno para el proyecto definitivo, su realización requiere de la mejor identificación y - la máxima exactitud. Para lograr lo primero, los puntos de posición son - invariablemente preseñalados, es decir, son marcados en el terreno antes de la toma de las fotos; para lo segundo, se aplican los equipos y procedimientos más eficientes y seguros.

Para la planeación de este control, sirve de guía la línea de ruta resultante de la etapa previa y la posición de las líneas de vuelo. El control se - forma con una poligonal llamada "de referencia", cuyos vértices se sitúan cercanos a la línea de ruta, y una serie de puntos auxiliares de elevación que se ubican en los tercios laterales de las fajas, para el control en ω (omega).

El aspecto general del control para las fotos a escala 1:5,000 es el siguiente:

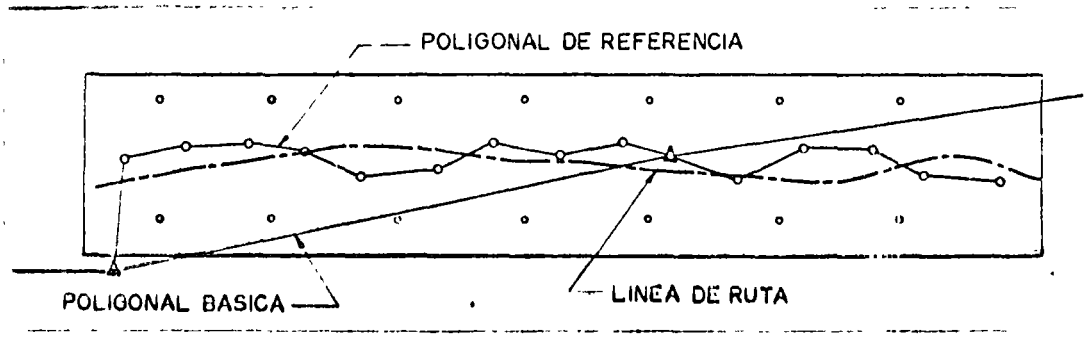


Fig. Nº 4

Los puntos de la poligonal de referencia deben situarse con una separación de 200 a 300 m (idealmente 225 m) entre sí, a modo de asegurar que en cada par queden por lo menos dos puntos de 3 coordenadas. Esta separación es también conveniente para los trabajos de replanteo del trazo.

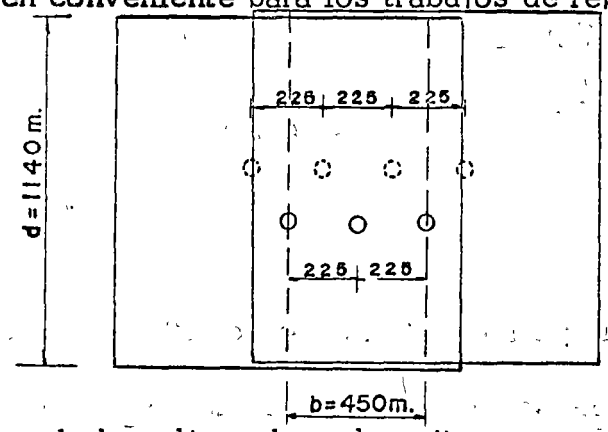


Fig. Nº 5

Los puntos de la poligonal pueden situarse a uno u otro lado de la posible posición del trazo definitivo, buscando siempre que desde los puntos se tenga la máxima visibilidad hacia el eje del proyecto, que las terracerías o los movimientos propios de la construcción no vayan a destruirlos y que no queden cubiertos por árboles o sombras.

Cuando en la zona del proyecto hay suficientes detalles planimétricos naturales, solo se preseñalan los puntos de la poligonal, y los puntos auxiliares de elevación son escogidos en las fotos definitivas a escala ----- 1:5,000; de lo contrario, estos puntos son también preseñalados, tomando como guía, la posición de la línea de vuelo.

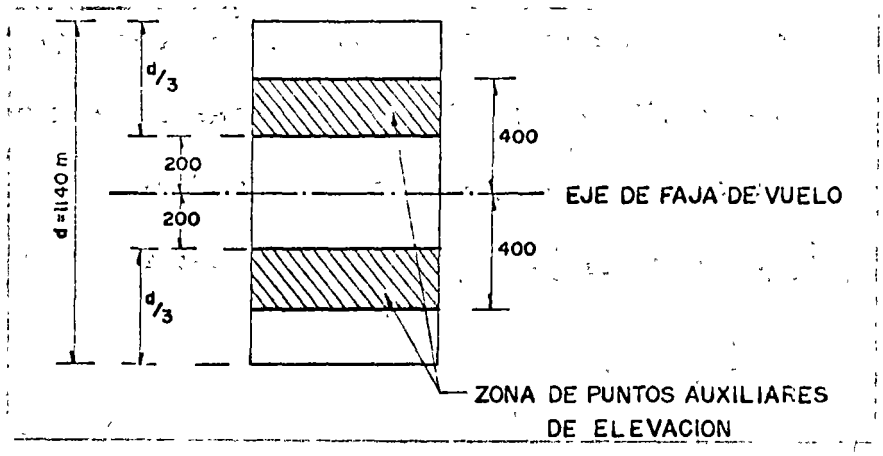
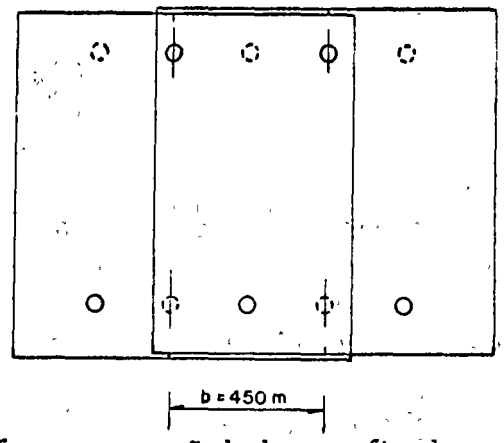


Fig. Nº 6

Así, los puntos laterales quedan distantes entre 200 y 400 m del eje, a ambos lados de la faja. La separación longitudinal es, del orden de 450 m, en forma alternada, como se indica en la Figura No. 7.

Fig. Nº 7



Si los puntos laterales no fueron preseñalados, a fin de que sirvan también en los modelos contiguos, se les localiza en las zonas de triple traslape, en la forma que indica la Figura No. 8.

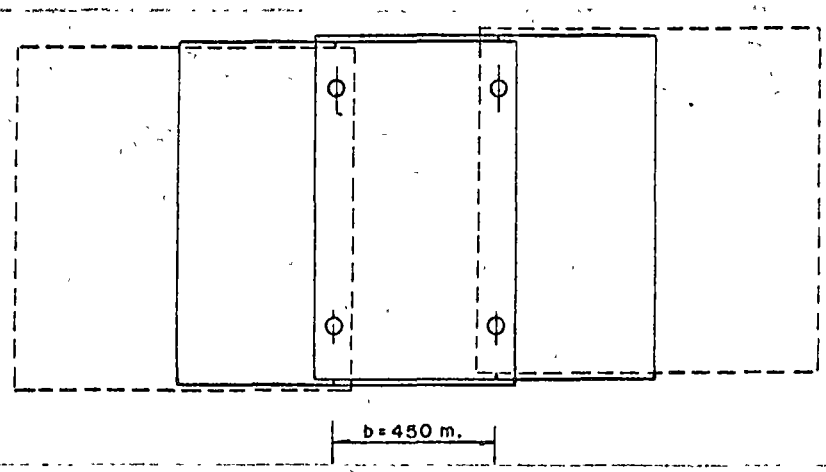


Fig. Nº 8

Se buscará siempre ubicar los puntos de control, pero especialmente los de elevación, en terreno plano y despejado, para que los pequeños errores de identificación de su posición no causen grandes errores en elevación. A fin de facilitar su identificación, las señales deberán colocarse horizontalmente y contrastando lo suficiente con el terreno circundante.

Si los puntos auxiliares de elevación son detalles del terreno, la identificación requerirá de buenos croquis acotados y piquetes finos en las fotografías.

Los puntos de la poligonal deberán quedar bien marcados en mojoneras o varillas firmemente ancladas en el terreno o en rocas fijas, para que su posición sea estable; asimismo tendrán dispositivos permanentes de identificación.

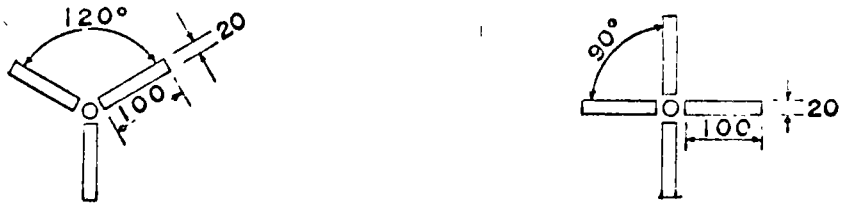


Fig. Nº 9

Las señales para los puntos de control de las fotos a escala 1:5,000 consisten usualmente en rectángulos formando trébol o cruz, y pueden fabricarse con cartón, tela, madera, piedra, etc. pintados de color blanco o negro, según sea el color del terreno circundante; las dimensiones comunes de los rectángulos son de 20 x 100 cm cuando se colocan en campo abierto; sin embargo, pueden reducirse hasta a la mitad cuando las señales quedan sobre pavimento u otras superficies igualmente limpias, donde es usual pintarlas directamente.

La medición de este control se hace mediante teodolitos de un segundo de lectura, miras de poligonación, estadales de buena calidad, niveles montados y longímetros electrónicos.

La medición planimétrica se comprueba mediante ligas con la poligonal del control previo, que se toma como básica, haciendo las compensaciones correspondientes cuando los errores resultantes son tolerables.

La tolerancia en el cierre angular es de $10''\sqrt{n}$, siendo n el número de ángulos leídos.

La tolerancia en el cierre planimétrico es $0.18\ m\sqrt{L}$, después de la compensación angular, siendo L el desarrollo de la poligonal cerrada, en kilómetros.

Las elevaciones de los puntos de la poligonal de referencia son obtenidos mediante nivelación geométrica de circuito cerrado, o mediante dos niveles avanzando en el mismo sentido, pero con puntos de liga (PL) diferentes. Esta nivelación es autocomprobada, pues las ligas altimétricas con el control previo, nivelado trigonométricamente, solo tienen por objeto establecer la elevación de partida; entre ambas nivelaciones no hay compensación.

Las elevaciones de los puntos laterales pueden obtenerse por nivelación geométrica, haciendo cierres frecuentes con la poligonal de referencia o por intersecciones durante la medición de la poligonal.

La tolerancia en los cierres de la nivelación del eje es $0.01\ m\sqrt{L}$, siendo L el número de kilómetros de desarrollo.

Para la nivelación de los puntos laterales, se acepta $0.03\ m\sqrt{L}$, debiendo hacerse cierres a cada kilómetro, como máximo.

Para el cálculo del control existen diversos programas, por ejemplo: para calcular orientaciones, distancias, poligonales, triángulos, etc. que se corren en computadoras grandes y medianas, sin embargo, se considera - que para el cálculo del control para proyecto de vías terrestres serían muy apropiadas las computadoras de escritorio, de tarjeta magnética e impre-- sión de resultados, con una memoria del orden de 3,000 bits.

CONCLUSIONES

En general, el proyecto de una carretera o un ferrocarril requiere de dos -- controles terrestres. Aunque estos dos trabajos se ligan con fines de comprobación, sería deseable apoyarlos siempre en la red geodésica nacional. Desafortunadamente la red no es lo suficientemente densa y es difícil conseguir los datos. Consideramos que esta información debe reunirse y publicarse cuanto antes, el medio puede ser la propia SMFFG.

El control para vías terrestres tiene características muy particulares, que - obedecen al procedimiento de estudio establecido y su relación con la construcción. En su forma actual satisface las necesidades de simplicidad, -- exactitud y economía que se requieren en cada una de las fases.

BIBLIOGRAFIA

American Society of Photogrammetry: "Manual of Photogrammetry" 3d ed 1965

American Society of Photogrammetry: "Photo Interpretation Manual", 1960

Hallert, B. Photogrammetry, 1960

ISP Photogrammetry in Highway Design, 1972

Ternryd, C.O. y Lundin, E.: "Topografía y Fotogrametría en la Práctica Moderna", 1973.

CENTRO EDUCACION CONTINUA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE INGENIERIA.

LA FOTOGRAMETRIA EN EL DESARROLLO URBANO

Arq.Jesús Ceballos Valdez

mayo 1975

INTRODUCCION:

El fenómeno de la urbanización, se ha convertido en uno de los problemas más trascendentales de nuestra época; la gradual y ascendente concentración de población, de bienes y servicios, requiere de un estudio integral, que permita plantear estrategias y políticas a corto, mediano y largo plazo, que regulen los efectos catastróficos que afectan en desigualdad de condiciones a la población rural y urbana del país.

El fenómeno de la urbanización no es estático; urbanización significa cambio rápido, cambio social a gran escala, significa profundas e irreversibles variantes en los sectores de la sociedad, la vida social se altera en todos sus aspectos. La familia remodela sus sistemas de relaciones y valores: el estilo, intención y exigencias de la económia se han revisado para ajustarlos a las necesidades industriales y urbanas.

En sintesis la totalidad de las estructuras se han visto alteradas por el desarrollo urbano.

ASENTAMIENTOS URBANOS, Y PANORAMA NACIONAL.

La serie de gráficas que se exponen a continuación muestran respectivamente los diversos y variados procesos de urbanización de la República Mexicana.

En áreas urbanas se observa la tendencia centrista de los asentamientos urbanos, así como se esboza el grado de dependencia hacia nuestra frontera comercial.

En la gráfica de municipios podemos obtener por comparación el grado de urbanización, ya que existiendo grandes extenciones territoriales, la población se agrupa en los

núcleos urbanos, absorbiendo toda la actividad socio-económica hacia ellos.

En la gráfica por Estados se obtiene el desarrollo del -- proceso de urbanización desde 1930 hasta nuestros días y- sus tendencias expansivas dándonos una aproximación esquemática del problema urbano en nuestro tiempo en la República Mexicana.

CAUSAS Y EFECTOS DE LA URBANIZACION.

A través de las diferentes épocas de la historia de la humanidad, la vida del hombre se ha caracterizado por una - constante, una inflexible búsquedad de mejores condiciones de vida, una tendencia natural al desarrollo. En nuestro tiempo no puede presentarse la excepción de la regla, sobre todo por las características de la época que estamos viviendo.

Sabemos que los incrementos de población de los centros - urbanos, obedecen a dos aspectos fundamentales: el crecimiento natural, sus altos indices de natalidad y el incremento del tiempo de vida del ser humano: además el crecimiento social que representan las grandes e incontroladas corrientes migratorias de seres humanos, que precisamente, buscan un lugar de arraigo que les brinde mejores- oportunidades, mejores condiciones de habitabilidad y recreación; en síntesis, de un sustancial mejoramiento de - su existencia.

El primer factor que promueve los movimientos migratorios, es el despoblamiento del medio rural, debido principalmente a la incapacidad del agro y de las poblaciones rurales de dosificar los medios que faciliten la obtención de recursos adecuados para su desarrollo. Esta incapacidad de satisfacer eficientemente necesidades vitales, ha desenca

dendo un flujo migratorio de población, que busca asentarse en centros urbanos más dinámicos, más prosperos y que respondan a las exigencias de la población migrante.

Generalmente los movimientos migratorios se canalizan hacia las pequeñas ciudades, a las cabeceras municipales, que muchas veces toman el papel de la gran ciudad, centros urbanos, que serán los primeros en experimentar los problemas de la urbanización, centros cuya capacidad receptora de población mínima, siendo esta obturada en un período de tiempo corto, en consecuencia, los movimientos migratorios se dirigirán a las grandes ciudades y a las importantes áreas metropolitanas.

Los efectos del crecimiento natural y social están agotando los recursos de las ciudades, a mi manera de ver, cambiando radicalmente el concepto de la ciudad, tornándola en espacios saturados, insalubres, antifuncionales, que dictatoriamente rigen las actividades de millones de seres, y lo que es más grave están promoviendo indiferencia, deshumanización, y un sinnúmero de problemas de orden económico y social. La actividad creadora y enérgica del hombre en este sentido, siempre ha estado enfocada a modificar el medio ambiente en su beneficio y no adaptarse de una manera sumisa, a un medio que puede gestar su destrucción.

En términos generales, encontramos deficiencia en casi todos los aspectos que afectan directa o indirectamente, a millones de seres humanos que pseudo habitan nuestras ciudades; las carencias manifiestas en habitación, zonas verdes y recreativas, los complejos problemas derivados del incremento de vehículos y los descuicidamientos que provoca en el tránsito de la ciudad. La falta de servicios y las deseconomías al tratar de dosificarlos a la creciente población, que tiene que enfrentarse, a la falta de previsión, reglamentación y especulación de la tierra urbana, y

lo incomprensible de que la población se mantenga al margen de la problemática de la contaminación ambiental, y el empobrecimiento, cada día más dramático del paisaje urbano.

Por lo que toca a los altos porcentajes de población en proceso de integración; sabemos que una parte, se adapta y se incorpora a la actividad urbana, generalmente debido a facilidades que les brindan nexos familiares, comerciales, o la preparación y grado de calificación de mano de obra que poseen y sabemos que esto implica ya graves problemas para la ciudad y su desarrollo. Pero el migrante, que no reúne las condiciones que requieren las ofertas de trabajo de la ciudad, generalmente el campesino que representa el porcentaje más alto de estos grupos migratorios, vendrá a constituir los grupos marginales dedicados a actividades terciarias, en gran detrimento de la economía, incrementando tugurios y haciendo surgir ciudades perdidas, asentamientos urbanos o regulados que no reúnen las condiciones mínimas para alojar seres humanos, carentes de servicios o de difícil dotación de los mismos, fuera de todo control urbanístico y en franca oposición al marco institucional, la urbanización no prevista ni deseada.

Sin embargo existe un aspecto muy importante en este problema; ante las acciones de cualquier clase que se pretenda entablar contra los colonos, estos adoptan un frente común, surge expontaneamente una unidad, que se traduce en muchos casos en óptimas organizaciones, encabezadas por líderes verdaderos, que plantean las bases para un sólido desarrollo de la comunidad.

Desde muchos aspectos ésto es muy importante, y sobre todo dado el carácter irreversible de los flujos migratorios, la problemática de este tipo de asentamientos tendrá que ser solucionada; el mantener esta unidad rica que

implica obligaciones y establece jerarquías, puede traducirse en fuerza de trabajo que podrá encauzarse, en programas de autoconstrucción, saneamiento, que permita el arraigo, la evolución y el desarrollo de estos grupos marginados.

CIUDAD Y CAMPO, UNIDAD EN EL MARCO REGIONAL.

Se ha esquematizado la hegemonía de los centros urbanos y los cambios que pueden sufrir como consecuencia de los que se operan en el medio rural. Sin duda alguna, por su interrelación, la ciudad y el campo constituyen una unidad dentro del marco regional.

Nels Anderson plantea en estos términos el fenómeno de la polarización "Una ciudad o un lugar urbano pequeño, al que podemos llamar pueblo, funciona en pro de o en relación a una zona determinada y ésta funciona en relación con el pueblo o la ciudad; la efectividad de esta relación depende mucho de la facilidad y el bajo costo del contacto y acceso. La zona externa de una gran ciudad puede incluir a otras ciudades y pueblos que forman una red, aunque todos los lugares urbanos están dentro de una red mayor, con sus líneas que irradian de la ciudad principal, cada uno tiene su propia red, la relación es competitiva, ya que lugares distintos de esa red gozan de grados de dominación relativos con un tipo de dominación total de la que goza la ciudad principal la metropoli". 1/

Es evidente que para su solución se requiere de una estrategia que enfoque globalmente el problema, si bien es cierto que la industrialización, ha promovido el fenómeno de la urbanización, principalmente a base de la adopción de fuerza de trabajo agrícola, el campesino ha abandonado, más bien el medio rural, por la falta de desarrollo -

1/" " Nels Anderson" "Sociología de la comunidad urbana"; Fondo de cultura económica 1965.

de éste. Para detener el flujo migratorio hay que reforzar la base económica del campo, principalmente a través de -- una reforma agraria que contemple más allá de la elimina-- ción del latifundio y la repartición de la tierra, una es- trategia a nivel nacional que implique la participación de la ciudad y el desarrollo de nuevos polos de atracción, -- que combatan la dispersión de los asentamientos rurales y- promueva el desarrollo equilibrado del medio rural y urba- no, una más justa repartición de los recursos y oportunida des en todos los órdenes, de tal manera que una vez que se reorienten los futuros movimientos migratorios y permitan- a las áreas urbanas ya saturadas una racional utilización- de sus recursos, un control de su crecimiento y una remode lación urbana.

Es obvio que esta estrategia será a largo plazo, por consi guiente, la ciudad debe prepararse para satisfacer en un - plan óptimo las necesidades y exigencias de los movimien-- tos migratorios.

LA CIUDAD Y SU DINAMICA.

La ciudad es el mayor complejo social creado por y para el hombre.

El hombre no obstante que es un ser creativo dotado de in- teligencia, imaginación y sensibilidad, además esta en -- constante evolución adquiriendo cada día más conocimientos, más tecnología, sin embargo no es perfecto y a veces crea- y provoca problemas que no quiere, ni prevee; la ciudad no es perfecta. Tenemos que visualizar el problema de la ciu- dad como un todo, con multiples y complejas facetas que la estan afectando directamente.

El problema de la ciudad, no es el de un sector de ella, - de una colonia, de un grupo marginado, del vecino o del -- oriente; es el problema del hombre, el problema de la so-

ciedad, de la dinámica social que está alojada en la ciudad contemporanea.

En esencia la ciudad es el receptáculo de un intricado -- tejido de valores, de los cuales depende la existencia humana, de un sinnúmero de contrastes manifiestos en todos los ordenes: en carácter, aspiraciones y tendencias de desarrollo intelectual, psicológico y económico. Conformismo y creatividad, ignorancia y cultura, deshumanización y calidad humana, la conciencia social y la generosidad se manifiesta en todas partes, pero también a diario nos topamos con la falta de conciencia, el materilismo la avaricia, el fraude y el engaño.

La ciudad contiene a la sociedad más heterogenea, sus habitantes difieren en todo; en vestido, trabajo, creencias y costumbres, todo en constante evolución, cada día surge el cambio, cada día encontramos una nueva actividad, una forma de pensar, una diferente manera de sentir.

En reprocidad y como consecuencia de esta dinámica social, la ciudad adoptará características que determinarán su -- imagen y desarrollo.

Al tratar la ciudad de satisfacer la demanda de la cre--- ciente población, provocará un crecimiento y desarrollo - que potenciará estos contrastes; magnificos espacios urbanos se entremesclan con otros carentes de sentido, períodos arquitectónicos que han caracterizado algunas épocas- históricas, rivalizan con edificios comerciales de diseño actual, la cupula de una catedral se recorta en la figura abstracta de un templo moderno; lo antiguo y lo actual, - tugurios y basureros rivalizan con limpias estructuras de aluminio y vidrio, la calma y recreación que ofrece un museo o una biblioteca, frente al ruido provocado por el interminable tráfico citadino, las estructuras en construcción que durante años han permanecido estaticas, a lado -

de solares vacios que prácticamente de la noche a la mañana se convierten en importantes edificios de apartamientos terminados y habitados en un abrir y cerrar de ojos, esplendidas residencias con suntuosos jardines y enormes cocheras, confundidas con barracas y casuchas de cartón, las que a su vez estan coronadas por antenas receptoras de televisión

La ciudad es un producto imperfecto física y socialmente su evolución y desarrollo siempre han provocado crisis a lo largo de la historia la transformación de pueblos en ciudades han introducido problemas no previstos, muchas veces desconocidos, que en realidad no son más que variantes y agravantes de los que estamos padeciendo, siempre solucionados parcialmente. A no ser que las soluciones afecten la dinámica social y sus consecuencias sólo serán parciales o temporales.

LA INFORMACION SU IMPORTANCIA EN LA PLANEACION URBANA.

" En esta forma las ciudades se constituyen en polos generadores y difusores de desarrollo dentro de una interactuada red urbana que forma la estructura de la región ".

" El conocimiento y difusión de estas ultimas es condición primaria para toda promoción para el desarrollo " 2/.

La magnitud del problema requiere de un punto de partida solido, mientras más rica sea sustancialmente la etapa de investigación, más rápido y eficientemente nos acercamos a la solución.

Estoy convencido que el principio de solución sería el diseño de un sistema de levantamientos urbanos, que responda a la problemática planteada, a la dinámica social y a-

---

2/ " La urbanización en el estado"
Junta general de planeación y urbanización del estado de Jalisco.

la metodología de planificación que conduzcan al desarrollo, un sistema de naturaleza dinámica, basado en las técnicas más avanzadas en fotogrametría, fotointerpretación y geodesia, que contemple la utilización de la automatización y de un banco de datos que maneje volumenes considerables de información que permitan una actualización dinámica y económica de las zonas levantadas.

Es importante mencionar que el plantear un sistema de representación cartográfico, de ciudades, zonas suburbanas o la región misma, debe considerarse como factor importante la flexibilidad, en función de las características particulares y las marcadas diferencias que se pueden encontrar en las diferentes zonas por trabajar.

LA FOTOGRAMETRIA EN EL DESARROLLO URBANO.

A lo largo de este curso, se han manejado conceptos, teorías, técnicas y experiencias, comunicadas por los mejores especialistas en fotogrametría y aunque no soy especialista en la materia, he trabajado en estrecha colaboración con ellos y estoy consciente de la bondad de sus métodos por su trascendencia y características considero la fotogrametría una de las técnicas básicas avocadas a servir de plataforma para un estudio más racional de las áreas urbanas y su desarrollo.

Puedo decir en principio que la fotogrametría fué aplicada al levantamiento cartográfico urbano, con cierto recelo y a menudo con la oposición de inclusive personas responsables, en este terreno en particular. Actualmente debido a la necesidad, y a una tendencia muy marcada que dicta el uso de la fotogrametría, como el único medio de suministrar rapidamente, cartas de todas escalas y sobretodo a grandes escalas de áreas urbanas, satisfaciendo un sin fin de necesidades y cubriendo un claro rapidamente, que durante mucho tiempo no se había podido realizar.

En paises subdesarrollados o en vías de desarrollo como el nuestro, afortunadamente estos programas se han iniciado ya, no obstante lo aún limitado de nuestros recursos, cabe hacer la reflexión, en vista de la importancia que reviste este tipo de levantamientos, lo imperativo de una planificación en este campo.

FOTOGRAFIA AEREA DE ZONAS URBANAS.

La fotografía ácrea de zonas urbanas esta regida por dos exigencias principales: La visibilidad e identificación de detalles del terreno importantes y exigencias de preci

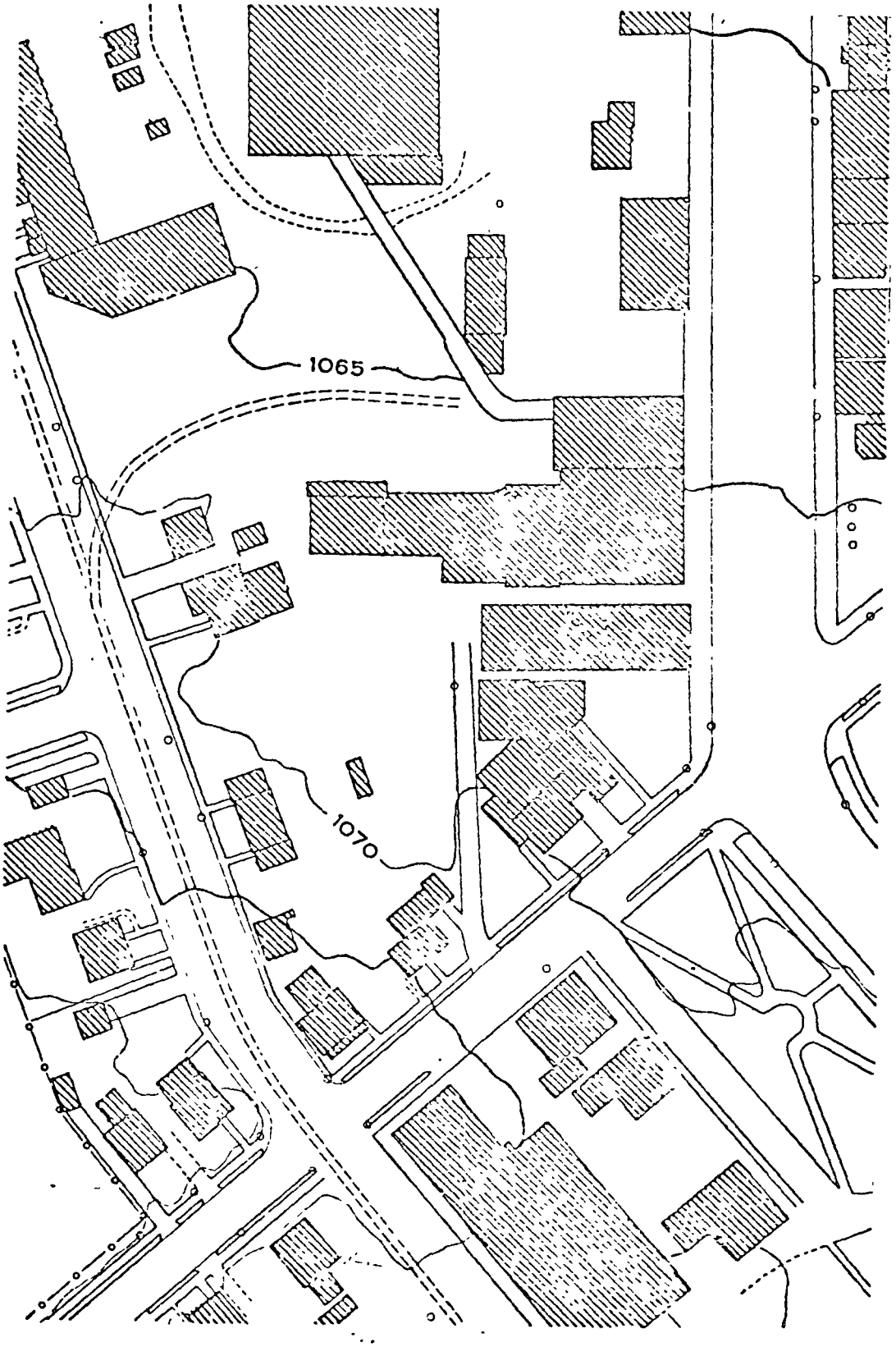


Fig. 4

Fig. 5

sión en la restitución de puntos.

Como consecuencia se debe planear la altura de vuelo para operaciones cartográficas, que esten de acuerdo con estas exigencias.

Las escalas de fotografías áereas normalmente considera-- das son las siguientes:

ESCALA DE LA CARTA	ESCALA DE LA FOTOGRAFIA
1:500	1:2,500
1:1,000	1:4,000
1:2,000	1:8,000
1:5,000	1:17,000
1:10,000	1:20,000

Respecto al tipo de cámara utilizada en la CETENAL y en - muchos países americanos, se usan máquinas con lente Gran Angular de 153 mm. de distancia focal y formato del negativo de 23 x 23 cm., sin embargo en algunos países euro-- peos se utilizan máquinas equipadas con objetivos norma-- les de 210 y 165 mm. La razón para utilizar objetivos normales es la reducción de los llamados "Angulos Muertos" - que son más pronunciados cuando se utilizan objetivos --- gran angular.

Sin embargo, esto exige la disponibilidad de cámaras especiales y no todo el equipo de restitución es de tipo universal para aceptar fotografías que no sean las tomadas - con un objetivo de distancia focal 153.

No obstante si consideramos que el tamaño de los "Angulos Muertos" depende también de la distancia del punto, del - objeto que obscurece la vista del terreno por consiguiente si tomamos una superposición mayor en longitud T escogiendo para estereoscópicos limitado a la zona central de

For the same picture size :

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{f_2}{f_1}$$

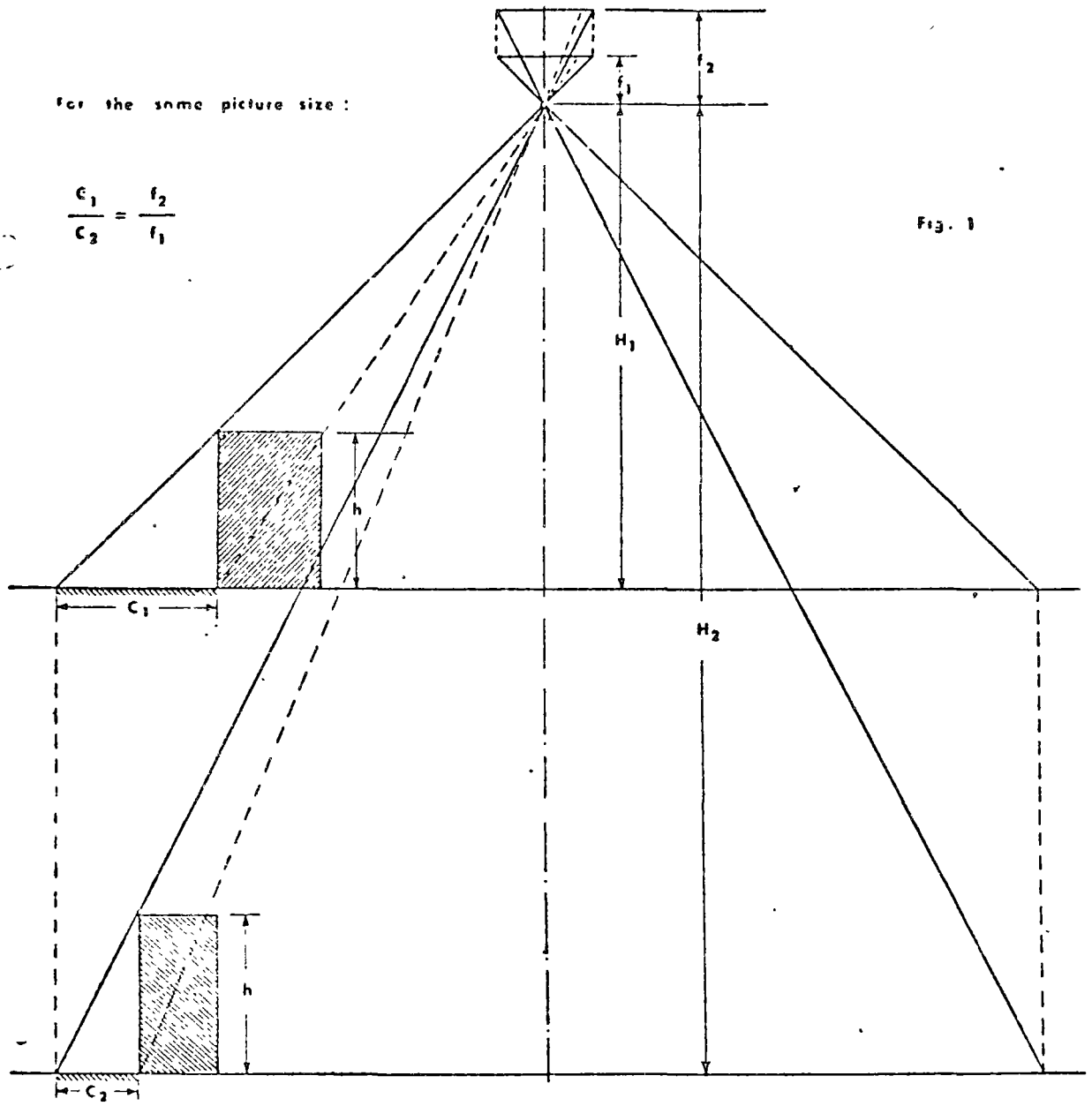


Fig. 1

la foto se obtendría una visión mejor del terreno.

OTROS PRODUCTOS DE LA FOTOGRAMETRIA.

Los productos más sencillos son las fotografías mismas, - sus amplificaciones, los fotomosaicos. Es inegable que -- una simple fotografía áerea de una zona urbana es una --- fuente excelente de información, y por consiguiente debe- ser ampliamente utilizada. En términos generales se usa - la fotografía áerea para dos fines.

1.- Para obtener todo tipo de información de una -- área urbana (tipos habitación,densidad de la -- misma, uso del suelo, estudios de tráfico, etc).

2.- Su utilización como cartas. El punto número uno es de utilización para urbanistas, el punto número dos cae dentro del terreno de los cartógrafos.

En casos urgentes, cuando no hay disponibles cartas ade-- cuadas - los fotomapas - logrados más fotografías rectificadas y aún las fotografías amplificadas ofrecen una gran ayuda,dependiendo su aplicación de la etapa del proyecto, en el cúal se les piense dar aplicación.

Ahora bién exsiste una técnica nueva, que se empieza a - desarrollar y que particularmente en el medio urbano pue- de jugar un papel preponderante me refiero a los mapas -- ortofotográficos.

MAP S ORTOFOTOGRAFICOS

En la actualidad, la cantidad de información que se adquiere durante fracción de segundos (momento de toma de las fotografías), tarda meses y aún años para su transformación a elemento cartográfico para ponerlo a disposición del usuario. Ya que los métodos convencionales que actualmente se están siguiendo requieren por naturaleza de un tiempo relativamente largo a partir de la realización del vuelo al momento en que la información puede ser utilizada por el usuario.

Es evidente que entre más rápido sea el desarrollo de los países, regiones o localidades, traerá como consecuencia infinidad de cambios en todos los aspectos e indudablemente la cartografía debe actualizarse con esa misma dinámica.

Actualmente los países en proceso de desarrollo están elaborando su cartografía básica; los países industrializados tratan por su parte de mantener actualizados sus mapas existentes y establecer cartas de carácter especial a grandes escalas para fines específicos.

México está efectuando levantamientos de carácter integral al estar haciendo un inventario de sus recursos naturales y de los núcleos urbanos, que es donde se encuentra la mayor fuerza motora del desarrollo.

Es importante destacar que la técnica de la ortofotografía se ha implantado durante la última década en varios países del mundo. Siendo ésta, la técnica por medio de la cual una fotografía (Proyección Cónica), se transforma por tiros diferenciales a proyección ortogonal. En resúmen, geométricamente un ortofoto es un plano, substituyendo la restitución tradicional a línea por permitir una mayor economía y dinamismo en la elaboración de cartas grandes escalas.

La Comisión en 1971 inició la restitución a línea de áreas urbanas escala 1:5,000. En 1973 fué necesario elaborar fotomapas escala 1:20,000 para la Comisión Internacional de Límites y Aguas, para esto se utilizó en principio la rectificación y posteriormente la ortofotografía. A raíz de esto, en julio de 1974 se inició con fines de investigación trabajos ortofotográficos en áreas urbanas escala 1:10,000.

Del resultado de esta investigación se encontró precisión satisfactoria y las siguientes ventajas, considerándose las más importantes la dinámica del método, la economía lograda y el hecho de que este producto puede reproducirse en función de la demanda que se tenga, evitando con esto la impresión a varias tintas cuyo costo es representativo, teniéndose a cambio que el material puede proporcionarse en película estable, papel fotográfico, copia heliográfica o impresión.

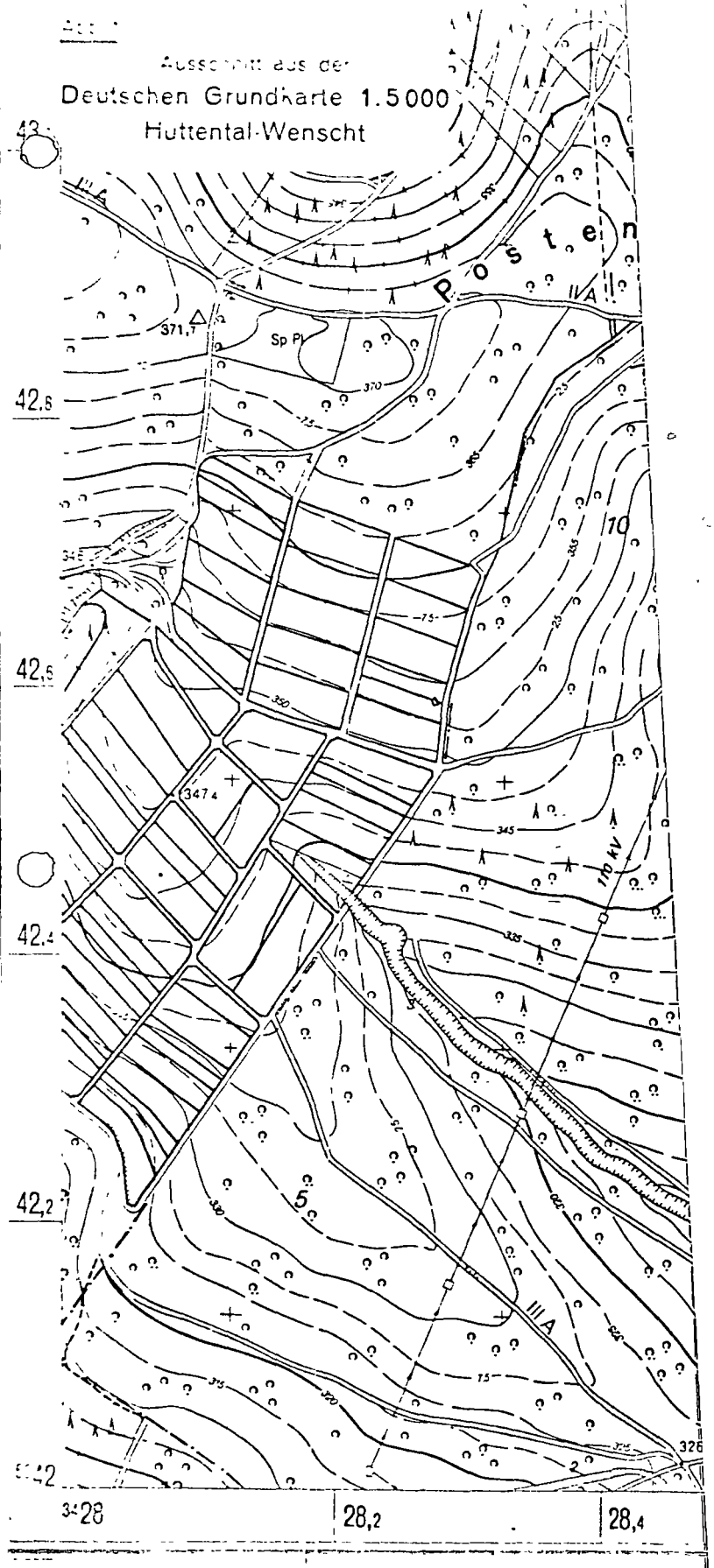
En la actualidad, en general los equipos ortofotográficos existentes permiten efectuar el trazo altimétrico y la elaboración de la ortofotografía. Se destaca por las características del trabajo que realizamos uno de estos, ya que permite utilizar las partes centrales de cada una de las placas que forman el modelo estereoscópico, eliminando con esto gran parte del desplazamiento por relieve en la formación de la ortofotografía.

Este sistema nos reditúa además de las ya mencionadas ventajas, el no requerir apoyo terrestre específico, que la inversión para la adquisición de equipo no es representativa, ya que esto se adaptaría a los instrumentos que tiene actualmente CETENAL, por lo que no es necesaria la preparación específica de personal.

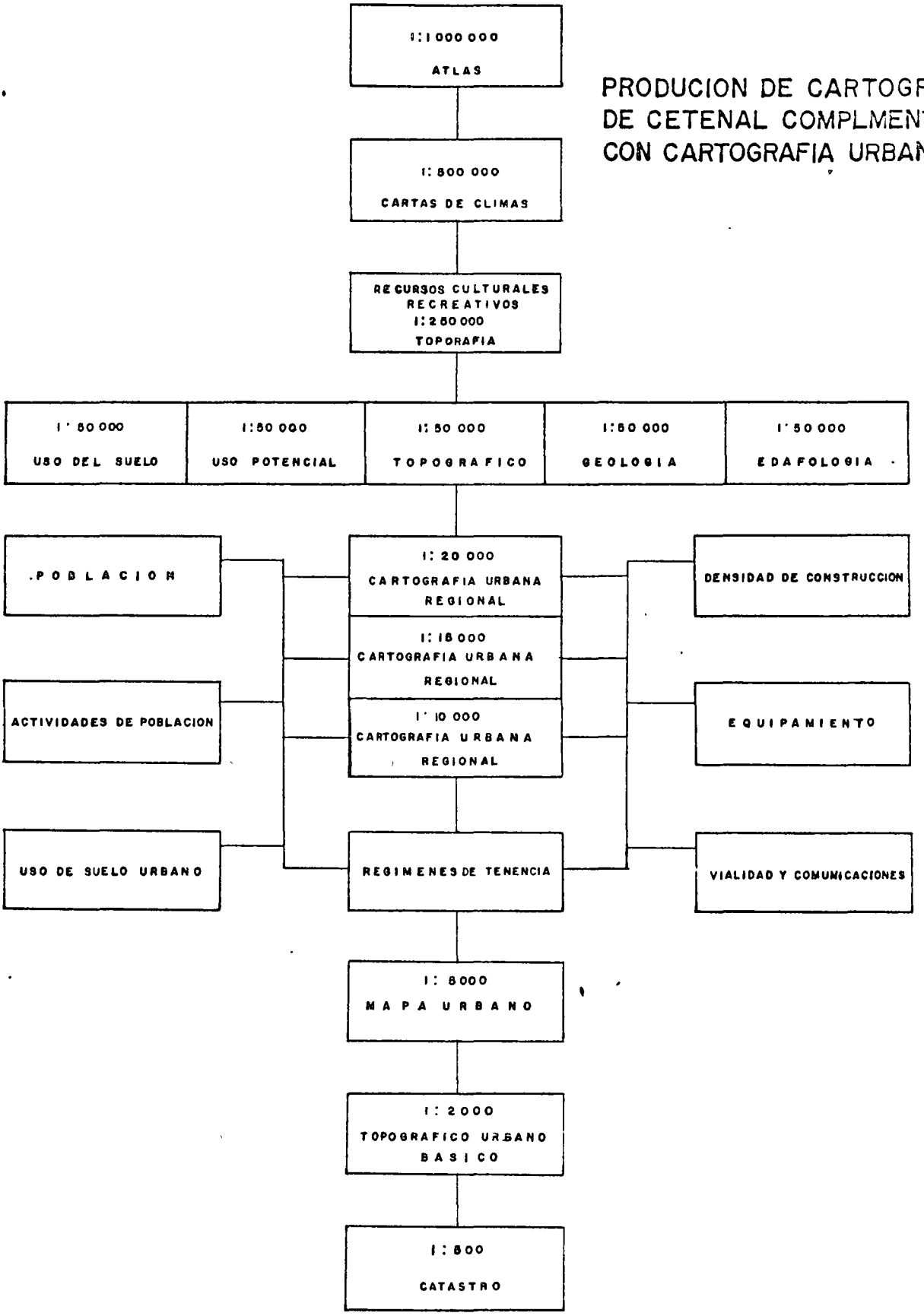
Con esto no queremos decir que descartemos la restitución a línea, ya que existen determinadas áreas urbanas que por

su topografía y problemas particulares, al ser atacadas - por métodos ortofotográficos los resultados que se obtendrían no serían completamente satisfactorios, aclarando,- que la ortofotografía puede ser adecuada para grandes escalas, ya que en pequeñas, ciertos elementos por sus di-- mensiones requieren ser simbolizados; sin embargo la orto fotografía a escalas pequeñas puede utilizarse con fines- de actualización.

Ausschnitt aus der
Deutschen Grundkarte 1.5000
Huttental-Wenscht



PRODUCION DE CARTOGRAFIA DE CETENAL COMPLMENTADA CON CARTOGRAFIA URBANA



erogaciones, razón por la cual son contadas las localidades que cuentan con este tipo de estudio y organización.- Pero que dada la importancia que reviste desde el punto - de vista administrativo, sin lugar a duda, muchas localidades podrían reforzar su base económica y podrían establecer finalmente un control sobre uso y tenencia de la - tierra urbana, suburbana y rural. Por otro lado se puede considerar como meta el levantamiento (Fotogramétrico) y dejar la responsabilidad de investigación complementaria, organización y actualización a las autoridades competentes propias de cada región.

Las escalas variarían dependiendo de su objetivo de ----- 1:5,000 a 1:10,000.

TOPOGRAFICO BASICO DE CIUDADES

ESCALA 1:2,000

Fundamentalmente, la producción de este tipo de información, vendría a satisfacer la necesidad que existe en casi todas las localidades de contar con un documento, que permita plantear a soluciones a corto plazo, en función - de lo anterior un documento cuyo período de edición fuera mínimo, de tal manera que se pusiera a disposición de los usuarios en un período de tiempo muy corto.

Otro aspecto vital de este documento, cuya principal cualidad sería la precisión, es la de servir como base cartográfica para la producción de otros documentos de su misma serie a otras escalas, en función de lo anterior se -- propone una escala de 1:2,000.

Este documento destacaría la planimetría en aspectos hasta ahora prácticamente no representados, sobre todo en -- precisión, como son alineamientos de calles y banquetas,-

HACIA UN SISTEMA CARTOGRAFICO URBANO.

De el panorama esquematizado en la introducción podemos - inferir las diversas necesidades de información, los diferentes tipos y niveles de documentos que dosifiquen los - medios adecuados para estructurar estrategias y acciones- que permitan solucionar el problema del desarrollo urbano.

NIVELES DE INFORMACION.		TOPOGRAFICOS. BASICOS
1.- Nivel Nacional.	Escala 1:1,000.000	Estructura urbana nacional. (regionalización).
2.- Nivel Regional.	Escala 1:100,000 1: 50,000	Estructura urbana de la región.
3.- Nivel Zonal	Escala 1:20,000 1:10,000	La estructura- de la ciudad - y su área de - influencia inmediata.
4.- Nivel Local	Escala 1: 5,000	La imagen de - la ciudad.
5.- Nivel Sectorial	Escala 1: 2,500 1: 1,000 1: 500	Zonas específicas por trabajar, catastro - (Delegaciones- administrativas, zonas postales).

CATASTRO

Por seguir un orden empezaré por el catastro: no obstante que este tipo de información es de lo que requiere mayores

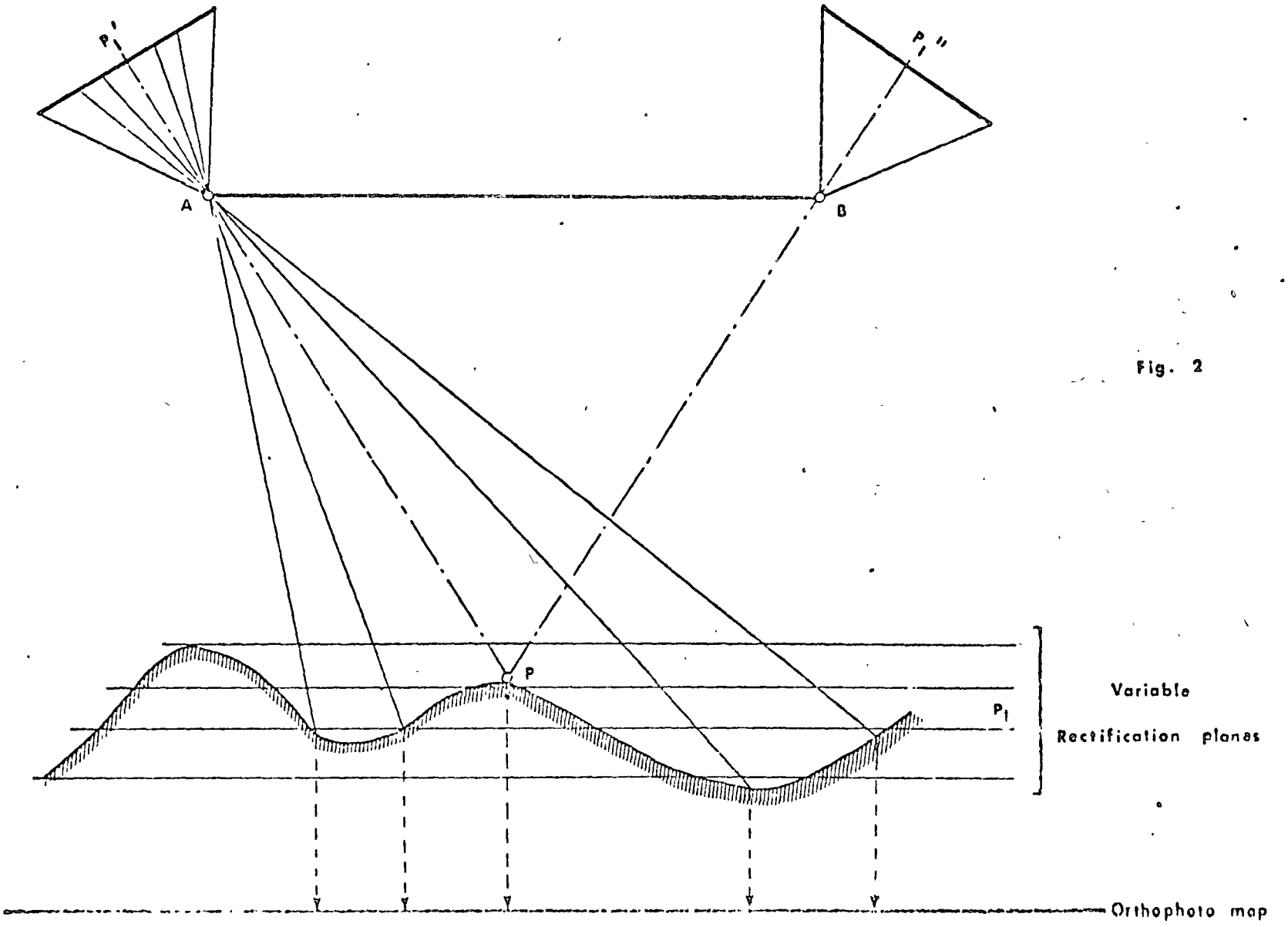


Fig. 2

CARTA URBANA-REGIONAL.

Serie a escala 1:10,000 - 1:20,000
Geológica, Edafológica, Uso del Suelo y Uso Potencial.

Esta proposición se ha denominado tentativamente carta urbana-regional y constituye un documento cuya función básica sería dosificar información para realizar estudios, que controlen racionalmente el crecimiento urbano y promuevan el desarrollo de la ciudad y de la región.

Contaría con información de varios tipos: El primer aspecto sería la información urbana, su estructura básica, límites legales, áreas verdes vialidad principal y tránsito pesado.

El segundo aspecto sería la información relativa a la zona suburbana zonas industriales, bancos de material, asentamientos de población, etc. así como el estado que guardan los recursos naturales de la zona suburbana, con la información relativa a: Geología, Edafología, Uso del Suelo y Uso Potencial, incluyendo altimetría con intervalos de curvas de nivel a cada 10 metros.

Esta información permitiría tanto un control del crecimiento de la ciudad a través de la reglamentación del suelo suburbano como del desarrollo racional a base de sus recursos.

El tercer aspecto contaría con la información relativa al estado que guardan los recursos de la zona de influencia detectada, la red urbana y sus actividades, sus zonas de dependencia que dosificará la información que permitan estudios de desarrollo urbano regional.

CARTAS TEMATICAS URBANAS.

poste, red de alcantarillado, altura de edificación, cubos de luz, etc., también incluiría información altimétrica, en intervalos de curvas de nivel de 1 metro, así como información relativa a áreas verdes y tipo de vegetación.

A continuación se mencionan algunos de sus múltiples usos.

- Proyectos de dotación de redes de agua potable, drenaje y alcantarillado.
- Entubamiento de instalaciones eléctricas y especiales.
- Rediseño de ejes viales en función de deficientes alineamientos.
- Control de obras de dotación de servicio en general.
- Control de áreas libres, cubos de luz y desarrollo e incremento de construcción.
- Análisis particulares de ingeniería de tránsito.
- Control y mantenimiento de recursos vegetales
- Rediseño del paisaje en función de visuales racionales.
- Control de nuevos fraccionamientos.
- Reedificación y remodelación de zonas.
- Control de tagurios y planteamientos de procesos de autoconstrucción.
- Control de lotes baldíos.
- Control de expropiaciones.

MAPA URBANO ESCALA 1:5,000 (Información CETENAL).

Población de más de 40,000 habitantes, el cual trataremos en un capítulo aparte.

Serie escala 1:10,000 - 1:20,000

Se ha hablado de cartografía urbana y del registro de zonas urbanas, de su dinámica, de sus problemas y conflictos, pero poco nos hemos referido a su contenido, registrar estos núcleos de población en una forma íntegra, a sus habitantes y a sus actividades, a las consecuencias que se reflejan en la modificación y adaptación del medio en que se dan, es vital como base para cualquier estrategia que implique política de desarrollo urbano, tentativamente se proponen las siguientes carta temáticas urbanas:

POBLACION
ACTIVIDADES DE LA POBLACION
USO DEL SUELO URBANO
REGIMENES DE TENENCIA DEL SUELO URBANO
DENSIDAD DE CONSTRUCCION
EQUIPAMIENTO
COMUNICACION Y VIALIDAD

Serie escala 1:50,000. (Información CETENAL).

Topográfico
Geología
Edafología
Uso del Suelo
Uso Potencial

En esta serie cuya carta base es el topográfico y complementando con las cartas de recursos constituyen documentos cuya información es vital para efectuar la planeación económica del país, y por sus características, indispensables para el desarrollo regional.

Serie escala 1:250,000 (Información CETENAL).

La carta topográfica escala 1:250,000 es un documento cu--

yas características topográficas y auxiliada con la información complementaria puede ser base para estudios de regionalización y subregionalización.

CARTA DE RECURSOS CULTURALES Y RECREATIVOS.

1:250,000 (Información CETENAL).

Este documento tiene como base a la carta topográfica --- 1:250,000 y contiene información relativa a; Monumentos - Arqueológicos, Monumentos Coloniales, Zonas con Potencial Recreativo y Turístico, documento de muchas trascendencia para el desarrollo de polos de atracción turística, ade-- más de que contiene todo la información relativa al patrimonio histórico y cultural del país.

CARTA DE CLIMAS 1:500,000.

Esta carta actualizada es un documento fundamental, como-auxilio de planificación económica y cubre todo el país.

Cuenta con información relativa al clima que impera, grado de calor y su variación mensual, precipitaciones plu-- viales, así como sus variabilidades.

MAPA URBANO ESCALA 1:5,000.

OBJETIVOS:

Es evidente que el registro de las zonas urbanas y su contenido representa un factor importante en el conocimiento de los recursos socioeconómico y por consiguiente, una de las metas que CETENAL se propone alcanzar.

El Departamento de Fotogrametría, a través de la Oficina-

de Cartografía Urbana tiene como función integrar y representar cartográficamente, la información referente a las áreas urbanas.

El objetivo es la elaboración del mapa básico de las ciudades de más de 40,000 habitantes, escala 1:5,000 que contenga la información de índole urbana y topográfica que establezca las bases para los estudios de planeamiento y desarrollo urbano.

OBJETIVO, IMPORTANCIA Y NECESIDAD DEL MAPA URBANO ESCALA -- 1:5,000.

" La complejidad y la variabilidad de las estructuras urbanas, sus acentos característicos, la modulación de sus relaciones visuales, lo paradójico y pintoresco de los diferenciados objetos que allí se perciben, constituyen la máxima aportación entre la cantidad de incentivos que ofrece la imagen de la ciudad ". 3/.

De esto se desprende la importancia del conocimiento de todos los elementos que interrelacionados configuran la imagen real de la ciudad.

El mapa urbano escala 1:5,000 nos proporciona una radiografía clara, precisa y actual de las condiciones reales de la ciudad, objeto del estudio.

El conocimiento de las condiciones reales de la ciudad nos hace posible concretar tres objetivos básicos:

1.- Recopilar toda la información que nos permita conocer y evaluar las características actuales de la ciudad.

3/ Mausbach Hans. Introducción al Urbanismo. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona - (E.1973).

2.- Diagnosticar las condiciones actuales de la Ciudad.

3.- Planear el futuro desarrollo de la ciudad.

La consecución de estos objetivos coadyuvará a efectuar un planeamiento a nivel local, regional y nacional.

ESTUDIOS PRELIMINARES Y PROYECTO DE EDICION.

Los requerimientos preliminares son el conocimiento de las condiciones y características de las ciudades de 40,000 habitantes, escluyendo las áreas metropolitanas: Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey.

El objetivo es el de seleccionar y organizar las ciudades para establecer una secuencia general de trabajo, utilizando para ello la información de carácter social, económico y físico.

Se establece una secuencia por medio de la cual, se pueden evaluar las ciudades en función de: número de habitantes en orden descendente, información Cetenal en cartas escala 1:50,000 y con la red geodésica en la zona; esto con el objeto de integrar la información relativa a las zonas urbanas con las cartas topográficas y de recursos de la región, con el fin de cubrir las necesidades de la planeación.

Una vez seleccionada la ciudad de acuerdo con el programa y el tiempo determinado, el 1er. paso será efectuar los estudios necesarios que permitan establecer las bases para la determinación del cubrimiento de la zona por cartografiar, incluyendo todas las zonas de desarrollo futuro, tales como:

- Tendencias de crecimiento natural.

- Crecimiento anárquico en zonas de asentamientos no regulados que requieran de atención.

- Y ubicación de nuevos proyectos y sus posibles áreas de influencia.

De otras fuentes se recopila el máximo de información posible; guías urbanos, turísticos, bibliografía, etc., sobre la base de la información recopilada se procede a un análisis de las características generales de la ciudad como: características topográficas, climatológicas, geográfica de la zona, límites de la ciudad, naturales y culturales, datos estadisticos, carácter de la ciudad y sus centros de abastecimiento o de consumo, actividades económicas de la población y desarrollo histórico.

Análizan las características urbanas que permitan un diagnóstico de tendencias de crecimiento para el anteproyecto de apoyo y que tendrán que verificarse y enriquecerse en la visita preliminar de la ciudad, detectando su crecimiento y su posible desarrollo, con el objeto de determinar el cubrimiento de vuelo fotográfico y el proyecto cartográfico definitivo; las características urbanas que se analizan son: acceso y entronques principales, comunicaciones, uso de la tierra urbana, zonas marginadas, zonas comerciales, zonas turísticas, áreas verdes y recreativas, equipamiento urbano, fundo legal y sus posibles extensiones.

El análisis de la información nos servira para delimitar el área por cartografiar y para elaborar el anteproyecto que consiste en una división de hojas basándonos en un valor cerrado de coordenadas métricas U.T.M. y tomando en cuenta las medidas del papel.

Simultáneamente a esto se establece un contacto con las autoridades de la ciudad, informandoles del trabajo por

realizar y la fecha aproximada del mismo para solicitar las facilidades necesarias.

En la fecha programada se realiza una visita a la ciudad en la cual se establece un contacto directo con las autoridades para explicarles la finalidad y objeto del trabajo, se recopila la información existente en la entidad y se verifica toda la información recopilada en un recorrido por la ciudad, que abarque diferentes instituciones y zonas de probable desarrollo que puedan servir para la determinación del proyecto definitivo; en el recorrido se realiza la toma de una secuencia fotográfica terrestre.

De toda la información obtenida en los pasos anteriores se comprueba o disprueba el anteproyecto y se establece la división de hojas definitiva o proyecto.

El proyecto es enviado a la Oficina de Restitución para realizar el anteproyecto de apoyo y este se envía al Departamento de Geodesia para que realice la nivelación y poligonación del área urbana.

Simultaneamente a estos pasos se elabora el proyecto de vuelo para la toma de fotografías. El vuelo deberá ser de preferencia, de oriente a poniente y a una altura de 2,000 a 3,000 mts. aproximadamente, para lograr una escala media de 1:18,000; el traslape longitudinal deberá ser de un 60% y el transversal de un 30% sobre volando el límite, 2 ó 3 fotografías antes y después del área definida.

INFORMACION

El mapa urbano escala 1:5,000 nos proporciona una radiografía clara, precisa y actual, de las condiciones reales de la ciudad, objeto del estudio.

El conocimiento de las condiciones reales de la ciudad per

mite concretar tres objetivos básicos.

- Recopilar toda la información que permita conocer y evaluar las características actuales de la ciudad.
- Diagnosticar las condiciones actuales de la ciudad.
- Planear el futuro desarrollo de la ciudad.

La consecución de estos objetivos darán las bases para un planeamiento, local, regional y nacional.

Los elementos urbanos que pueden ser determinados del análisis del mapa son:

1.- La imagen de la ciudad.
2.- La red de viales.
3.- Los espacios.
4.- El equipamiento urbano.
5.- El amueblamiento urbano.

1.- IMAGEN DE LA CIUDAD.

En todo trabajo de planeamiento urbano se requiere tener una concepción clara de la imagen de la ciudad; para obtener esta imagen es necesario detectar y analizar un alto número de características que le son propias y que estan representadas en el mapa urbano, como; sus rasgos topográficos constituidos por altimetría con intervalos de curvas de nivel a cada 2 mts. hidrografía y áreas de vegetación así como elementos, símbolos y accidentes planimétricos, que enmarcan la diferencia de una ciudad con otra.

El mapa urbano nos da las bases para poder determinar el tamaño y carácter de la ciudad, la complejidad, simplicidad y altura de sus edificaciones, la alternancia de espacios y sus puntos destacados, que son referencias del pasado o el presente que hacen inconfundible la imagen de -

la ciudad, pueden ser obras arquitectónicas, técnicas, o elementos naturales, son puntos de referencia óptica, que pueden constituirse en elementos en torno a los cuales pueden girar conceptos de remodelación urbana.

2.- LA RED DE VIALES.

De vital importancia para cualquier trabajo de índole urbanístico será el conocimiento de la ordenación de la red de viales que estructuren las interrelaciones de espacios de la ciudad, una buena ordenación de viales proporcionan buen ambiente, bienestar, armonía y comodidad; de aquí la importancia del conocimiento de la red de viales. El mapa urbano nos permite la identificación de:

- Calles de acceso a las viviendas.
- Calles de un sector residencial
- Calles colectoras de la circulación
- Arterias de circulación
- Arterias Principales
- Arterias de circulación rápida
- Arterias de tráfico pesado
- Autopistas.

Así como recorrido, salientes, remetimientos, orientación, tramos curvos y rectos, etc., que son características de la vialidad.

3.- LOS ESPACIOS.

El material básico para el urbanismo en cualquiera de esas áreas es "el espacio". El mapa urbano es un material rico para poder determinar tanto aspectos cuantitativos como cualitativos de la espacialidad urbana, con gran facilidad

que pueden determinar un gran número de aspectos, entre - los cuales encontramos: espacios cerrados y en transición barreras espaciales, su estrechamiento, sucesión y equilibrio, la plasticidad, continuidad e interrelación de los- mismos y otros muchos aspectos que son facilmente detectables.

Un ejemplo clásico y de mucha importancia de la espacialidad en nuestras ciudades son las plazas, ya que en estas- se realizan un gran número de actividades de interés general, es en la mayoría de sus casos el centro o corazón de la ciudad, en ellas se genera actividades de índole so--- cial, político, económico, cultural, recreativo, etc., -- que permiten una gran comunicación interpersonal, algunos de los elementos que pueden detectarse del mapa urbano, - son su amplitud especial, la comunicación entre estas, su ubicación y relación con el contexto y las áreas de vegetación.

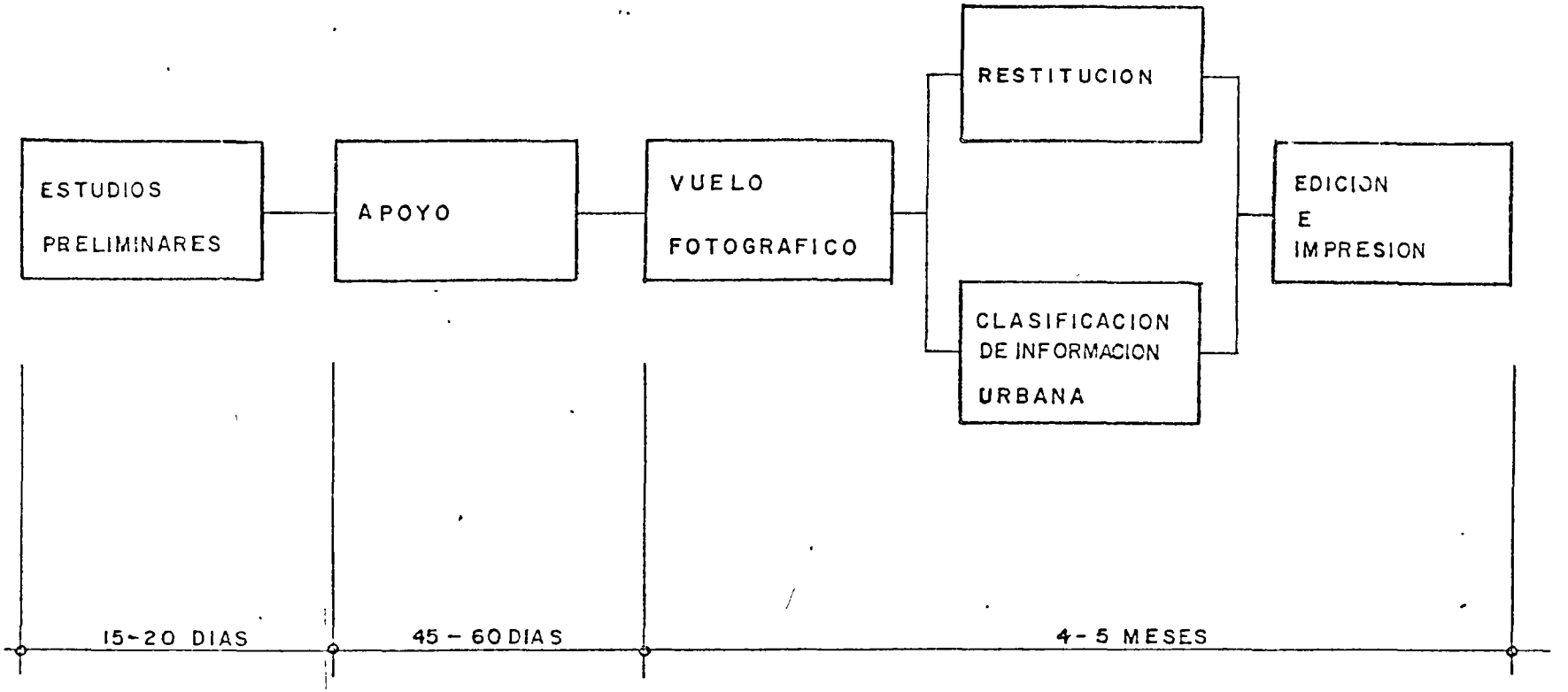
4.- EL EQUIPAMIENTO URBANO.

Para detectar las zonas de probable desarrollo y que son- determinantes para el planeamiento, es indispensable conocer la ubicación del equipamiento urbano, ya que genera - un número de fenómenos que modifican el entorno de la zona, ya que el equipamiento promueve la interacción social y está implica la afluencia de gentes y de vehículos y -- por consiguiente habría que considerar la necesidad de de_ sificar servicios y posibles remodelaciones de la zona, - con la presencia de nuevas edificaciones como áreas comerciales y terminales urbanas, además de acelerar la plusvalía de la tierra.

Se ha establecido una división del equipamiento urbano en 3 áreas:

PROCESO PARA LA ELABORACION DEL

MAPA URBANO ESCALA 1:5000



1a.- Administración y organización
2a.- Interacción social,laboral y recreativa.
3a.- Servicios generales.

El mapa urbano escala 1:5,000, nos permite detectar con - facilidad la ubicación del equipamiento urbano que se encuentra estructurado en:

Servicios Municipales
Oficinas de gobierno
Representaciones diplomáticas
Centros de enseñanza
Servicios médicos
Comunicaciones y transportes
Banca, industria y comercio
Culturales, recreativos y turísticos.

5.- EL AMUEBLAMIENTO URBANO.

Gran parte de la belleza de la ciudad, esta constituida - por una buena composición del amueblamiento urbano que -- viene siendo una serie de pequeños elementos situados en- el lugar apropiado, estos elementos requieren de una buena composición urbanística que hará resaltar la belleza de la ciudad, una mala composición del amueblamiento redituará - una sensación de desorganización y falta de equilibrio, de esto se deduce la importancia del análisis del amueblamiento, esta información se puede obtener con facilidad del mapa urbano, el repertorio de elementos formales son en general; terrazas, pasajes, cercados, fuentes, surtidores, monumentos, quioscos, árboles, etc.,

De la información se obtienen las bases para un planeamiento urbano de diferentes aspectos: su edificación, composición urbanística y la formación de centros urbanos, la red

de viales, su ordenación y el tráfico urbano, la modernización, redensificación y reforma interior de la población.

BIBLIOGRAFIA.

- Leonard Reissman
  El Proceso Urbano
  Gustavo Gili.S.A., Barcelona 1973

- Hans Mausbach
  Introducción al Urbanismo
  Gustavo Gili.S.A. Barcelona 1973

- Meier, Dr.Ing. H.K.
  Orthoproyection Equipment.
  Sistems.

- T.J. Blacaut
  National Research Council
  Otawa Canadá

- Nels Anderson
  Sociología de la comunidad urbana
  Fondo cultura económica.

- Junta General de Urbanización y Planeación.
  "La Urbanización en el Estado."
  1973.

- Jesús Ceballos y Carlos Posadas
  Información CETENAL en la Planeación - Urbana y el Desarrollo.
  Memorias Congreso Panamericano de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. 1974

- Gonzalo García Vargas, Rafael Moranchel, Jesús Ceballos y René Rosado S. - Cartografía básica a grandes escalas - III Convención CETENAL.

FOTOGRAMETRIA APLICADA
A LA INGENIERIA

FOTOGRAFIA AEREA II

A. GARCIA AMARO

INTRODUCCION

El hombre para realizar una acción planeada encaminada a su propio desarrollo, tiene que analizar su medio físico y humano, pero éste es una realidad extremadamente compleja y cambiante, por tal motivo tiene que tomar sus decisiones basándose en algunos indicadores que debe conocer en forma continua y sistemática.

La fotografía aérea permite tener una representación de la realidad en un momento dado y con un grado de generalización que depende de la escala y de la combinación filtro-película que se empleen.

Se percibe el medio físico por medio de sensores que captan la energía radiante que refleja o viene de él.

El espectro electromagnético es energía radiante que atraviesa el espacio en forma de ondas de varias longitudes.

Los rayos X tienen longitudes del orden de milimicras.

Los rayos gama y cósmicos tienen longitudes de onda todavía menores; la luz ultravioleta llega hasta los 400 mμ de longitud de onda.

La zona visible del espectro consiste en radiaciones de 400 a 700 mμ aproximadamente; el infrarrojo cercano va de 700 mμ a un milímetro aproximadamente de longitudes de onda.

Las ondas de radio tienen longitudes de algunas micras a varios kilómetros.

Así que la parte visible del espectro es una fracción pequeñísima del espectro electromagnético.

Si se mide el efecto que produce en el ojo humano una serie de radiaciones monocromáticas que transporten la misma cantidad de energía, se puede trazar la curva de sensibilidad espectral del ojo humano - (Fig. 1).

Se toma como unidad la intensidad visual máxima obtenida a los 555 mμ (amarillo verdoso).

La sensibilidad del ojo es casi nula abajo de 400 mμ y más allá de los 700 mμ ; es muy débil (inferior al 3% fuera del intervalo de 450 a 670 mμ . Esta curva depende de la intensidad de la luz.

De la misma manera se definen curvas de sensibilidad espectral para otros receptores.

Las películas fotográficas están constuidas por una suspensión en gelatina de cristales de sales de plata muy pequeños (bromuro, yoduro o cloruro de plata). El objetivo de la cámara forma en el plano de la película una imagen óptica; por la influencia de la energía trasportada -- por la luz esta imagen óptica deja en la película una imagen latente, invisible. Un tratamiento (en general química) permite revelar la imagen

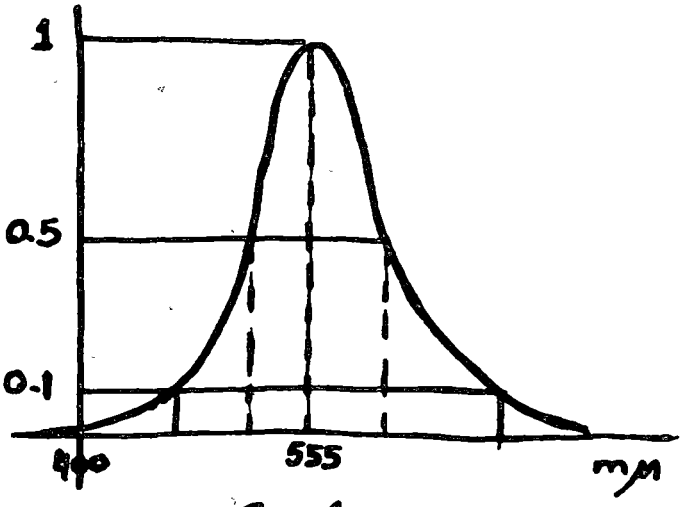


fig 1

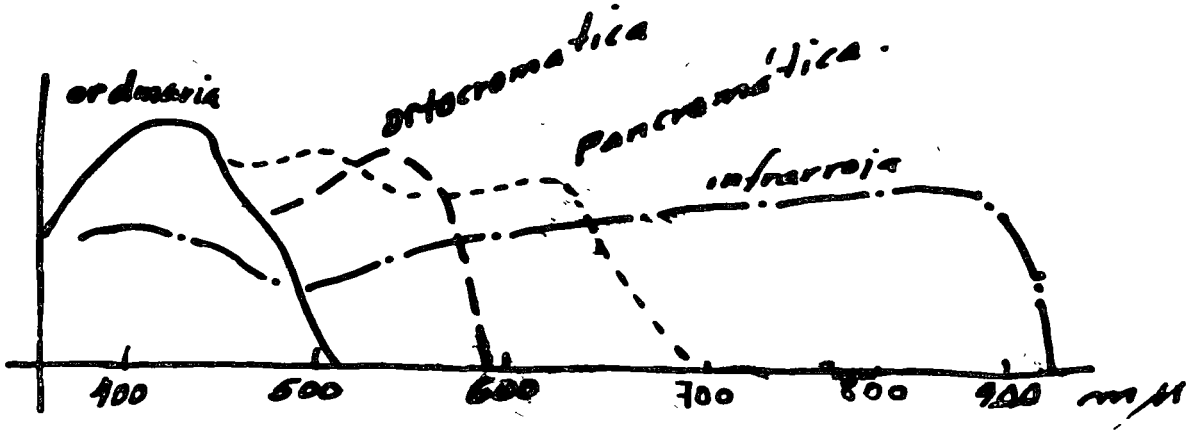


fig 2

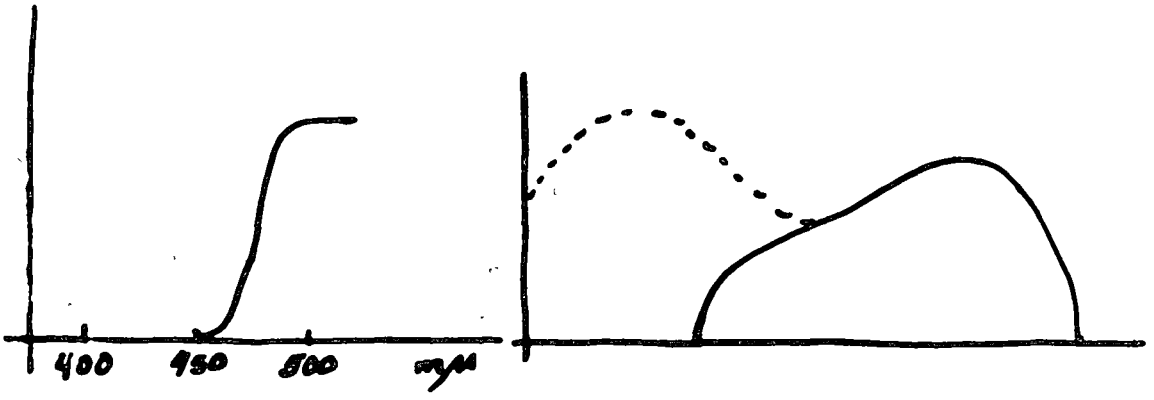


Fig 3

latente para hacerla visible, obteniéndose en general una imagen negativa. Cuando la exposición es muy fuerte (solarización) se obtiene un positivo; normalmente estos se obtienen por copia de los negativos.

El revelado tiene tres partes fundamentales:

1°.- El revelado.

2°.- Fijado para eliminar las sales de plata no aisladas y

3°.- El lavado para eliminar el hiposulfito del fijador y otras substancias.

Hay varios tipos de reveladores.

- De grano fino (poco estables).
- Tropicales.
- Para (fotos en) papel.
- De contraste.
- Suaves, etc.

La imagen latente no es en verdad invisible mas que en los fenómenos fotográficos comunes; una exposición muy fuerte a la luz provoca en la película un ennegrecimiento directo. El examen al microscopio muestra que este ennegrecimiento aparece en ciertos puntos bien localizados de la periferia de los cristales de halogenuro de plata, y progresa a partir de dichos puntos, éstos son los centros de sensibilidad. Durante el revelado, en los cristales que absorbieron luz, el ennegrecimiento se extiende a todo el cristal.

Desde el punto de vista práctico es necesario poder predecir el efecto que provocará en una película fotográfica, determinada radiación, en

función de su intensidad, duración, composición de radiaciones de diversas longitudes de onda y que habrá de ser procesada la película en un determinado revelador por un tiempo, temperatura y agitación dados.

De manera semejante como se obtiene la curva espectral de sensibilidad del ojo, se obtienen curvas de sensibilidad cromática de las emulsiones (Fig. 2).

La sensibilidad cromática de una emulsión puede modificarse en la práctica por la interposición de un filtro de color que intercepte una mayor o menor cantidad de luz que provenga de los objetos a fotografiar y esto de una manera selectiva la (Fig. 3) representa primero la curva de transmisión del filtro a la derecha, la curva de sensibilidad de una película ortocromática empleada con ese filtro, no queda de la curva mas que la curva de trazo continuo.

El uso de combinaciones filtro-película tiene una gran importancia para poder detectar objetos que tienen su máxima reflexión en una parte determinada del espectro y dió lugar a toda una tecnología que permite identificar por ejemplo usos de la tierra por computadora.

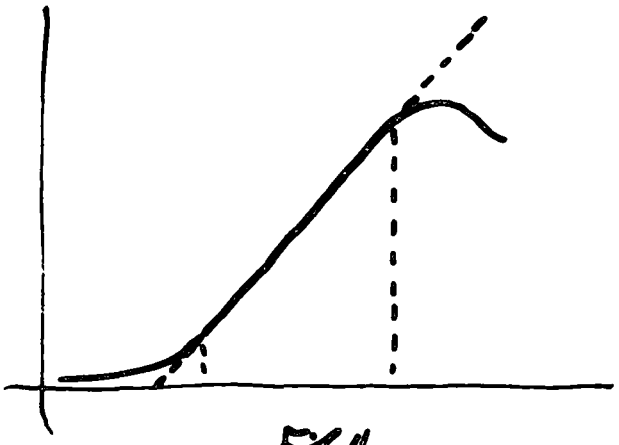


Fig 4a

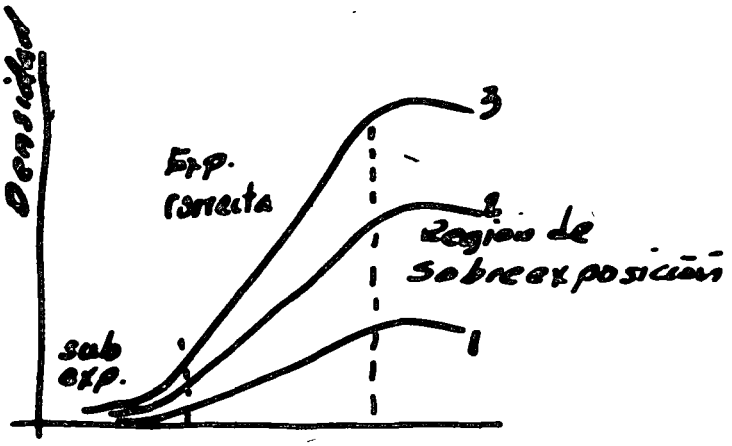

Densidad
Exp. correcta
sub exp.
3
2
1
Region de sobreexposición

Fig 4b

Fotogrametría Aplicada a la Ingeniería

FOTOGRAFIA AEREA I

A. García Amaro
Abril 1975.

Aplicación de la Fotografía Aérea en los Levantamientos Topográficos y Cartográficos.

a.- Levantamientos Aerofotogramétricos Verticales: el eje principal de la cámara es cercano a la vertical, es decir, forma con ella un ángulo de tres grados o menor. Se emplea una cámara métrica.

b.- Fotografías Aéreas Convergentes: la cámara métrica se inclina -- hacia adelante y atrás en la dirección del avión por un ángulo del orden de 15°.

c.- Fotografías Oblicuas: tomadas con una cámara métrica con el eje inclinado en un ángulo en dirección perpendicular a la del vuelo por - 20 a 30 grados.

d.- Fotografías Panorámicas o Altas Oblicuas: su eje está inclinado - más de 50°, aparece la línea de horizonte en la imagen.

Las fotografías verticales son las más empleadas en levantamientos topográficos, sobre todo después de haberse desarrollado las cámaras gran angulares y super gran angulares.

Características generales de las fotografías aéreas verticales.

La fotografía aérea es mucho más rica en información que cualquier plano o mapa, aparecen en ella todos los detalles de la zona fotografiada -- (con la limitación de la resolución de la imagen),pero no se destaca su naturaleza o importancia relativa.

En una carta, según su tema, los detalles del terreno se exageran, disminuyen o suprimen; además se incluyen signos convencionales para ayudar a representar la realidad desde el punto de vista del tema de la carta, es

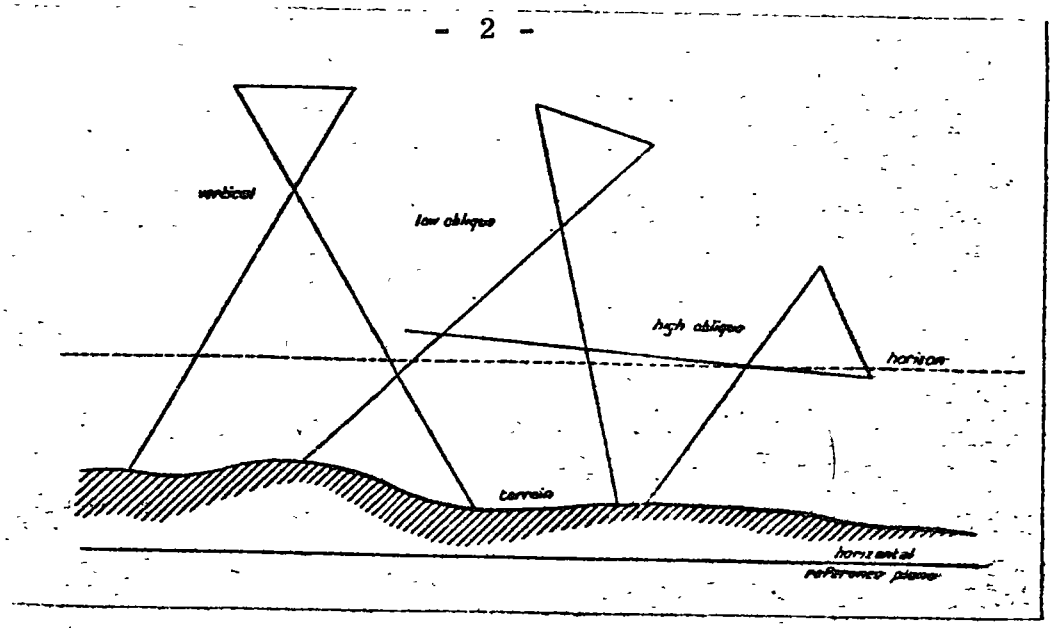

vertical
low oblique
high oblique
horizon
terrain
horizontal
reference plane

FIG. 1

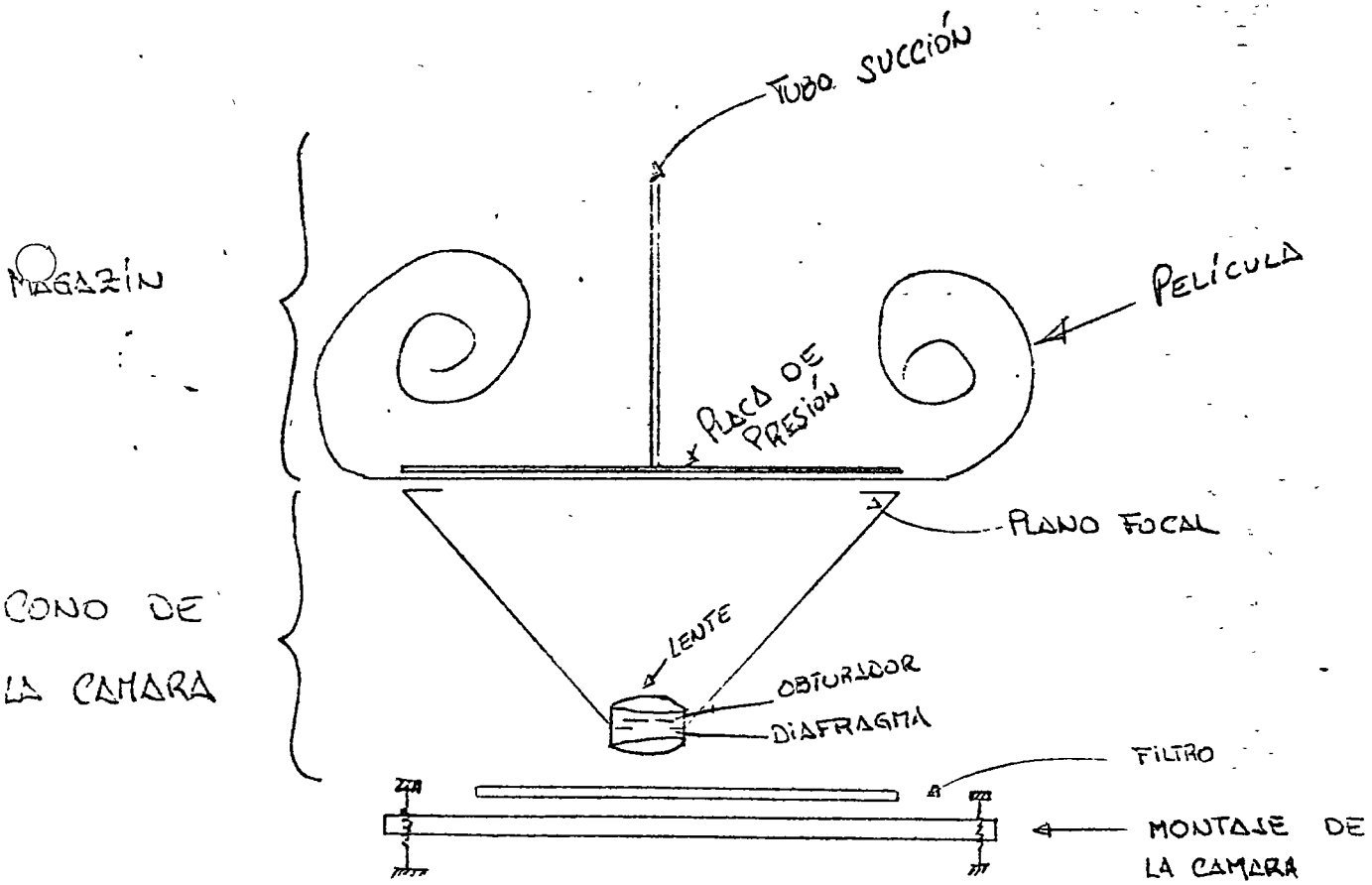
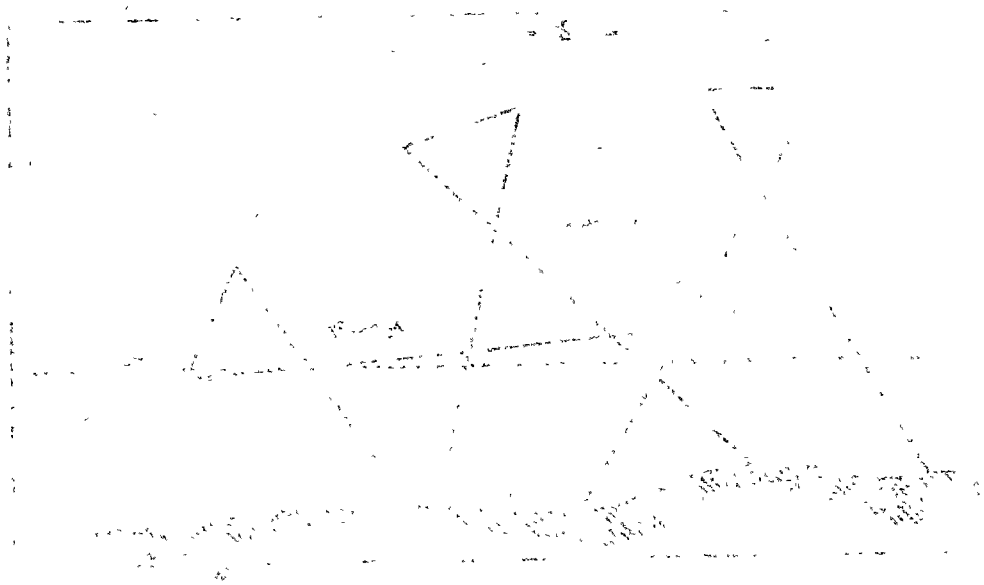

TUBO SUCCIÓN
MAGAZÍN
PELÍCULA
PLACA DE PRESIÓN
PLANO FOCAL
CONO DE LA CAMARA
LENTE
OBTURADOR
DIAFRAGMA
FILTRO
MONTAJE DE LA CAMARA

FIG. 2



un fruto de una actividad métrica y de una ponderación cualitativa.

En la fotografía aérea la interpretación de las imágenes se deja al usuario.

La fotografía y la carta son documentos complementarios que no pueden remplazarse uno al otro.

En la carta se pueden realizar directamente medidas de ángulos, distancias y desniveles, dentro de la precisión establecida a los levantamientos "regulares".

Las fotografías aéreas verticales no pueden considerarse como productos métricos de utilización directa.

Una fotografía vertical es una perspectiva cónica del terreno. Un plano es una perspectiva ortogonal del terreno sobre un plano horizontal, reducida a una escala dada. Las disparidades métricas entre una fotografía y una carta se deben al relieve del terreno y a la inclinacion del eje de la cámara con relación a la vertical.

Desplazamiento por relieve.

Los objetos que tienen alguna diferencia de altura sobre un determinado plano de referencia presentan desplazamientos con relación a los objetos del plano según la relación

$$\Delta r = r \frac{\Delta h}{h_v - \Delta h}$$

donde Δr es el desplazamiento por relieve;

r distancia al punto nadiral de la fotografía;

Δh altura del punto sobre el plano de referencia.

Por ejemplo: si tenemos una cámara gran angular de 152mm de distancia focal y se hizo el levantamiento fotográfico a una altura de vuelo -- (hv) de 1 520m para obtener una escala de fotografía de 1: 10 000. Objetos o puntos del terreno con una diferencia de altura de 10% de la - altura de vuelo , y que aparecieran en la fotografía a 12cm del centro de la foto, tendrían un desplazamiento radial de 12mm; objetos de 15m de diferencia de altura con relación al plano de referencia tendrían un desplazamiento de un milímetro.

Las deformaciones de la imagen que resultan de la inclinación del eje - principal de la cámara harían que una retícula cuadriculada del terreno se representara como una red perspectiva; así que las mediciones de - distancia sobre la fotografía tendrían errores superiores a los de la precisión del dibujo (0. 14mm).

Las deformaciones debidas a la no verticalidad del eje de la cámara pueden corregirse con procesos simples (rectificación).

Desde el punto de vista métrico, la importancia de la fotografía aérea - radica en que permite reconstruir haces de rayos perspectivos, que son el elemento fundamental de la fotogrametría.

El límite de la precisión alcanzable en fotogrametría está en la imposibilidad física de reconstruir el haz de rayos perspectivos con absoluta precisión.

Las fuentes de error en fotografía aérea convencional son:

Deformaciones en el plano de la imagen;

La película fotográfica no es un plano perfecto, la película puede sufrir

deformaciones permanentes por cambios de temperatura, humedad, tensiones físicas y procesos químicos.

La lente no es un centro de perspectiva perfecto, presenta aberraciones cromáticas, esféricas y distorsión radial y tangencial.

La plataforma que sostiene la cámara en el espacio no permanece inmovil durante la exposición: se presenta el barrido de la imagen durante la exposición y falta de definición por vibraciones del avión.

El medio (atmósfera) no es homogéneo ni constante, se presenta refracción atmosférica.

En la tecnología moderna todos estos errores se han reducido considerablemente, son del orden de micras pero para los procesos fotogramétricos de gran precisión (triangulación aérea), tienen que incluirse correcciones en forma analítica o analógica.

A continuación se da una brevísima descripción de las causas de error y las correcciones más empleadas.

Causa del error	Tipo	Previsión	Corrección
Falta de planitud de la emulsión fotográfica por falta de succión o por falta de planitud del plato opresor.	Aleatorio	Calibración del plato opresor.	
		Revisión del mecanismo de succión.	
		Introducción de retículas calibradas a la imagen en el momento de la exposición.	Analítica, solamente cuando hay retícula.
Cambios de temperatura, humedad, tensiones físicas y procesos químicos que sufre la película.	Aleatorio	Manejo y revelado cuidadoso: procurar que el rollo de película cambie lentamente de temperatura.	Analítica aproximada haciendo uso de las marcas fiduciarias.
		Insertar retícula calibrada en la imagen, en el momento de toma de vistas	Analítica con retícula.
La lente no es perfecta	Sistemático	Se fabrican lentes donde las aberraciones cromáticas esféricas y la distorsión tangencial es despreciable.	Analógica por medio de Levas en los instrumentos de restitución.
		La distorsión radial es del orden de 4 - 8 micras.	Analiticamente introduciendo corrección de acuerdo con el certificado de calibración.
		Se calibran las cámaras cada año.	
Barrido de la imagen durante la exposición.	Computable en un 80%	Se emplean cámaras con aperturas grandes, tiempos de exposición cortos, películas rápidas y si es necesario aviones lentos.	Se calcula el tiempo de exposición para que el barrido sea mínimo.
Vibraciones de la plataforma	Aleatorio	Se diseñan amortiguadores que transforman la vibración en movimientos de mayor amplitud.	
Aberración atmosférica	Sistemática Aleatorio	Se tienen datos del comportamiento de la atmósfera estandar.	Se corrige analogicamente con placas de compensación analiticamente en la Triangulación Aérea.

Scales: ⟷ 20 μm ∘ ∘ 3 cm

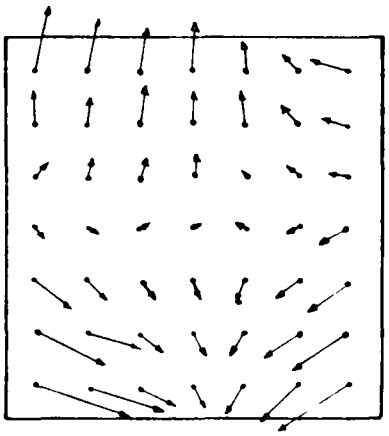


Fig 5

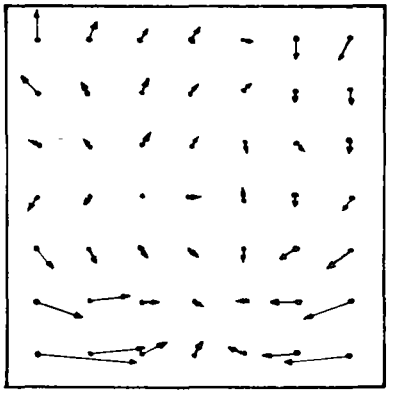


Fig 6

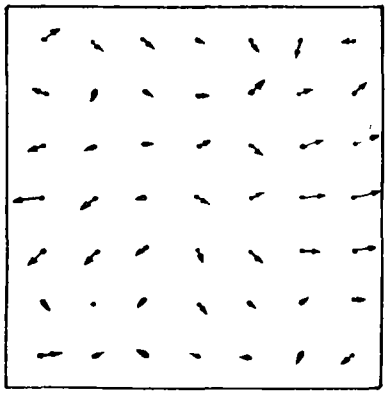


Fig 7

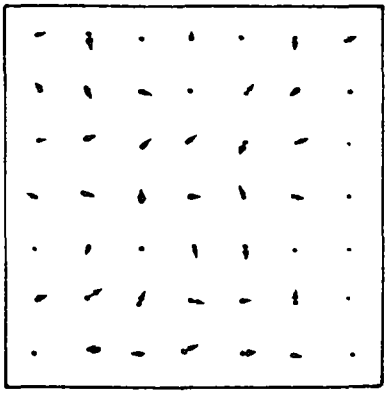


Fig 8

Residuos medios cuadráticos después de las diferentes transformaciones:

Fig. 5 Después de una transformación lineal conforme
Fig. 6 Después de una transformación lineal afín
Fig. 7 Después de una transformación polinómica de 2° grado
Fig. 8 Después de una transformación polinómica de 3er. grado

Resolución de la Imagen.

La calidad de la imagen fotográfica depende de una serie de factores: espesor de la emulsión;

Cantidad de plata por unidad de área;

Dureza de la gelatina;

Presencia de capas antihalo;

Tipo de revelador empleado y

Exposición.

Densidad, es el logaritmo del recíproco de la transmisión u opacidad: si la película deja pasar un décimo de la luz que recibe, se dice que la opacidad es 10, si deja pasar un centésimo de luz, es de 100 y las correspondientes densidades serían de uno y dos respectivamente.

$$\text{Densidad} = \log \text{Opacidad}$$

$$= \log \frac{\text{Luz incidente}}{\text{Luz transmitida.}}$$

Se considera que una negativa o diapositiva, tienen un rango de densidades adecuadas, cuando sus densidades van de 0.4 a 1.1 .

El poder resolutivo de una película fotográfica se mide por el mayor número de períodos línea-espacio que pueden percibirse en un milímetro. Depende del contraste entre las líneas y los espacios; de la relación -- entre la longitud y ancho de las líneas, y del equipo y método de observación.

Se obtiene mayor poder resolutivo con contrastes altos y líneas largas. La resolución con contrastes bajos es la que es indicativa para fotogra-

Resolución de la imagen.

La calidad de la imagen fotográfica depende de una serie de factores: es

peso de la emulsión;

Cantidad de plata por unidad de área;

Dureza de la gelatina;

Presencia de capas antihalo.

Tipo de revelador empleado y

Exposición.

Densidad, es el logaritmo del recíproco de la transmisión o opacidad en

la región de pasaje de la luz [illegible] se dice que la opa

[illegible] 10, [illegible] 20 [illegible] corres-

[illegible]

Densidad [illegible]

$$= \frac{\text{Luz incidente}}{\text{Luz transmitida}}$$

Se considera que una negativa o diapositiva tiene un rango de densi-

dades adecuadas cuando sus densidades van de 0.1 a 1.

El poder resolutivo de una película fotográfica se mide por el número de

pares de líneas-espacio que pueden percibirse en un milímetro.

Depende del contraste entre las líneas y los espacios; de la relación --

entre la longitud y ancho de las líneas y del equipo y método de observa-

ción.

Se obtiene mayor poder [illegible]

La resolución [illegible] por fotogra-

fía aérea ya que las imágenes observadas, desde un avión tienen un contraste bastante bajo.

Ejecución de la Misión Fotográfica.

El objeto de la misión fotográfica es proveer fotogramas a restituir o interpretar en las mejores condiciones posibles de precisión y calidad; del rendimiento del conjunto de operaciones que se basan en el levantamiento fotográfico. Depende en gran parte la comodidad, rapidez y economía del proyecto.

Altura de Vuelo.

La escala media de la fotografía se fija por las condiciones de interpretabilidad y precisiones requeridas, altimétrica y planimétrica y, aunque es lo menos ventajoso, debido al instrumento de restitución que se tenga. En la determinación de la escala de fotografía se considera el tipo de cámaras mas adecuadas para el levantamiento y su distancia principal:

La cámara de lente super gran angular (de 85 a 88mm de distancia principal, da su máximo rendimiento en el levantamiento de muy amplias regiones con relieve moderado, también se emplea con gran ventaja en levantamientos a gran escala de terrenos casi llanos cuando se busca la máxima precisión altimétrica.

La cámara de lente gran angular (153mm) es la de mas amplio uso en proyectos que involucran restitución, interpretación y construcción de fotomapas.

La cámara de lente normal (30 cm de distancia principal) se emplea en levantamientos a gran escala, en grandes zonas urbanas, por el poco --

desplazamiento por relieve que presenta.

Recubrimiento.

El caso general consiste en tomar fotografías secuenciales a lo largo de las líneas de vuelo con una superposición "longitudinal del 60% para asegurar la visión estereoscópica del par y una sobreposición del 30% entre línea y línea.

Las especificaciones usuales en cuanto a recubrimiento es lateral 30% - y longitudinal 60% a efectos de poder tener estereoscopia suficiente entre fotos y continuidad entre fajas.

Ejemplo:

Cuantas fajas de cuantas fotografías son necesarias para cubrir una área de 150 Km x 50 Km para una escala 1/30.000, usando una cámara Gran Angular de c= 150mm = 6" .

Recubrimiento lateral 30% - longitudinal 60% - Película 23 x 23 cm.

Hallar también altura de vuelo; altura del terreno = 1250m.

150

50 Km

H = altura de vuelo $\frac{1}{30.000} = \frac{0.150 \text{ m}}{H}$

H = 4500 m sobre el terreno

5750 m sobre el nivel del mar

Distancia entre líneas de vuelo -

avance descontando por
recubrimiento lateral 30%

$$0.7 \times 0.23 \times 30.000 = 4830 \text{ m}$$

$$\frac{50 \text{ Km}}{4.83} = 10.7 = 11 \text{ líneas}$$

Distancia entre fotos -

recubrimiento longitudinal 60%

$$0.4 \times 0.23 \times 30.000 = 2760 \text{ m}$$

$$\frac{150}{2.76} = 54.34 = 55 \text{ fotos}$$

Número total de fotos = 605 fotos

Area neta del modelo = 4.83 x 2.76 = 13.33 Km^2

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA (DEL 14 DE ABRIL AL 16 DE MAYO DE 1975)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
1. SR. MARIANO AGUILAR GUZMAN Lago Espiridino No. 12 Col. Tacuba México 17, D. F. Tel: 5-27-86-25	SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS Sierra Gorda Tecamachalco México, D. F. Tel: 5-20-56-77
2. ING. MIGUEL ALVARADO CARDONA Avicultura No. 78 Col. 20 de Noviembre México 2, D. F. Tel: 5-26-11-74	COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL (CETENAL) San Antonio Abad No. 124 Col. Tránsito México, D. F. Tel: 5-78-62-00 Ext. 119
3. SR. ARMANDO AYALA FONTES Manuel González 302 Nonoalco-Tlatelolco México 3, D. F. Tel: 5-83-95-18	SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS Viena No. 20 Despacho 302 Col. Juárez México 3, D. F. Tel: 5-92-39-82
4. ING. ELEUTERIO BECERRA LOPEZ Aztecamac 19 Cuautitlan-Izcalli Edo. de México Tel: 91-591-2-12-30	CUAUTITLAN-IZCALLI ODEM-ENEPC,UNAM Boulevard Avila Camacho 92-A Naucalpan, México Tel: 5-65-81-91
5. ING. GENARO CALZADA FUENTES Amado Nervo No. 6 SN Fco. Chilpan Edo. de México	C.C.I.S.S.S.A. Durango No. 81-2o. Piso Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-14-22-12
6. ING. BALDOMERO CEJA TELLEZ Camino del Triunfo No.201 Col. Campestre Aragón México 14, D. F.	CAMINOS Y URBANIZACIONES, CONSTRUCCIONES Y SUPERVISIONES, S.A. Lucerna No.78-5o. Piso Col. Juárez México 6, D. F. Tel: 5-35-56-28
7. ING. RAUL CEJUDO ORTEGA Puerto México No. 45 Col. Roma Sur México 7, D. F. Tel: 5-84-76-97	FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM Ciudad Universitaria México 20, D. F. Tel: 5-48-96-69

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA (DEL 14 DE ABRIL AL 16 DE MAYO DE 1975)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
8. ING. SERGIO FRONTANA MARTINEZ Hamburgo 10-10 Col. Albert-Portales México 13, D. F.	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Tlaloc 90-1 Col. Anáhuac México 17,D. F. Tel: 5-92-39-95
9. ING. FRANCISCO GARCIA LERIN Calle Atenco No. 72 Col. Nueva Ixtacala México, D. F.	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Tlaloc 90-1er. Piso México, D. F. Tel: 5-92-39-95
10. ING. FACUNDO GARZA SALINAS Fresno No. 23 Villa A. Obregón México 20, D. F. Tel: 5-48-22-80	CIA. MEXICANA DE CONSULTORES EN INGENIERIA, S. A. Av. Insurgentes Sur No.1824-802 Col. Florida México 20, D. F. Tel: 5-34-54-83
11. ING. FERNANDO GARZA SILLER Jerusalen No. 37 Col. Romero Rubio México 9, D. F. Tel: 5-71-28-29	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Melchor Ocampo No. 171 Col. Anáhuac México, D. F. Tel: 5-92-02-35
12. ING. ROBERTO GUILLEN SOTO Eureka No. 10 Col. Industrial México 14, D. F. Tel: 5-37-47-69	COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL " CETENAL " San Antonio Abad No. 124-6o. Piso Col. Tránsito México 8, D. F. Tel: 5-78-62-00-183
13. SR. FRANCISCO J. GUTIERREZ YEDRA Nicolás San Juan 247-5 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-23-50-26	COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL " CETENAL " San Antonio Abad 124 Col. Tránsito Mexico 8, D. F. Tel: 5-78-62-00-183

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA (DEL 14 DE ABRIAL AL 16 DE MAYO DE 1975)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
14. ING. GILBERTO R. HERNANDEZ Y E. Cerro de San Andrés No. 355 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-44-38-92	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Doctor Barragán No.779 Col. Vertiz Narvarte México 12, D. F.
15. SR. BENJAMIN LANDEROS OLGUIN Josefa Ortiz de Domínguez 605 Sur Toluca, México Tel: 5-71-59	DEPARTAMENTO DE CATASTRO GBO. DEL EDO. DE MEXICO Palacio de Gobierno Toluca, México Tel: 5-06-38 y 5-09-33
16. ING. MARIO MANZANO LOPEZ Sonora No. 125 Fracc. Jacarandas Tlalnepantla Edo. de México	SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS Viena 20 Desp. 601 Col. Juárez México 3, D. F. Tel: 5-35-66-80
17. SR. HECTOR MOLINA GALAN Lic. Antonio Madrazo No. 27 Col. Constitución de 1917 Iztapalapa, D. F.	ESTUDIOS DE INGENIERIA Y PLANEACION, S.A. Paseo de la Reforma No. 2165 Bosque de las Lomas México 17, D. F. Tel: 5-96-29-77
18. ING. HECTOR PERALTA ALAMILLA Volcán 219 Lomas de Chapultepec México 10, D. F. Tel: 5-20-32-35	COMISION COORDINADORA PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC Av. Juárez No. 92-2o. Piso México 1, D. F. Tel: 5-21-50 -00
19. ING. LUIS PEREZ RIVERA 5 de Febrero No. 64 Azcapotzalco, D. F. Tel: 5-61-63-29	COMISION AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (S.R.H.) Balderas No. 55 México 1, D. F. Tel: 5-85-50-66 Ext. 314
20. ING. RODOLFO RAMIREZ GOMEZ Av. Granjas 215-B-302 Col. Jardin Azpeitia México 16, D. F. Tel: 5-56-58-72	CENTRO NACIONAL DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL Av. Granjas 682 Azcapotzalco México 16, D. F. Tel: 5-61-80-11

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE FOTOGRAMETRIA APLICADA A LA INGENIERIA (DEL 14 DE ABRIAL AL 16 DE MAYO DE 1975)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
21. ING. SALVADOR RIVERA SUAREZ Calle Progreso No.124-408 Col. Escandón México 18, D. F. Tel: 5-16-25-44	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A. Av. Melchor Ocampo No. 171-2o.Piso Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel: 5-92-39-95
22. ING. DELFINO SANCHEZ MARTINEZ Guerrero No. 57 Col. Raúl Romero México 9, D. F.	ICATEC, S. A. González de Cosio No. 24 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-36-57-40
23. ING. EDUARDO SAUCEDO DUEÑAS Dakota 35-B-504 Parque San Andrés México 21, D. F. Tel: 5-44-87-11	SECRETARIA DE MARINA San Juan Ixhuatepec Km. 3+200 Carretera México-Laredo Tel: 5-69-37-69
24. SR. RAMON TREJO CHAVEZ Retorno 34 Genaro García 23 Col. Jardín Balbuena México 9, D. F. Tel: 5-71-16-51	ROTENCO, S. A. Ave. Juárez No. 119-32 México 1, D. F. Tel: 5-66-12-55
25. ING. RICARDO VARGAS CRUZ Aluminio No. 440-5 Col. 20 de Noviembre México 2, D. F. Tel: 5-29-01-86	SECRETARIA DE MARINA Insurgentes Sur No. 465 México, D. F. Tel: 5-69-37-69