

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

INFORMACION DETENAL APLICADA A LA INGENIERIA CIVIL

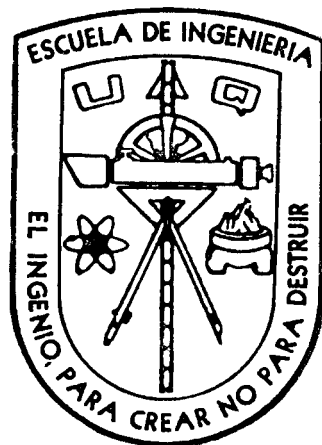
TESIS PROFESIONAL

Gerardo Tapia Martínez

y

Noé Uribe De León

22 - FEBRERO - 1979



No. Reg. 2547

TS

Clas. 623.72

T179i

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE QUERETARO



ESC. DE INGENIERIA

EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

OFICIO NUM: 364

ASUNTO: SE APRUEBA TEMA DE TESIS.

OCTUBRE 19 DE 1978.-

SEÑORES PASANTES:
NOE URIBE DE LEÓN Y
GERARDO TAPIA MARTINEZ.
P R E S E N T E . -

En respuesta a su atenta solicitud, relativa al Tema de Tesis Profesional, me permito comunicarle a Uds., el que para tal efecto fue propuesta por el SR. ING. RODOLFO MAGNUS GALAN. El Título de Tesis será:

"INFORMACION DETENAL APLICADA EN LA INGENIERIA CIVIL".

TEMARIO.-

INTRODUCCION:

1. ANTECEDENTES
2. OBJETIVOS
3. TECNOLOGIA
4. ORGANIZACION Y AVANCES
5. CAPTACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION
6. RECUPERABILIDAD DE LA INVERSION REALIZADA EN LA CAPTACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION
7. VALOR DEL USO DE LOS MATERIALES QUE PRODUCE DETENAL

PRIMER CAPITULO:

CARTOGRAFIA-DETENAL)

1. INFORMACION QUE PRODUCE DETENAL
2. REPRESENTACION DE LOS DATOS
3. USO DE LA INFORMACION
4. LA CARTOGRAFIA EN LA INFORMATICA
5. IMPORTANCIA DE LA CARTOGRAFIA DETENAL EN LA PLANEACION ECONOMICA

SEGUNDO CAPITULO:

- CIENCIAS BASICAS PARA LA ELABORACION DE LA CARTOGRAFIA
1. GEODESIA
 1. GENERALIDADES
 2. DEFINICION DE GEODESIA
 3. INTRODUCCION A LA FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA
 4. OBSERVACIONES ASTRONOMICAS
 5. PROCEDIMIENTOS TECNICOS PARA EL CONTROL HORIZONTAL

Centro Universitario

Teléfono. 2-51-89

Querétaro, Qro.



- 5.1. PROYECTO DE TRIANGULACION
- 5.2. RECONOCIMIENTO GEODESICO
- 5.3. RESOLUCION DE TRIANGULOS (TEOREMA DE LEGENDRE)
- 5.4. SEÑALES GEODESICAS
- 5.5. MEDIDA DE LA BASE GEODESICA
- 5.6. MEDIDA DE ANGULOS
- 5.7. MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS
6. PROCEDIMIENTOS TECNICOS DE CONTROL VERTICAL
 - 6.1. DEFINICIONES
 - 6.2. CLASIFICACION
 - 6.3. METODOS DE NIVELACION
- II. INTRODUCCION A LA FOTOGRAMETRIA
 1. GENERALIDADES
 2. DEFINICION DE FOTOGRAMETRIA Y FOTOGRAFIA
 3. BASES GEOMETRICAS
 - 3.1. CLASIFICACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS SEGUN LA POSICION DE SU EJE PRINCIPAL.
 - 3.2. ESCALA DE LA FOTOGRAFIA
 - 3.3. CONCERTOS USUALES
 4. FACTORES QUE PROVOCAN LA PERDIDA DE CALIDAD EN LA IMAGEN
 - 4.1. FACTORES DE DEFORMACION DE LA IMAGEN
 - 4.2. FACTORES DE DEFORMACION DE LA IMAGEN CAMARA METRICA
 5. CLASIFICACION DE LAS CAMARAS SEGUN SUS ANGULOS
 - 5.2. EL OJO HUMANO
 6. ORIENTACION DEL MODELO
 - 6.1. ESCALA DEL MODELO
- III. INTRODUCCION A LA FOTOINTERPRETACION
 1. NATURALEZA DE LA FOTOINTERPRETACION
 - 1.1. FOTOIDENTIFICACION
 - 1.2. FOTOINTERPRETACION
 2. VENTAJAS DE LA FOTOINTERPRETACION
 3. FACTORES CONSTITUTIVOS DE LA FOTOINTERPRETACION
 - 3.1. FACTOR HUMANO
 - 3.2. FACTOR INSTRUMENTAL
 - 3.3. FACTOR METODOLOGICO



EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

TERCER CAPITULO:

APLICACION PRACTICA:

ANTEPROYECTO DE UNA PRESA

1. INFORMACION OBTENIDA DE LAS CARTAS

1.1. LOCALIZACION

1.2. TOPOGRAFIA

1.3. GEOLOGIA SUPERFICIAL

1.4. CLIMA

1.5. HIDROGRAFIA

1.6. ACTIVIDADES ECONOMICAS

1.7. POBLACION VASPECTOS SOCIALES

1.8. USO ACTUAL DEL SUELO

1.9. USO POTENCIAL

2. ANALISIS ESTEREOSCOPICO DE LA ZONA

3. ANTEPROYECTO

3.1. UBICACION DE LA CUENCA

3.2. CARACTERISTICAS DE LA CUENCA

3.3. CARACTERISTICAS DEL VASO Y LA BOQUILLA

3.4. GEOLOGIA

3.5. CALCULOS HIDRAULICOS

3.5.1.

VOLUMEN MEDIO ANUAL ESCURRIDO

3.5.1.1. AREA DE LA CUENCA

3.5.1.2. COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

3.5.2.

CAPACIDAD UTIL

3.5.3.

SUPERFICIE PROBABLE DE RIEGO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

También hago de sus conocimientos las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que antes de su Examen Recepcional, deberán cumplir el requisito del Servicio Social y de que el presente oficio se imprima en todos los ejemplares de sus Tesis.-



ATENTAMENTE
"EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR"

ING. JUAN JOSE VAZQUEZ PEÑA.
DIRECTOR.

C.c.p.- Archivo Escuela de Ingeniería.- Centro Universitario.-
C.c.p.- Mesa de Profesiones de la U.A.Q.- Centro Universitario.-
C.c.p.- Sr. Ing. Rodolfo Magnus Galán.- Presente.-

DESEAMOS EXPRESAR NUESTRO AGRADECIMIENTO A TODAS AQUE-
LLAS PERSONAS E INSTITUCIONES QUE, DIRECTA O INDIRECTA
MENTE COLABORARON CON NOSOTROS PARA LLEVAR A FELIZ -
TERMINO LA PRESENTE. ENTRE OTROS Y DE FORMA MUY ESPE
CIAL A:

LA DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIO-
NAL (D E T E N A L).

EL SR. ING. RODOLFO MAGNUS GALAN, POR SU COLABORACION_
EN LA DIRECCION DE ESTE TRABAJO.

EL SR. ING. FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ A., JEFE DE PRO
YECTOS DE LA OFICINA DE APOYO HORIZONTAL DE DETENAL.

EL SR. ING. FILIBERTO LUNA ZUÑIGA, DE LA SECRETARIA DE
AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.

LA SRITA. ALICIA MANCILLA HERNANDEZ, POR SU VALIOSA CO
LABORACION EN LA ELABORACION DE NUESTRA TESIS.

CON TODO CARIÑO A NUESTROS PADRES:

J. GUADALUPE URIBE HERNANDEZ
MA. CRISPINA DE LEON DE URIBE.

CARLOS TAPIA HERNANDEZ (q. e. p. d.)
JOSEFINA MARTINEZ VDA. DE TAPIA

CON AGRADECIMIENTO Y CARIÑO
A NUESTROS QUERIDOS HERMANOS.

CON RESPETO Y GRATITUD A LA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUE
RETARO, A NUESTRA ESCUELA -
DE INGENIERIA CIVIL, ASI CO
MO A NUESTROS MAESTROS.

P R O L O G O

Actualmente México se enfrenta a graves problemas de tipo social y económico relacionados con el crecimiento demográfico, la inflación, la baja productividad, el dominio de las empresas transnacionales, malas inversiones y manejos, etc., que, al igual que muchos otros, requieren de atención inmediata y de estudios especializados, ya que su solución es imprescindible para la propia planeación y el consecuente desarrollo socioeconómico del país.

Encaadrado en este marco nacional, el estado realiza, a través de diversos programas, las obras de infraestructura que sirvan como plataforma de lanzamiento para llevar al país a un desarrollo capaz de atender y satisfacer las necesidades de la población las cuales tienen carácter de impostergables, como son todas aquellas relacionadas con productividad, asentamientos humanos (nuevos centros de población, conurbación, invasiones, conflictos agrícolas, tenencia y uso de la tierra), así como el elemento o primera materia básica para el aprovechamiento de la tierra: el agua.

Por todos es conocida la importancia que tiene en un programa, o proyecto, la rapidez y eficiencia con que se realice, además de su costeabilidad. Dichos renglones se pueden abatir en forma extraordinaria con la utilización de los levantamientos cartográficos, ya que 4 ó 5 zonas hidrográficas que se deseen estudiar a nivel de anteproyecto, pueden reducirse a la mitad ó menos; sobre las cartas podemos trazar el probable tendido de vías terrestres, proyectos de sistemas de radiocomunicación, planear en forma debida los centros rurales y urbanos, dar solución al problema agrario, de limitar fronteras terrestres y marítimas, trazar líneas de conducción eléctrica, oleoductos y gasoductos, localizar zonas culturales y turísticas, así como propiciar la prospección petrolera, ac-

tividades de las que, previo estudio socioeconómico, se podrán ratificar o rectificar las rutas probables de anteproyecto y los proyectos mismos.

Casi todo lo anterior se puede realizar, en gran parte, desde el gabinete, donde el éxito o fracaso dependerán, en gran parte, del grado en que se domine la tecnología adecuada y su aplicación el problema que se trate de resolver.

Todas y cada una de las actividades que se realicen en forma de sistema formarán parte de un todo, en este caso, la infraestructura, tan anhelada no solo por nuestro país, sino por muchos otros, y deberán ser congruentes entre sí, por lo que es fundamental que se integren a un marco de referencia único a nivel nacional, que, aunado a un buen sistema de información, evitará la duplicidad de obras.

Por todo lo anterior, nos hemos sentido motivados a realizar el presente trabajo, que tiene como intención primordial, dar a conocer la información existente que nos ayude, facilite y disminuya los costos de planeación en la práctica de la Ingeniería Civil.

La estructura de nuestra tesis se basa en la necesidad que sentimos de conocer y dar a conocer las metodologías seguidas en la elaboración de dicha información, de tal manera que se trabaje sobre ella con seguridad y la certeza de poder obtener resultados confiables y seguros.

Para la exposición y dominio de las técnicas que se utilizan en la elaboración de la cartografía y demás información adi

cional, se hace necesaria la presencia de una gran cantidad de profesionistas en las diversas ramas de la ciencia, como son: geodestas, topógrafos, astrónomos, geólogos, agrónomos, ingenieros civiles, biólogos, técnicos en fotogrametría y fotointerpretación, etc., además de una gran cantidad de personal especializado en vuelos, equipos fotográficos, instrumentos de restitución y medición, personal para llevar a cabo censos y fichas de población, etc.-

Por lo antes expuesto, no intentamos que una sola persona, grupo o asociación tenga la preparación en todos los campos mencionados, sino que, con una mediana instrucción, puedan utilizar la información en todas y cada una de sus actividades relacionadas con la misma. Dentro de esto nos encontramos los exponentes de la presente, o sea, no intentamos sustituir a ninguno de los profesionistas a los que hemos hecho referencia, por lo cual hacemos mención de las fuentes a que recurrimos para llevar a feliz término nuestro trabajo de TESIS PROFESIONAL.-

" INFORMACION DETENAL APLICADA A LA INGENIERIA CIVIL "

I N T R O D U C C I O N

1. A N T E C E D E N T E S . -

La República Mexicana es uno de los trece países más grandes de la Tierra. Su vasto territorio, su accidentada geografía y la carencia de estudios cartográficos apropiados, han ocasionado que durante siglos, su desarrollo se haya visto frenado por la falta de un conocimiento preciso de sus recursos.-

Es por eso que la Secretaría de la Presidencia ha creado la DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL (D E T E N A L), para satisfacer la necesidad existente de formular un inventario de los recursos naturales, humanos y económicos con que cuenta la nación, destacando las necesidades, medios, soluciones y metas que facilitan el impulso diario hacia el progreso colectivo.-

La información se obtiene en pasos sucesivos, se analiza y se procesa, determinando así las posibilidades de desarrollo colectivo y las necesidades que deben atenderse en forma urgente.-

Los trabajos de DETENAL son aprovechados para muchas actividades, tanto por las oficinas de gobierno como por el público. Los materiales que produce, pueden ser adquiridos en las unidades de exposición y ventas que se tiene para tal efecto, a precios prácticamente simbólicos.-

2. O B J E T I V O S . -

El primordial objetivo de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional, es la formulación del "inventario de los recursos de que dispone el país ". Para llevarlo a cabo, efectúa estudios con relación a los recursos humanos, a los de obras de infraestructura e instalaciones, a los recursos naturales, tanto renovables como no renovables y al levantamiento topográfico del relieve, con el objeto de constituir una información básica para la planificación sectorial y posteriormente para una planeación integral de carácter nacional.-

Las especificaciones en cuanto a las escalas y al nivel de las investigaciones, se han fijado de tal manera que los resultados de los trabajos puedan ser aprovechados por las entidades del sector público que planean, estudian o construyen, con el fin de acelerar la elaboración de los proyectos de obras y para facilitar la implantación de actividades económicas. También permiten evitar la duplicidad de los gastos en las investigaciones técnicas y en los levantamientos topográficos.-

Los resultados del trabajo de la Dirección están a disposición de la iniciativa privada y del público, con el objeto de que cualquier compañía o persona puedan utilizarlos en beneficio propio, considerándose que el progreso de cualquier mexicano es parte del progreso del país.-

La información obtenida posee una gran importancia en el aspecto docente, ya que por medio de las cartas geográficas y de los informes de campo, es posible mostrar a la niñez y a la juventud las características del medio que los rodea, así como las condiciones que guardan los recursos naturales de que se dispone en cada región. Para el científico, la información de la Dirección constituye un firme apoyo para sus investigaciones en muchos de los campos de la ciencia.-

3. TECNOLOGÍA.-

Las técnicas empleadas para conocer el territorio nacional, son básicamente la fotogrametría y la fotointerpretación, que tienen como materia prima, la fotografía-área a las cuales, para darles apoyo terrestre, se recurre a la geodesia.-

El elemento humano especializado en estas técnicas es más importante que el equipo formado por los aviones, las cámaras, los helicópteros, la computadora o los instrumentos de restitución, ya que su labor dentro o fuera de DETENAL tendrá que ser necesariamente para bien colectivo.-

4. ORGANIZACION Y AVANCES. -

La Dirección inició sus trabajos oficialmente el día 10. de octubre de 1968.- El personal profesional de la Dirección está constituido por más de 50 grupos de - muy diferentes disciplinas incluyendo pilotos de avión y helicóptero, fotonavegantes, mecánicos especializados, químicos, laboratoristas, geodestas, matemáticos, topógrafos, geólogos, biólogos, agrónomos, edafólogos, ingenieros civiles, economistas, arquitectos, etc.,

A la fecha la Dirección ha concluido más de la mitad del territorio en fotografía aérea. En cuanto al levantamiento topográfico, se han hecho alrededor de 500,000-kilómetros cuadrados, lo que significa la cuarta parte de la superficie. El programa que fue elaborado por la Dirección propone, en un plazo de 10 años, levantar el territorio nacional topográficamente y 2 años después, terminar con la investigación de los recursos naturales, ambos en una primera etapa.-

Los trabajos se iniciaron dando prioridad a las secretarías de Estado de acuerdo con la solicitud formulada, Están cubiertos a la fecha los Estados de Coahuila, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato y Nayarit, la mayor parte de Jalisco, México y Morelos, así como parte de Sinaloa, Tamaulipas, Hidalgo, Querétaro y Michoacán. Se trabaja actualmente en los Estados de Nuevo León, Baja California, Tabasco y parte de Campeche y Chiapas.

5. CAPTACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

Para obtener la información relativa a los recursos del país, la Dirección utiliza la fotogrametría y la fotointerpretación. La fotogrametría se refiere a la toma de medidas en el terreno para relacionarlas con las fotografías aéreas por medio de -- instrumentos de alta precisión, para producir una información gráfica que permita conocer distancias, áreas y desniveles, necesaria para un gran número de objetivos. La fotointerpretación se refiere al estudio, por medio de la visión estereoscópica, de las fotografías aéreas, para obtener la información correspondiente a cada una de las ramas de la ciencia que tienen relación con cada uno de los recursos natural

les y culturales, Cada fotointérprete identifica ciertos rasgos en las fotografías y puede deducir mediante la aplicación de la profesión que practica, otros datos - que no pueden definirse directamente en la fotografía. Así, es factible deducir la clase de roca o suelo, la posible existencia de agua subterránea o de minerales, la clase de vegetación, las características del suelo y de las obras debidas a la mano del hombre.-

Antes de iniciarse los trabajos de la Dirección, fué necesario determinar las especificaciones en cuanto a los datos que deberían tomarse y su manera de representación, considerando las posibilidades económicas del país y las necesidades de información.-

Las especificaciones adoptadas para el trabajo permiten obtener la información a un nivel llamado medio o de anteproyecto, lo que significa tener el conocimiento de los elementos importantes que se requieren para la planeación. Por la precisión de estos levantamientos y estudios es posible llegar hasta el anteproyecto en cuanto a las obras de infraestructura y a la proposición concreta de nuevas actividades productivas en una región. La información obtenida es representada gráficamente y tiene una suficiente confiabilidad por la seguridad con que es obtenida. La posición de cualquier rasgo, sea éste una casa, un camino o una obra de captación, puede diferir de la real hasta en tres décimos de milímetro en la carta, lo que representa 15 metros de terreno.-

En cuanto a la localización y al área cubierta por los diversos recursos naturales, la precisión de la información permite asegurar que en más de un 85% de los sitios la información contenida es real; por otra parte la medida de las áreas tiene normalmente más de un 90% de confiabilidad. Es importante hacer notar que la vigencia de la información producida es mayor en cuanto a los levantamientos del relieve y a las investigaciones geológicas y edafológicas, mientras que en los estudios del uso del suelo y del uso potencial que puede darse al terreno, la vigencia es menor. Se ha considerado que una actualización cada 5 años es un período adecuado para contar con datos suficientes recientes para cualquier plan de desarrollo.-

6. RECUPERABILIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA EN LA CAPTACIÓN Y PROGRESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. -

El gasto que se realiza a través de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional puede ser considerado no solo como una inversión productiva, sino como un verdadero negocio. -

La recuperación de la inversión se alcanza por diferentes conceptos. Se justifica ampliamente como un elemento de captación de información para fines de programación regional y nacional. -

La economía que los organismos del sector público consiguen al disponer de la información para sus fines particulares, sobrepasa con mucho el gasto de la Dirección, sin considerar otras ventajas difícilmente cuantificables como son el contar de inmediato con la información y no tener que esperar, como sucede frecuentemente, varios meses y aún años antes de poder iniciar un proyecto, así como el que las obras queden más a escala, ó sea que su localización y sus dimensiones queden mejor adecuadas a las necesidades que se van a satisfacer. -

En el transcurso de los trabajos se van descubriendo nuevos recursos naturales aprovechables y se van señalando zonas potencialmente ricas que conviene sean explotadas por las entidades responsables ó por la iniciativa privada. - El aprovechamiento de un solo recurso importante, compensaría el gasto de la Dirección por muchos años. -

El empleo de la información producida por parte de la iniciativa privada y de cada ciudadano en forma particular, habrá de permitir que se lleven a cabo un gran número de proyectos, que, de no haber existido la información, nunca se hubieran realizado. El empleo de los datos por las personas económicamente activas es otro factor que habrá de contribuir al crecimiento económico nacional. -

La utilización de los materiales que produce DETENAL para la enseñanza en todos los niveles y para la investigación, tiene un valor difícil de determinar, pero evidentemente muy importante para el futuro del país. -

La información consignada en las cartas y en los reportes de campo, constituye un acervo de datos estadísticos que, al ser actualizados periódicamente, van a construir un valioso registro sobre el desarrollo y los cambios de cada región, que podrá ser utilizado por las generaciones venideras para tomar decisiones con mucho mayor seguridad.-

7. VALOR DEL USO DE LOS MATERIALES QUE PRODUCE DETENAL. -

Como ejemplos del uso que hasta la fecha se ha hecho de las cartas consiguiéndose importantes economías, pueden consignarse: la localización de aguas subterráneas - en zonas áridas, localización de caminos, su utilización como apoyo a investigaciones geofísicas en la búsqueda de hidrocarburos, proyectar nuevos centros de población, así como presas, zonas de irrigación. etc. Las cartas han sido empleadas para los más diversos fines, muchos de los cuales no habían sido previstos en los propios programas de la Dirección.-

PRIMER CAPITULO

CARTOGRAFIA DETENAL

1. INFORMACION QUE PRODUCE DETENAL.-

1.1. Clima.-

Por ser un factor fundamental de desarrollo, se ha hecho una investigación con respecto a los climas del país, en colaboración con el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.-

Las cartas de climas de toda la República ya están terminadas y a la disposición de los investigadores ó de las personas dedicadas a actividades que tienen relación con estos elementos. La carta de climas se elaboró a la escala de 1:500,000 utilizando la información de cerca de dos mil estaciones meteorológicas establecidas por las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y por la Comisión Federal de Electricidad; fueron consideradas todas aquellas -- que tienen más de 10 años de operación.-

Los datos del clima de que dispone DETENAL cubren cualquier lugar del país y se refieren a la clase de clima que impera, indicándose con esto el grado de calor y sus variaciones mensuales, así como la cantidad de lluvia que en promedio se tiene anualmente y cada mes del año. También se dispone de datos técnicos sobre la variabilidad de la lluvia, obtenidos de estaciones con más de 15 años de servicio, relativos al porcentaje de probabilidades que existen de que en cierto mes se tenga determinada cantidad de lluvia, Esta información es de gran interés para el sector agropecuario, ya que permite actuar en la agricultura de temporal con un riesgo calculado.-

1.2. Planimetría y Relieve.-

Un factor de máxima importancia es el contar con las medidas del terreno. Al quedar representados gráficamente a escala los elementos que existen en la superficie terrestre, es posible tomar medidas de todo aquello que interesa en un momento dado: la distancia de una población a un camino, la pendiente del terreno en-

una zona determinada, el desnivel que existe entre un manantial y una planta industrial ó la superficie de una cuenca hidrográfrica de captación. El conocimiento del relieve es evidentemente uno de los elementos de trabajo más importantes para el proyecto de las obras de ingeniería, así como para el desarrollo de las actividades productivas en una región.-

Son también datos fundamentales de trabajo que DETENAL proporcione, la ubicación y la magnitud de las grandes poblaciones, la configuración de los pueblos y las rancharías así como la localización de cada una de las casas en donde la gente habita; la situación de las carreteras pavimentadas, de las terracerías, las brechas e inclusive de las veredas por donde se transita á pie; la ubicación el tamaño y la orientación de las pistas de aterrizaje, sus características y condiciones; el conocimiento de la localización de las líneas de transmisión eléctrica, telefónica y telegráfrica, y el de los conductos para transportar fluidos, tales como acueductos, oleoductos y gasoductos.-

Al elaborar las cartas topográficas que describen los rasgos de la planimetría y el relieve, se señalan aquellos puntos en los que se han dejado monumentos topográficos en el terreno; son construcciones de concreto con una placa metálica y una leyenda alusiva que señala la posición geográfica real del punto. La ubicación de estos monumentos es de interés para las dependencias que tienen que hacer trabajos de ingeniería, así como para muchas compañías particulares. Los monumentos están referidos a la red geodésica nacional, lo que permite que nuevos levantamientos sean apoyados en ellos para que tengan una absoluta confiabilidad y que se realicen con un importante ahorro de tiempo y de costo, así como para evitar la duplicidad de los levantamientos en una misma región.-

La superficie de todas las cuencas de captación de los ríos y arroyos en cualquier lugar de su curso, es un dato necesario para el proyecto de obras hidráulicas, que puede ser obtenido con suficiente precisión. El señalamiento del cauce de cada uno de los ríos y arroyos, aún en los incipientes, indicando si son de carácter perenne ó intermitente, así como el señalamiento de los lugares en que algunos desaparecen por infiltración, es también una información de gran utilidad.

En lo referente a la repartición de la tierra que es el problema que ahoga a México, se puede hacer un estudio de los límites de cada propiedad a ejido de finiéndolas en las fotografías aéreas y posteriormente realizando los planos-correspondientes a dicha zona. La información proporcionada es de interés para conocer las dimensiones de las propiedades y como base para el catastro rural, - lo cual a dado inicio al llamado "Plan Piloto de Querétaro".

La información más importante, como ya se señaló, es el conocimiento del relieve, el cual queda descrito por medio de curvas de nivel a cada 10 metros, lo - que significa la posibilidad de hacer anteproyectos de obras de ingeniería en - el gabinete, en un tiempo muy corto, con gran seguridad y a un costo más bajo - que si los levantamientos se hicieran en el terreno.-

1.3. Recursos de la Tierra.-

México, por su geología, es un país eminentemente minero; sin embar- go, las minas que podían haberse descubierto fácilmente ya han sido explotadas y frecuentemente agotadas. Pero esto no significa que haya dejado de ser un país con recursos minerales. Con la información geológica producida por la Dirección que -- consiste en el inventario de las mismas activas ó abandonadas, de los cateos en -- donde los gambusinos han hecho pequeñas excavaciones en la búsqueda de minerales - y en la descripción de las condiciones geológicas, es posible determinar aquellas - áreas que son potencialmente ricas en minerales, de tal manera que otras entidades del propio sector público ó compañías privadas, pueden llevar a cabo investigacio- nes en mayor detalle para localizar nuevos yacimientos, seguramente más importan - tes que los descubiertos hasta la fecha y que, de no contarse con la información - geológica básica, difícilmente se hubieran podido llevar a cabo.-

Con respecto al agua, el recursos natural más importante, se hacen estudios sobre- las posibilidades de obtenerla en cada región, ya sea captando los escurrimientos- superficiales o determinando las posibilidades de que exista agua subterránea en - los diferentes tipos de acuíferos. Ciertas áreas quedan excluidas por el geólogo, in- dicando con toda certeza que no hay agua subterránea; en otras, el estudio permite aseverar con seguridad que sí existe agua subterránea. Se presenta un tercer caso en el que, con el nivel de investigación aplicado, no es posible determinar si existe agua subterránea, por lo que solo se indica que hay posibilidades.-

Cada clase de roca y cada tipo de suelo tienen una utilidad como material de construcción. Se describe para cada unidad su posible aprovechamiento para obtener arena y grava, para usarse en mampostería, así como su posible utilización para la fabricación de cal y cemento. Los suelos constituidos por fragmentos gruesos pueden utilizarse como materiales para el concreto y los formados por partículas finas arcillosas son útiles para la construcción de presas, bordos o canales. Se señala también cuál es el procedimiento de excavación que habrá que usarse para extraer los materiales: explosivos, cuando el material es muy duro; arado y bulldozer, cuando pueden removerse con maquinaria; pico, cuando se pueden hacer con un zapapico y una pala, o bien pala, cuando los materiales son de baja cohesión. Esta clasificación permite traducir en cualquier momento y en cualquier lugar, los procedimientos en costos, con el objeto de elaborar antepresupuestos para la construcción de obras de ingeniería o para su aprovechamiento como materiales. Se proporciona el inventario de los bancos de materiales de construcción.-

1.4. Recursos Agropecuarios y Forestales.-

Los datos proporcionados al respecto por DETENAL, se refieren fundamentalmente al clima, a la vegetación y a la clasificación de los suelos. Las características físicas, químicas o biológicas de los suelos son esenciales para determinar como deben fertilizarse y regarse y que técnicas hay que emplear para su adecuado manejo. También se muestran cuáles son, considerando las pendientes del terreno, el nivel cultural de las gentes y la infraestructura existente en una región, los cultivos que podrán ser más remunerativos. Se describe el tipo de agricultura que se está haciendo actualmente en cada lugar, indicándose si es de riego o de temporal, el tamaño de los predios, las técnicas que están siguiendo para el cultivo y las plagas que tienen; cuáles son los productos en cada lugar, que producción se está levantando por hectáreas, como los transportan, a donde los llevan a vender y en cuanto los venden. Se señala también la tenencia de la tierra indicando si es pequeña propiedad, ejidal o comunal o alguna otra forma especial de tenencia que existe en algunos Estados.-

En las áreas cubiertas de pastos, se señala su clase, el porcentaje de cobertura y si son naturales, cultivados o inducidos, así como las condiciones generales del ganado. Se hacen estudios especiales sobre los bosques, tanto de climas templados como de las selvas tropicales. Además de señalar la superficie cubierta, se indican las cinco especies más abundantes que pueblan el bosque, en forma de muestreo; cuántos árboles hay por hectárea y qué diámetro tienen, así como la indicación acerca de si el bosque es apto para ser explotado y si está siendo aprovechado, para qué objeto. Se hace una investigación acerca de la vegetación natural no arbórea, clasificándolas de acuerdo con las especies botánicas, dando el nombre común de las plantas e indicando las que predominan en cada área. Esta información, especialmente en áreas semidesérticas, es de interés, ya que algunos tipos de vegetación son utilizados para fines artesanales.-

El recurso suelo, que es uno de los más importantes, se estudia también en cuanto a su uso potencial con particular interés. La información que se obtiene permite conocer su capacidad agrícola y su vocación. También se pueden deducir sus propiedades mecánicas para proyectos de ingeniería civil.-

Con relación al fenómeno de la erosión, se delimitan las áreas que están sujetas a procesos erosivos, indicando el agente que está causando la degradación y la intensidad con que ha actuado en cada lugar. Se señalan las áreas erosionadas que requieren un control de erosión de inmediato, ya que el valor del suelo lo justifica y cuáles son aquellas áreas en donde el control habrá de justificarse, probablemente en el futuro, por el azolvamiento de las obras hidráulicas construidas dentro de la cuenca de captación.-

1.5 Infraestructura e Instalaciones.-

El detallado inventario de las obras construidas por el hombre sirve para conocer cuáles son las necesidades que han sido satisfechas. A partir de ese conocimiento, aunado al de las condiciones demográficas y económicas, actuales y potenciales, y teniendo como marco de referencia los postulados fundamentales de la política económica del gobierno, se señalan aquellas obras que en estos momentos ya están haciendo falta para promover el desarrollo o para satisfacer necesidades de las poblaciones.-

Las proposiciones de obras que hace DETENAL, no constituyen un compromiso para el gobierno, sino que son sugerencias a las autoridades y a los vecinos para que sean estudiadas. Esta información puede ser empleada por los grupos interdisciplinarios de pasantes al hacer su servicio social, ya que es fundamental para la confección de sus programas coordinados de actividad.-

En los estudios para proponer nuevas instalaciones de almacenamiento de productos, de fabricación o de generación de energía, los datos de que se dispone en la Dirección constituyen la mayor parte de la información requerida y no existen en alguna otra fuente, ni oficial ni privada.-

1.6. Centros de Población.-

De los centros de población, se conocen su posición geográfica, y su magnitud; se hacen estudios particulares para cada población, pero con diferente nivel de detalle y con distinta representación, de acuerdo con el rango de magnitud al que pertenecen.-

Con relación a los centros de población que van desde cinco casas juntas hasta 40,000 habitantes, se cuenta con información referente al número de habitantes y a la distribución de sus moradores, así como a los servicios de que disponen: donde toman agua, como la almacenan, como la distribuyen y que sistema de drenaje tienen; cuántas escuelas hay y hasta que año llega cada una. Se indica también si hay corriente eléctrica y si la corriente llega por línea o si se dispone de planta propia, así como las formas de comunicación que se tienen.-

De los poblados entre 300 y 10,000 habitantes, se cuenta con información más completa, referente al nombre oficial y al regional; el Municipio y Estado y sus coordenadas geográficas; número de habitantes en 1960, 1970 y en la fecha en que se toma directamente ese dato; características del clima; materiales con que están hechas las casas; número y clase de escuelas, indicándose cuantos alumnos, maestros y aulas se tienen, así como sus condiciones, abastecimiento de agua, conducción, almacenamiento y forma de distribución; eliminación de excretas; centros hospitalarios y asistenciales, que dependencias los operan, número de médicos, decamás y, de no haber servicio, a que población recurren y cuanto tiempo tardan en llegar; se señala la presencia de rastros, cementerios, mercados, templos, plazas-

e instalaciones deportivas; bodegas y silos y su capacidad; porcentaje de población electrificada y la que tiene alumbrado público; clase y condición de los caminos, ferrocarriles y aeropistas, comunicaciones marítimas y fluviales y sus características; correo, telégrafo, teléfono, radiodifusión o radiodifusora; finalmente las lenguas y las proporciones en que se hablan, así como observaciones especiales.

Toda la información se presenta en forma de fichas de población y se puede pedir por Estado, por región o por localidad.

La información en las localidades de más de 5,000 habitantes tiene además una representación gráfica especial para conocer la conformación de las manzanas y sus áreas construidas, el nombre de las calles, y la ubicación de los edificios donde se tienen los servicios públicos, ya sea municipales o particulares, tales como los edificios de gobierno o presidencia municipal, escuelas, oficinas de teléfonos, telégrafos, correo y bomberos, así como hoteles, cines, teatros y todos aquellos sitios que son de interés público, incluyendo gasolineras, parques, cementerios, terminales de autobuses y muchos otros. Con esta información es posible elaborar los planos reguladores y de servicios de cada una de las poblaciones.

2). REPRESENTACION DE LOS DATOS.-

2.1. Cartas Básicas.-

La representación de la información que ha sido descrita, se hace gráficamente en forma de cartas con la simbología adecuada, complementadas con reportes de campo, las cartas básicas son la topográfica, la geológica, la de uso del suelo, la edafológica, la de uso potencial, la urbana y la de climas; en estas cartas queda contenida la mayor parte de la información que se requiere para la planificación; de ellas se derivan otras cartas temáticas de interés sectorial.

Las cinco primeras cartas se elaboran a la escala de 1:50,000 con base en fotografías aéreas y cubren aproximadamente mil kilómetros cuadrados de territorio cada una. Son las cartas fundamentales.

2.1.1. La carta topográfica es obtenida por fotogrametría. Se elabora utilizando fotografías aéreas en blanco y negro, a escala 1:50,000. Sirve para conocer las medidas y configuración de nuestro territorio así como para localizar poblaciones y vías de comunicación. Contiene la información separada por colores; están señaladas las obras debidas a la mano del hombre: poblaciones, casas, caminos, aeropistas, líneas de transmisión y conducción, divisiones parcelarias y monumentos topográficos. En azul muestra lo referente al aspecto hidrológico; los ríos y los arroyos, las lagunas, los acueductos, las presas y los bordos. El color verde señala en una forma muy general el tipo de vegetación que exista. En color sepia se imprimen las curvas de nivel que representan el relieve del terreno; las curvas principales están acotadas; las curvas secundarias y las curvas inferidas, son necesarias para describir con mayor precisión el relieve del terreno. La equidistancia vertical entre las curvas es de 10 metros, excepto cuando la morfología es muy accidentada, en cuyo caso es de 20 metros.-

2.1.2. La carta geológica se elabora por fotointerpretación, empleando fotografías aéreas en color a escala 1:25,000. Muestra con diferentes colores el área de afloramiento y las características de cada tipo de roca o de suelo de la región, y son delimitadas con líneas negras. Las rocas se clasifican en tres grupos, que se designan con un color distintivo con sus correspondientes subgrupos, indicándose, estos últimos, por medio de letras y diferentes tonalidades. Los tres grupos de roca consideradas son: rocas ígneas (intrusivas y extrusivas), rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

La carta muestra con líneas y símbolos las estructuras o deformaciones que las rocas han sufrido, la existencia de diques, o sea masas de rocas que se han introducido en otras a lo largo de fracturas, vetas, depósitos de minerales rellenando fracturas existentes, así como manantiales. Contiene el inventario de todos aquellos sitios de donde se están extrayendo agua y minerales o materiales para construcción, describiendo cada uno de ellos.-

2.1.3. La carta de uso del suelo es de carácter estadístico, para mostrar cual es el uso que se está haciendo del suelo en un momento dado. También se hace por fotointerpretación, empleando fotografías a colores a escala 1:25,000.-

Con esta carta es posible conocer la demografía de la zona, el nivel de bienestar social e indirectamente el cultural. También permite determinar la importancia de los recursos agropecuarios y forestales que existen en la zona. Muestra la superficie de las tierras de labor con riego ó de temporal, las que están cubiertas con pastos, las de bosque ó de selvas, así como las de vegetación natural no arborea y aquellas desprovistas de vegetación. Todas ellas pueden medirse en la carta con adecuada precisión.-

- 2.1.4. La carta edafológica ó de clasificación del suelo muestra con colores las áreas de terreno que tienen diferentes tipos de suelo. Se elabora utilizando fotografías a color ó en blanco y negro a escala 1:25,000; su nombre se deriva del griego edafos que significa suelo y logos, tratado. Los suelos se clasifican en tres clases textuales: grueso, cuando son suelos arenosos; medio, cuando tiene textura de limo, ó sea que lo forman partículas pequeñas, y fino, cuando su textura es arcillosa, formado por partículas muy pequeñas. Las fases topográficas son tres, según la pendiente - dos fases químicas, que pueden ser salina ó sódica, y dos fases físicas.- El sistema de clasificación empleado es el de FAO-UNESCO que se está usando para hacer la carta de suelos del mundo, lo que permitirá a México estar en posibilidad de intercambiar experiencias con otros países de características similares.-
- 2.1.5. La carta de uso potencial muestra en colores la capacidad de uso del terreno, ó sea que indica como podría utilizarse, la capacidad agrológica se divide en ocho clases que van desde la I que representa el mejor suelo: grueso plano, con agua, fértil, etc., útil para cualquier actividad agrícola, el suelo III es útil para la agricultura con limitaciones moderadas, mismas que también se consignan en el símbolo; el suelo V no es apto para la agricultura pero, según el agrónomo, tiene una vocación prático; el suelo VII es únicamente aprovechado para silvicultura, cuando hay bosque ó selvas ó para fruticultura en casos favorables, y el VIII es inútil agrológicamente hablando.-

En esta carta se hacen las proposiciones de las obras de ingeniería que son necesarias ó convenientes en la región, tales como presas, aeropistas y caminos y para las poblaciones los servicios que les son indispensables, además de que pueden conocerse las posibilidades reales de desarrollo de una región, dados sus recursos, así como las necesidades de atención apremiante.-

2.2. Informes de Campo.-

Los informes de campo son los reportes escritos que elaboran profesionales en las diversas materias, cuando están verificando sobre el terreno los datos que se requieren para la elaboración de cada una de las cartas; en ellos se detalla la información de un lugar determinado. Dichos informes son microfilmados con el fin de proporcionar la información en forma rápida a los usuarios, A partir del año 1973, el resultado de las investigaciones de campo se encuentra impreso en el reverso de las cartas para facilitar el uso de esa importante información.-

2.3. Carta de Avance.-

La Carta de Avance es una representación completa de la República Mexicana y su objeto es informar al usuario del material de que se dispone en cada lugar de la República.-

Dicha carta es editada cada tres meses y viene impresa por los dos lados. En un lado se señalan los lugares de los que se han tomado fotografías aéreas a diferentes escalas y en el reverso viene indicadas la existencia de las cartas topográficas, geológicas, de uso del suelo, edafológica y de uso potencial.-

2.4. Carta de Climas.-

La carta de climas, cuya escala es de 1:500,000, muestra con líneas azules, las isoyetas y con líneas rojas las isotermas. Los símbolos dan la calificación del clima y los colores representan una relación entre precipitación y temperatura para determinar la disponibilidad de agua. En el reverso de la carta se tienen gráficas que muestran la lluvia y la temperatura medias mensuales de cada una de las estaciones meteorológicas que fueron utilizadas para formar la carta.-

2.5. Mapa Urbano.-

El mapa urbano se elabora para las ciudades con una población mayor de 40,000 habitantes, a escala 1:5,000 impreso a colores, en el que se señala el área construida en las manzanas, el nombre de las calles y la ubicación de todos los elementos de servicio público.-

El fotomapa urbano se hace para poblaciones de más de 5,000 habitantes y menos de 40,000. Se elabora sobre una ampliación fotográfica a la escala de 1:5,000 en la que se muestran los nombres de las calles y la localidad de los jardines y edificios públicos.-

2.6. Catálogos Numéricos.-

Los catálogos numéricos son publicaciones en donde se consignan los datos topográficos relativos a la altitud de los bancos de nivelación o las coordenadas de latitud y longitud de los vértices de posición. Los monumentos topográficos que se construyen en el terreno constituyen un importante adelanto a los levantamientos que otras entidades públicas o particulares deberán hacer en la zona. En estos catálogos se describen y se localizan por medio de un croquis, cada uno de los monumentos construidos.-

2.7. Fichas de Población.-

Se elaboran tomando la información básica que se requiere para programación y proyecto. Se anexa una forma de estas fichas en el catálogo numérico.-

2.8. Cartas a Diferentes Escalas.

A partir de las Cartas escala 1:50000, se está llevando a cabo una reducción para producir la carta 1:250,000.0

Se elaboran reducciones a esa misma escala de las cartas de recursos. Esta información en conjunto, permitirá hacer la planeación a un nivel más general, pero con mayor rapidez. Con las cartas básicas a esa escala, será factible elaborar otras cartas temáticas como son la de recursos culturales y recreativos, con reservas bióticas y turismo; la hidrológica, con datos cuantitativos con respecto al agua superficial y subterránea; la mineralógica, la magnetométrica, la geoeconómica y otras de interés científico.-

Partiendo de las cartas 1:250,000, se realizarán posteriormente los mapas de escala 1:1'000,000 que son fundamentalmente de carácter informativo y servirán para la confección del Atlas de la República Mexicana. Las reducciones se realizan rápidamente en forma automática utilizando computación electrónica.-

2.9. Modelos.-

Una forma interesante de representación de la información, que se lleva a cabo para fines de planeación, es mediante modelos.-

2.9.1. Modelo Ecográfico. Cuando hablamos de modelo ecográfico, nos referimos a la representación gráfica de los recursos de que dispone una zona, --ponderándolos y sumándolos para formar una especie de maqueta en la que las partes elevadas significan áreas de mayor potencial, mientras que las bajas representan zonas deprimidas.

2.9.2.

Modelo Econométrico.- Otra forma de representación y de empleo de la información, es el llamado modelo econométrico, el cual consiste en la formulación de un sistema de ecuaciones matemáticas que permiten resolver un problema determinado de programación sectorial. Lo interesante de los programas econométricos es que, como dicen los economistas, se puede "jugar", con ellos haciendo variar los valores de los factores que intervienen en un proceso, para ver cual es el efecto que esas variaciones tienen en el resultado. Por ejemplo, en un modelo agrícola para una zona de riego es posible buscar, por medio del modelo econométrico, cuáles son las variantes técnicas, económicas o sociales que deben introducirse en la región para conseguir el beneficio máximo al campesino. Se puede determinar que conviene más en un momento dado: cambiar los animales de tiro por un tractor, fertilizar la tierra, introducir semillas mejoradas o sustituir el tipo de cultivo; posiblemente el resultado óptimo de la inversión se obtendrá introduciendo cambios en dos o más de esos factores. Los modelos econométricos se manejan a través de computación electrónica y sus resultados proporcionan una importante guía para la toma de decisiones. Su ventaja decisiva es la oportunidad.-

2.10.

Bancos de Datos.-

La sistematización del uso de la información que produce DETENAL está siendo estudiada para formar un banco de datos geográficos. Los datos que habrán de introducirse al banco se encuentran ya en la información que existe en las cartas y los reportes de campo. La separación del terreno en forma de "células", de un kilómetro por un kilómetro, permite dividir y sumar la información sectorial, así como agregarla con la de otros temas, para analizarlas en forma conjunta. La información contenida en el banco hará posible conocer rápidamente el área de que se dispone en una zona determinada para fines agrícolas o para agostadero, las áreas

boscosas y sus características, las minas y su productividad, así como sus valores combinados, etc., También puede utilizarse para manejar la información de tal manera que las obras proyectadas como resultado de la planeación, sean construidas debidamente adaptadas al medio ambiente geográfico en que se encuentran. El banco de datos habrá de contener la información, en la misma forma que -- otros bancos del sector público, con el objeto de que pueda integrarse en los casos necesarios para programas o proyectos específicos.-

2.11.

Fotografías Aereas.-

La información que los profesionistas de DETENAL obtienen para plasmarla en las cartas, representa apenas un 50 ó 60 por ciento de la que puede obtenerse de las fotografías aéreas que están a la disposición de otros profesionales para otros estudios.-

Para hacer trabajos de planeación general, las fotografías aéreas de vuelo alto en blanco y negro, en escalas que fluctúan de ---- 1:50,000 a 1:80,000 proporcionan una fuente de información complementaria de gran importancia. Para los trabajos de anteproyecto, proyecto, construcción y conservación de obras, así como para la formulación de programas específicos de desarrollo de las actividades productivas, las fotografías aéreas a colores, escala 1:25,000 constituyen una valiosa fuente de información adicional.-

Las fotografías aéreas pueden ser amplificadas por lo menos siete veces, por lo que las ampliaciones son utilizadas como mapas base de gran escala para proyectos particulares

Contar con los levantamientos aerofotográficos en vuelo alto y bajo que cubran todo el territorio nacional, constituye para el técnico -- para el profesionista y para el investigador, un verdadero tesoro de información inmediata, detallada y permanente.-

3. USO DE LA INFORMACION.-

3.1. Aplicaciones Importantes.-

Las principales aplicaciones a que puede dedicarse el resultado de los trabajos de DETENAL, pueden relacionarse en la siguiente forma:

- 3.1.1. *Geología.- El conocimiento de la geología es la base para la investigación de los recursos naturales. El uso correcto de los elementos básicos:*
- 3.1.2. *Agua Subterránea.- Siempre que sea posible debe buscarse el abastecimiento de agua potable para las poblaciones en el subsuelo, ya que es más económica y generalmente de mejor calidad. Los almacenamientos naturales de agua subterránea con una extracción racional pueden mantener indefinidamente zonas de alta productividad agrícola o favorecer el desarrollo de importantes colonias industriales.*
- 3.1.3. *Minería.- Las condiciones geológicas regionales y el inventario de las obras mineras que se conocen como resultado de los estudios, permiten determinar las minas en explotación o abandonadas para extender, por extrapolación, las posibilidades en áreas adyacentes o a otras nuevas hasta ahora desconocidas.*
- 3.1.4. *Petróleo.- El impulso más importante recibido por la técnica de la fotointerpretación fué debido a la exploración petrolera. A través de los datos de las cartas geológicas, es posible colaborar en forma importante en la búsqueda de nuevas estructuras con posibilidades de contener petróleo.-*
- 3.1.5. *Materiales de Construcción.- La forma en que pueden ser aprovechados como materiales para la construcción, las rocas y los suelos de una región, es importante para el proyecto de obras de ingeniería civil. De los datos que*

proporciona DETENAL es posible obtener información acerca de los procedimientos de construcción apropiados y de los costos para el ataque de los materiales que se presentan. Su explotación por parte de los ejidatarios o los vecinos del pueblo, podrá crear en muchos casos una fuente de ingresos adicional para ellos.

3.1.6.

Catastro Rural.- El máximo interés para el gobierno de contar con un buen catastro rural, reside en la conveniencia de controlar la producción del campo y de tener una base firme para el cobro de las contribuciones; Un buen catastro es necesario para llevar la tranquilidad al campo.-

3.1.7.

Vías Terrestres. Partiendo de las cartas y de otros informes producidos por la Dirección, es posible conocer la situación geográfica y las condiciones económicas de cada región, lo que permite planear la clase de caminos que es necesario construir, así como el orden cronológico, por su importancia relativa, en que deben ser construidos. Con los datos disponibles es posible llegar en un plazo mínimo hasta la etapa de anteproyecto de tan importantes obras de infraestructura.-

3.1.8.

Presas.- Las presas son obras de gran importancia económica y social que se construyen en diferentes tipos y con distintas finalidades, por lo que en su proyecto se presentan muy variados problemas. Frecuentemente, varias presas se planean como un sistema dentro de una cuenca de captación para conseguir una operación coordinada. También es muy común que se construyan presas para riego, ya que los cultivos, para su debido desarrollo, requieren de cierta cantidad de agua en un lapso de tiempo perfectamente definido; de aquí la importancia de los sistemas de riego.

- 3.1.9. *Obras Marítimas. Las obras de Ingeniería de playas presentan problemas excepcionalmente difíciles para su proyecto y construcción, debido al gran número de variables que intervienen en la realización y la conservación de la obra, ninguna de las cuales puede ser medida directamente con precisión. La información producida por la Dirección y la que se puede obtener directamente de las fotografías aéreas, facilita la determinación del funcionamiento dinámico de las costas y constituye un importante acervo de datos que permite proyectar mejor las obras portuarias, bien sean de carácter civil, para la navegación o para actividades piscícolas.*
- 3.1.10. *Drenaje.- El drenaje en los terrenos de cultivo tiene por objeto mantener el nivel de las aguas freáticas a una profundidad óptima y poder lavar adecuadamente las tierras. El drenaje puede hacerse por medio de canales superficiales, con tuberías ranuradas sepultadas, con pozos de absorción y en algunos casos por medio de bombeo.-*
- 3.1.11. *Líneas de Transmisión. La localización más adecuada para llevar líneas de transmisión de energía eléctrica o telefónica, generalmente es a lo largo de los caminos o ferrocarriles existentes. Cuando se trata de líneas que tienen que establecerse a través de zonas donde no hay caminos, su localización debe permitir la máxima economía en la longitud de los cables, y en el costo de las brechas de acceso y mantenimiento. Los levantamientos realizados por la Dirección, son ideales para esta clase de trabajos, pues proporcionan la mayor parte de la información que se requiere al respecto.-*
- 3.1.12. *Conducción de Fluidos. La forma más económica de transportar fluidos en grandes cantidades a distancias considerables, es a través de tuberías. Los conductos más importantes son los acueductos, los oleoductos y los gasoductos. Con base en la cartografía, puede realizarse su trazo y proyecto, así como estimar el costo de la obra, en forma más o menos rápida, ya que en ella se contiene casi toda la información necesaria.-*

- 3.1.13. *Urbanismo.*- Para determinar la forma más adecuada de dotar a las poblaciones con los servicios necesarios y hacer una planificación de su crecimiento para evitar un desarrollo desordenado, los fotomapas, las fotografías aéreas, las mapas urbanos y la información complementaria son de un gran utilidad. Prácticamente para cualquier actividad urbana que deba ponerse en acción, la información producida constituye una -- valiosa ayuda.-
- 3.1.14. *Docencia.* Dentro de la información que puede proporcionarse a la niñez y a la juventud, después de aprender a leer y hacer cuentas, posiblemente ninguna tan importante como el conocimiento del medio inmediato que les rodea para permitirles su aprovechamiento eficiente en un futuro cercano. Los resultados de los levantamientos e investigaciones de la Dirección son utilizados para dar a conocer a nuestros jóvenes las posibilidades de desarrollo de su región y los factores que lo limitan, para poder vencerlos. El conocimiento de esa información les será de gran utilidad cuando se conviertan en ciudadanos económicamente activos.-
- 3.1.15. *Investigación Científica.*- La investigación acerca de la ecología, de la sociología y de muchas otras disciplinas en el territorio nacional, cuenta con una firme plataforma de despegue constituida por los trabajos de la Dirección, que permitirá a los científicos mexicanos o extranjeros, alcanzar con mayor facilidad las metas de sus investigaciones: para promover -- nuevos cultivos en una región, nuevas formas de aprovechamiento de las rocas o de la vegetación, para realizar investigaciones sobre nuestro continente o nuestros mares y en general para cualquier estudio científico de -- importancia, así como aprovechar las experiencias de otras naciones en condiciones similares.-

Estos son tan solo algunos de los múltiples usos que de la Cartografía DETENAL se pueden hacer. Solo por mencionarlos podemos enumerar otros usos que de la misma pueden esperarse, como son: obtención de datos geográficos importantes, conocimiento sobre la demografía, ayuda en la clasificación de suelos para su mejor aprovechamiento

en la agricultura y en la ganadería, conocimiento de nuestros bosques para su explotación racional, datos sobre los ríos para su control y aprovechamiento como vías de comunicación, control del establecimiento de nuevas industrias, mejor conocimiento de los recursos turísticos para explotarlos - adecuadamente, obtención de datos estadísticos para propiciar la planeación de un desarrollo económico adecuado, etc.-

3.2. UTILIDAD PARA EL SECTOR PUBLICO.-

Como se señaló inicialmente, el objeto principal de estos trabajos es que sean utilizados como base para la planeación económica.

3.2.1. Secretaría de Programación y Presupuesto.-

La primera dependencia en utilizar estos trabajos es la propia Secretaría de la Presidencia a través de las Direcciones Generales de Inversiones y la Coordinadora de la Programación Económica y Social, para formular las siguientes investigaciones concretas:

Proposición de obras que son obviamente necesarias para el desarrollo sectorial.-

Promoción de actividades específicas.-

Campañas para conservación de recursos.-

Programa de dotación de servicios a centros urbanos.-

Supervisión de planos reguladores para poblaciones.-

Recomendaciones para la reorganización del transporte.-

Estudios para la determinación de la mejor localización para nuevas instalaciones de conservación y almacenamiento.-

Investigaciones sobre desarrollo industrial.-

Distribución de productos terminados; origen y destino.-

Incremento de polos y ejes de desarrollo económico.-

Planes integrales de desarrollo regional.-

Los puertos como polos de desarrollo.-

Coordinación con base en la información básica del trabajo de las demás Secretarías y organismos descentralizados.

Formulación de planes de desarrollo. Inversión-financiamiento.-

Evaluación de la redituabilidad de la inversión pública.-

3.2.2. *Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.*

En la Secretaría de Obras Públicas, los trabajos de la Dirección de Estudios están siendo ampliamente utilizados porque permiten tener un conocimiento del terreno con respecto a las condiciones topográficas y geológicas, así como a la distribución de la población y a la situación económica. Fundamentalmente son aprovechados para llevar a cabo las siguientes actividades:

- Planeación de vías terrestres y aeropuertos.-*
- Anteproyectos de las obras.-*
- Proyectos de vías terrestres.-*
- Estudios para aeropuertos.-*
- Control de la construcción de las obras.-*
- Trabajos de conservación.-*
- Obras especiales tales como túneles y puentes.-*
- Abastecimiento de materiales de construcción y agua.-*
- Parques naturales. Localización y proyecto. -*

3.2.3. *Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.-*

Para planear las obras requeridas para el control y empleo del agua superficial y subterránea, se necesita disponer de un panorama amplio que permita conocer realmente la situación que prevalece en la cuenca de captación considerada y en las vecinas. Así también, el desarrollo agrícola, ganadero, y forestal de cada región del país es de suma importancia. Es por eso que la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos hace amplio uso de la información elaborada por la Dirección. Algunas de las diversas actividades que se apoyan en dicha información son:

- Planeación de aprovechamientos hidráulicos en cuencas y por regiones.*
- Localización de boquillas para presas ó bordos.*
- Estudios geohidrológicos.-*
- Materiales de construcción.-*
- Estudios de fomento agrícola.-*
- Estudios de fomento pecuario.-*
- Investigaciones forestales.-*

Estudios y conservación de suelos.-
Investigaciones para el desarrollo de nuevas técnicas agrícolas.-
Disponibilidad de agua para riego, así como abastecimiento de agua potable a grandes poblaciones.-
Aprovechamientos pscolcos.-

3.2.4. *Secretaría de Marina.-*

Dadas las importantes labores que la Secretaría de Marina tiene a su cargo, principalmente en los litorales, la información contenida en las cartas que incluyen esas zonas, es de interés para -- realizar las siguientes actividades:
Planeación de las obras portuarias.-
Procedimientos de construcción.-
Materiales para construcción.-
Canales de navegación.-
Condiciones de la zona continental cercana al puerto propuesto.-

3.2.5. *Secretaría del Patrimonio Nacional.-*

El resultado de los estudios geológicos contenidos en la carta y en los informes, así como el mapa topográfico y las fotografías aéreas, constituyen para la Secretaría del Patrimonio Nacional un auxiliar valioso para llevar a cabo muchas de las actividades que tiene conferidas, como son:
Nuevos posibles yacimientos minerales.-
Ubicación de minas, plantas de beneficio y cateos.-
Pertenencias o denuncios mineros. -
Nuevas plantas de concentración.-
Inventario de los recursos nacionales.

3.2.6. *Secretaría de Educación Pública.-*

La Secretaría de Educación Pública al contar con los resultados de los trabajos de la Dirección, dispone de un importante material didáctico, ya que las cartas y los informes, constituyen verdade _

ros textos de geografía, cartografía, geología, geobotánica, edafología y en general del conocimiento del medio. Son también de utilidad para los programas de construcción de escuelas y para algunas de sus labores administrativas, Básicamente para:

- Ubicación y clase de los centros escolares en cada población.-
- Localización de nuevos centros de enseñanza.-
- Orientación de la educación.-
- Material didáctico especial.-

3.2.7. Secretaría de Salubridad y Asistencia.-

Para los trabajos de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, - los estudios de DETENAL son de interés en cuanto a que permiten tener un conocimiento de las condiciones ambientales de cada zona, así como la existencia de servicios sanitarios y de las posibilidades de conseguir agua para el abastecimiento de los poblados. Hasta el nivel anteproyecto, pueden ser realizadas con base en esos trabajos, las siguientes actividades:

- Introducción de agua a poblaciones pequeñas.-
- Obras de drenaje en poblaciones.-
- Saneamiento ambiental - parques - zonas deportivas.-
- Localización de nuevos centros asistenciales.-

3.2.8. Secretaría de Comercio.-

Industria y Comercio es una dependencia que puede usar continuamente la información que es producida por la Dirección, dada la importancia que tiene para sus labores; conocer la situación de los centros de producción, de almacenamiento y de consumo, así como las vías de comunicación existentes y las posibilidades de desarrollo económico de cada región.-

En general puede decirse que es útil para las actividades siguientes:

- Estudio de mercados por densidad de población.-

Fomento de la pesca litoral y continental.-
Nuevas zonas industriales.-
Actividades industriales que pueden promoverse.-
Estudio de transporte de productos.-

3.2.9. Secretaría de la Defensa Nacional.-

La importancia que tiene para la Secretaría de la Defensa Nacional el contar con los datos que proporciona DETENAL, radica en que tanto las cartas como las fotografías aéreas son básicas en cuanto a la elección de las estrategias de combate, así como para los valiosos auxilios que el ejército proporciona a la población civil continuamente. Las principales actividades serán:
Docencia militar.-
Labores de auxilio.-
Estrategia de defensa ó ataque en caso de conflicto armado.-

3.2.10. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.-

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene a su cargo - variadas actividades, muchas de las cuales tendrán un valioso - auxiliar en las cartas elaboradas. En síntesis, pueden señalarse las siguientes:

Proyectos de tendidos de líneas.-
Rectificación de vías de ferrocarril.-
Red de microondas.-
Estudios de transporte.-
Terminales de líneas de autobuses.-
Cartas de navegación aérea.-

3.2.11. Secretaría de Gobernación.-

Las cartas de la Dirección, son útiles de trabajo para ciertas funciones de la Secretaría de Gobernación, como son:
Investigaciones políticas y sociales.-
Estudios de población.-
Mejoramiento moral, cívico y material.-

3.2.12. *Secretaría de Relaciones Exteriores.-*

La Secretaría de Relaciones Exteriores utiliza las cartas que proporciona la Dirección para algunas de sus actividades como son:

Límites fronterizos del país.-

Relaciones culturales.-

3.2.13: *Secretaría de Hacienda y Crédito Público.-*

Para los estudios económicos que la Secretaría de Hacienda realiza, la información proporcionada por la Dirección tiene un valor inestimable. Especialmente para:

Estudios sobre la inversión pública.-

Políticas impositivas a la propiedad de inmuebles.-

3.2.14. *Secretaría del Trabajo y Previsión Social.-*

Algunos estudios relacionados con las actividades propias de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, pueden ser basados en las investigaciones realizadas por DETENAL, por ejemplo:

Estudios económicos.-

Investigaciones industriales y estadísticas.-

3.2.15. *Petroleos Mexicanos.-*

Para los trabajos que realiza Petroleos Mexicanos dentro de sus importantes actividades, la información proporcionada por la Dirección, especialmente las cartas geológicas y topográficas, son de gran utilidad principalmente para:

Exploración en busca de yacimientos petrolíferos.-

Localización de caminos.-

Conducción de fluidos.-

Estaciones de bombeo.

Plantas

Distribución.

3.2.16. Comisión Federal de Electricidad.-

La Comisión Federal de Electricidad en sus funciones particulares, podrá aprovechar prácticamente todo el material producido por la Dirección de Estudios. Le será útil especialmente para:

Boquillas apropiadas para la producción de energía eléctrica.-

Plantas Termoeléctricas.-

Geotérmica.

Líneas de Transmisión.

Distribución.-

Electrificación en el campo y en las poblaciones.-

3.2.17. Secretaría de la Reforma Agraria.-

La Reforma Agraria y la creación de nuevos centros de población, actividades fundamentales de la Secretaría de la Reforma Agraria, tienen un apoyo firme en la cartografía DETENAL, al contar con da tos relativos a los recursos naturales con que se cuenta, En con creto, las actividades en que puede ser aprovechado ese material son:

Base de un mejor catastro rural.-

Nuevos centros de población.-

3.2.18. Comisión Nacional de Subsistencias Populares.-

Para las funciones que tiene encomendadas la CONASUPO la informa ción contenida en las cartas de uso del suelo, de uso potencial - del terreno y la topográfica, así como en la de climas, es de uti- lidad especialmente para:

Conocimiento de la situación agrícola regional.-

Centros de concentración de los productos.-

Centros consumidores.-

Vías de comunicación.-

3.2.19. *Secretaría de Turismo.-*

El tipo de funciones de la Secretaría de Turismo hace que la in-formación básica que la Dirección proporciona, pueda ser utiliza-da en algunas de sus actividades, especialmente en las siguientes:

Nuevas zonas potencialmente turísticas.

Parques nacionales.-

Servicios: hoteles, terminales, gasolineras, etc.-

Arqueología.-

Infraestructura.-

3.2.2.0. *Instituto Mexicano de Seguro Social.-*

Para el Instituto Mexicano del Seguro Social, contar con los re-sultados de los trabajos es de utilidad en varias de sus tareas es-pecíficas:

Centros asistenciales.-

Centros educacionales especializados.-

Parques de recreo.-

3.2.21. *Gobierno de los Estados.-*

Para los Gobiernos de los Estados es especialmente importante con -tar con la información que produce la Dirección, ya que sus proposi-ciones de construcción de obras, así como las que ellos realizan di-rectamente, pueden ser planeadas y llevadas hasta el nivel del ante-proyecto directamente sobre las cartas, con la ayuda de alguna in-formación adicional. Pueden señalarse como ejemplos las siguientes:

Base para la división política estatal.-

Base para la división municipal.

Base para el catastro rural.-

Plano regulador de poblaciones menores.-

Proyectos de obras por solicitar al Gobierno Federal.-

Justificación de las proposiciones.-

Actividades productivas para crear nuevas fuentes de trabajo.-

32.22. *Instituciones de Investigación Superior.-*

*Tanto la enseñanza superior como la investigación científica, en
cuentran en los materiales producidos por la Dirección, una base
para desarrollar sus programas respectivos.-*

*Será de especial interés para todas las universidades del país y
especialmente para:*

*Los institutos de geología, de Geofísica, de Geografía, de Biolo
gía y de Ingeniería: las facultades o escuelas de Arquitectura, -
Economía, Filosofía y Letras, de Agricultura, de Veterinaria, -
etc.*

3.3. *UTILIDAD PARA EL SECTOR PRIVADO.-*

*El costo de los estudios que realiza la Dirección podría haber -
sido cubierto por la iniciativa privada, ya que le sería económico
hacerlo para aprovechar la información con el objeto de conseguir
un desenvolvimiento económico más acelerado.-*

Serán de inestimable valor para:

La banca, Oficial y privada.-

Las Cámaras.-

Las compañías financieras.-

Las aseguradoras.-

La industria extractiva.-

La industria de transformación.-

El comercio.-

Las compañías constructoras.

Los agricultores, ganaderos, granjeros y pescadores.-

Los mineros y madereros.-

Los profesores y los estudiantes.-

3.3.1. Compañías de Estudios y Levantamientos Fotogramétricos.-

Probablemente las empresas más favorecidas con la publicación de los trabajos de la Dirección, son las compañías que se dedican a hacer estudios sobre recursos, proyectos de obras o levantamientos fotogramétricos, pues cuentan con la materia prima básica para sus actividades fundamentales y con una difusión amplia y gratuita de las técnicas con que trabajan. Especialmente les serán de utilidad por:

Necesidades creadas.-

Materiales disponibles: fotos y cartas.-

Difusión: mejor conocimiento

Apoyo topográfico.-

Información básica cartografiada.-

Puede decirse, como atinadamente señalaron los señores representantes de la Secretaría de Hacienda ante el Comité Consultivo Coordinador de la DETENAL, que no habrá persona, organismo o entidad, que se dedique a las actividades lícitas en la República Mexicana que no obtenga provecho de los levantamientos y estudios que realiza la Dirección de Estudios del Territorio Nacional.-

4. LA CARTOGRAFIA DENTRO DE LA INFORMATICA.-

La filosofía cartográfica moderna considera al mapa como un medio gráfico de comunicación, lo que implica el aumento y complejidad de factores a considerar en las técnicas cartográficas, requiriéndose además de la consideración de los problemas que resultan de la relación Realidad-Cartógrafo-Usuario. En la práctica esto ha sido motivo de investigaciones para analizar el funcionamiento de como un mapa es percibido y como es mentalmente interpretado.-

En términos de la teoría de la información, un mapa es considerado como un sistema o canal de información en el que "Bits", de información son codificados y transmitidos por el cartógrafo al usuario quien con la asistencia de la codificación de codifica y percibe la información. Evidentemente, el mapa como todos los sistemas de in --

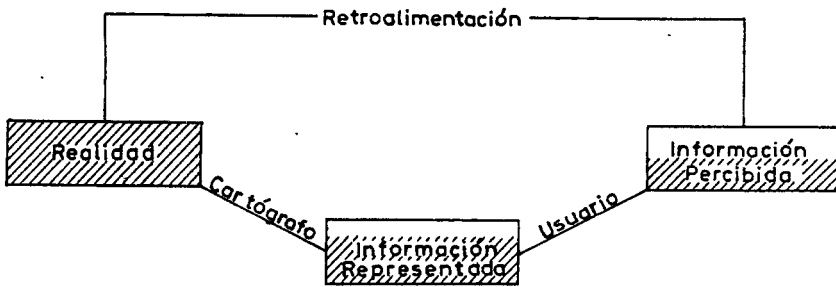
formación contiene elementos de distorsión, que desvirtúan el mensaje, por ejemplo, el cartógrafo, al diseñar, seleccionar símbolos, color y todas las variables de percepción, genera una serie de aspectos que distorsionan el mensaje.-

Para superar estas desventajas se han desarrollado una serie de investigaciones.-

Un hecho muy importante en la historia de la percepción cartográfica fue la publicación de Bertin "Semilogie Graphique", en 1967, donde analiza los medios de presentación y establece reglas para la construcción y legibilidad de mapas, dando así el alfabeto y gramática del lenguaje cartográfico.-

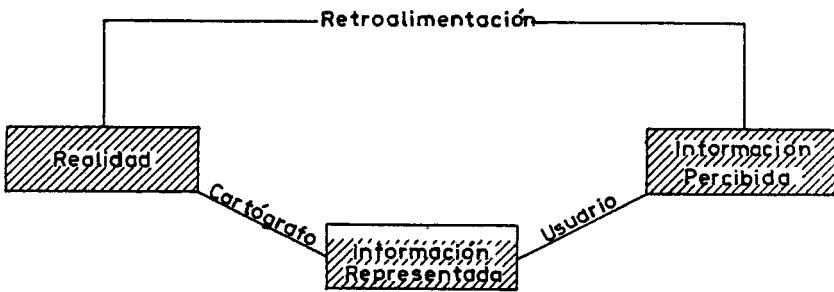
En Estados Unidos A.H., Robinson desarrolló investigaciones detalladas en la percepción de símbolos y pruebas para evaluar la habilidad de los usuarios al interpretar los mapas y cartas, a fin de encontrar bases científicas de la eficiencia visual de sus mapas. Así varios especialistas han dedicado gran tiempo a la psicofísica, como rama de la psicología que relaciona los estímulos físicos con las reacciones mentales. J. Keates ha analizado y estudiado la percepción de colores, Bárbara Bartz ha evaluado la tipografía y ha sugerido jerarquizar los elementos que constituyen el mapa para mejorar la legibilidad cartográfica.-

Considerando los resultados de todos estos estudios, al representar gráficamente un fenómeno o realidad para que el usuario lo perciba con un mínimo de distorsión, la figura 1 nos da una idea objetiva de la degradación de la percepción de información representada cartográficamente, en tanto que la figura 2 nos muestra que al hacer un buen diseño cartográfico, se pueden deducir aspectos no representados.-



SITUACION REAL

Puede decirse que el concepto de mapa como medio de comunicación ha abierto las puertas para la investigación en la organización de la percepción-visual (relación, figura-fondo, heterogeneidad, jerarquización, color, semiología, etc.) para finalmente construir la teoría cartográfica.



SITUACION IDEAL

Sin embargo, la necesidad de educar al usuario y hacerlo mejor receptor no debe olvidarse. Para esto es imprescindible un buen entrenamiento gráfico a los diferentes niveles educativos.-

4. IMPORTANCIA DE LA CARTOGRAFIA DETENAL EN LA PLANEACION ECONOMICA.-

La planeación económica requiere fundamentalmente de datos veraces, oportunos y completos sobre los factores que determinan las posibilidades de desarrollo regional.-

Una apropiada regionalización para definir zonas de condiciones similares en donde aplicar soluciones semejantes, es posible al conocerse con detalle las características del territorio. Los programas del Gobierno Federal asignan una alta prioridad al desarrollo de las economías regionales, como resultado de un análisis lógico en cuanto a la necesidad de hacer un uso eficiente de los recursos humanos, naturales y técnicos.-

Los planes de desarrollo permiten prever los acontecimientos con el objeto de estar en posibilidades de actuar en consecuencia, para cumplir con las políticas económicas que son fijadas por el Gobierno Federal.-

5.1. Criterios Básicos.-

Existen criterios básicos señalados por el Presidente de la República que permiten normar la programación económica, entre éstos se encuentran: el conseguir una mejor distribución de la riqueza, incrementar la salud pública, canalizar más recursos al campo, obtener una mayor productividad en todas las actividades e incrementar las exportaciones. Fundamentalmente, mejorar las condiciones de vida del hombre, principalmente en los sectores más desvalidos.-

Considerando estos criterios, los puntos generales a seguir para la aplicación de un plan de desarrollo regional, son:

El punto de partida y finalidad de todos los trabajos es el hombre.

Atender la educación en todos los niveles.-

Es indispensable auscultar directamente las necesidades y el sentir de la gente a la que se pretende servir.-

Que la inversión que se realice beneficie principalmente al sector campesino.-

Provocar que se tienda a una mejor distribución de los beneficios de la producción.-

Favorecer la creación de polos de desarrollo y restringir la dispersión de la población.-

Utilizar, en lo posible, las técnicas más depuradas.-

Propiciar que el sector público actúe en forma coordinada.-

Que las inversiones que se lleven a cabo sean eficientes, aprovechando en lo posible la mano de obra local.-

Promover que las obras ya existentes operen debidamente.-

Que las actividades económicas se orienten hacia el mercado, antes que a la producción.-

Como aspecto fundamental: mejorar la alimentación.-

Incrementar el bienestar social: diversión, deporte y cultura.-

Como decisión principal, que los programas de desarrollo económico regional que se formulen, sean prácticos y puestos oportunamente en acción.-

5.2. Datos geográficos y estadísticos.-

Los datos geográficos son aquellos que tienen una ubicación física en el territorio; los datos estadísticos son los que, refiriéndose a una zona o a un sector determinado, son tomados directa o indirectamente en diferentes épocas.-

La información geográfica se encuentra representada en las cartas de DETENAL, En las cartas, los recursos pueden ser valuados tomando en cuenta su importancia y su posición, los datos estadísticos disponibles generalmente a nivel municipal, nacional e internacional, se refieren principalmente a producción, mercado y otros aspectos.. La correcta integración de los datos permite elaborar mejores programas de desarrollo.-

5.2.1. La Coordinación.-

Un plan de desarrollo señala en orden en que deben ser construidas las obras de infraestructura necesarias, los servicios para las poblaciones, así como la introducción de actividades productivas o el mejoramiento de las existentes. Al mostrarse gráficamente las diversas actividades que forman parte del plan de desarrollo, es posible conseguir una coordinación más eficiente, con el objeto de elevar los resultados de la inversión.-

La acción social y económica.-

Aun cuando no exista un plan a largo plazo en una región en un momento dado, es posible, con base en los datos disponibles en DETENAL, tomar decisiones en cuanto a la acción requerida para satisfacer necesidades obvias, muchas veces ancestrales. Tanto en el medio urbano como en el rural, es posible llevar a cabo trabajos para mejorar en forma inmediata las condiciones sociales y económicas de la población.-

SEGUNDO CAPITULO. -

CIENCIAS BASICAS PARA LA ELABORACION DE LA CARTOGRAFIA. -

I. " GEODESIA " ,

1. Generalidades. -

Cada vez el mundo evoluciona más, evolución que va encaminada a la perfección, y para lograr ésto, es necesario poseer o crear marcos universales de comparación, o cohesión. -

En el campo del estudio de la Forma, Dimensiones y Operación de la esfera-terrestre, se ha hecho posible la creación de un Marco Universal Cohesivo, gracias a la Ciencia Geodesia. -

Debido a dicha Ciencia se han cimentado las Triangulaciones en casi todos los países del mundo, que han elaborado o están llevando a cabo los levantamientos necesarios para realizar la Cartografía y Mapas de su Territorio, y algunos más pasando sus fronteras, teniendo Sistemas de Triangulación creando los llamados DATUMS GEODESICOS, los cuales servirán de punto de partida para las demás Triangulaciones, unificando criterios y dando así, un instrumento para que el Hombre proyecte sus obras, cada vez, con más eficacia y precisión, dándoles además, un carácter plusváltico de acuerdo con el creciente valor de la Tierra. -

2. Definición. -

La palabra Geodesia literalmente expresa "división de la tierra".

Algunos estudiosos de dicha Ciencia, principalmente Tardi-Laclavere en su "Traite de Geodesic", tomo I, la ha dividido en dos partes, que son:

- a). Geodesia Teórica o Matemática
- b). Geodesia Operatoria. -

La geodesia Teórica o Matemática estudia la forma y dimensiones de la Tierra. En tanto la Geodesia Operatoria establece los procedimientos para proporcionar un armazón o estructura Geométrica precisa y rígida para el apoyo de levantamientos Topográficos de grandes extensiones de terreno, resolviendo así, el problema de la curvatura de la Tierra que ocasionaría grandes desajustes en las distancias representa-

ds en las Cartas, en Mapas Nacionales e Internacionales, etc., teniendo como ins
trumento principal las Redes o Cadenas de Triangulación, Poligonación o de Cua-
drilateros, además de los métodos electrónicos como son: la Trilateración y la-
Geodesia por medio de Satélite, sistemas que nos permiten cubrir grandes exten-
siones de terreno con rapidez, eficiencia y bajos costos.-

La Geodesia es una ciencia que primitivamente se ocupó sólo de la medida
y forma del Globo Terráqueo, pero que ahora se ha adaptado a las necesidades de
la época para aplicarse a problemas prácticos que se han presentado a todos los
países del Orbe en el transcurso de su desarrollo. Estos problemas son básica-
mente la elaboración de Mapas Nacionales y Cartas para aplicaciones específicas
como son: Topográficas, Geológicas, de Uso del Suelo, Edafológicas y la de Uso-
Potencial, además de la Carta de Climas y Precipitación,

Es fácil comprender la importancia de la Geodesia Práctica; comparándola
con cualquier obra de Ingeniería: no se puede construir ningún edificio sin ci-
mientos, un puente sin pilas o pilotes, no se puede proyectar una zona urbana -
si no se conoce su forma, su Topografía, sus factores y sus nece-
sidades, etc., Por lo que se deduce que el primer paso en cualquier proyecto es-
ta consideración de la BASE en que debe sustentarse.-

Así también la Geodesia, como la Ingeniería, merced de sus Triangula --
ciones proporciona la BASE indeformable para los levantamientos, y por lo tanto,-
para la elaboración de Cartas y Mapas Nacionales o Internacionales.-

Como el problema que se presenta en los levantamientos de grandes extensio-
nes de terreno es, principalmente, la Forma y Dimensiones de la Esfera Terrestre, -
se hace necesaria una pequeña introducción para tener una mejor comprensión del con-
tenido de este trabajo.-

3. Introducción a la Forma y Dimensiones de la Tierra.-

El conocimiento de la Forma y Dimensiones de la Tierra es fundamental cuan-
do se trata de representar los datos de campo en una Carta o Mapa. En tanto que pa-
ra las operaciones de la Topografía no existe inconveniente en proyectar el levanta

miento sobre un plano, en Geodesia, no puede aceptarse dicha representación, y por otra parte, los datos que se obtienen en un levantamiento tanto topográfico como Geodésico, se refieren al terreno mismo, o sea, los cálculos son propiamente ángulos diedros y los lados son arcos terrestres.-

El problema fundamental en Geodesia es: "conocidos los valores más probables de ángulos y lados es conocer de antemano la superficie en que van a proyectarse".

Por dos caminos se puede llegar al conocimiento de la forma de la tierra: - por los resultados de la Geodesia Matemática que proporciona el valor de la longitud de grado en diferentes latitudes; o empleando la Geodesia Dinámica, por de terminaciones de la Intensidad de la Pesantez en lugares diversos.-

El primer método fue el que aplicaron las diversas organizaciones Geodésicas del mundo, llegando a los resultados que se muestran:

Elipsoides de Referencia				
Nombre	a (m)	b (m)	α	Se usan en:
Everest (1830)	6 377 276	6 356 018	1/300	India
Bessel (1841)	6 377 397	6 356 068	1/299	Japón
Clarke (1866)	6 378 206	6 356 584	1/295	Norte América
Clarke (1880)	6 378 249	6 356 480	1/293	Francia
Helmert (1907)	6 378 200	6 356 797	1/298	Egipto
Heyford (1912)	6 378 386	6 356 912	1/297	Internacional
Krassowsky (1940)	6 378 245	6 356 841	1/298	Europa
Hough (1956)	6 378 270	6 356 794	1/297	Rusia
				A.M.S.

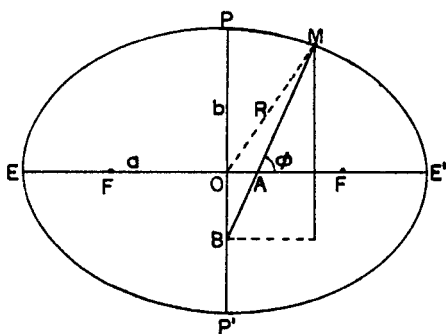
Por los valores numéricos de los semiejes de la Tierra, podemos darnos cuenta que su forma se acerca a un esferoide cuyo aplanamiento es apenas apreciable, característica que la hace, con mayor exactitud, un Elipsoide de revolución. Si se representa la Tierra por una esfera cuyo radio ecuatorial sea de 5 metros, el radio polar diferiría del ecuatorial sólo 17 milímetros.

Los métodos Dinámicos han confirmado los resultados anteriores.-

Estrictamente hablando, la forma exacta de la tierra, no es de ningún cuerpo geométrico y por ello ha recibido el nombre de Geoide. Sin embargo para la mayoría de las operaciones geodésicas pueden calcularse sus elementos, sin error apreciable, considerándola como un elipsoide. Según esto, todas las que se hagan por planos que contengan al Eje Polar, serán elipses y las secciones por planos paralelos al Ecuador, serán círculos.-

3.1. Cálculo de los elementos de la elipse.-

Este cálculo es el expuesto por el Ing. Francisco Díaz Covarrubias en su monumental obra titulada "geodesia y Astronomía", edición 1899. (solamente haremos mención de las fórmulas, sin ahondar en sus deducciones).-



En la figura: $EPE'P'$ es una sección meridiana y M un punto de latitud ϕ . La vertical que pasa por M . dirección de la plomada, - corta al eje mayor en A y al eje menor en B y las magnitudes MA y MB son, respectivamente las normales menor y mayor:

$$n = MA$$

$$N = MB$$

El ángulo MAE' es la latitud astronómica - el MOE' es la latitud geocéntrica: MO es el radio R .

Aplanamiento o Compresión Polar: es la diferencia de los semiejes.-

$$\alpha = \frac{a - b}{a} \dots\dots\dots (A)$$

Exentricidad de la elipse meridiana: es la distancia del centro a uno de sus -
focos entre el semieje mayor.-

$$e = \frac{OF}{a} \dots\dots\dots (B)$$

Por condición de la elipse: $OF = (a^2 - b^2)^{1/2}$, sustituyendo en la ecuación anterior, tenemos:

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \dots\dots\dots (C)$$

de donde:

$$b^2 = a^2(1 - e^2) \dots\dots\dots (D)$$

Para obtener la ecuación de la elipse meridiana, se partirá de la forma ordinaria de la ecuación de la elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \dots\dots\dots (E)$$

que es cuando sus focos se encuentran referidos a su eje mayor.

Sustituyendo la ecuación (D) en la (E), tenemos:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2(1-e^2)} = 1$$

de donde:

$$y^2 = \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \cdot a^2(1-e^2) = \left(\frac{a^2 - x^2}{a^2}\right) a^2(1-e^2)$$

$$y^2 = (1 - e^2)(a^2 - x^2) \dots\dots\dots (F), \text{ que es la ecuación de la elipse meridiana.}$$

Las coordenadas rectangulares de M son : $x = N \cos \theta$

$$y = n \operatorname{sen} \theta, \text{ donde}$$

$$N = a$$

$$\frac{r}{n}$$

$$r = (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \theta)^{1/2}$$

$$n = \frac{a(1 - e^2)}{r}$$

y también

$$x = R \cos \theta'$$

$$y = R \operatorname{sen} \theta'$$

Si en la fórmula $\operatorname{tg} \theta = \frac{y}{x(1 - e^2)}$, se sustituye el valor de $\frac{y}{x}$, se tendrá:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \theta'}{(1 - e^2)}$$

de donde: $\operatorname{tg} \theta' = \operatorname{tg} \theta (1 - e^2) \dots \dots \dots [G]$, con cuya fórmula se calcula la latitud geocéntrica en función de la geográfica, y viceversa.

3.2. Radios de Curvatura.

El radio de curvatura de una curva plana, en un punto de coordenadas (x, y) se calcula por medio de la fórmula general:

$$e = \frac{\left(1 + \frac{d^2 y}{dx^2}\right)^{3/2}}{\frac{d^2 y}{dx^2}} \dots \dots \dots [1]$$

Tratándose de la curva trazada en el elipsoide por un plano vertical, que es el caso general que se presenta en Geodesia, la solución del problema consiste en establecer la ecuación de la curva en función de los elementos del elipsoide y calcular sus dos primeras diferenciales para llevarlas a la fórmula [1].

3.3. Solución al problema general.-

" Aquel que se refiere a una sección normal cualquiera de azimut conocido".
 La ecuación de la elipse que resulta de cortar al alipsoide por un plano de azimut es:

$$Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey = F \dots \dots \dots (2)$$

en la que:

$$A = 1 - e^2 (1 - \cos^2 \phi)$$

$$B = 1 - e^2 \cos^2 \phi$$

$$D = \frac{ae^2 (1-e^2) \cos \phi \sin^2 \phi}{n}$$

$$E = \frac{2ae^2 (1-e^2) \cos^2 \phi}{n}$$

$$F = \frac{a^2}{n^2} (1-e^2) (1+e^2 \cos^2 \phi)$$

ϕ = Latitud de un punto considerado sobre la curva. Diferenciando -

la ecuación (2), tendremos:

$$d(Ax^2) + d(By^2) + d(Cxy) + d(Dx) + d(Ey) = d(F)$$

$$2Axdx + 2Bydy + Cxdy + Cydx + Ddx + Eddy = 0 \dots \dots \dots (2')$$

$$dx(2Ax + Cy + D) + dy(2By + Cx + E) = 0$$

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{2Ax + Cy + D}{2By + Cx + E} \dots \dots \dots (3)$$

Para obtener la segunda diferenciación, ecuación (2'), considerar dx como constante.

$$d(2Axdx) + d(2Bydy) + d(Cxdy) + d(Cydx) + d(Ddx) + d(Eddy) = 0$$

$$2Adx^2 + 2Bd^2y + 2Byd^2y + Cxd^2y + Cdx^2y + Cdydx + 0 + 0 + Ed^2y = 0$$

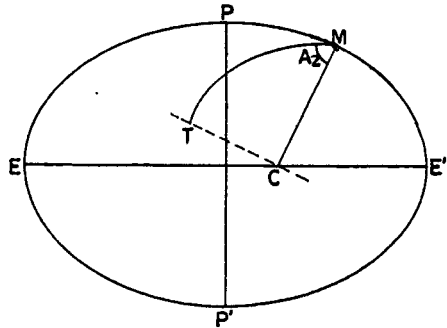
$$\frac{2Adx^2}{dx^2} + \frac{d^2y}{dx^2} (2By + Cx + E) + \frac{2Bd^2y}{dx^2} + \frac{C dx^2y}{dx^2} + \frac{C dydx}{dx^2} = 0$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{2A + 2B \frac{d^2y}{dx^2} + 2C \frac{dy}{dx}}{2By + Cx + E} \dots \dots \dots (4)$$

Para obtener el radio de curvatura que corresponde a la intersección del meridiano con la sección normal de azimut Az, debemos buscar un sistema de ejes comprendido en la sección normal.-

Sea $EPE'P'$ la elipse meridiana y MT la sección normal de azimut Az .

Para proyectar a M en un sistema de comprendidos en el plano de la curva MP , consideremos como eje de las coordenadas la vertical de M , y por eje de las abscisas su perpendicular a través de C .



En estas condiciones se tendrá:

$$x = 0 \quad y_n = \frac{a(1 - e^2)}{r}$$

Sustituyendo estos últimos valores, así como los coeficientes A, B, C, D y E , en las ecuaciones (3) y (4), tenemos que:

$$(e^2 \cos Az \sin 2\theta) \left(\frac{1 - e^2}{r} \right) - \frac{ae^2(1 - e^2) \cos Az \sin 2\theta}{r}$$

$$(3). \frac{dy}{dx} = - \frac{2Ax + Cy + D}{2By + Cx + E} = \frac{e^2 \cos Az \sin 2\theta \left(\frac{1 - e^2}{r} \right) - \frac{ae^2(1 - e^2) \cos Az \sin 2\theta}{r}}{2By + Cx + E}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{ae^2(1 - e^2) \cos Az \sin 2\theta}{r} - \frac{ae^2(1 - e^2) \cos Az \sin 2\theta}{r}}{2By + Cx + E}$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

De la misma manera en la ecuación (4), dándonos:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{r(1 - e^2) (1 - \cos^2 Az \cos^2 \theta)}{a(1 - e^2)}$$

sustituyendo este valor en la ecuación (1), tenemos:

$$e = - \frac{a(1-e^2)}{r(1-e^2(1-\cos^2 Az \cos^2 \theta))} \dots\dots\dots (5)$$

que es el radio de curvatura en el punto M.

Si el $Az=0=180^\circ$, la sección normal se confunde con el meridiano y se tiene el ra
dio de curvatura en el meridiano:

$$e_m = \frac{a(1-e^2)}{r(1-e^2(1-\cos^2 \theta))} = \frac{a(1-e^2)}{r(1-e^2 \sin^2 \theta)} = \frac{a(1-e^2)}{r^3} \dots\dots (6)$$

Haciendo $Az = 90^\circ = 270^\circ$, la sección normal viene a ser un primer vertical y la -
ecuación (5) se transforma en:

$$e = \frac{a(1-e^2)}{r(1-e^2(1-\cos^2 Az \cos^2 \gamma))} = \frac{a}{r} = N \dots\dots\dots (7)$$

luego, el radio de curvatura de una sección perpendicular al meridiano es igual a -
la normal mayor en el punto considerando.-

La fórmula del radio de curvatura en un punto determinado (5), puede representarse-
en la forma que le dan Hosmer, Toscano y otros autores, la cual es:

$$e = \frac{N e_m}{e_m \sin^2 Az + N \cos^2 Az} \dots\dots\dots (5')$$

3.3. Longitud de un arco de meridiano.-

Si m es el radio de curvatura del meridiano, $d\theta$ es la diferencia de latitu-
des y S el desarrollo del arco, se tendrá:

$$S = e m d \theta \dots\dots\dots [I]$$

si $d\theta$ está expresado en segundos de arco, entonces:

$$S = e m d \theta \text{ sen } 1''$$

Para arcos de gran amplitud, esto, es mayor de 2° , habrá que integrar la ecuación (I) entre los límites θ_1 y θ_2 .

$$S = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{2 a(1-e^2)}{(1-e^2 \text{sen}^2 \theta)^{3/2}} d\theta = \int_{\theta_1}^{\theta_2} a(1-e^2) (1-e^2 \text{sen}^2 \theta)^{-3/2} d\theta$$

desarrollando esta integral por el binomio de Newton.

si $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, \text{etc.}$

$$(x+y)^n = x^n + nx^{n-1}y + \frac{n(n-1)}{2!}x^{n-2}y^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^{n-3}y^3 + \dots +$$

sustituyendo:

$$\begin{aligned} (1-e^2 \text{sen}^2 \theta)^{-3/2} &= (1)^{-3/2} + \frac{3}{2} (1)^{-3/2}(-1) e^2 \text{sen}^2 \theta + \frac{-\frac{3}{2}(-\frac{3}{2}-1)}{2} (1)^{-3/2}(-2) e^4 \text{sen}^4 \theta + \dots \\ &= 1 + \frac{3}{2} e^2 \text{sen}^2 \theta + \frac{15}{8} e^4 \text{sen}^4 \theta + \dots \end{aligned}$$

integrando:

$$S = a(1-e^2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(1 + \frac{3}{2} e^2 \text{sen}^2 \theta + \frac{15}{8} e^4 \text{sen}^4 \theta \right) d\theta$$

$$S = a(1-e^2) \left(A(\theta_2 - \theta_1) - \frac{1}{2} B(\text{sen} 2\theta_2 - \text{sen} 2\theta_1) + \frac{15}{4} C(\text{sen}^4 \theta_2 - \text{sen}^4 \theta_1) \right)$$

Que es la fórmula con la cual se calcula la Longitud de Arco de Meridiano, y en la que se utiliza los valores de las constantes:

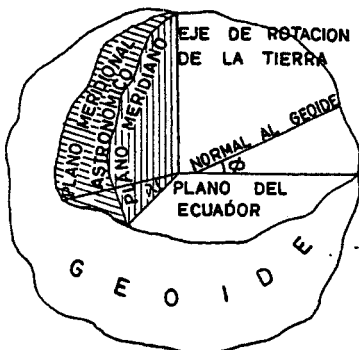
$$\begin{aligned}
 A &= 1.0051093 \\
 B &= 0.0051202 \\
 C &= 0.0000108
 \end{aligned}$$

La Geodesia tiene como propósito fundamental, como ya se mencionó, determinar la -- posición precisa de puntos sobre la superficie de la Tierra. Los procedimientos se-- guidos para alcanzar ese objetivo los agruparemos de la siguiente forma:

4. Observaciones Astronómicas.
5. Procedimientos técnicos para la obtención del Control Horizontal.-
6. Procedimientos técnicos para la obtención del Control Vertical.-

4. Observaciones Astronómicas.-

Excepto para levantamientos de muy limitado alcance, se hace necesario referir se a un sistema de medida horizontal vinculado a la tierra. Dicha referencia puede= obtenerse llevando a cabo observaciones astronómicas de puntos sobre la superficie= de la tierra. En el origen o punto de partida del levantamiento, es necesario obser= var y obtener la latitud y longitud astronómicas de ese punto; además, un azimut o= dirección a otro punto del levantamiento debe determi narse para proporcionarse con= trol direccional a la red.-



COORDENADAS ASTRONOMICAS.

Los puntos en que se ha medido la latitud -- la longitud y el azimut astronómicos, se les denomina ESTACIONES LAPLACE.

Las observaciones astronómicas se realizan con un instrumento óptico que tiene un sistema de nivelación. Cuando éste se encuentra correctamente en posición y ajustado, el eje vertical del instrumento es perpendicular, al geode, o sea, coincide con la dirección de la fuerza de gravedad o líneas de la plomada en el lugar de

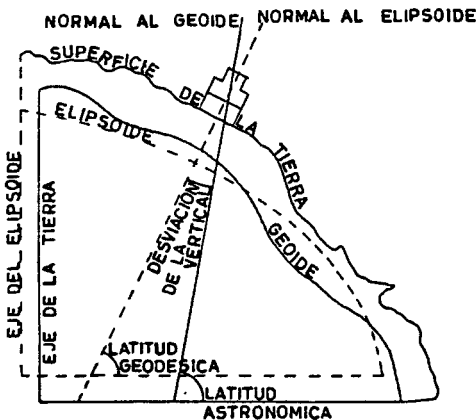
observación.

Así pues, una observación astronómica proporciona una dirección con respecto al geode, (figura anterior).-

\varnothing = Latitud Astronómica
 λ = Longitud Astronómica

Dicha dirección no coincide, sino en muy raros casos, con la normal al elipsoide que define a la Latitud y a la Longitud geodésicas; por consecuencia, las coordenadas Astronómicas no representan posiciones sobre el elipsoide. Las relaciones-angulares establecidas por la "dirección de la plomada", permiten medir la desviación de la línea de la plomada; y a su vez, proporcionan los medios necesarios para determinar la forma del geode.-

Como ya se dijo antes, el ángulo entre el geode y el elipsoide se define como la "desviación de la vertical", la cual se expresa en función de las diferencias entre coordenadas astronómicas y coordenadas geodésicas o de azimut.-

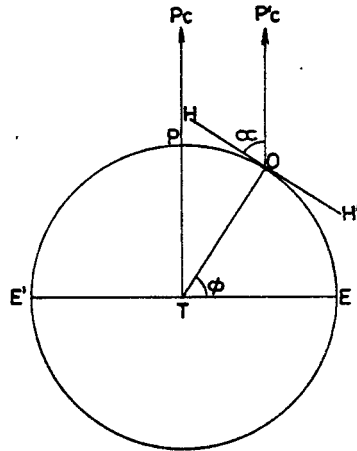


DESVIACION DE LA VERTICAL

Debido a que las observaciones astronómicas solamente nos proporcionan relaciones angulares y, en consecuencia, suministran información respecto a la forma de la tierra, pero no con respecto a su dimensión. Para esto, es necesario determinar distancias entre estaciones astronómicas, basadas en algún levantamiento técnico horizontal que, nos ayude a determinar la dimensión de la tierra.

4.1. Determinación de la Latitud.-

En la figura; sea OT la vertical del observador; O y HH' el plano de su horizonte visual. Sopóngase prolongado el eje TP de rotación de la tierra hasta el polo norte celeste (Pc). El observador verá ese polo en la dirección OP'c, paralela a TPC, pues dada la inmensa distancia de la tierra a la Estrella Polar, las dos rectas OP'c y TPC podemos considerarlas como paralelas.

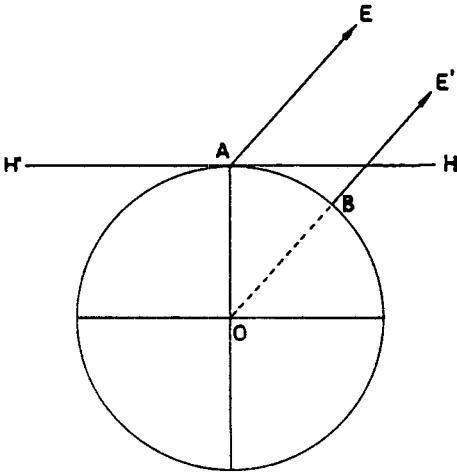


Los ángulos OTE y HOP'c son iguales - por tener sus lados respectivamente - perpendiculares; el primero es la latitud φ del lugar O, y el segundo es la altura del Polo sobre el horizonte; por lo que la latitud se define como:

"La Latitud de un lugar es exactamente igual a la altura del Polo sobre el horizonte del lugar".

4.2. Variación de las Coordenadas horizontales debida a la latitud del observador.

Debido al movimiento de la Esfera Celeste, para un lugar determinado, las coordenadas horizontales varían con la hora y con el lugar del observador.-



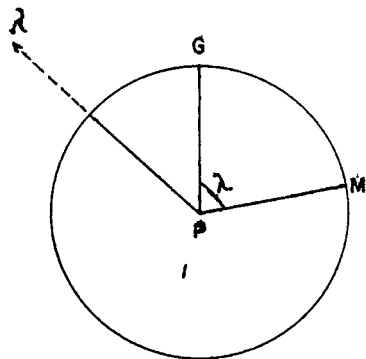
Con respecto al lugar del observador, la figura siguiente hace ver como varía la altura de un astro según la latitud del observador. En A, se vé una estrella E con la altura HAE, mientras que en B-- la misma estrella esta en el cenit, pues siempre tan grande la distancia de la -- estrella a la tierra, consideraremos pa-- ralelas las direcciones AE y OBE. Esto se comprenderá más facilmente si se toma en cuenta que, debido a la redondez de la -- tierra, en una parte es de día y en otra-- de noche; que hay puntos el los que el sol

se esta ocultando al mismo tiempo que aparece en el horizonte de otros, Cosa análogo sucede con las estrellas.-

4.3. Determinación de la Longitud Terrestre.-

La determinación de la longitud terrestre esta fundada en la diferencia de horas, -- contadas en el mismo instante físico, en el lugar cuya longitud se quiere determi -- nar, en el meridiano de origen.-

Para demostrar esta proposición, imagine un hemisferio terrestre proyectado sobre el Ecuador, (figura), cuyos meridianos se proyectan según radios, Conforme se ha -- dicho, la longitud de un punto (GP), es -- el ángulo que forma este meridiano con -- el de M. Por lo anterior, el ángulo bus -- cado es GPM.



$$\angle GPM = \lambda \text{ PM} - \lambda \text{ PG}$$

5. PROCEDIMIENTOS TECNICOS PARA LA OBTENCION DE CONTROL HORIZONTAL.-

Los levantamientos Geodésicos se efectúan con el preciso objeto de determinar las posiciones absolutas y relativas (geográficas), de puntos sobre la superficie de la tierra, estableciendo un control básico para levantamientos de grandes extensiones de la tierra, tomando en cuenta su curvatura y el geoide; como corolario directo se utilizan para determinar la forma o figura de la tierra.-

La TRIANGULACION, así como la NIVELACION, son los métodos eminentemente clásicos, de la GEODESIA, que aunados a los procedimientos electrónicos como la Trilateración y el RADAR, además de la TRISPHERACION, han dado un gran impulso a esta ciencia y, por tanto, al estudio de la esfera terrestre.-

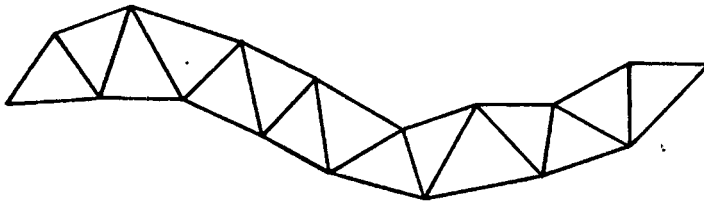
La TRIANGULACION es un método de medida, en el cual cada estación constituye un vértice de cuando menos un triángulo, cuadrilátero o polígonos de vértice central que formen cadenas entre sí.-

Para dar posiciones geográficas a los vértices, LONGITUDES, LA GEODESIA cuenta con el procedimiento de TRIANGULACION, que como su nombre lo indica, tiene como figura el "triángulo." cuya forma es altamente indeformable.-

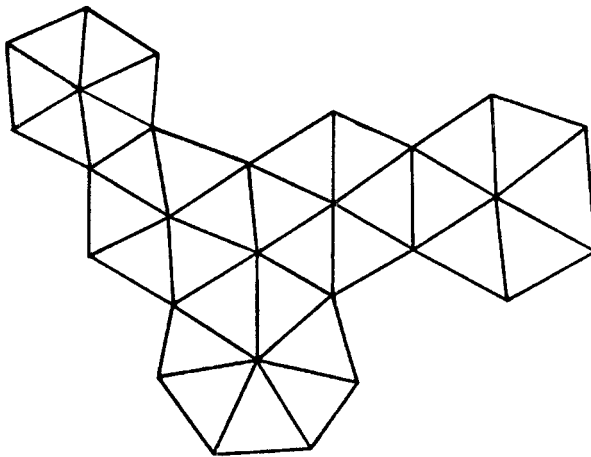
5.1. "FIGURAS".

Las figuras que se usan en triangulación pueden ser triángulos simplemente, cuadriláteros o polígonos de vértice central, formados a su vez por triángulos o cuadriláteros con diagonales. Estas figuras pueden ser aisladas o formar cadenas y, estas a su vez, formar SISTEMAS, que pueden ser de:

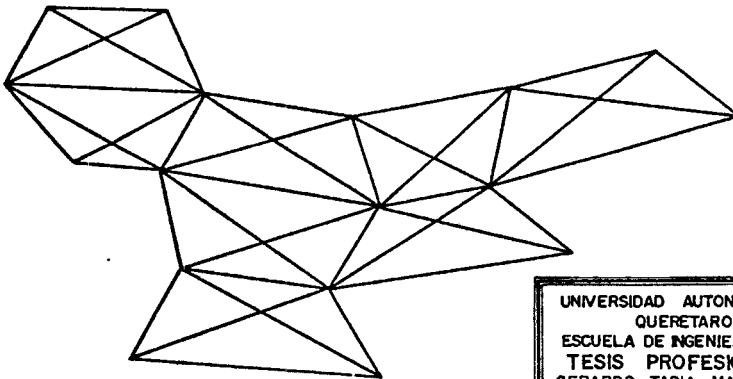
- a). TRIANGULACION
- b). POLIGONOS DE VERTICE CENTRAL
- c). CUADRILATEROS



a)- CADENA DE TRIANGULOS



b)- CADENA DE POLIGONOS DE VERTICE CENTRAL



c)- CADENA DE CUADRILATEROS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

5.1.1. "CADENAS DE TRIANGULACION".

Es el tipo más común para levantamientos GEODESICOS. Se utiliza para levantar grandes extensiones de terreno, ya que es el sistema más económico debido a las grandes distancias entre sus -- vértices que, generalmente se encuentran situados en las cimas de los cerros.-

Para calcular estas redes se parte del principio conocido como -- "ley de los SENOS", en el cual la figura se resuelve conociendo -- un lado (BASE), y los tres ángulos de la misma; procediendo luego a encontrar el valor de los lados restantes.-

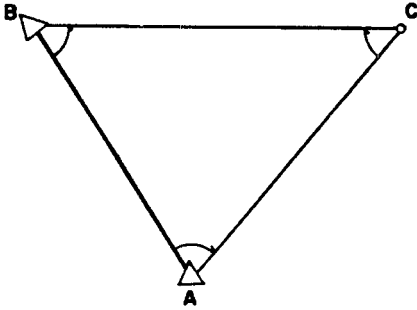
Por lo anterior, el trabajo de campo consistirá, primordialmente, en la lectura de todos los ángulos de la figura o red, dentro de lo cual debe haber como inicio de actividades una LINEA DE APOYO ó LINEA BASE, que deberá localizarse en la parte baja y plana de la zona en estudio, la cual se medirá física y directamente. Fig. 1

Para establecer un arco de TRIANGULACION entre dos lugares muy -- distantes, podría medirse una BASE entre dos lugares. Luego las BASES se conectarían mediante una serie de triángulos de vínculo formando cuadriláteros. Fig. 2.

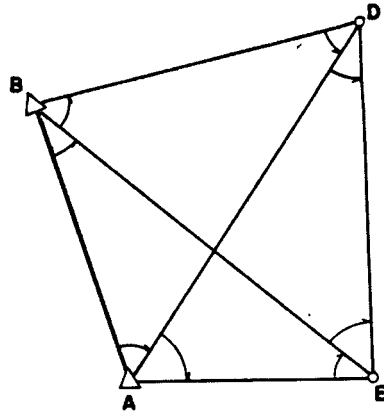
Partiendo de un extremo del arco se observarían todos los ángulos -- de los triángulos mediante las repeticiones que dicten las normas -- del N.O.A., a fin de reducir los errores. Si la LATITUD y LONGITUD -- de un extremo de la BASE son conocidas, lo mismo que el AZIMUT y -- LONGITUD, se puede calcular entonces la LATITUD y LA LONGITUD de cada vértice de cada triángulo.-

Quando se tienen que levantar áreas muy extensas de tierra, (por -- ejemplo, dotar de APOYO BASICO todo un país), aún el costo de un SISTEMA DE TRIANGULACION completo es prohibitivo económicamente y, en -- consecuencia, se pueden trazar CADENAS DE TRIANGULACION DE SEGUNDO -- ORDEN, fig. . .

FIGURAS



TRIANGULO SIMPLE



CUADRILATERO SIMPLE

VALORES CONOCIDOS:

Latitud y Longitud de los puntos A y B

Longitud de la línea \overline{AB}

Azimut de la línea \overline{AB}

VALORES MEDIDOS:

Todos los ángulos de los triángulos

VALORES CALCULADOS:

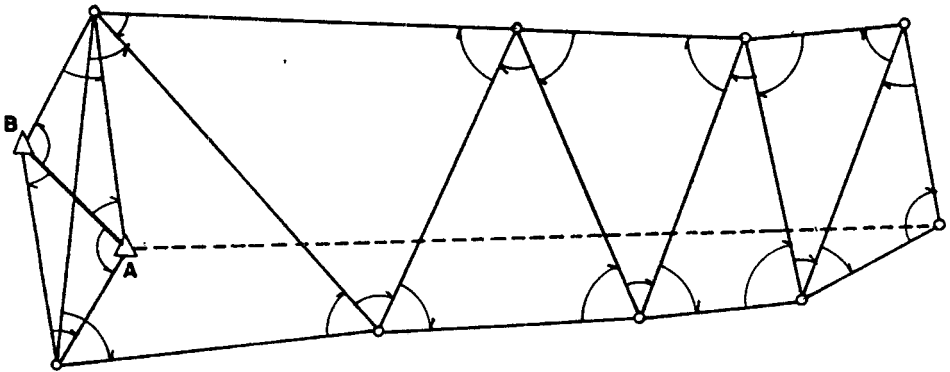
Longitud de todos los lados no medidos

Azimut de todas las líneas

Latitud y Longitud del punto C, o de los puntos D y E

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

TRIANGULACION SIMPLE



VALORES CONOCIDOS:

Longitud de la línea base \overline{AB}

Latitud y Longitud de los puntos A y B

Azimut de la línea \overline{AB}

VALORES MEDIDOS:

Angulos a nuevos puntos de control

VALORES CALCULADOS:

Latitud y Longitud del punto C y de otros puntos nuevos

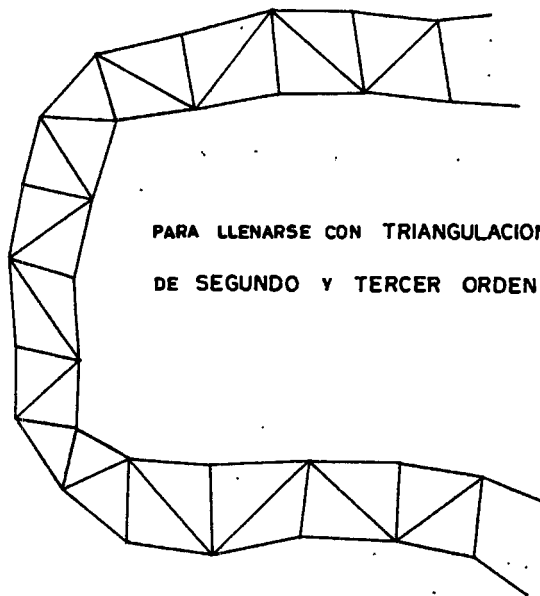
Longitud y Azimut de la línea \overline{AC}

Longitud y Azimut de todas las otras líneas

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

Estas TRIANGULACIONES DE SEGUNDO ORDEN deberán contar con una precisión no menor de 1 en 20 000, para lo cual, la longitud de sus lados serán de, aproximadamente, la cuarta parte de la longitud de los lados de la RED PRIMARIA.-

Finalmente, la RED SECUNDARIA, se podría llenar con TRIANGULACIONES DE TERCER ORDEN con una precisión no menor de 1 en 50 000.-



PARA LLENARSE CON TRIANGULACIONES
DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN

CADENA DE TRIANGULACION DE PRIMER ORDEN.

5.1.2. "CADENAS DE POLIGONACION O CAMINAMIENTO".

En una POLIGONACION se parte de una posición conocida y con azimut conocido hacia algún otro punto; después se miden los ángulos y las distancias a lo largo de una línea de puntos de levantamiento. Con las medidas angulares puede calcularse la dirección de cada lado de la poligonal; con este dato y con las medidas de longitud de las líneas, se podrá calcular la posición de cada uno de los puntos de estación.-

El Control Horizontal por medio de poligonales, con propósitos geodésicos, también necesita de observaciones astronómicas para el control de los azimutes.-

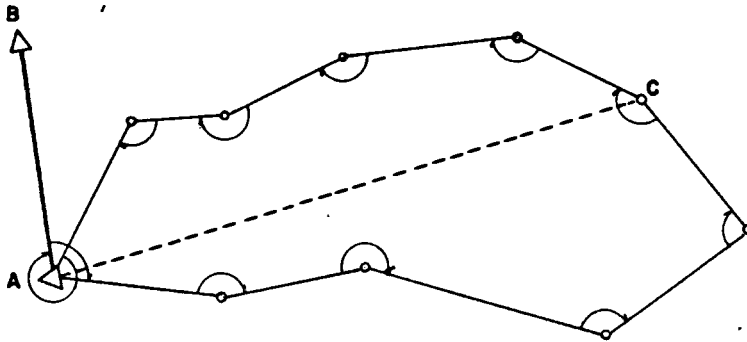
Este procedimiento se utiliza sólo en casos especiales en los cuales no se puede utilizar la TRIANGULACION, como por ejemplo en terrenos cubiertos por bosques, teniendo la ventaja de que sus vértices pueden quedar en posiciones fácilmente accesibles.-

El procedimiento de POLIGONACION no es, en muchos casos, un método muy preciso para determinar la posición de un gran número de puntos, porque sólo es posible comprobar pocos resultados y, generalmente, es más tardada y costosa.

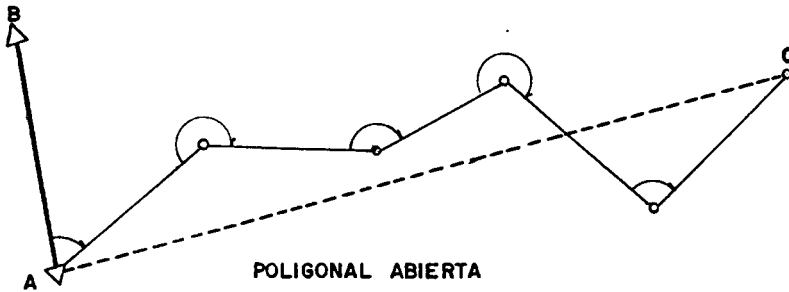
La utilización de Este método se ha reducido a trabajos en terrenos planos cubiertos de bosques con árboles más altos que las torres portátiles que económicamente se pueden construir.-

La Poligonal se clasifica de dos formas:

1. Poligonal Cerrada; si se regresa al mismo punto de que se partió.
2. Poligonal Abierta; si no se regresa al punto de partida. (fig. 5- y 6, respectivamente.-



POLIGONAL CERRADA-



POLIGONAL ABIERTA

VALORES CONOCIDOS:

- Latitud y Longitud del punto A
- Azimut de la línea \overline{AB}

VALORES MEDIDOS:

- Longitud de los lados de la Poligonal
- Angulos entre los lados de la Poligonal

VALORES CALCULADOS:

- Latitud y Longitud del punto C, y de otros puntos
- Longitud de la línea \overline{AC}

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
INOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

5:2. PROYECTO DE TRIANGULACION.-

Se prepara en la oficina usando para ello el mejor mapa de la región y los catálogos de posiciones Geográficas existentes, - además de las cartas, si ya existen. -

El criterio general que debe normar la formación de un proyecto es el de proyectar una red o cadena de Triángulos, que ajuste a los objetivos generales de la operación, como son: cubrimientos del terreno para fines cartográficos o desarrollo lineal para la medida de linderos o estudios Teoricogeodésicos - Este anteproyecto, hecho en el gabinete, será confirmado, o bien se modificará convenientemente de acuerdo con las observaciones que se realicen en el campo. -

Es de vital importancia un buen proyecto, pues en el estará basado el trabajo que desarrollen las brigadas de campo, además de que un mal proyecto, elevaría considerablemente los costos de la operación. -

El realizar un Proyecto tiene diferentes etapas, en las cuales se deben elaborar el material necesario para campo y archivo de la oficina, Secuencia que deberá seguir un Proyecto. -

1. Se preparará en la oficina usando para ello el mejor mapa de la región, y los catálogos de posiciones Geográficas existentes, además, de las cartas, si existen. -
2. Hacer un análisis de la cantidad de fotografías necesarias a investigar, el número de rollo y pedirles al Laboratorio. -
3. Ordenar las fotografías por línea, hasta completar el mosaico que deberá ser analizado. -

4. Hacer el plano original y de limitar la zona con el maduro (marcación, en carta, de los límites de zonas).
5. Recabar la información necesaria de las zonas adyacentes, y situar, en el plano, los vértices topográficos levantados.
6. Analizar y situar en el plano la información Geodésica existente.
7. Localizar los ejes de las líneas de vuelo y situarlas en el plano original.-
8. Situar el límite de la zona de maduro a las fotografías.-
9. Marcar la Toponimia que más se puede en las fotografías.
10. Analizar las condiciones fotogramétricas y necesidades del campo.-
11. Darles numeración a los puntos de fotocontrol en el plano y en las fotografías.-
12. Hacer el estudio de puntos de fotocontrol y puntos de pase, - hacer una evaluación de la dificultad de cada uno de los -- puntos.
13. Realizar el proyecto Geodésico, marcar ligas y orientaciones.
14. Copias de itinerarios de vértices topográficos y Geodésicos.
15. Elaboración de 5 a 7 copias del original a diferentes escalas para las brigadas y expedientes.-
16. Investigar por medio de Estereoscopia la Topografía y tipo de terreno en general y poblados por donde pasará la Brigada.

EXPLICACION DE LOS PUNTOS ANTERIORES.

1. La utilización de la información existente, como mapas, catálogos y cartas, (pueden ser de SAHOP, PEMEX, DEPTO. de CARTOGRAFIA de la DEF. NAL.), se hace con el fin de tener una presentación gráfica para localizar la zona por levantar.-
2. Para el análisis de la cantidad de fotografías que se necesitarán para un Proyecto se tendrá que investigar en Laboratorio los siguientes, datos:
 - 2.1. Escala de fotografías que cubren la zona en análisis. Si la zona esta totalmente cubierta ó solo se pedirán aquellas que se tienen.-
 - 2.2. Se investigará en el mosaico fotográfico cuales son las fotografías necesarias.-
 - 2.3. Una vez decidido, se pedirá a control de vuelo que nos proporcione el número de rollos de esas fotografías.-
3. Una vez que se cuenta con el material fotográfico necesario, se procede a ordenar líneas por línea dichas fotografías. Es conveniente localizar y marcar el norte del mosaico.

Se investigará en control de vuelo el sentido de éste generalmente de E - W y viceversa, ó en caso muy remoto y debido a que no lo permita la topografía se hará de N - S y viceversa.-
4. Para hacer el plano original, se recurrirá a las cartas elaboradas por la defensa Nacional que las tiene a una escala de 1:500,000.

Se localiza la ciudad más importante contenida en la zona a trabajar dentro de las cartas, además se localizará el maduro que nos delimite la zona.

Se procede a sacar copias de la carta de 1:500,000 del área necesaria más un margen aproximado de 15 cm. (se necesita para el punto 6). Para que la copia cubra toda la zona en cuestión la mayoría de las veces se hace uso de varias -- cartas de 1:500,000 de las que sólo se copiará lo que se necesite para cubrir lo antes dicho. Estas copias se harán en tamaño legal, (posee las mismas dimensiones de oficio, pero es un poco más ^{ancha}), con sobreposición entre copia y copia, ^{para poder imprimir el detalle.} se procede a recortar el sobrante y se pegan haciendo que los detalles iguales de cada copia coincidan lo mejor posible, ya que el papel sufrirá una -- deformación, hasta completar el plano.-

Cuando se tiene armado éste se le anotará a que zona ^{corresponde} y se procederá a pasar los límites que están en el maduro; esto se hace observando, detalle por detalle en uno y otro. Este proceso deberá ser muy minucioso y preciso ya que desfazaría los primeros modelos y estos pasarían a otra fotografía, debido a la diferencia de escala del plano (1:500,000 y las de las fotografías -- 1:50 000 y 1: 25000), cayendo fuera de la zona por estudiar.-

5. Se deberá investigar que zonas adyacentes a la investigada, se encuentran ya levantadas y tomar la numeración de cada uno de los puntos que -- tendremos que situar en el plano por coordenadas, (como son zonas ya trabajadas se deberá contar con un banco de datos o archivo del cual se obtenga esta información). Se recomienda situarlas en el plano con coordenadas U.T.M., pues resulta más comprensible y fácil. Estos puntos se deberán marcar de manera que se distingan fácilmente. También se le deberá poner el número de punto.

Cerca de los límites N y S del bloque se ponen todos los puntos incluyendo -- los de pase, pues servirán posteriormente para el análisis de Liga Topográfica.-

6. Para analizar la información Geodésica se recurre a las cartas Topográficas donde están situadas las Cadenas de triangulación que tiene sus --- vértices en el reajuste de 1927. Este dato se podrá conseguir en la oficina de inventario Geodésico. Se buscará por latitud y longitud aproximada. Todos los vértices posibles por ligar también se tendrán que investi

gar en la oficina de Apoyo Básico. Si cerca del área encuesta tienen alguna poligonal de primer orden.-

Se solicitan coordenadas de todos los vértices con su nombre o número, (los - vértices de triangulación tienen un nombre, y los vértices de Poligonación de primer orden tienen un número).

Se procede a situar por coordenadas estos vértices cercanos o dentro de la zona sin importar la cantidad de ellos, pues mientras más información se tenga mejor se podrá hacer el análisis, ya que contará con un mayor número de apoyos.

7. Para localizar los ejes de las líneas de vuelo se forma un mosaico fotográfico con todo el material que se disponga. Posteriormente se analizarán todos los detalles de la región en el plano y en las fotografías, para lo cual se auxiliarán del estereoscopio (de bolsillo, de espejos o el Galileo), se van tomando distancias con el Escalímetro de detalles muy-foto-interpretab les como son los poblados, ríos; carreteras, cerros del área en estudios, etc.-
8. Como el maduro ya se situó en el plano del límite de la zona, ahora es conveniente usar este plano, por tener más detalles para pasar el límite a las fotografías, basándose en los detalles iguales entre plano y fotografías.-

Este punto requiere gran habilidad para la observación de detalle por medio de la Estereoscopia, ya que esto nos dará pauta para conocer cuales serán los primeros y últimos modelos de todas las líneas de la zona.-

9. Una vez delimitada el área de la zona en las fotografías, se procede a integrar en las fotografías toda la Toponimia que aparezca en el plano - (La Toponimia se refiere a llenar el plano o fotografías con los nombres que les corresponde a cada lugar, como son los nombres de poblados, de ríos, de cerros, etc.).

10. Este paso es de gran importancia, y en sí, es la elaboración del proyecto, pues se localizarán los puntos de Fotocontrol en donde las brigadas de campo desarrollarán su trabajo, y además cuidando de las condiciones Fotogramétricas que será la finalidad principal las cuales deberán llenar los requisitos siguientes:
- 10.1 Estén en lugares de fácil acceso, de preferencia cerca de poblaciones.
 - 10.2. Que haya detalle 100% fotoidentificable. Tendrán prioridad los detalles hechos por el hombre, como son: Esquinas de construcciones, cruces de carreteras y cruces de linderos, esquinas de parcelas, puentes, etc., Serán buenos detalles los árbolitos aislados, los que formen grupos de fácil fotoidentificación, en el último de los casos se tomarán los grupos de arbustos, picos de cerros de poco diámetro, etc.
 - 10.3. Que los puntos no se sitúen en pendientes pronunciadas.
 - 10.4. Que estén situados en el centro de la línea, (de no ser así, tendrá que respetarse la zona residual de paralaje, o sea, 2 cm. de la orilla de la fotografía).-

Las condiciones fotogramétricas para poder hacer aereotriangulación, con respecto al control Horizontal, requieren de dos líneas bases en las que la escala sea muy confiable, y por lo tanto, las líneas primera y última de un bloque, llevarán un número de puntos de fotocontrol en el sentido de la línea - cada 5 ó 6 modelos. La distancia real sobre el terreno variará de acuerdo a la escala de la fotografía de dicho bloque.-

Como ejemplo en la escala de vue lo 1:50 000 es de \pm 25 km.

Un punto estará situado en el primer modelo de la línea y otro en el último, el resto de puntos de fotocontrol estarán distribuidos a lo largo de las líneas sin exceder el número de modelos, los cuales deberán llenar las condiciones fotogramétricas requeridas.-

Una vez proyectados los puntos de las líneas primera y última de un bloque se situará el punto de fotocontrol cada tercer línea, que estarán situados en los modelos primero y último de esas líneas. Esto servirá para ir ajustando la escala de los puntos aerostriangulares y será requisito indispensable, por lo que si se proyecta sólo en un extremo no servirá de nada en esa línea. Así se hará hasta completar tantas líneas como tenga el bloque.-

Es recomendable que en lugar de proyectar puntos de fotocontrol cada tercer ^{línea} línea, se procura situar los puntos en las zonas de sobreposición entre línea y línea, (generalmente a 1/2 del traslape entre línea y línea), pues de esta manera se tendrá control en un mayor número de líneas sin alterar la distancia a que estarán distribuidos éstos; también se respetará la zona residual de paralaje.-

MODELO.- Es el área de detalles comunes entre dos fotografías consecutivas siendo la parte donde se logra la ESTEREOSCOPIA.-

El primer modelo será aquel que cruce la línea imaginaria, pasada por detalle del maduro de la zona, y que sea orientable. No siempre será primer modelo el formado por las fotografías 1 y 2 de una línea.-

Los conceptos anteriores son aplicados también al último modelo.

En las partes donde el límite de zona es el mar, se tendrá cuidado de escoger bien el primer modelo, pues es muy frecuente dejar parte de la líneas sin escala directa comprobable, o bien situar puntos en parte que no es primer modelo por no ser orientable y restarle precisión a la hora de orientar esa línea en TRIANGULACION AEREA.

Los puntos de fotocontrol horizontal tienen la característica de terminación en 6, con esto, se permite al personal de campo poder incrementar tantos vértices de pase como necesite, entre dos puntos de fotocontrol, de esta manera tendrá libres nueve dígitos los cuales se utilizarán progresivamente hacia adelante o hacia atrás, dependiendo del sentido de recorrido con que monumentó la zona.-

Se tiene en proyecto horizontal un control de números que se van usando progresivamente, de acuerdo a la secuencia de las zonas que se estén proyectando, sin tener una relación con el número de zona.-

Ejemplos:

Se proyectará la zona "X" y tendrá 19 puntos de fotocontrol, que iniciará con el número 26 816 y terminará con el número 26 996.-

En puntos de pase:

Los puntos de fotocontrol 26 816 y 26 826 necesitaron, por no tener visibilidad entre sí, un punto de pase que podría ser 26 817 ó bien 26 825.-

Una vez explicadas las condiciones fotogramétricas, se procede de la siguiente manera:

Como primer paso, conviene transformar la distancia de 5 modelos a la escala de fotografías, para sacar la máxima distancia entre las líneas que deben de tener control en sus extremos. Esta distancia podrá ser menor, pero nunca mayor, ya que podría salirse de la zona en estudio, lo cual implicaría un incremento en el costo de operación debido a que se tendrían más puntos de fotocontrol.-

El proyecto cuidará: que la equidistancia de esos puntos sea uniforme dentro de las condiciones del terreno, además buscará las mejores condiciones para el bienestar del personal de campo, dentro de lo posible, evitando las zonas inaccesibles, así como las zonas boscosas o pantanosas. Los vértices se deberán marcar en todas las fotografías en donde aparezcan -

los detalles escogidos por el proyectista, que podrán encontrarse hasta en 6 fotografías; los puntos se irán marcando simultáneamente en 6 los planos con que se cuente. Todos los puntos deberán ser marcados en forma visible.

Una vez escogidas todas las áreas del proyecto, se le marcará un área con un cuadrilátero, dentro del cual se podrán desplazar los vértices marcados en forma visible, en caso de que hubieran quedado en un lugar inaccesible o inadecuado.

En caso de que las zonas adyacentes haya sido estudiadas, automáticamente tendremos con control uno ó más lados de la zona por levantar. Cuando la zona ya trabajada es la norte, nuestra primera línea tendrá control; cuando la zona con control sea la sur, nuestra última línea será la que contenga dicho control. Lo mismo sucederá si se cuenta con control al este u oeste, condiciones que nos restringe el área del proyecto, ya que se contará con extremos obligados a situar los vértices.-

- 11.- Se procede a ponerles numeración a los vértices según el control de números que lleva el proyecto, lo cual se realizará sobre el plano y las fotografías.-
- 12.- Una vez terminado el proyecto sobre el cual el personal de campo realizará su trabajo, se tratará de situar algunos puntos de pase que el proyectista considere probables, en base a un estudio estereoscópico de la zona. Estos puntos serán opcionales y el jefe de brigada podrá, o no, tomarlos en cuenta o escoger otros de acuerdo a su criterio y condiciones topográficas reales del terreno.-
13. Una vez teniendo el proyecto de fotocontrol, en el mismo plano se localizarán los vértices de triangulación y de poligonación de primer orden, (si se requiriera en el estudio por hacer).-

En base a esto, se analizará en que forma se calcularán los circuitos de las poligonales ya trabajadas, donde se tendrá que ligar cada una de estas poligonales con el fin de apegarnos a las normas para la clasificación del APOYO GEODESICO del M.O.A.

En general, se sigue esta misma secuencia para el PROYECTO DE APOYO VERTICAL.

5.3. RECONOCIMIENTO GEODESICO.

Este punto tiene gran importancia, y es en el cual se ratificará o rectificará el proyecto de Triangulación hecho en gabinete, ya que en dicho reconocimiento se verificará que los vértices escogidos por el proyectista, ten
gan las siguientes condiciones:

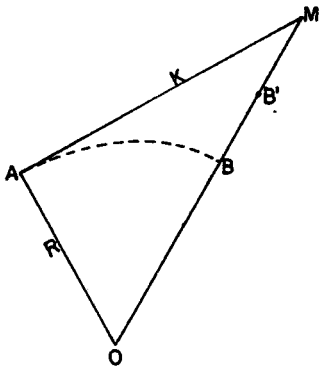
- 5.3.1. Intervisibilidad de las estaciones.-
- 5.3.2. Rigidez de las figuras.-
- 5.3.3. Longitud de los lados de las figuras.-
- 5.3.4. Demarcación de los vértices.-
- 5.3.5. Que las estaciones se hayan localizado en lugares adecuados para trabajos futuros y recuperación de los mismos.
- 5.3.6. Accesibilidad a las estaciones.-
- 5.3.7. Que exista detalle 100% fotoidentificable.-
- 5.3.8. Que las estaciones no se encuentren ubicadas en pendientes pronunciadas.-

Si los vértices del proyecto ^{no} se reúnen las condiciones anteriores, o con gran parte de ellas, se deberá cambiar el vértice de acuerdo al criterio del Jefe de Reconocimiento, que al final de cuentas será el responsable directo de la funcionabilidad del proyecto de Triangulación.-

5.3.1. INTERVISIBILIDAD DE LAS ESTACIONES.-

La forma esferoidal de la tierra no sólo presenta problemas en la medición y representación de distancias, sino también, cuando se trabaja en terrenos montañosos donde es posible obtener lados cuyas longitudes excedan el límite de visibilidad geográfica.-

En terreno plano se presenta el mismo problema ^{del} que en el mar, o sea, el de tener que considerar tanto la curvatura de la Tierra como la refracción atmosférica para calcular la altura de las señales que han de establecerse para su intervisibilidad.-



Como la longitud de los lados de una Triangulación Primaria puede ser de hasta algunos cientos de kilómetros; para que sean posibles visuales de esa magnitud se necesita estudiar el efecto de curvatura de la Tierra.-

En la figura, supongamos que A y B sean dos puntos situados sobre una superficie de nivel. Debido a la esfericidad del globo terráqueo dichos puntos serán invisibles, uno de otro, pues la línea de visual, tangente a la superficie en A es la línea AM que pasa a la altura BM, sobre el punto B. Sin embargo gracias al fenómeno de la Refracción Atmosférica, es posible observar un punto B' - abajo de la tangente AM, de manera que el -

efecto de la curvatura es disminuido por el de Refracción.-

En la figura:

MB = Efecto de Curvatura

MB' = Efecto de Refracción

BB' = Resultante de la curvatura y la Refracción

y por lo antes explicado:

$$BB' = MB - MB'$$

Para conocer la altura mínima observable utilizamos la siguiente fórmula:

$$h_k = \frac{K^2}{2R} (1 - 2m), \text{ donde } m = 0.06 \text{ promedio del coeficiente de refracción para la República Mexicana}$$

R = 6378 206 m que corresponde al radio terrestre, (Clarke).

sustituyendo éstos valores:

$$h_k = 6.8985 \times 10^{-5} (K^2) \text{ en kilómetros}$$
$$h_k = 6.8985 \times 10^{-2} (K^2) \text{ en metros.}$$

donde:

$$h_k = \text{Altura mínima observable}$$
$$K = \text{Distancia mínima observable.}$$

En un proyecto de Triangulación, el caso general que se presenta, es el de encontrar la altura que debe darse a los extremos de un lado de longitud K , para que éstos sean intervisibles.-

SOLUCION AL CASO GENERAL:

Con la altitud h_1 del punto A, se calcula la distancia observable, o sea el punto de tangencia T, teniéndose:

$$K_1 = 3.8073 (h_1)^{1/2}$$

la altura que deberá darse a B será:

$$h_B = 0.068985(K - K_1)^2$$

altura que nos dará la sobre elevación por encima de h_2 , (fig.), para obtener una altura visible de h_b .

Ejemplo:

la altura del punto A es de 64 metros; y la de B es de 300 metros.
 La distancia entre dichas estaciones es de 100 km.
 ¿Cuál es la altura que debemos dar a B para que sea visible desde A?

a). Cálculo de la distancia límite de K_1 para $h_1 = 64$ metros.

$$K_1 = 3.8073 (64)^{1/2} = 30.458 \text{ km.}$$

entre el punto de tangencia y la estación B habrá una distancia de:

$$(K - K_1) = 100 - 30.458 = 69.541 \text{ km}$$

$$h_B = 0.068985 (K - K_1)^2 = 333.6176 \text{ metros}$$

Como se tiene una altura de 300 metros, será necesario elevar la señal en B; 33.6176 metros para que sea visible desde A.-

Un segundo caso que se presenta en un proyecto de Triangulación, es cuando entre los puntos A y C se encuentra el punto B, con una altitud mayor a A ó C, que obstruye la intervisibilidad entre estos puntos.-

Ahora consideraremos h_1 , h_2 y h_3 como alturas de A, B y C, respectivamente así como K_1 y K_2 , respectivas distancias de AB y BC.

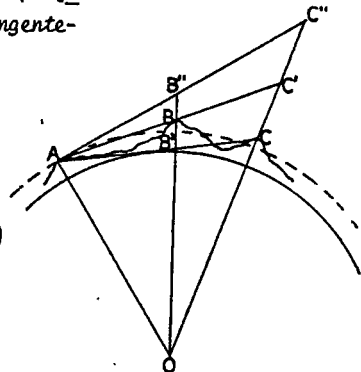
La línea punteada en la figura representa la superficie de nivel que pasa por el punto A, cuya tangente es $AB''C''$, donde:

$$\frac{CC'}{BB'} = \frac{AC}{AB} \dots \dots (1)$$

pero;

$$BB' = B'B'' - BB'' = B'B'' - (0.068985 K_1^2 - h_2 + h_1) \dots (2)$$

$$\text{también: } B'B'' = CC'' \frac{K_1}{K_2}$$



pero;

$$CC'' = 0.068985 K_2^2 -$$

sustituyendo:

$$B'B'' = CC'' \frac{K_1}{K_2} = 0.068997 K_1^2 - (h_3 - h_1) \frac{K_1}{K_2}$$

sustituyendo Este valor en la expresión (2), queda:

$$BB' = (0.068985 K_2^2 - h_3 + h_1) \frac{K_1}{K_2} - (0.068985 K_1^2 - h_2 + h_1)$$

$$y M = 0.068985$$

llevando Estos valores a la ecuación (1):

$$CC' = (MK_2^2 + h_1 - h_3) \frac{K_1}{K_2} - MK_1^2 + h_2 + h_1 \frac{K_2}{K_1}$$

$$CC' = mK_2^2 + k_1 - k_3 - (MK_1^2 - h_2 + h_1) \frac{K_2}{K_1} \dots\dots\dots (3)$$

expresión que nos da la sobre-elevación que debe darse a la señal en el vértice C, para que pueda ser observada desde A.

Ejemplo:

Las altitudes de A y C son de 16 u 133 metros, respectivamente, y su distancia es de 50 km. Una colina situada entre ellos a una distancia de 45 km. de A, tiene una altitud de 140 metros. ¿Qué altura debe tener la señal que se coloque en C?

Solución:

$$CC' = MK_2^2 + h_1 - h_3 - (MK_1^2 - h_2 + h_1) \frac{K_2}{K_1}$$

$$= 0.068985 (50)^2 + 16 - 133 - (0.068985(45)^2 - 140 + 16) \frac{50}{45}$$

$$CC' = 38.7678 \text{ metros}$$

Para el cálculo de la Distancia Límite que corresponda a una altura dada, podemos recurrir a la siguiente tabla:

T A B L A D E I N T E R V I S I B I L I D A D			
Altura (m)	Distancia (K0)	Altura (m)	Distancia (K)
1	3.8069916	21	17.4458271
2	5.3838991	22	17.8563734
3	6.5939028	23	18.2576903
4	7.6139832	24	18.6503737
5	8.5126920	25	19.0349580
6	9.3251868	26	19.4119244
7	10.0723530	27	19.7817086
8	10.7677983	28	20.1447060
9	11.4209748	29	20.5012771
10	12.0387644	30	20.8517517
11	12.6263627	31	21.1964321
12	13.1878057	32	21.5355966
13	13.7263034	33	21.8695017
14	14.2444582	34	22.1983848
15	14.7444150	35	22.5224660
16	15.2279664	36	22.8419496
17	15.6966284	37	23.1570258
18	16.1516974	38	23.4678723
19	16.5942916	39	23.7746549
20	17.0253840	40	24.0775289

5.3.2. RIGIDEZ DE LAS FIGURAS

El procedimiento para medir la precisión de una figura, se debe a una de las organizaciones Geodésicas más respetables del Mundo: La U.S., Coast and Geodetic Survey.

La Resistencia de una figura, es una expresión del error comparativo probable de uno de los lados de una figura geométrica. Dicha expresión depende de las condiciones geométricas y de la magnitud de los ángulos usados en el cálculo del lado BASE.-

La deducción de la fórmula para encontrar la Rigidez (R), se basa en la expresión del Error Probable del logaritmo de un lado, y es:

$$e^2 = \frac{4}{3} i \varepsilon^2 \sum (dA^2 + dA \cdot dB + dB^2) \dots \dots \dots (1)$$

e = Error Probable del logaritmo del lado n de una triangulación en unidades de sexta cifra logarítmica.

i\varepsilon = Error Probable de una dirección.-

dA = Diferencia logarítmica por 10" para el seno del ángulo A.

dB = Diferencia logarítmica por 10" para el seno del ángulo B.

La fórmula (1) puede aplicarse a una cadena en la que sólo se hayan observado los elementos indispensables para el cálculo; pero como en los trabajos Geodésicos se requiere una gran precisión, deben observarse elementos superabundantes que den lugar a ecuaciones de condición. Por lo tanto, modificaremos dicha fórmula para aplicarla al caso de una Triangulación compensable

En una figura Geodésica compuesta de P puntos y de L líneas, cada una de éstas se observa en ambos sentidos, por lo que el número total de direcciones es (2L): sin embargo, por ser la Base de la Triangulación un elemento fijo, se descuentan sus direcciones recíprocas quedando aquel número:

$$Nd = 2L - 2$$

Sea N_c el número total de ecuaciones de condición. La diferencia en N_d y N_c representa el número de direcciones independientes o incógnitas. En una Red no compensable, no existiendo ecuaciones de condición, el número de - ecuaciones de observación es igual al número de observaciones o direcciones. Según la Teoría de los Errores:

$$\frac{P^2 m}{2 n e} \dots \dots \dots (2) \quad \frac{P^2}{e^2} = \frac{m}{n}$$

donde:

- P = Error Probable del logaritmo de un lado de una Triangulación compensable.
- e = Error probable del logaritmo de un lado de una Triangulación no compensable.
- m = Número de incógnitas independientes.
- n = Número de ecuaciones de condición.

pero:

$$m = N_d - N_c$$

$$n = N_d$$

sustituyendo en la ecuación (2), se tiene:

$$\frac{P^2}{e} = \frac{N_d - N_c}{N_d} \dots \dots \dots (3)$$

de donde:

$$e^2 = \frac{P^2 N_d}{N_d - N_c} \dots \dots \dots (4)$$

sustituyendo este valor en la ecuación (1):

$$\frac{P^2 N_d}{N_d - N_c} = \frac{4}{3} \epsilon^2 (dA^2 + dA dB + dB^2)$$

$$P^2 = \frac{4}{3} \epsilon^2 \frac{Nd - Nc}{Nd} (dA^2 + dA dB + dB^2) \dots \dots \dots (5)$$

como $\left(\frac{4}{3} \epsilon^2\right)$ es un factor constante en una Triangulación, podemos prescindir de el, por lo que el valor de (P) dependerá de los términos:

$$\frac{Nd - Nc}{Nd} \quad \text{y} \quad (dA^2 + dA dB + dB^2)$$

cuyo producto mide la mayor o menor bondad de la figura respectiva.

$$R = \frac{Nd - Nc}{Nd} (dA^2 + dA dB + dB^2) \dots \dots \dots (6)$$

donde:

R = Rigidez de la figura.

Nd = Número de direcciones; la cual se calcula:

a) Cuando se miden todos los ángulos;

$$Nd = 2L - 2$$

b). Cuando han dejado de considerarse L' lados:

$$Nd = 2L - L' - 2$$

c) Cuando no se observa en uno de los extremos de la BASE;

$$Nd = 2L - L' - 1$$

Nc = Número de ecuaciones de condición.

$$Nc = (n' - s' + 1) + (n - 2s + 3)$$

donde:

n = Número total de lados

n' = Número de lados observados en ambas direcciones

s = Número total de vértices

s' = Número de vértices ocupados

dA y dB = Diferencias logarítmicas, por seno de un segundo, de los ángulos A, opuesto a la BASE, y B opuesto al lado que se calcula, en unidades de sexta cifra logarítmica.

En un proyecto de Triangulación, el enlace de puntos puede hacerse de varias maneras, pero la más acertada, será la que corresponda a la estructura más fuerte de figuras.-

Mientras más pequeño sea el valor obtenido de (R), la figura tendrá mayor rigidez teórica; con lo cual el cálculo de la rigidez de una Triangulación proporciona la manera de comprobar dos proyectos a fin de elegir el mejor de ellos, reducir el número de figuras del mismo y localizar una base intermedia.

Como el resultado de la fórmula depende de la forma geométrica y de los ángulos utilizados, calcularemos la primera parte para las figuras principales

Para un TRIANGULO:

AB = Línea BASE.

$$Nd = 2L - 2 = 2(3) - 2 = 4$$

$$n' = AB, BA, BC, CB, CA, AC = 6$$

$$n = AB, BC, CA = 3$$

$$s = A, B, C = 3$$

$$s' = 3$$

$$Nc = (n' - s' + 1) + (n - 2s + 3) = 1$$

$$R = \frac{Nd - Nc}{Nd} = 0.75$$

Para un CUADRILATERO

AB = Línea BASE

$$n = AB, BC, CD, DA, CA, DB = 6$$

$$Nd = 2L - 2 = 2(6) - 2 = 10$$

$$n' = AB, BA, BC, CB, CD, DC, DA, AD, AC, CA, DB, BD = 12$$

$$s = A, B, C, D = 4$$

$$s' = 4$$

$$Nc = (n' - s' + 1) + (n - 2s + 3) = 4$$

$$R = \frac{Nd - Nc}{Nd} = 0.60$$

de donde se deduce que el CUADRILATERO tiene mejor RESISTENCIA que el --
triangulo, ya que éstos valores son constantes para cada una de ellas.
La segunda parte depende de la magnitud de los ángulos, puede calcular --
se usando las diferencias tabulares de los senos para un segundo de los --
ángulos distancias (con seis cifras decimales), ó también graficamente --
usando la tabla siguiente.-

5.3.3. "LONGITUD DE LOS LADOS DE UNA TRIANGULACION".

Se tomarán las recomendadas por la ADMINISTRACION NACIONAL DE OCENANOGRA
FIA Y ATMOSFERA (N.O.A.), para encontrarlos dentro del Sistema Mundial de
Normas para la Clasificación del Apoyo Geodésico.-

Tomaremos como otra norma que: la longitud media de los lados debe estar-
relacionada con la longitud de la BASE en una relación aproximada de 1:4.

5.3.4. "DEMARCAACION DE LOS VERTICES".

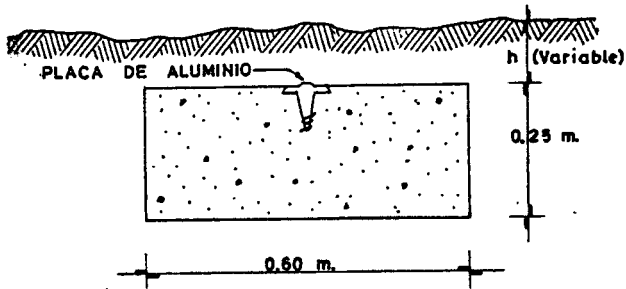
Una vez aceptado el proyecto de Triangulación y (haber) realizado el trabajo
de campo, se construyen y se monumentan los vértices que se les va dotando
de Apoyo, los cuales deberán ser marcados en forma permanente y estable y-
que se puedan localizar fácilmente.-

Construcción de Monumentos

Pueden ser de tres tipos:

- a). Monumento subterráneo,
- b). Monumento externo, a flor de tierra.
- c). Monumento pilar de concreto.

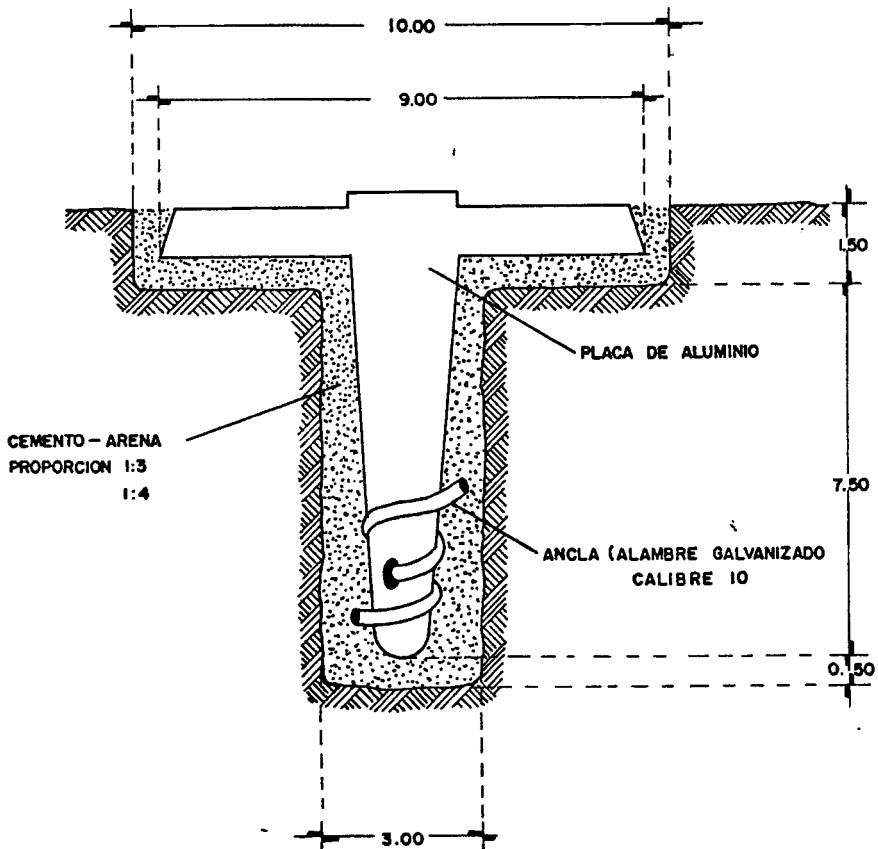
El monumento subterráneo, como su nombre lo indica, queda cubierto con el
mismo material extraído y se descubre cuando se instala en forma definitiv
va la estación. Consiste en una plancha de concreto no menor de 0.50 m ni
mayor de 1.80 m. y generalmente se hace de 0.60 x 0.60 m por 0.25 m de -
grueso a una profundidad variable.-



Los monumentos externos son de diferentes tipos, dependiendo cada uno de ellos del tipo de terreno en que se coloque, ya que es un factor de gran importancia y que debemos tomar en cuenta para evitar posibles desplazamientos que ocasionarían errores de consideración a la Red de Triangulación o al utilizarlo como punto de partida en levantamiento secundarios o de liga con otras redes de la misma importancia.-

En las figuras siguientes se muestra como se debe construir un monumento dependiendo de las características del suelo en que se apoye.-

PLACA EMPOTRADA EN ROCA



COTAS EN CENTIMETROS.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

LEYENDAS EN LAS PLACAS DE:



APOYO HORIZONTAL

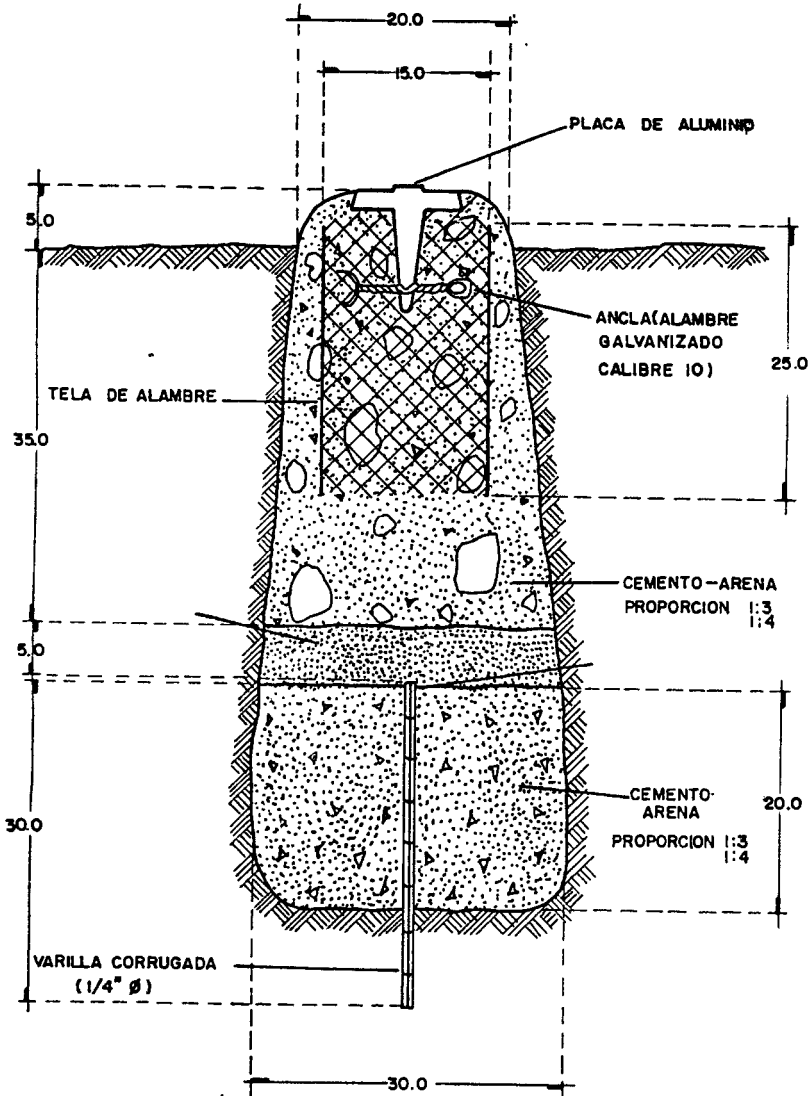


APOYO VERTICAL

ESCALA 1:1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ.
NOE URIBE DE LEON.
GENERACION 73-77

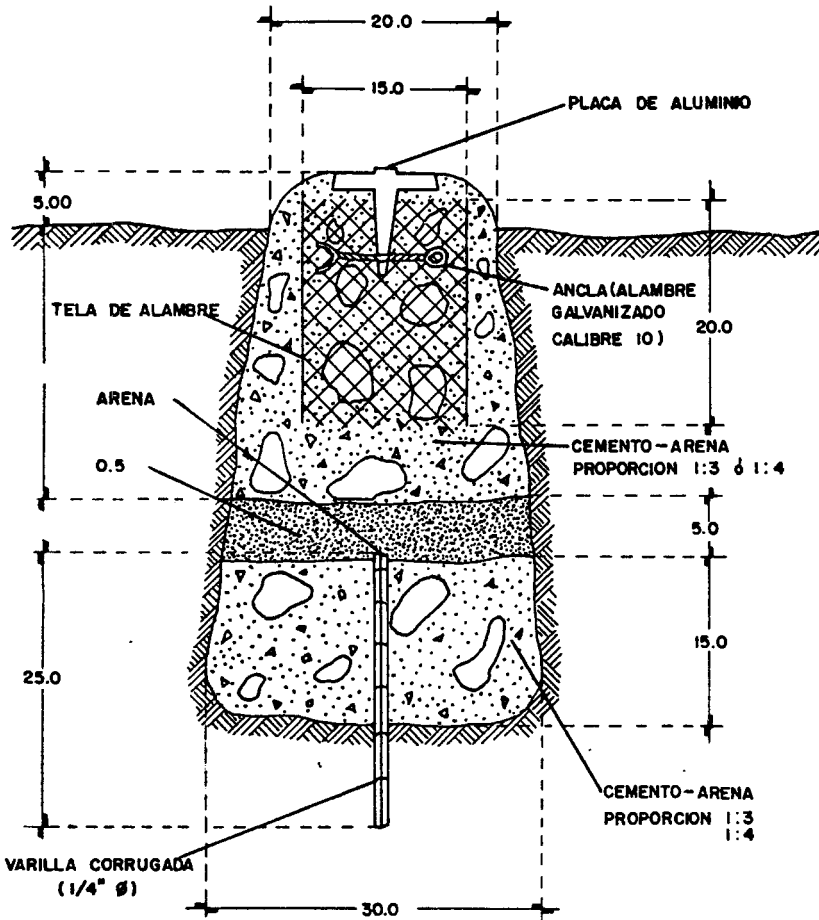
MONUMENTO EN TERRENO ARCILLOSO



COTAS EN CENTIMETROS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

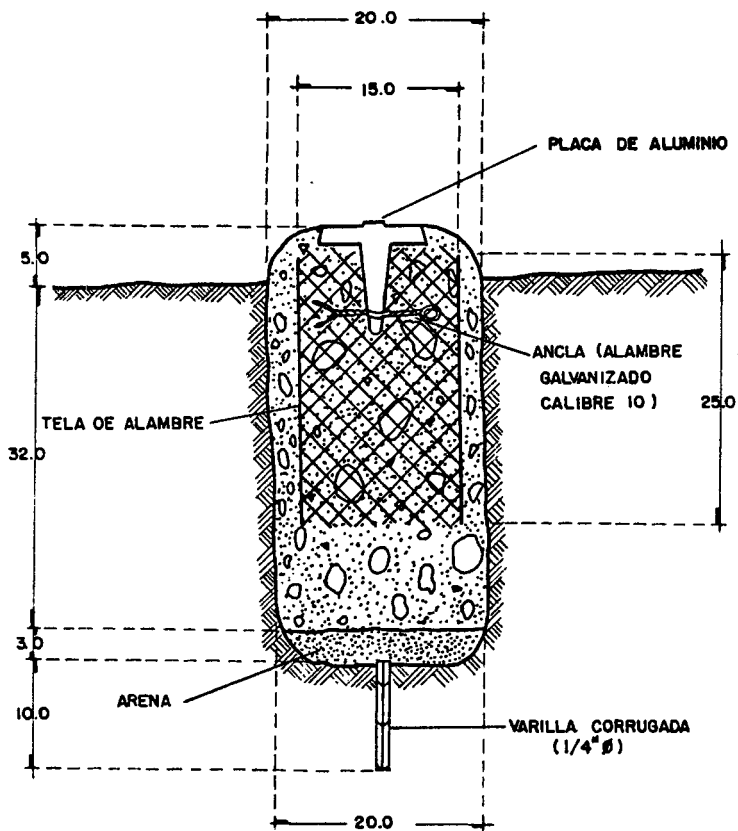
MONUMENTO EN TERRENO COMPACTADO



COTAS EN CENTIMETROS.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

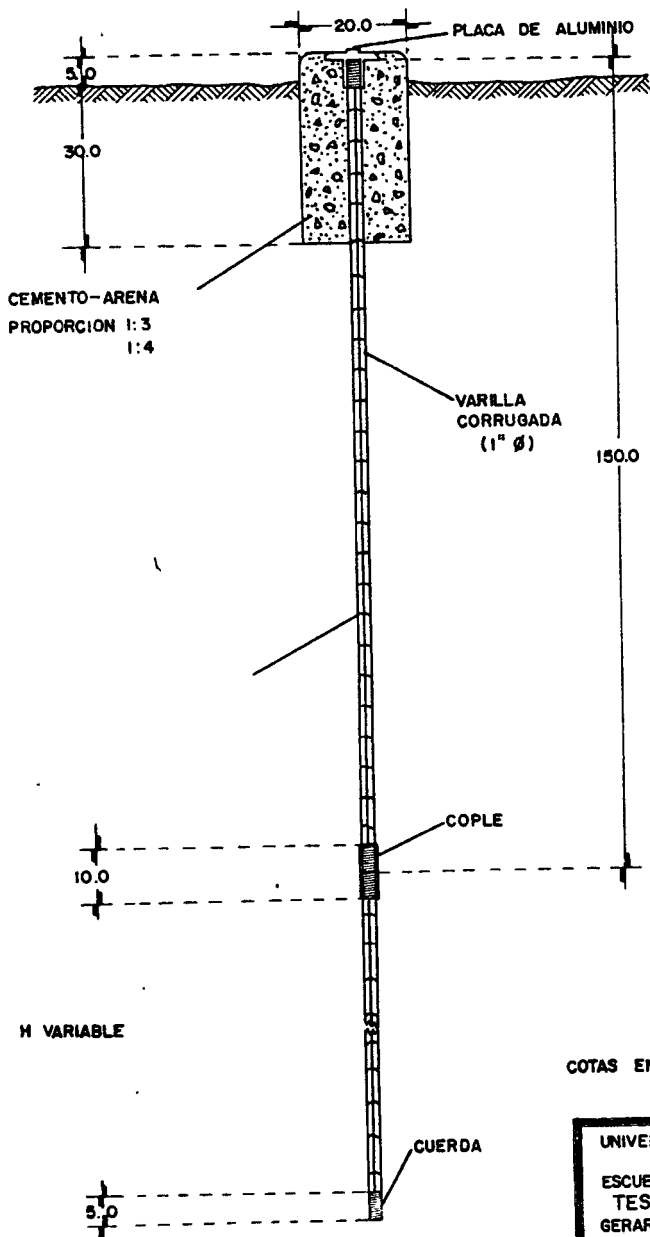
MONUMENTO EN TERRENO TEPETATOSO



COTAS EN CENTIMETROS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

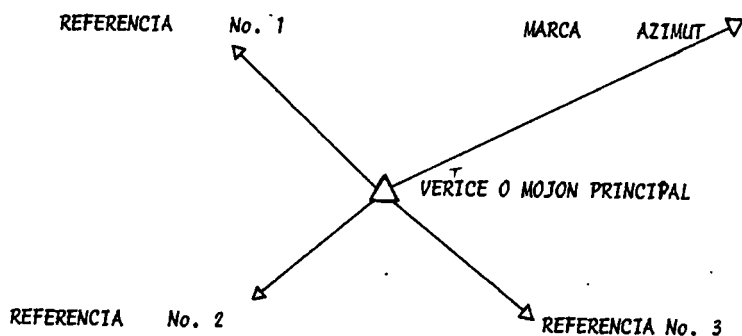
MONUMENTO EN TERRENO ARENOSO o PANTANOSO



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

"REFERENCIAS".

Para evitar la pérdida de algún vértice, que se pueda destruir pasando el tiempo o por manos criminales, se colocan referencias que se distribuyen alrededor del monumento principal, además se colocará un monumento que sirva como marca de azimut, Fig.



DISTRIBUCIÓN DE LOS MONUMENTOS DE REFERENCIA.

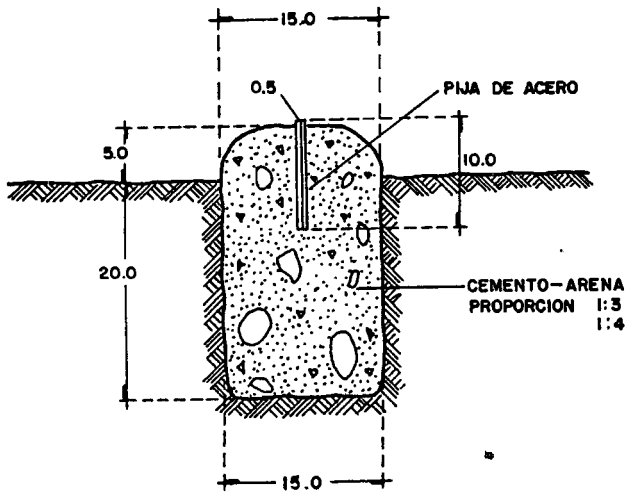
Las referencias no se localizarán a una distancia mayor de 0.5 km. del vértice, sólo en casos especiales en que las condiciones del terreno obliguen a colocarlo a mayor distancia de la establecida. Como marca de azimut se podrán tomar objetos tales como: la torre central de una iglesia, la torre de algún edificio municipal, ó cualquier tipo de construcción con gran detalle aunque se encuentren a una distancia mayor de 0.5 km.

A dichas referencias deberá tomarse la distancia y el azimut con respecto al monumento principal, ya que por medio de éstos, se podrán recuperar los vértices perdidos, que es el motivo principal de la utilización de las referencias.-

En la figura siguiente se muestra la forma y materiales de construcción de un monumento de referencia aunque, finalmente, su forma y dimensiones las -

regirán las condiciones del suelo, pudiendo tomarse como modelos a los mo
numentos principales.

MONUMENTO DE REFERENCIA



COTAS EN CENTIMETROS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

5.3.5. Las estaciones serán localizadas de forma tal que no implique dificultad su localización, no sólo para la propia Institución

DETENAL, sino también para particulares que necesiten de levantamientos de gran precisión .-

Existen otras Instituciones que elaboran Planos a Gran Escala; tales como la Defensa Nacional (primera en el ramo), la Marina y PEMEX; además de varias Empresas Privadas, las cuales realizan sus productos para fines muy particulares,-

5.3.6. La Estación, de preferencia, deberá contar con caminos, brechas ó veredas para llegar a ella, condiciones que facilitarán el trabajo de campo y el acceso de otras personas o Instituciones que las requieran como DATO.-

5.3.7. El que exista detalle 100% fotoidentificable es de gran importancia, no sólo para su localización en proyecto sino posteriormente ya que serán éstos puntos la base para corregir (restituir) las distorsiones que se producen en las fotografías debido a las grandes distancias de que son tomadas, además de la refracción y curvatura de la tierra. Dichos puntos serán explicados posteriormente con más amplitud.

5.3.8. Los vértices se situarán principalmente en las cimas de los cerros y no en su pendiente, ya que ocasionaría problemas de Intervisibilidad y localización.-

5.4. "RESOLUCION DE TRIANGULOS GEODESICOS".

TEOREMA DE LEGENDRE

Para resolver los Triángulos Geodésicos, se requieren como datos iniciales la longitud de un lado y la magnitud de los tres ángulos. Como las estaciones están con frecuencia bastante separadas, los triángulos de la tierra es decir, su forma al nivel medio del mar, se aproxima, como ya se mencionó, a una esfera y a menos de que los triángulos sean muy grandes, se considera que son triángulos esféricos.-

Cuando se han calculado las longitudes de los lados, es entonces posible determinar las latitudes y longitudes de dos de las estaciones, si se conocen la longitud y latitud de la tercera y el rumbo de una línea de esta estación. Por lo tanto, es esencial que se fijen astronómicamente y se determine el rumbo astronómico de cuando menos una estación del Sistema de Triangulación, con lo que se pueden determinar los rumbos de los lados de los demás triángulos.

El cálculo de Triángulos Geodésicos se puede simplificar sustituyendo el triángulo esférico por un triángulo plano equivalente; principio fundamental del Teorema de LEGENDRE, el cual enunciamos a continuación:

EXCESO ESFERICO

" Si se tiene un triángulo esférico de lados poco curvos y un triángulo plano, cuyos lados son iguales en extensión lineal a los del triángulo esférico, los ángulos de uno y otro triángulo difieren de una cantidad igual, que es la tercera parte del EXCESO ESFERICO".

Sean A, B y C los ángulos del triángulo esférico; A'B' y C' los del triángulo plano; y además, a, b, y c los lados comunes a ambos. Supondremos también, que el primero pertenece a una esfera cuyo radio es la unidad.

FORMULA DEL EXCESO ESFERICO:

El triángulo rectilíneo de la ecuación:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A' \quad (\text{ley de los cosenos})$$

$$\cos A' = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \dots\dots\dots(1)$$

y por identidad:

$$\sin^2 A' + \cos^2 A' = 1$$

$$\sin^2 A' = 1 - \cos^2 A'$$

se deduce:

$$\frac{bc \cdot \sin^2 A'}{6} = \frac{2bc + 2a^2 c^2 + 2b^2 a^2 - a^4 - b^4 - c^4}{24 bc}$$

El triángulo esférico da:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}$$

Suponiendo que son arcos pequeños, expresaremos en serie hasta 4º orden, los valores de los senos y cosenos:

$$\cos A = \frac{1 - \frac{1}{2} a^2 + \frac{1}{24} a^4 - (1 - \frac{1}{2} b^2 + \frac{1}{24} b^4) (1 - \frac{1}{2} c^2 + \frac{1}{24} c^4)}{(b - \frac{1}{6} b^3) (c - \frac{1}{6} c^3)}$$

efectuando las multiplicaciones y desechando los términos mayores de 4º orden tendremos:

$$\cos A = \frac{\frac{1}{2}(b^2+c^2-a^2) - \frac{1}{24}(b^4+c^4-a^4) - \frac{1}{4}b^2c^2}{bc\left(1 - \frac{1}{6}(b^2+c^2)\right)}$$

$$\cos A = \frac{(1/2(b^2+c^2-a^2) - 1/24(b^4+c^4-a^4) + 6b^2c^2)(1+1/6(b^2+c^2))}{bc}$$

Para hacer el producto del quebrado por el binomio, despreciaremos el producto parcial del segundo término del quebrado por el segundo del binomio, y se tendrá:

$$\cos A = \frac{(b^2+c^2-a^2) \dots \dots \dots}{2bc} - \frac{2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4}{24bc}$$

donde la primera parte corresponde a la ecuación(1) y el segundo término es idéntico a:

$$\frac{1}{6} bc \operatorname{Sen}^2 A', \text{ por lo que, igualando:}$$

$$\cos A = \cos A' - \frac{1}{6} bc \operatorname{Sen}^2 A'$$

Esta expresión nos indica que los ángulos A y A' difieren muy poco, pues su diferencia está expresada por un punto bc muy pequeño con relación al radio. Podemos entonces poner, llamando a la pequeña diferencia entre A y A':

$$x = A - A'$$

$$\cos A = \cos(A'+x) = \cos A' \cos x - \operatorname{Sen} A' \operatorname{Sen} x$$

$$x = \cos A' - \operatorname{Sen} A'$$

igualando:

$$\begin{aligned} \cos A &= \frac{1}{6} bc \operatorname{Sen}^2 A' = \cos A' - \operatorname{Sen} A' \\ &= \frac{1}{6} \frac{\cos A' - \cos A' + bc \operatorname{Sen}^2 A'}{\operatorname{Sen} A'} \\ &= \frac{1}{6} bc \operatorname{Sen} A' \end{aligned}$$

Superficie del triángulo rectilíneo: $s = \frac{1}{2} bc \operatorname{Sen} A'$,

donde: $x = \frac{1}{3} s = A - A'$

Se ha calculado en el supuesto de que el radio de la esfera es la unidad. Si S es la superficie de otro triángulo equivalente, situado en una esfera de radio R' se tendrá:

$$\frac{s}{1} = \frac{S}{R'^2} \quad ; \quad s = \frac{S}{R'^2}$$

sustituyendo el valor de:

$$A - A' = \frac{S}{3 R'^2} \dots \dots \dots (P)$$

de igual manera obtendríamos:

$$B - B' = \frac{S}{3 R'^2} \dots \dots \dots (P)$$

$$C - C' = \frac{S}{3 R'^2} \dots \dots \dots (P)$$

Demostración de que la cantidad (P) constante, es igual a la $\frac{2}{3}$ parte del exceso esférico.-

Por definición: $A + B + C = 180^\circ + e \dots \dots \dots (1)$

Del triángulo rectilíneo $A' + B' + C' = 180^\circ$

Sumando las tres ecuaciones (P):

$$A - A' + B - B' + C - C' = \frac{S}{3 R'^2} + \frac{S}{3 R'^2} + \frac{S}{3 R'^2}$$

$$A + B + C - (A' + B' + C') = \frac{S}{R'^2}$$

$$A + B + C - 180^\circ = \frac{S}{R'^2} \dots \dots \dots (2)$$

de las ecuaciones (1) y (2) se deduce:

$$e = \frac{S}{R'^2}$$

dicha expresión está en partes de radio y para expresarla por su número de segundos, basta multiplicarla por $\text{Sen } 1''$, o bien:

$$e = \frac{S}{R'^2 \text{ Sen } 1''} \dots \dots \dots (3)$$

Resumiendo:

Para convertir un triángulo esférico en rectilíneo, se resta de cada uno de los ángulos el tercio del exceso esférico del triángulo que corresponde, quedando, por lo tanto, reducido el problema a la resolución de un triángulo rectángulo.

Según lo anterior, el camino a seguir para el cálculo de un triángulo esférico, consiste en obtener el exceso esférico por medio de la fórmula (3) y restar la tercera parte de dicho exceso a cada uno de los ángulos observados.-

Pero, si consideramos que al medir los ángulos se ha cometido cierto error, en cada uno de ellos, resulta que aún después de efectuar la -- corrección por exceso esférico, la suma de los ángulos resultantes diferirá de 180° en cierta cantidad, la cual habrá que distribuir también por terceras partes.-

De esto se concluye que cuando se aplica el método de reducción de Legendre, no es necesario calcular el exceso esférico, basta dividir el -- cierre bruto del triángulo en tres partes y aplicar cada una de ellas a los ángulos observados. El triángulo resultante, que deberá cerrar a 0° , se calculará por las fórmulas comunes de la trigonometría rectilínea.

En cálculos geodésicos, sin embargo, nunca se omite el cálculo del exceso esférico para poder conocer el cierre angular de los triángulos y distribuirlo de acuerdo con la teoría de los errores.-

La fórmula (3) puede escribirse:

$$e = S m, \quad \text{en donde:}$$

S = Superficie del triángulo plano equivalente al esférico.-

$m = \frac{1}{R^2 \text{ Sen } 1''}$ = Coeficiente cuyos valores para diferentes latitudes son los siguientes.-

T A B L A

LOGARITMOS DEL COEFICIENTE m PARA VARIAS LATITUDES						
Lat.	00'	10'	20'	30'	40'	50'
15°	9.40655	9.40655	9.40654	9.40653	9.40652	9.40651
16	50	49	48	47	46	45
17	44	44	43	42	41	40
18	39	38	37	36	34	34
19	32	31	30	29	28	27
20°	9.40626	9.40625	9.40624	9.40623	9.40622	9.40620
21	19	18	17	16	14	13
22	12	11	10	09	07	06
23	05	04	02	01	00	9.40599
24	9.40597	9.40596	9.40595	9.40594	9.40592	91
25°	9.40590	9.40588	9.40587	9.40586	9.40584	9.40583
26	82	80	79	78	76	75
27	73	72	71	69	68	66
28	65	64	62	61	60	58
29	56	55	54	52	51	49
30°	9.40548	9.40546	9.40545	9.40542	9.40542	9.40540
31	39	37	36	34	33	31
32	30	28	26	25	23	22
33	20	19	17	15	14	12
34	11	09	07	06	04	03

5.5. "SENALES GEODESICAS".

Las observaciones angulares pueden efectuarse durante el día o en la noche, y para cada caso, se utilizarán heliotropos o lámparas eléctricas debidamente centradas sobre la estación. Sin embargo, cuando se trate de lados cortos, menores de 10 km, como los utilizados en la incrementación de la BASE, se podrán utilizar ^o tableros de un metro cuadrado, dividido en cuatro cuadros con los colores blanco y rojo o blanco y negro, según se proyectan estas señales sobre la vegetación o sobre el cielo.-

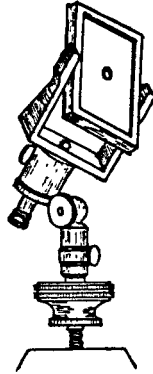
La altura del vástago vertical ha de ser de 2.0 o 3.0^m desde el vértice hasta el punto en que se intercepten los cuadros de la señal. Este dato se anotará, en cada caso, en la libreta de observaciones.-

Para lados mayores de 10 km, y en observaciones diurnas, deberán utilizarse heliotropos. Existen los siguientes tipos de estos aparatos: Heliotropo Steinheil, Heliotropo de anteojo modelo Coast G. Survey, y Heliotropo de Plúmulas, Figuras.-

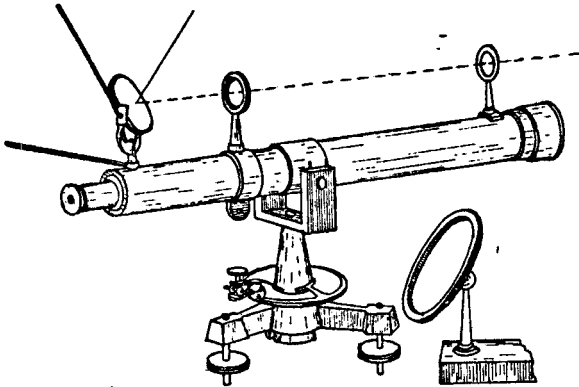
El Heliotropo Steinheil, consiste en un pequeño espejo de caras paralelas del tamaño de los que se usan en los sextantes. En el centro plateado del espejo se limpiará un pequeño agujero, de unos 3 a 4 mm de diámetro, para visar la señal a la que se apunta el heliotropo.-

El lado inferior del bastidor metálico que sostiene al espejo tiene un pequeño lente colocado sobre una superficie blanca, de yeso por ejemplo para reflejar hacia el agujero la luz del sol en forma de una mancha brillante de manera que el observador vea dicha mancha proyectada sobre la estación a la que dirige el heliotropo, lo cual indicará que la estación de observación está recibiendo un haz de rayos solares.-

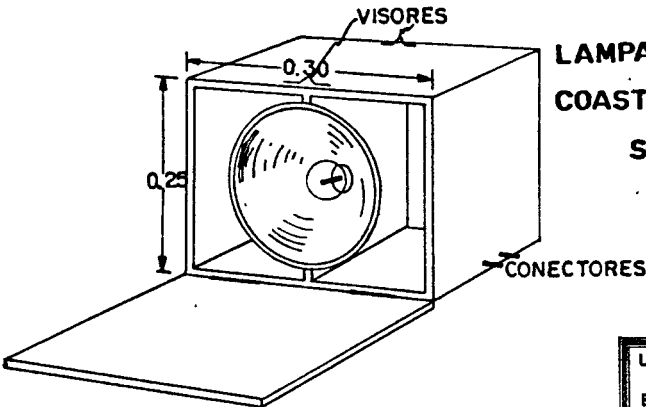
**HELIOTROPO
STEINHEIL**



**HELIOTROPO COAST
AND GEODETIC
SURVEY**



**LAMPARA GEODESICA
COAST & GEODETIC
SURVEY**



LAMPARA PARA SEÑALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
QUERETARO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
GERARDO TAPIA MARTINEZ
NOE URIBE DE LEON
GENERACION 73-77

Para dirigir y mantener el instrumento en debido funcionamiento, se puede dar al espejo, alrededor de sus ejes horizontal y vertical, todos los movimientos necesarios.-

En virtud de que el sol se mueve continuamente, a razón aproximada de 1° por cada 4 minutos, el heliotropista estará atento a este movimiento manteniendo la luz reflejada sobre el dispositivo especial, para apuntar el Heliotropo.-

El Heliotropo del tipo "Coat and Geodetic Survey", consiste en un antejo de poder amplificador moderado, en cuyo tubo se fijan: un espejo circular y dos p^mulas circulares como las que se muestran en la figura. El anillo ³ de la p^mula del frente, o sea la más cercana al lente objetivo, se pinta de blanco, con el fin de que en ella se proyecte la sombra de la p^mula cercana al ocular, cuando el espejo refleje correctamente la luz solar en la dirección de los centros de las p^mulas. Su dirección debe ser paralela a la línea de colimación del antejo.-

A causa de las inconveniencias del heliotropo, y para la mayor seguridad en las observaciones geodésicas, se efectúan actualmente durante la noche. Para este fin se emplean pequeñas lámparas eléctricas, provistas de reflectores parabólicos, Figura.

Una lámpara geodésica se compone esencialmente de una pieza metálica que soporta un reflector parabólico, de 10 a 15 centímetros de diámetro en cuyo foco se coloca una lamparita eléctrica de filamento concentrado, quedando éste en la vertical del punto medio de la BASE, lo cual permite centrar la lámpara sobre el punto preciso, La lámpara puede girar en azimut y altura. Además, el instrumento lleva dos pequeñas p^mulas metálicas, para apuntarlo en la dirección deseada.-

Es obvio que este aparato debe ajustarse en tal forma que la línea que definen sus pínulas sea paralela, al rayo luminoso que pasa por el centro del espejo y el filamento de la lámpara, y que tenga movimiento^s suaves en altura y azímüt.-

Es de vital importancia la comunicación entre el observador con el heliotropista y el guardaluces, para darles las indicaciones necesarias sobre el mejoramiento de sus luces o para movilizarlos al terminar de hacer las lecturas correspondientes.-

La utilidad de las comunicaciones geodésicas aumenta cuando simultáneamente trabajan dos o más brigadas. En este caso es útil, y a veces necesario, intercambiar los datos obtenidos en las observaciones, para poder calcular en el campo los ciérrres de triángulos, así como trasladarse de una estación a otra.-

Para realizar esta intercomunicación se utiliza el código telegráfico MORSE, cuyos elementos, puntos y rayas, se forman con chispazos de luz producidos al cubrir y describir, con una pantalla, el haz lamuniso de una lámpara geodésica. Un chispazo de luz, con duración de un segundo, representa un punto, y con duración de tres segundos, una raya, El alfabeto MORSE es el siguiente:

A.-		M - -	
B -...		N.-	
C -..-		O - - -	
D -..		P.- -.	
E.		Q - - .-	
F..-		R.-.	
G --.		S ...	
H		T -	
I ..		U ..-	
J. - - -		V... -	
K -.-	1 . - - - -	X ..-	7 -- ...
L -..	2 .. - - -	Y -. - -	8 - - - ..
	3 ... - -	Z - - ..	9 - - - .
	4-		0 - - - -
	5 6 -		

Además de esto, existen varios comunicados, frases y recados, más usuales para emplearse entre el observador y el guardaluces o heliotropista, - las cuales son:

- Z = El observador está en la estación = - - ..
- BT = Paré = - ... - (usado entre ángulos).
- SN = Siguen números = ...-.
- SL = Siguen letras = - ..
- A = Espere un rato = . -
- AA = Esté atento, lo necesitaré pronto = .-.-
- N = Su luz es demasiado débil, aumente su brillo = -.
- M = Luz muy brillante, modérela = - -
- (77) = Anuncio de mensaje = - - . - - ..
- GA = Adelante, puede transmitir su mensaje = - - - . -
- K = Enterado = -.-
- DONE = Apague la luz dirija a esta estación
- DG = SE han terminado las observaciones por esta noche
- FINI = Se han terminado las observaciones en esta estación, siga sus instrucciones.-

La transmisión de datos angulares entre dos observadores se hace como el siguiente ejemplo. tomado del Instructivo para Guardaluces del Inter - American Geodetic Survey:

30°45'25.22	SN30R45R25R22
90°26'12.98	BT90R26R12R98
135°38'11.23	BT135R38R11R23
171°16'55'52	BT171R16R55R52
198°41'37.12'	BT198R41R37R12

5.5. "MEDIDA DE LA BASE GEODESICA".

5.5.1. GENERALIDADES.-

La medida de una Base Geodésica es una de las operaciones que requiere mayor cuidado. Por lo que respecta a la preparación del terreno en que va a desarrollarse deberá ser plano y libre de obstáculos, para lo cual se realizará un levantamiento preliminar para asegurar dichas condiciones.-

La Base Geodésica, es el primer paso de cualquier levantamiento de Triangulación o poligonación, ya que al llevar el dato inicial falso, sacaría todo el levantamiento del orden supuesto.-

5.5.2. Demarcación de los extremos:

Esta operación se hace con los datos del reconocimiento, eligiendo uno de los extremos en el terreno que proporcione mejores condiciones de estabilidad y de donde se descubra la dirección de ^{lo que}lada la Base. El otro extremo también deberá llenar los requisitos anteriores.

5.6.3. Medida de la Base:

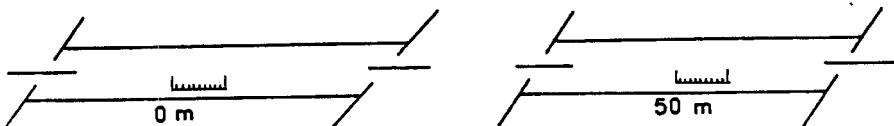
Para ello, se utilizará un teodolito de 10", o menos, de aproximación. De un extremo de la Base se visará el otro extremo, sirviéndose de la poligonal preliminar, se hará un alineamiento con marcas a cada kilómetro, a las cuales le llamaremos secciones.-

Dichas secciones también se alinearán una por una, alineamiento que se hará por medio de estacas que sirvan de apoyo de la cinta. Bastará con apoyos cada 25 metros.-

Una vez hecho el estacado de toda una sección se procede a medir con la cinta colocándola sobre los clavos en las estacas, evitando el contacto con el suelo, aplicando en sus extremos la tensión correspondiente, y además colocando termómetros a la tercera y dos terceras partes de la cinta. Posteriormente, se dejará que la cinta tome la temperatura ambiente, de 10 a 15 minutos, y una vez que las lecturas sean iguales, se harán las medidas de las distancias en las cabezas de las estacas, en la siguiente forma:

5.6.3.1. Medidas con cinta de acero.

a). Previamente se habrán adherido a la cinta, en sus marcas finales, tiras de papel milimétrico de un decímetro de largo de tal forma que coincidan las divisiones (figura).



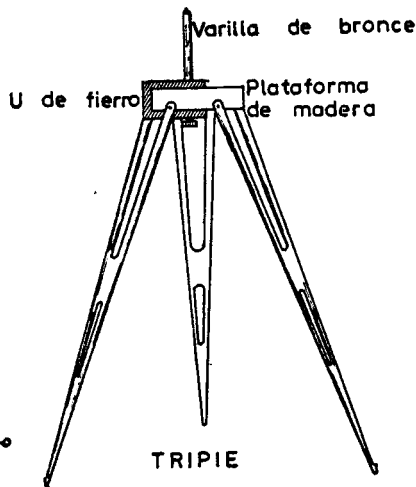
b). Tanto el observador de atrás como el de adelante deberán hacer las lecturas en el mismo instante, dictándolas sucesivamente al encargado del registro, también se anotarán las lecturas de los termómetros.

Para base de primero y segundo orden, deben hacerse dos mediciones, - una ^{de ida} y otra de regreso, que concuerden satisfactoriamente y se hagan con cintas diferentes. La diferencia entre mediciones no debe exceder de 10 mm - por km; además la tolerancia que nos da el N.O.A., para el error medio de la medida es de: 1: 1 000 000 para Bases de Primer Orden y 1:500 000 para las de Segunda Orden.-

5.6.3.2. Medidas con cinta o alambre invar.-

El procedimiento general es el mismo que para las cintas de acero. - Solamente en los apoyos se utilizarán trípodes especiales, en cuya plataforma se puede fijar, por medio de un tornillo de presión, una forma de fierro que lleva un vástago terminado en un pequeño prisma de bronce, (figura)

Los alambres invar terminan en una reglas prismáticas divididas en milímetros, graduada de izquierda a derecha, de 0 a 8 cm. Dada la disposición de dichas divisiones, las lecturas de atrás serán siempre negativas y las lecturas en la escala de adelante, positivas.



5.6.4. Nivelación de la Base.-

Esta operación debe preceder a la medida horizontal por dos motivos fundamentales; para evitar un movimiento o cambio en algunos puntos de apoyo, y para tener los datos de diferencia de alturas de los clavos. El método a seguir es el de Nivelación Compuesta, el cual será estudiado en el punto respectivo.-

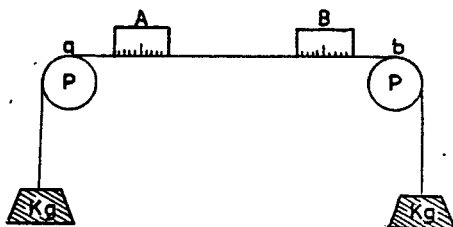
5.6.5. Correcciones a los Longímetros.-

5.6.5.1. Por Estadación.-

Todo longímetro que se utilice en la medición de una Base debe ser comparado con un patrón, para determinar su longitud a cierta temperatura. Para su estandarización se recurrirá a la Oficina de Geografía, en Tacubaya, D.F., en donde puede hacerse la comparación en las condiciones y con la precisión que se desee.-

La comparación se hace de la manera siguiente:

Se suspende la cinta o el alambre en las poleas PP por medio de una cuerda que se une en a y b al longímetro por comparar. En estas condiciones, las marcas extremas del longímetro quedan frente a las escalas A y B, las cuales se encuentran empotradas; La distancia entre A y B es conocida, de manera que la operación se reduce a efectuar varias lecturas sobre las escalas que corresponden a las marcas extremas de la cinta, {figura}. Ejemplo:



Comparación de la cinta de acero de 50 metros, número 323 con un apoyo en el centro a nivel con los extremos, marca Trocand Keufel and Esser.

Extremo (o) mm	Extremo (50 mm	Diferencia	
+1.6	+1.0	+0.6	Cálculo:
-0.5	-1.1	0.6	Temperatura: $18^{\circ} 6'$
-2.8	-3.4	0.6	Distancia AB = 49.99916 m
-5.3	-5.9	0.6	Prom. lect. = $\frac{-0.00056 \text{ m}}{49.99860 \text{ m}}$
-8.0	-8.6	0.6	
+2.6	+2.1	0.5	
+0.5	-0.0	0.5	que es la longitud de cinta a
-1.9	-2.4	0.5	$18^{\circ} 6'$
-4.5	-5.0	0.5	
-6.7	-7.3	0.6	

5.6.5.1. $\hat{=}$ Por Temperatura.

El problema que se presenta en la medida de los diferentes tramos de una Base, es el de conocer la longitud real de la cinta, a la temperatura de observación. Esta se determina por medio de la expresión:

$$L_t = L_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

donde:

L_t = Longitud del longímetro a la temperatura de observación T.

L_0 = Longitud del longímetro a la temperatura de estandarización T_0 .

α = Coeficiente de dilatación del material del longímetro; para cintas de acero $\alpha = 11 \times 10^{-6}$
para alambres invar $\alpha = 3.58 \times 10^{-7}$

La ecuación para los alambres invar dada por la fábrica, para el número 25, es:

$$L_x = L_0 (1 + 3.38 \times 10^{-7} \times T + 7 \times 10^{-2} \times T^2).$$

donde:

L_0 = Longitud a cero grados de temperatura

L_x = Longitud a la temperatura de observación

Para facilitar estos cálculos, utilizaremos la siguiente tabla calculada con la fórmula $C = L (T' - T)$, donde:

C = Corrección en milímetros

T' = Temperatura de observación

T = Temperatura de estandarización o comparación = 20° .

L = Longitud de medida (cintazos de 50 metros)

CORRECCIONES PARA TEMPERATURA EN CINTAS

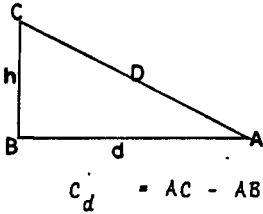
DE ACERO (CINTAZOS DE 50. Mts C/U.)

Coefficiente de expansión = 0.0000116 por grado centígrados. Temperatura - standard de la cinta = 20° . Para temperatura arriba de 20° las correcciones tienen signo + (positivas) y para temperaturas abajo de 20° las correcciones son - (negativas).

Para C ^o	M.M.	Para C ^o	M.M.
19 ^o	-0.60	31 ^o	+ 6.40
19.5 ^o	"0.30	31.5 ^o	"6.70
20 ^o	0.00	32 ^o	"7.00
20.5 ^o	+0.30	32.5 ^o	"7.30
21 ^o	"0.60	33 ^o	"7.60
21.5 ^o	"0.90	33.5 ^o	"7.90
22 ^o	"1.20	34 ^o	"8.20
22.5 ^o	"1.50	34.5 ^o	"8.50
23 ^o	"1.80	35 ^o	"8.80
23.5 ^o	"2.10	35.5 ^o	"9.00
24 ^o	"2.40	36 ^o	"9.20
24.5 ^o	"2.60	36.5 ^o	"9.50
25 ^o	"2.80	37 ^o	"9.80
25.5 ^o	"3.10	37.5 ^o	"10.10
26 ^o	"3.40	38 ^o	"10.40
26.5 ^o	"3.70	38.5 ^o	"10.70
27 ^o	"4.00	39 ^o	"11.00
27.5 ^o	"4.30	39.5 ^o	"11.30
28 ^o	"4.60	40 ^o	"11.60
28.5 ^o	"4.90	40.5 ^o	"11.90
29 ^o	"5.20	41 ^o	"12.20
29.5 ^o	"5.50	41.5 ^o	"12.50
30	"5.80	42 ^o	"12.80
30.5 ^o	"6.10	42.5 ^o	"13.10

5.6.5.3. CORRECCION POR DESNIVEL.

En la figura sea:



AC la distancia inclinada,
 AB la distancia horizontal o reducida.
 h la diferencia de altura entre A y C, y.
 C_d la corrección por desnivel.

Para fijar el grado de aproximación con que se obtiene h, se supone que se opera con una pendiente S, por lo que se tendrá:

$$h = D S, \quad \text{en donde;}$$

D = Distancia inclinada.
 S = Pendiente.

En vista de que el error por desnivel depende la nivelación de las estacas, se hace necesario que ésta se hag con la mayor precisión posible y en ambos sentidos.-

Para la corrección de este error podemos apoyarnos en la tabla siguiente, calculada con la fórmula:

$$C_d = \frac{h^2}{2D}$$

en donde:

$$h = D S$$

pendiente S(%)	Distancia D(m)	Corrección C _d (m)	Distancia D(m)	Corrección C _d (m)
0	50	0.00000	24	0.00000
1	50	0.00250	24	0.00120
2	50	0.01000	24	0.00480
3	50	0.02250	24	0.00520
4	50	0.04000	24	0.00920
5	50	0.06250	24	0.01440
6	50	0.09000	24	0.02070
7	50	0.12250	24	0.02820
8	50	0.16000	24	0.03860
9	50	0.20250	24	0.04650
10	50	0.25000	24	0.05760

5.6.5.4. Corrección por Catenaria.-

Esta corrección representa el acortamiento que sufre la distancia horizontal de los extremos del longímetro cuando se usa suspendido. Cuando los puntos de apoyo de sus extremos estén a nivel, se acepta que la curva que toma la cinta, sometida a una tensión T, es la de un arco de parábola, y en este caso la corrección a la longitud se calcula:

$$C_c = \frac{1}{24} L \left(\frac{wl}{T} \right)^2$$

donde:

- L = Longitud nominal de la cinta, tendida en un plano
- l = Distancia horizontal entre dos apoyos contiguos
- w = Peso de un metro lineal de la cinta
- T = Tensión aplicada a la cinta en kilogramos
- C_c = Corrección por catenaria

Calculo de la flecha:

$$v = \frac{wL^2}{8T}$$

Ejemplo: Datos:

$$\begin{aligned} w &= 25.5 \text{ kg.} \\ l &= 50 \text{ metros} \\ T &= 10\,000 \text{ gramos} \end{aligned}$$

sustituyendo estos valores en la fórmula anterior:

$$\begin{aligned} v &= \frac{25.5 \times (50)^2}{8 \times 10\,000} \\ v &\approx 0.80 \end{aligned}$$

este resultado justifica la colocación de un punto de apoyo intermedio. Ejemplo: calcular las correcciones por catenaria a una cinta de 50 m, que pesa 25.5 gr. por metro y sometida a una tensión de 15 kg, en los dos casos siguientes:

- Tendida en una sola catenaria.
- Tendida en dos catenarias

Calculo:

$$\text{Condición: } \frac{1}{24} L \left(\frac{w}{T} \right)^2 \quad (\text{kg}) \quad L^2 (\text{m}) \quad C c (\text{m})$$

a	2.08333	2.89×10^{-6}	2500	0.01552
b	2.08333	2.89×10^{-6}	625	0.00376

5.6.5:5. Corrección por tensión.-

Esta corrección se aplica cuando se hace la medida de un tramo en condiciones distintas de tensión a las empleadas en la estandarización del longímetro. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$Ct = \frac{\Delta T(L)}{S E} \text{ , y además; } \Delta C = - \frac{2C}{T} dT$$

donde:

- | | | | | | |
|------------|---|-------------------------|------------|---|-------------------------|
| ΔT | = | cambio en la tensión | ΔC | = | Cambio en la corrección |
| S | = | Sección del longímetro | dT | = | Diferencial de T |
| L | = | Longitud del longímetro | | | |
| E | = | Módulo de elasticidad | | | |

Ejemplo:

En el caso anterior, supóngase que en vez de aplicar una tensión de 15 kg, la tensión efectiva fue de 14.978 Kg, para alambre invar.

Sustituyendo valores:

$$\Delta C = - \frac{2 \times 0.00376}{15} \times 0.022$$

$$\Delta C = - 1.0 \times 10^{-5} \text{ m}$$

para obtener la sección S de la cinta, se pesará y se tendrá:

$$P = vD$$

donde:

P = Volumen de la cinta = SLD

D = Densidad del material

$$\text{y } \therefore S = \frac{P}{LD}$$

en el caso anterior: $S = 3.2522 \text{ mm}$

$$E = 15\,000 \text{ kg/mm}^2$$

aplicando la fórmula

$$Ct = \frac{\Delta T (L)}{S \times E}$$

$$Ct = \frac{(15 - 14.978) \times 50}{3.2522 \times 15\,000}$$

$$Ct = 2 \times 10^{-5}$$

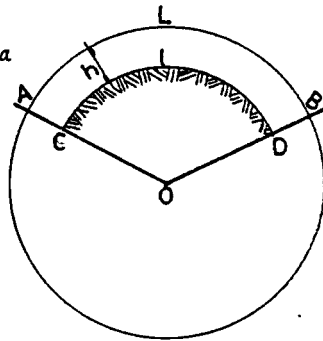
La corrección total debida a una tensión de 14.978 kg será:

- | | |
|--|-------------|
| 1. Catenaria a la tensión estandar | = 0.00376 |
| 2. Cambio de catenaria debido al cambio de tensión | = 0.00001 |
| 3. Acortamiento debido a una tensión menor | = 0.00002 |
| total | = 0.00379 m |

5.6.6. Reducción de la Base al nivel del mar.

A fin de hacer comparables dos o más Bases medidas a diferentes altitudes, y especialmente cuando aquellas pertenecen a una misma triangulación - es necesario reducirlas al nivel del mar.

De la figura: $AB = L$, Base medida a una altitud media (h), calcularemos su corrección para reducirla a CD . Si $R =$ Radio terrestre en el punto C , se tendrá, por semejanza:



$$\frac{L}{1} = \frac{R + h}{R}$$

$$1 = L \frac{R}{R + h} = L \frac{1}{1 + \frac{h}{R}} = L \left(1 - \frac{h}{R} + \frac{h^2}{R^2} \right)$$

Diferenciando la ecuación anterior, y desechando el segundo término.

$$dc = \frac{L}{R} dh; \text{ que es la ecuación a utilizar.}$$

La precisión de esta corrección depende de la exactitud con que se haya determinado la altitud media de la Base. Esta se lleva a cabo con una nivelación - de precisión desde el mar, en donde se han hecho observaciones de la marea. El error máximo, de la nivelación no será mayor de:

$$\pm 4 \text{ mm } \sqrt{K}$$

donde K = desarrollo en km de la nivelación.
y el de la altura media del mar será de: $- 0.10 \text{ m}$

Ejemplo: Para una Base de 10 km de longitud, a 1000m de altitud, a 1 000 km - de la costa, tomando $R = 6\ 378\ 206 \text{ m}$, se tendrá:

$$dc = \frac{10\ 000}{6\ 378\ 206} \times dh$$

$$\text{y } dh = 0.10 \pm 0.004 \sqrt{1\ 000} = 0.22 \text{ m.}$$

sustituyendo este valor en dc , nos queda:

$$dc = 0.0003 \text{ m, cantidad despreciable.}$$

5.6.7. PRECISION DE LA BASE.-

La discrepancia admisible entre medidas de ida y vuelta en una sección de un kilómetro, puede aceptarse, para el caso de alambres, un error medio de lecturas de ± 0.2 en cada tramo. En 41 tramos que comprende un kilómetro, se - tendrá:

$$\pm 0.2 \sqrt{4T} = \pm 1.3$$

y el error de dos medidas: $\pm 1.3 \times 2 = \pm 2.6$ mm

A la vez que se avanza en la medida de la Base deben hacerse los cálculos de los tramos, de manera de no pasar adelante mientras no se haya comprobado que la diferencia de lecturas es correcta. Se acepta que la discrepancia máxima entre las (D - I), más alta y más baja, sea de 0.3 mm. Deben hacerse cuando menos tres lecturas en cada puesta de cinta o alambre, en este supuesto, el error medio del promedio será:

$$e = \pm \sqrt{\frac{(0.3)^2 + (0.3)^2 + (0.2)^2}{6}} = \pm 0.2 \text{ mm}$$

El cálculo de la longitud real de medida se hace con la fórmula

Para cintas de acero:

$$L_R = L_T (1 + 11^{-6} (T' - T))$$

donde:

L_R = Longitud real medida a la temperatura T'

L_T = Longitud del longímetro

T' = Temperatura del lugar

T = Temperatura de estandarización

Para alambre no. 25 de la Oficina de Geografía:

$$L_R = L_T (1 + 3.38 \times 10^{-7} T^2)$$

Al final de una medida de la sección se calculará su longitud haciendo la suma de los resultados de cada tramo, para comparar las medidas de ida y vuelta y poder lograr la exactitud de las medidas, y realizar las correcciones necesarias.

Para comprobar los cálculos de cada sección puede seguirse este otro procedimiento: como el error máximo puede ser de tres veces el error medio, la diferencia tolerable en dos medidas de una sección es de:

$$\pm 1.8 \times 3 = \pm 5.4 \text{ mm}$$

El error probable de una sección se calcula por la fórmula:

$$E_s = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(vv)}{n(n-1)}}$$

donde:

(vv) = Suma de los cuadrados de las discrepancias

n = Número de veces que se midió la sección considerada.

El error probable de la Base, dividida en *n* secciones será:

$$E_B = \pm (E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2)^{1/2}$$

y su error relativo es:

$$E_R = \frac{E_B}{L}$$

donde:

L = Longitud de la Base

El error de la Base será:

$$E_B = \pm \sqrt{(0.41)^2 + (0.51)^2 + (0.98)^2 + (0.62)^2}$$

$$E_B = \pm 1.33 \text{ mm}$$

$$y: E_R = \frac{0.00133}{1726.833} = \frac{1}{1\ 298\ 578}$$

5.7. MEDIDA DE ANGULOS.-

En la medida de Angulos interviene, en forma dominante, el tiempo atmosférico; pues la opacidad de la atmósfera, así como el viento, son serios inconvenientes para una buena observación.-

Además de esto, se deberá elegir el mejor sitio, en el lugar de la observación, donde se instalará el instrumento de modo que no haya obstrucciones para las visuales y que el terreno en que se instale sea consistente. Para colocar el instrumento puede utilizarse el tripie de fábrica, aunque muchas veces es preferible construir una torrecilla de madera y rodearla de un andamio de madera para que circule el observador sin riesgo de mover el aparato. Cuando se trata de estaciones LAPLACE y en las que se usará un instrumento más voluminoso y pesado, se construirá un poste de concreto como el que se muestra en la figura.-

Generalmente las observaciones se realizan de noche para evitar el efecto solar sobre el aparato; aún así deberá cubrirse con toldos de lona convenientemente dispuestos para evitar el golpe del viento o una lluvia imprevista.

Después de montar el aparato se procede a sus ajustes, primero de nivelación y posteriormente de afocamiento e iluminación de la retícula, así como de colimación horizontal y vertical además de la verticalidad de los hilos azimutales.-

5.7.1. CATEGORIAS DE LOS VERTICES.

Se le puede catalogar de igual manera que las Triangulaciones, o sea, de Primero, Segundo y Tercer Orden, dependiendo del número de veces que se observen las direcciones o los ángulos, para que el error de su promedio no exceda del límite prescrito para cada orden.-

En Triangulaciones Geodésicas se consideran, también, los ordenes Primero Segundo y Tercero, de acuerdo con la longitud de sus lados; siendo: a mayor longitud de un lado será necesario observarlo un mayor número de veces. Los errores angulares permisibles por el cierre angular de los triángulos es de:

- + 1" para Primer Orden
- + 3" para Segundo Orden
- + 5" para Tercer Orden

5.7.2. NUMERO DE VECES QUE DEBE REITERARSE UNA MEDIDA.

Para no llegar a cierres máximos, es necesario repetir la observación 16 veces para Triangulaciones de Primer Orden; 8 veces para las de Segundo y 4 para las de Tercer Orden. Estas repeticiones debe hacerse alternando la posición del círculo de modo que el número total de visadas en ambas posiciones sea de 32, 16 y 8, respectivamente.-

Esta determinación o desigualdad del número de veces que debe observarse un vértice, según sea su categoría, no indica que las precisiones para dada vértice sean diferentes, sino que en condiciones normales, se llegará a precisiones métricas uniformes.-

5.7.3. ERRORES DE LA MEDIDA.-

Los errores más comunes a la medida de ángulos se debe a las siguientes causas:

- a). Por la torsión de la torre en que se apoya el instrumento.
- b). Por el fenómeno de la Refracción Lateral.-
- c). Por la fase de las señales.-

Para evitar el error por Torsión el instrumento se deberá sentar sobre un pilar de mampostería, en cambio, si el apoyo del instrumento es una torre de madera o metal puede suceder que el desigual calentamiento de sus partes debido al calor solar produzca movimientos de torsión, y para reducirlo se podrá usar una torre pequeña, o en su defecto, al utilizar una torre grande las observaciones se harán nocturnas.

El Fenómeno de Refracción Lateral se reduce o previene procurando que las visuales pasen a una altura mayor de 3 metros y que no sean rasantes a los postes o trabes de las torres.-

El Error de Fase de la señal se produce cuando se observa un tablero de señalmente iluminado por la luz solar, o bien, en el caso de que la luz del heliotropo o de la lámpara sea mal dirigida.-

5.7.3. METODOS DE OBSERVACION.-

La medida de los ángulos de una Triangulación Geodésica se puede llevar a cabo por dos métodos:

1. MÉTODO DE DIRECCIONES (BESSEL)
2. MÉTODO DE ANGULOS (SCRIBER).

5.7.3.1. METODOS DE "DIRECCIONES" DE BESSEL.-

Consiste en medir los ángulos o "direcciones" de todos los lados que concurren al vértice en que se encuentra el instrumento, tomando como origen de dichas medidas al vértice que presente mejores condiciones de visibilidad.-

Mecanismos de Observación.-

Primero, se coloca el anteojo en posición directa, o sea, con el círculo vertical a la izquierda, y se dirige a la señal origen llevándola al centro de los hilos de la retícula.-

Con el movimiento general del círculo horizontal, se pone la lectura inicial de $0^{\circ}00'00''$, ayudándose de una lista de posiciones. Se rectifican en el anteojo la correcta centración de la señal sin separar el ojo del --ocular, para eliminar un pequeño error de paralaje; se hace la lectura y se dicta el ayudante anotador, Enseguida se afloja el tornillo que fija el movimiento azimutal y se dirige el anteojo a la segunda estación, dictando la lectura.-

Se continúa en la misma forma hasta llegar al último vértice y después de haber hecho la lectura correspondiente, se invierte el anteojo para ponerlo en posición inversa, o sea, con el círculo vertical a la derecha y se vuelve a visar la última señal, dictando su lectura.-

Se observan los vértices subsecuentes con movimiento azimutal en sentido contrario de las divisiones azimutales, hasta llegar a la señal origen y efectuar la lectura respectiva.-

La operación antes descrita constituye la primera vuelta, y partiendo de la posición en que ha quedado el instrumento, o sea con el círculo vertical a la derecha, se da principio a la segunda vuelta, a cuyo efecto se pone la segunda lectura origen, de acuerdo con la lista de posiciones respectiva.

En la forma anterior se desarrollan las observaciones angulares en una estación Geodésica de Primer Orden.-

Programa de Observación.-

El teodolito usado será aquel cuyas lecturas sean el promedio de la directa y suplementaria para eliminar el error de excentricidad lo que se logra -- con el dispositivo de los instrumentos WILD y ZEIS, para lo cual se utilizará la fórmula:

$$x = \frac{180}{P}$$

donde:

x = número de grados que irá variando cada lectura origen.

P = número de medidas en cada posición del instrumento.

Para una estación de Primer Orden se tendrá:

$$x = \frac{180}{16} = 11.25^{\circ}$$

Para una estación de Segundo Orden se tendrá:

$$x = \frac{180}{8} = 22.5^{\circ}$$

Para una estación de Tercer Orden se tendrá:

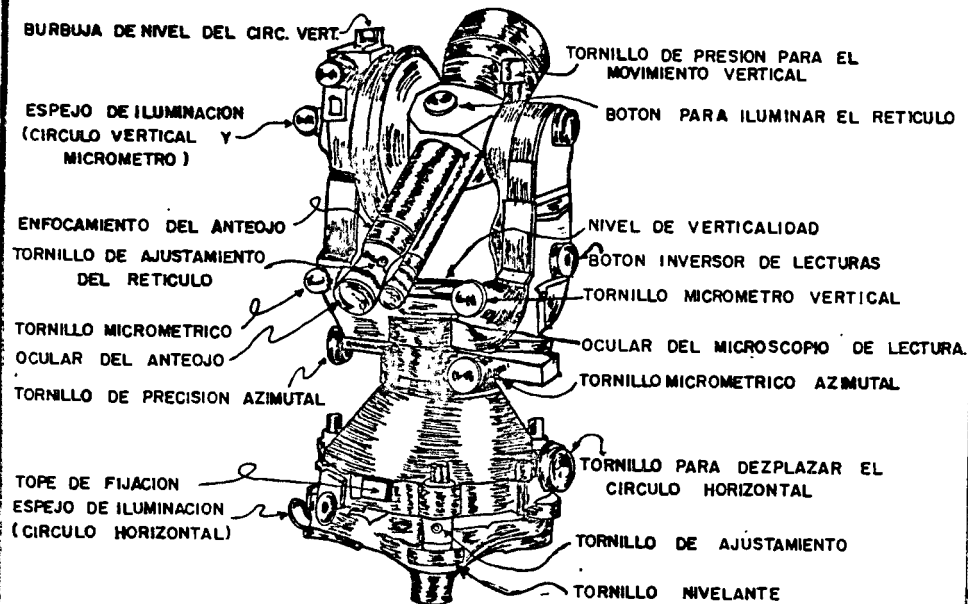
$$x = \frac{180}{4} = 45.0^{\circ}$$

como en estos tipos de aparatos las lecturas de los minutos y segundos se hacen en una escala auxiliar que tiene 600 divisiones, o sea, 10 minutos divididos en segundos, los cambios de origen se harán también en esta escala y se _
rán:

$$\text{Primer Orden} \quad x' = \frac{600}{16} = 37.5''$$

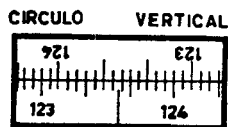
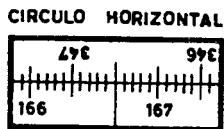
$$\text{Segundo Orden} \quad x' = \frac{600}{8} = 75''$$

$$\text{Tercer Orden} \quad x' = \frac{600}{4} = 150''$$



TEODOLITO ALTAZIMUTAL

LECTURA DE LOS CIRCULOS DIVIDIDOS EN 360°



Lectura del círculo 166° 40'

1ª lectura del tambor	39.4"
2ª lectura del tambor	39.3"
<hr/>	
	166° 41' 18.7"

Lectura del círculo 123° 34'

1ª lectura del tambor	13.6"
2ª lectura del tambor	13.8"
<hr/>	
	123° 34' 27.4"

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 TESIS PROFESIONAL
 GERARDO TAPIA MARTINEZ
 NOE URIBE DE LEON
 GENERACION 73-77

T A B L A

LECTURAS ORIGEN PARA PRIMER ORDEN			
VUELTA NUMERO	C.V.	CIRCULO	ESCALA.
1	I	0° 00"	0' 00"
2	D	190 00	0 33
3	L	20 00	1 06
4	D	210 00	1 39
5	I	40 00	2 07
6	D	230 00	2 40
7	I	60 00	3 13
8	D	250 00	3 46
9	I	80 00	4 19
10	D	270 00	4 52
11	I	100 00	5 25
12	D	290 00	5 58
13	I	120 00	6 31
14	D	310 00	7 04
15	I	140 00	7 37
16	D	330 00	8 10
17	L	160 00	8 43
18	D	350 00	9 16

CALCULO DEL ERROR MEDIO DE LAS DIRECCIONES.-

El error medio de una dirección se calcula por la fórmula.

$$e_m = \left(\frac{\sum v^2}{n-1} \right)^{1/2}$$

donde:

$\sum v^2$ = Suma de los cuadrados de las discrepancias.

n = Número de observaciones.

La discrepancia admisible es de tres veces y medio el error medio.-

5.7.3.2. METODOS DE "ÁNGULOS" DE SCREIBER.-

Consiste en medir todos los ángulos que puedan formarse con las n estaciones visibles. En atención de que cada uno de los ángulos se obtiene por medida directa, o por suma y resta de los demás ángulos, se concluye que para obtener éstos con igual peso, deben medirse determinado número de veces.-

Mecanismo de Observación.-

Sea una estación en la que se observa n vértices. Se mide separadamente cada ángulo de las dos posiciones del instrumento, lo que constituye una vuelta. El número total de ángulos por medir es el de combinaciones de dos en dos de las n visuales.-

Partiendo de la consideración de que el peso de una dirección es 1, dentro de las condiciones normales de tiempo atmosférico, el de un ángulo que proviene de la resta de dos direcciones, será de 1/2. Cuando este ángulo se obtiene de la combinación de n visuales, su peso será de $n/2$, y si su medida se repite (q) veces, el peso del promedio será de:

$$p = \{qn/2\}$$

$$q = \frac{2P}{n}$$

Ejemplos:

En una observación de peso 24 se tiene la siguiente tabla para los diferentes valores de (n):

n (lados)	(q) número de visuales
2	24
3	16
4	12
5	10
6	8

En una observación de peso 36, se tiene:

n(lados)	(q) número de visuales
2	36
3	24
4	18
5	15
6	12

CALCULO DEL ERROR MEDIO DE UNA DIRECCION.-

Para el método de SCRIBER se lleva a cabo considerando solamente las medidas directas de cada ángulo y se calcula con la fórmula:

$$Nm = \pm \left(\frac{\sum vv}{p(q-1)(q-2)} \right)^{1/2}$$

5.8. "MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS".

En los últimos tiempos se han desarrollado varios métodos para la medida de distancias por procedimientos indirectos basados principalmente, en principios ópticos y electrónicos, gracias a los cuales, se han agilizado los trabajos geodésicos. Estos métodos además de rápidos nos dan una gran exactitud, siendo los más utilizados:

1. Geodímetro.-
2. Telurómetro.-

1. Geodímetro.-

Este instrumento fue ideado por el geodesta sueco Dr. Erick Berstrand y está basado en la propagación de la luz. El geodímetro puede transportarse fácilmente, debido a su peso y dimensiones reducidas, para trabajar en campo; actualmente está siendo utilizado en las medidas de los lados en las triangulaciones y poligonales geodésicas.

El equipo está compuesto fundamentalmente de las siguientes partes:

Una fuente de luz, consistente en un foco de 30 watts, alimentado por un acumulador;

un obturador electrónico, llamado "Celda de Kerr";

un espejo parabólico de proyección;

un espejo receptor;

una celda eléctrica;

un medidor de corriente.

Durante el "Symposium sobre Medida Indirecta de Distancias", efectuado en Washington, del 5 al 12 de mayo de 1959, la Coast and Geodetic Survey de los EEUU presentó un informe sobre los resultados obtenidos en la medida de 84 líneas geodésicas teniendo como valores extremos:

error probable máximo = ± 10.8 mm en una línea de 10 053.3461 metros:

error mínimo = ± 2.2 mm en una línea de 21 556.9136 metros.

Estas precisiones van en aumento en los nuevos modelos, de manera que el geodímetro es un instrumento de precisión geodésica.-

2. Telurómetro.-

El funcionamiento del telurómetro está basado en la propagación de las ondas hertzianas generada en una estación transmisora, (extremo de la línea cuya longitud se está midiendo), y enviadas por medio de una antena parabólica al otro extremo de la línea, en donde son captadas y reflejas hacia su origen.

Las medidas se efectúan empleando ondas cuya frecuencia es aproximadamente de 10 Mc/s. El cambio de fase, debido al recorrido de la onda en su trayectoria de ida y vuelta, se aprecia visualmente en la pantalla de un osciloscopio.-

El equipo se compone de dos estaciones y ambas cuentan con un transmisor y un receptor. La operación de medida de una distancia geodésica (20 a 80 km), se efectúa como sigue:

La onda devuelta es recibida en la estación principal y se compara con la onda emitida por medio de un instrumento que indica el desfaseamiento de ambas señales.-

La fase se observa en un osciloscopio en forma de barrido circular en el cual queda marcado esta por medio de una pequeña interrupción en una escala circular. Se utiliza una escala decimal dividida en 100 partes, en la que se puede apreciar 1/4 división.-

Con una frecuencia maestra de 10 Mc/s. una rotación completa de fase representa 0.1 (un diezmilésimo) de segundo en el tiempo del doble recorrido de la señal y representa aproximadamente 15 metros.-

Empleando tres frecuencias más, o sean las 9990 Mc/s, 9900 Mc/s, 9000 Mc/s, y combinadas éstas, podrán medirse distancias menores de 50000 pies, 16 kilómetros aproximadamente.-

Cada instrumento tiene sus especificaciones de manejo y hay que recurrir a los instructivos especiales para cada equipo. Se recomienda sobre el particular el instructivo del Coast Geodetic Survey.-

6. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE CONTROL VERTICAL.-

Existen tres procedimientos de nivelación, y la utilización de cada uno de ellos depende del grado de precisión que se desee obtener, además de las características del terreno, dichos procedimientos son

1. Nivelación geométrica ó de precisión.
2. Nivelación trigonométrica.
3. Nivelación barométrica

Posteriormente, en el inciso correspondiente a métodos de nivelación se hará una descripción más completa de los conceptos anteriores.-

El plano de referencia, para cualquier tipo de nivelación, será el nivel medio del mar, que es la altura promedio para todas las etapas de la marea.-

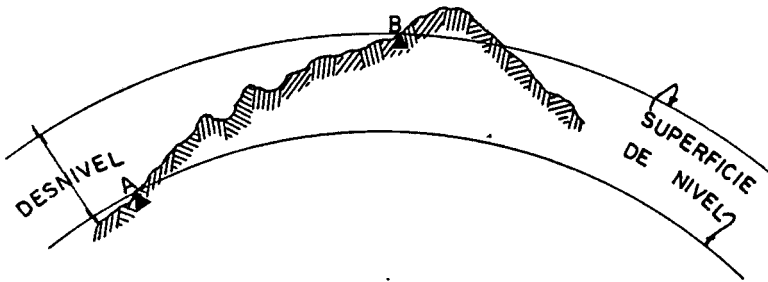
6.1. DEFINICIONES.-

Control vertical ó nivelación geodésica, Son los nombres con que se le conoce a la operación de determinar la altitud de un punto situado sobre la superficie de la tierra.-

Altitud. Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la tierra y el nivel medio del mar prolongado, si es necesario, por debajo de los continentes. Esta distancia corresponde a la distancia mínima y debe estar medida sobre la vertical que pasa por el punto considerado.-

Diferencia de nivel entre dos puntos (desnivel). Es la distancia vertical entre las superficies de nivel que pasan por los mismos y se designa por ΔN

Superficie de nivel. Es aquella en la cual, si se mueve un cuerpo sobre ella, la gravedad no ejecuta ningún trabajo, es decir, en todos sus puntos es normal a la dirección de la gravedad.-



Distancia Zenital. Es el ángulo vertical medido a partir de una estación A, con referencia a su propia vertical, a otra siguiente B, denominándose "distancia zenital de B".

Refracción. Es el fenómeno que provoca un cambio de dirección a las radiaciones solares al pasar oblicuamente de un medio a otro, de diferente densidad.

6.2 CLASIFICACION.

Especificaciones y procedimientos.

Dentro del control vertical, existen especificaciones y normas que deberá cumplir la nivelación, dándole un alto grado de precisión, que puede ser de:

1. Primer orden.
2. Segundo orden.
3. Tercer orden.

En la tabla que nos proporciona el N.O.A., se muestra su clasificación, normas de exactitud y especificaciones generales. =

6.3. METODOS DE NIVELACION.-

Como ya se mencionó anteriormente existen tres métodos de nivelación que -- son:

6.3.1. NIVELACION GEOMETRIA O DE PREC ISION.-

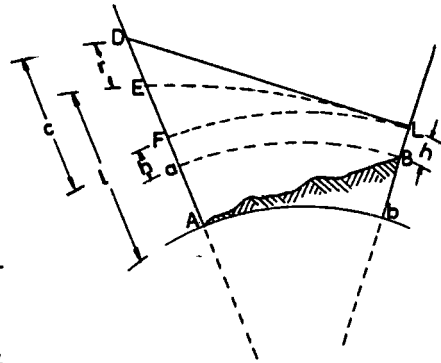
De los tres procedimientos, el geométrico es el más preciso y se usa para el establecimiento de las redes de nivelación; su aproximación es de unos - cuantos centímetros en líneas de 1 000 a más kilómetros.-

La nivelación geométrica se practica con un nivel de anteojo de construc -- ción especial y con la ayuda de miras de acero invar ó de madera parafinada, determinando la diferencia denivel entre los puntos extremos por tramos esca lonados, cuya longitud no exceda de 150 metros.-

6.3.1.1. Nivelación Simple.

Sean A y B los puntos cuya diferencia de nivel desea obtenerse. La magnitud que se busca es $Aa=Bb$.

En B se dispone un nivel montado en su trípode y perfectamente corregido; sea Bi su altura, contada del terreno al eje óptico del anteojo. En el punto A se coloca una mira graduada de modo que sus divisiones sean visibles desde L.



Si la tierra fuera plana, al visar la mira por el anteojo, supuesto horizontal, se observaría el punto F, y la diferencia de nivel DN , entre A y B sería:

$$DN = FA - aF \text{ ----- (1)}$$

en donde:

- FA = lectura sobre la mira
- aF = Altura del instrumento.

Aceptando que la tierra es esférica y que las superficies de nivel son equidistantes y concéntricas, la dirección de la línea de visual en L hacia la mira es LE, tangente a la superficie de nivel que pasa por L, y la lectura en la mira será AE, según la figura anterior. La DN se verá alterada por el segmento FE debido al efecto de "esfericidad", y la expresión del desnivel será:

$$DN = AE - aF - FE \text{ ----- (2)}$$

en donde:

A E = Lectura.

F E = Efecto de esfericidad.-

Inclusive, la visual L E se encuentra afectada por el fenómeno de la refracción. Consiste este en que el rayo luminoso que parte de E se flexiona al atravesar la capa de aire y produce una sobre-elevación de la visual, la cual se proyecta en D. La distancia D E mide el efecto de la refracción.-

$$\therefore DN = (1 + r - c - h) = (1 - c + r) - h \text{ ----- (3)}$$

que es la fórmula general que dará el valor de la diferencia de nivel DN, cualquiera que sea la posición relativa de los puntos A y B.

Si no hubiera efecto de esfericidad ni refracción se tendría:

$$dN = 1 - h \text{ ----- (4)}$$

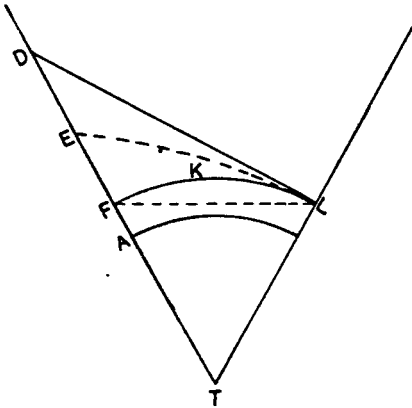
Debe notarse que los efectos de esfericidad y de refracción son de signos contrarios, mayor el primero, en una relación aproximada de 8 a 1.-

La variación diurna de la refracción debe ser considerada, pues, debido a estos cambios en la refracción, sucede que a ciertas horas del día, o de la noche, se hacen visibles señales que no han podido observarse a otra hora.-

En resumen, a la lectura hecha en la mira o estatal, debe agregarse la cantidad r (refracción), y restarle el efecto de la curvatura c, quedando:

$$DN = 1 - h - (c - r) \text{ ----- (5)}$$

Las cantidades 1 y h son datos de la observación y en cuanto a (c-r), se calcula como sigue:



Siendo LD y DT , tangente y secante a la esfera, respectivamente, se tiene:

$$(DL)^2 = DF(2R + DF) \\ = 2DFR + (DF)^2$$

$$2R DF = (DL)^2 - (DF)^2 = (LF)^2$$

$$DF = \frac{(LF)^2}{2R}$$

y como:

$$r = mC = \frac{K}{m}$$

y en el triángulo DEL ;

$$\frac{DE}{LE} = \frac{DE}{K} = m \frac{K}{R}$$

$$DE = m \frac{K^2}{R}$$

+ Sustituyendo estos valores en la ecuación (6), tendremos:

$$(c - r) = \frac{K^2}{2R} - \frac{K^2}{R} m$$

$$(c - r) = \left(\frac{1}{2} - m \right) \frac{K^2}{R} \text{------(7)}$$

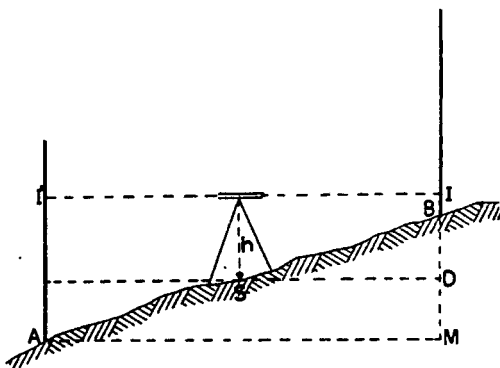
que es la ecuación buscada

6.3.1.2. Nivelación Compuesta.-

Aunque el cálculo de $(c - r)$ es sencillo, pues depende del conocimiento del coeficiente de refracción y de la distancia K , puede eliminarse empleando el procedimiento de nivelación compuesta.-

Procedimiento.

En lugar de instalar el nivel en el punto B, se coloca en un punto intermedio y equidistante de los extremos y se hacen sucesivamente las lecturas sobre la mira colocada en los puntos A y B.



de la figura:

$$DN(AB) = (MB) = DN(AS) + DN(SB)$$

$$DN(AS) = I' - h - (c - r)$$

$$DN(SB) = -((I - h) - (c - r)) = -I + h + (c - r)$$

$$\therefore DN(AB) = I' - I$$

Este es el modo de proceder en la nivelación de precisión, estableciendo el nivel a distancias iguales de las miras, para lograr la igualdad del término $(c - r)$ en ambas visuales.-

tomando las tangentes:

$$Tg = Ctg Z + g K \quad ; \quad \text{pero como } Tg = \frac{DN}{K}$$

$$\frac{DN}{K} = Ctg Z + q K$$

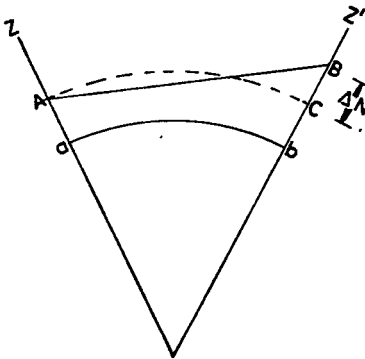
$$DN = K Ctg Z + q K^2$$

6.3.2. NIVELACION TRIGONOMETRICA.

Este método tiene como máxima aproximación 1.0 m. Su procedimiento se basa en la medida de distancias zenitales de los lados de una triangulación.-

Medida de distancias horizontales entre puntos por nivelar.

Sean A y B dos puntos ligados por una triangulación.



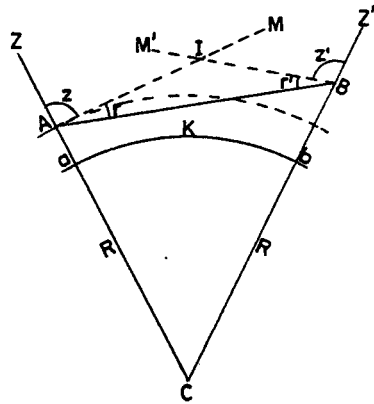
Colocando el instrumento en la estación A, - se mide el ángulo vertical Z A B, llamado - distancia zenital de B". En función de éste ángulo y del lado (ab) puede determinarse la diferencia de nivel BC, según la figura.

Esta diferencia del nivel entre el punto B y el C es aparente, ya que, en sí, el punto C tiene la misma posición que el B. Dicha diferencia de nivel se provoca por el fenómeno de Refracción.-

Va hemos definido el fenómeno de Refracción, pero lo que nos interesa en el procedimiento de nivelación es el error que provoca en una visual o línea-cualquiera que no sigue una trayectoria recta, sino que se curva hacia el centro de la tierra y por consecuencia el punto visado de la línea se observa en una posición errónea, lo que provoca que la distancia zenital observada ó "aparente", sea menor que la real, y a fin de corregirla, consideremos la trayectoria de los rayos luminosos entre dos puntos cuyas altitudes no sean muy diferentes, que es el caso común en Geodesia.-

El rayo luminoso que parte de B hacia A sigue una curva mas o menos pronunciada, cosa que depende de la densidad de las capas de aire que atraviesa, lo que origina que las distancias-zenitales ZAM y Z' B M' sean ligeramente menores que las verdaderas.

Z A B y Z' B A .



De la figura:

Los ángulos de refracción son: $M A B = \kappa$

$$M' B A = \kappa'$$

$$\angle M I B = \kappa + \kappa'$$

Suponiendo que:

$$\kappa = \kappa'$$

En el triángulo

$$A C B ,$$

tendremos:

$$C + (180^\circ - Z - \kappa) + (180^\circ - Z' - \kappa') = 180^\circ$$

$$C + 360^\circ - Z - \kappa - Z' - \kappa' = 180^\circ$$

$$-\kappa - \kappa' = 180^\circ - C - 360^\circ + Z + Z'$$

$$\kappa + \kappa' = 180^\circ + C - Z - Z'$$

$$2\kappa = 180^\circ + C - Z - Z'$$

$$r = \frac{180^{\circ} + C}{2} - \frac{Z - Z'}{2} \quad \text{fórmula para calcular la refracción.}$$

Conocido el ángulo C , se puede calcular $r + r'$.

Y, según demostración del físico y astrónomo francés JEAN BAPTISTE BIOT:

"Para un mismo estado de la atmósfera, la refracción varía proporcionalmente al ángulo de las verticales", por lo que:

$$r = m C, \quad \text{en donde:}$$

C = ángulo de las verticales.

m = coeficiente de refracción

$$\text{Por lo tanto } 2mC = 180^{\circ} + C - (Z + Z')$$

$$m = \frac{C}{2C} + \frac{180^{\circ}}{2C} - \frac{Z + Z'}{2C}$$

$$m = \frac{1}{2} + \frac{180^{\circ}}{2C} - \frac{Z + Z'}{2C}$$

$$m = \frac{1}{2} - \frac{Z + Z' - 180^{\circ}}{2C}$$

Si K es la distancia, o sea el lado geodésico ab , expresado en metros, el ángulo de las verticales C , expresado en segundos, es:

$$C = \frac{K}{R \text{ Sen } 1''}, \quad \text{en donde;}$$

R = radio terrestre

$$\therefore m = \frac{1}{2} - \frac{Z + Z' - 180^{\circ}}{2K} R \text{ Sen } 1''$$

- El coeficiente de refracción (m) puede determinarse en cada región por la observación de distancias zenitales recíprocas y simultáneas con tanta más precisión, cuanto mayor sea la longitud del lado K de una triangulación.

Los valores encontrados en la República Mexicana, deducidos en diversas triangulaciones, son los siguientes:

Triangulaciones del meridiano 98 W.G. -----	$m = 0.06$
Triangulaciones en el Valle de México -----	$m = 0.06$
Triangulaciones en Sinaloa. -----	$m = 0.09$
Triangulaciones en Morelos . -----	$m = 0.06$
Triangulaciones en Aguascalientes. -----	$m = 0.05$
Triangulaciones en Zacatecas. -----	$m = 0.06$
Triangulaciones en Yucatán .-----	$m = 0.06$

Según estos valores, podemos tomar como un promedio general de la República Mexicana de $m = 0.06$

6.3.2.1.

DETERMINACION DE LA ALTURA DE UN PUNTO VISADO DESDE EL MAR.

Supongamos que el punto A está situado a una altitud cero, y que desde dicho punto se observa el punto B.

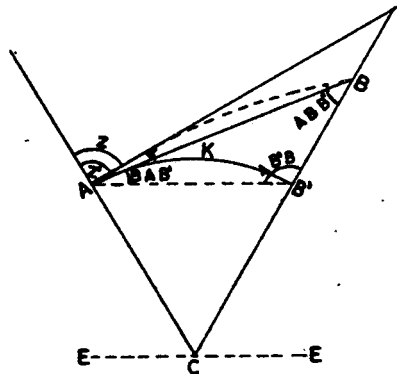
Sean:

Z' = distancia zenital verdadera

r = refracción atmosférica

Z = distancia zenital aparente.

La determinación de la altura de un punto visado desde el mar se efectúan mediante la siguiente fórmula:



$$BB' = AB' \cdot \frac{\text{Sen } \frac{1}{2} (Z' - Z)}{\text{Cos } \frac{1}{2} (Z' - Z + C)} \quad \text{ecuación general.}$$

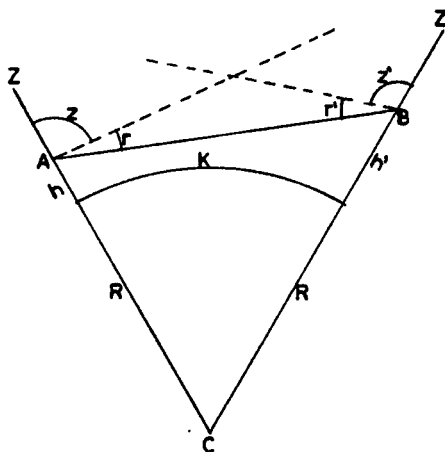
Sustituyendo el lado AB' por el arco geodesico K , y cuando se trata de una nivelación topográfica, en la que el ángulo C puede considerarse igual a cero, se obtiene la fórmula particular:

$$BB' = K \operatorname{tg} \frac{1}{2} (Z' - Z),$$

que es aplicable para lados geodesicos cortos.

6.3.2.2. CASO GENERAL.-

Distancia zenitales observadas a alturas h y h' sobre el nivel del mar:



Aplicando la fórmula de la trigonometría rectilínea:

$$\frac{\operatorname{Tg} \frac{1}{2} (A - B)}{\operatorname{Ctg} \frac{1}{2} C} = \frac{a - b}{a + b}, \dots (A)$$

a los datos de la figura, en el triángulo CAB , se tiene:

$$\frac{\operatorname{Tg} \frac{1}{2} (A - B)}{\operatorname{Ctg} \frac{1}{2} C} = \frac{CB - CA}{CB + CA} \dots (B)$$

$$y: CB = R + h'$$

$$CA = R + h$$

$$DB = CB - CA (\text{diferencia de nivel})$$

$$ABC + Z + \kappa = BCA + Z' + \kappa'$$

$$\kappa = \kappa' \text{ y } A - B = Z' - Z$$

Sustituyendo en (B):

$$\frac{Tg \frac{1}{2} (A - B)}{Ctg \frac{1}{2} C} = \frac{(R + h') - (R + h)}{(R + h') + (R + h)} \frac{DN}{(R + h') + (R + h)}$$

$$Tg \frac{1}{2} (Z' - Z) = \frac{DN}{(R + h') + (R + h)} Ctg \frac{1}{2} C$$

de donde:

$$DN = \frac{(2R + h + h') \cdot Tg \frac{1}{2} (Z' - Z)}{Ctg \frac{1}{2} C}$$

$$\therefore DN = (2R + h + h') \cdot Tg \frac{1}{2} (Z' - Z) \cdot Tg \frac{1}{2} C \dots \dots \dots (C)$$

Si designamos a h_m = altitud media de los puntos A y B, y:

$$Tg \frac{1}{2} C = \frac{0.5 K}{R} = \frac{K}{2R}$$

Sustituyendo en (C):

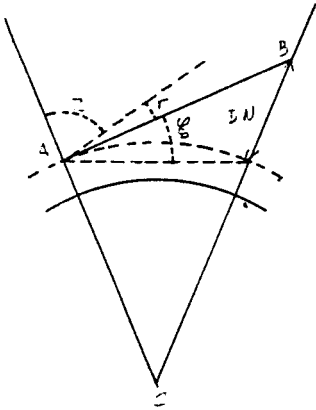
$$DN = (2R + h + h') \cdot Tg \frac{1}{2} (Z' - Z) \cdot \frac{K}{2R}$$

$$DN = K \frac{(2R + h + h')}{2R} \cdot Tg \frac{1}{2} (Z' - Z)$$

$$= K Tg \frac{1}{2} (Z' - Z) \left(1 + \frac{h_m}{R} \right) \dots \dots \dots (D)$$

ecuación, Esta última, con la cual se calcula la Diferencia de Nivel.

6.3.2.3. Caso en que solo se observa una distancia zenital.



De la figura:

$$Z = 180^\circ - (\mu + \xi + \angle A B' C)$$

$$2 \angle A B' C - C = 180^\circ$$

$$\angle A B' C = 90^\circ - \frac{1}{2} C$$

$$Z = 180^\circ - (\mu + \xi + 90^\circ - \frac{1}{2} C)$$

y como: $\mu = m C$

$$Z = 180^\circ - (m C + \xi + 90^\circ - \frac{1}{2} C)$$

$$Z = 90^\circ - \xi + \left(\frac{1}{2} - m \right) C$$

pero:

$$C = \frac{K}{R \text{ Sen } 1''}$$

$$\therefore Z = 90^\circ - \xi + \left(\frac{1}{2} - m \right) \frac{K}{R \text{ Sen } 1''}$$

Si, por conveniencia:

$$q = \frac{\frac{1}{2} - m}{R \text{ Sen } 1''}$$

$$Z = 90^\circ - \xi + q K$$

de donde:

$$\xi = 90^\circ - Z + q K$$

6.3.3. NIVELACION BAROMETRICA.-

La nivelación barométrica se basa en la relación que existe entre la diferencia de altitud de los puntos y la diferencia de presiones atmosféricas en los mismos.-

La incertidumbre del método consiste, tanto en la dificultad de medir las presiones con toda precisión, como en las variaciones locales meteorológicas, que hacen variar el peso del aire debido a los cambios de temperatura, humedad, - etc.-

La medida de la presión atmosférica puede determinarse, en orden de precisión, por medio de los siguientes instrumentos:

- A. Barómetro de Mercurio De 1 a 2 m. en desniveles hasta de 500 m.
De 2 a 4 m. en desniveles entre 500 y 1 000 m.
- B. Aneroides De 1.5 a 3 m.
- C. Termobarómetro ó Hipsómetro De 15 a 30 m.

Para el cálculo de las altitudes, cuando no se requiere una gran aproximación, puede utilizarse la fórmula de Barrié:

$$H' - H = 16,022 \frac{P - P'}{P + P'} \left(1 + 2 \frac{t - t'}{1,000} \right) \dots \dots \dots (1)$$

en donde:

- H' = Altura del punto superior.
- P' = Presión barométrica del punto superior.
- t' = Temperatura en el punto superior, (temperatura en el aire).
- H, P, t = Datos correspondientes a la estación inferior.-

Para medidas refinadas, dentro de la posible precisión del procedimiento, se usará la fórmula de Laplace, que requiere además de las temperaturas del aire en ambas estaciones, la determinación de la humedad en las mismas para calcular las tensiones del vapor de agua.-

$$H' - H = 18\,400 \left(1 + \alpha \frac{t+t'}{2} \right) \log \frac{P'}{P} (1 + \beta \cos \theta + \beta H_m) \left(1 + \frac{0.377}{2} \left(\frac{\delta}{P} + \frac{\delta'}{P'} \right) \right)$$

en donde;

- α = Coeficiente de dilatación de los gases = 273.
- β = Coeficiente de la fórmula de Clairaut-Bouguer = 0.0026.
- β = Coeficiente de la fórmula de Clairaut-Bouguer = 2×10^{-7}
- H_m = Altitud media de los puntos considerados.
- δ y δ' = Tensiones del vapor de agua en ambas estaciones.-

Para conocer H_m , se puede hacer un primer cálculo con la fórmula (1) de Barbinet.

En cuanto a las tensiones del vapor de agua δ y δ' , se determinarán con un psicrómetro en función de las temperaturas de los termómetros seco y húmedo. La tensión se calcula en este caso por la fórmula:

$$\delta + \delta_1 - 0.00079 (t - t_1) H$$

en donde:

- δ_1 = Tensión máxima del vapor a la temperatura t_1 (tabla)
- t = Lectura del termómetro seco.
- t_1 = Lectura del termómetro húmedo.

Este método se utiliza solo cuando la topografía del terreno es inaccesible, siendo por lo tanto, y en este tipo de zonas, la más práctica.-

TENSIONES MAXIMAS DEL VAPOR DE AGUA					
GRADOS	DECIMOS DE GRADO				
	0 ^o .0 mm	0 ^o .2 mm	0 ^o .4 mm	0 ^o .6 mm	0 ^o .8 mm
-4	3.30	3.24	3.19	3.14	3.08
-3	3.59	3.53	3.47	3.41	3.35
-2	3.89	3.83	3.77	3.71	3.65
-1	4.22	4.16	4.09	4.02	3.96
-0	4.58	4.51	4.43	4.36	4.29
+0	4.58	4.65	4.71	4.78	4.85
+1	4.92	4.99	6.06	5.14	5.21
+2	5.29	5.36	5.44	5.52	5.60
+3	5.68	5.76	5.84	5.92	6.00
+4	6.09	6.17	6.26	6.35	6.44
+5	6.53	6.62	6.71	6.81	6.90
+6	7.00	7.09	7.19	7.29	7.30
+7	7.49	7.60	7.70	7.81	7.91
+8	8.02	8.13	8.24	8.36	8.47
+9	8.58	8.70	8.82	8.94	9.06
+10	9.18	9.30	9.43	9.55	9.68
+11	9.81	9.94	10.07	10.21	10.34
+12	10.48	10.62	10.76	10.90	11.04
+13	11.19	11.33	11.48	11.63	11.78
+14	11.94	12.09	12.25	12.41	12.57
+15	12.73	12.89	13.06	13.23	13.39
+16	13.57	13.74	13.91	14.09	14.27
+17	14.45	14.63	14.82	15.00	15.19
+18	15.38	15.58	15.77	15.97	16.17
+19	16.37	16.57	16.78	16.98	17.19
+20	17.41	17.62	17.84	18.06	18.28
+21	18.50	18.73	18.96	19.19	19.42
+22	19.66	19.90	20.14	20.89	20.68
+23	20.88	21.14	21.39	21.65	21.91
+24	22.18	22.45	22.72	22.99	23.27

6.3.4. CORRECCIONES.-

6.3.4.1. Correcciones a las Distancias Zenitales.-

Los ángulos verticales, tales como los proporciona la observación, deben ser corregidos, por los errores de colimación y de inclinación del eje principal del teodolito.-

No es necesario reiterar las medidas con el fin de eliminar los errores de graduación del círculo vertical, en vista de que la refracción atmosférica introduce errores de mayor importancia que los debidos a la graduación. Por este motivo se limita el número de observaciones a los estrictamente necesarios para comprobar que no se cometió alguna falta en la lectura de los círculos.-

La medida de los ángulos verticales se efectúa en las horas en que es menos rápido el cambio de la refracción atmosférica debido a la variación térmica de la atmósfera. Esta condición se logra en las horas cercanas al mediodía y a la medianoche.-

6.3.4.1.1. Error de colimación vertical.-

Este tipo de error se logra eliminar observando el punto considerado en las dos posiciones del instrumento.-

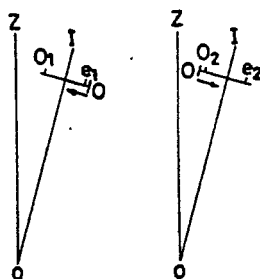
Procedimiento.-

Si α es el ángulo correcto y c el error de colimación vertical, en la primera observación se tendrá un valor para este de $\alpha + c$, y en la segunda de $\alpha - c$. Su promedio quedará exento de dicho error.-

6.3.4.1.2. Error de inclinación del eje principal.-

Cuando el eje principal del instrumento no coincide con la vertical, los ángulos verticales observados son mayores o menores que los verdaderos. El ángulo que forma la vertical con el eje instrumental es el error de inclinación (i), que se determina por medio del nivel de burbuja que llevan fijos a su eje los aparatos astronómicos.

De acuerdo con la teoría del nivel de burbuja puede obtenerse el ángulo que forma el eje de nivel y, por lo tanto, el del instrumento con la vertical. Dicho ángulo se obtiene en función del desalojamiento de la burbuja del nivel al pasar de la vertical a una posición inclinada.-



En la figura anterior (a):

- O Z = Vertical
- O I = Eje del instrumento.-
- $o_1 e_1$ = Nivel.

Por razón de la curvatura del nivel, la burbuja ocupará la posición más alta, y el promedio de sus lecturas será:

$$\frac{1}{2} (o_1 + e_1) \dots \dots \dots (1)$$

Si C es la posición de la burbuja cuando el eje es vertical, el ángulo de inclinación (i) será:

$$i = C - \frac{1}{2} (o_1 + e_1) \dots \dots \dots (2)$$

en donde v es el valor angular de una división de nivel.

Al invertir el anteojo y visar nuevamente el mismo punto, el nivel ocupará la posición 0_2 e_2 y el ángulo de inclinación (i) , será:

$$i = \frac{1}{2} (0_2 + e_2) v - C \dots \dots \dots (3)$$

Promediando las ecuaciones (2) y (3) para eliminar C , que no siempre es conocido:

$$i = C - \frac{1}{2} (0_1 + e_1) v$$

$$i = - C + \frac{1}{2} (0_2 + e_2) v$$

$$i = \frac{1}{4} v (0_2 + e_2 - 0_1 - e_1)$$

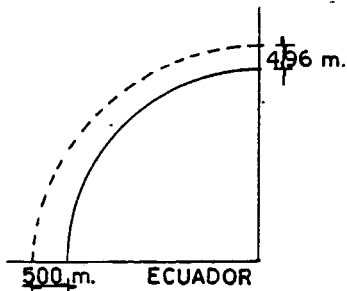
$$i = \frac{1}{4} v ((e_2 - e_1) - (0_1 - 0_2)) \dots \dots \dots (4)$$

La ambigüedad del signo se resuelve teniendo presente la siguiente regla: " e_1 y 0_1 son las lecturas del nivel en que se encuentre la mayor lectura de este en la dirección de 0_1 ".

6.3.4.2. Corrección ortométrica.-

Realizar la corrección ortométrica es de gran importancia en los levantamientos de grandes distancias de terreno, ya que las superficies de nivel no son equidistantes y la diferencia de nivel entre ellas no es constante.-

De acuerdo a la forma esferoidal de la tierra, recordando la definición de superficie de nivel, en geodesis se define como aquella que es normal en cada uno de sus puntos a la dirección de la gravedad. Según esto, la forma real de las superficies de nivel es aproximadamente la que indica en la figura y no como lo hablamos supuesto anteriormente.



En efecto, a causa del no paralelismo de las superficies de nivel, la altitud de sus diferentes puntos, con relación a una superficie de comparación, es variable, pues si se hiciera una nivelación del ecuador al polo y se partiera por ejemplo de una altitud de 500 metros. sobre el plano de comparación (generalmente sobre el nivel medio del mar) en el ecuador, llegaríamos al polo con una altitud de 496 m. aproximadamente. Como una consecuencia de lo anterior la dife-

rencia de nivel entre dos puntos, cambia según sea el trayecto o camino seguido.

Ejemplo:

Sea AM una superficie de nivel que pasa por el punto A; NB la superficie de nivel que pasa por el punto B. Si se determina la diferencia de nivel entre A y B siguiendo el itinerario AMB, se obtiene una diferencia de nivel h . Si se sigue el itinerario BNA, la diferencia de nivel es H . Para que en ambos casos se obtenga el mismo valor, o en otros terminos, para que una nivelación no sea afectada por el camino que se siga, a las cotas o altitudes brutas debe aplicarse un factor de corrección por falta de paralelismo de las superficies de nivel. Este factor es función de las latitudes de los puntos del itinerario.

Si se nivela a lo largo de un paralelo de latitud, la corrección es nula, y en cambio es máxima sobre un meridiano, según lo indican las figuras.

El valor de la corrección ortométrica entre dos puntos A y B, de latitudes \varnothing y \varnothing' , se calcula con la fórmula siguiente:

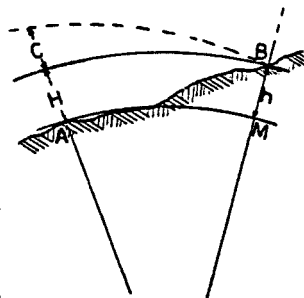
$$C.O. = H-h = 2\beta \text{ Sen } \varnothing \text{ d } \varnothing$$

$$C.O. = -0.0052 h \text{ Sen } 2 \varnothing \text{ m } \text{ d } \varnothing$$

en donde:

\varnothing_m = Latitud media entre los dos puntos extremos del tramo de nivelación.

$d\varnothing$ = Diferencia de latitudes.



Si $d\varnothing$ es positivo, esto es, si se avanza hacia el punto N, la corrección ortométrica

ca es negativa, y positiva en caso contrario.

En la teoría ortométrica aparece una contradicción entre los términos "altitud" y "diferencia de nivel", ya que los puntos situados en una misma superficie de nivel, tienen altitudes diferentes. Helment, en 1873, da otra explicación de diferencia de nivel, reemplazando la definición geométrica por el trabajo realizado contra la fuerza de gravedad al elevar una masa de peso igual a la unidad, de una superficie a otra.

Si una superficie es el NMM, puede decirse que la cota del punto considerado es igual al trabajo de la gravedad sobre la unidad de masa, para transportarla de una superficie a otra. Al resultado - le llamó "Cota Dinámica".

Cota Dinámica.

Tomando como unidad de trabajo el kilográmetro (energía necesaria para elevar un kilogramo a un metro de altura al nivel del mar y a la altitud de 45'), se tiene:

$$C.D. = C - H = -\beta H \cos 2\theta - \frac{\beta}{2} H^2$$

en donde según Clairaut y Bouguer: $\beta = 0.0026$
 $B = 2 \times 10^{-7}$

Sustituyendo éstos valores en la ecuación anterior nos queda:

$$C.D. = -0.0026 H \cos 2\theta - H^2 \times 10^7$$

que es la fórmula que da el valor de la corrección que debe aplicarse a una cota ortométrica H para transformarla en Cota Dinámica.

Para encontrarnos dentro del Sistema Mundial Geodésico, se tendrá que acatar las normas dispuestas por el N.O.A., las cuales se muestran en las siguientes tablas.

Una vez teniendo el control horizontal y vertical, se procede a un nuevo vuelo para poder restituir el terreno detectado en fotografías, y dar así una base científica y sobre todo exacta, a la representación de grandes distancias en los mapas o cartas. Esto se logra mediante el método de restitución basado en la técnica denominada Fotogrametría.

P O L I G O N A L

Clasificación	Primer Orden	Segundo Orden		Tercer Orden	
		Clase I	Clase II *	Clase I	Clase II
<u>Especialmente recomendado entre estaciones principales</u>	Estaciones de la Red 10-15 km. Otros levantamientos ocasionalmente menos de 3 km	Estaciones principales sólo ocasionalmente menos de 4 km, excepto los levantamientos en áreas metropolitanas en los que el límite es de 0.3 km	Estaciones principales ocasionalmente menos de 0.2 km. Excepto en los levantamientos de áreas metropolitanas donde el límite es de 0.2 km.	Ocasionalmente menos de 0.1 km, en levantamientos en áreas metropolitanas. Para otros levantamientos, de acuerdo a las necesidades.	
<u>Direcciones horizontales o ángulos (2)</u>					
Instrumento	0".2	0".2	0".2	1".0	1".0
Número de observaciones	16	8	6	4	2
Diferencia tolerable con respecto al promedio	4"	4"	4"		
<u>Medida de distancias</u>					
Error medio del promedio (1)	1 parte en 600 000	1 parte en 300 000	1 parte en 120 000	1 parte en 60 000	1 parte en 30 000
<u>Observaciones reforzadas de ángulos verticales (4)</u>					
Número y discrepancia entre observaciones	3 I/D - 10"	3 I/D - 10"	2 I/D - 10"	2 I/D - 10"	2 I/D - 20"
Número de estaciones entre elevaciones conocidas	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 15	15 - 20
<u>Azimutes Astronómicos</u>					
Número de lados entre comprobación de azimut (?)	5 - 6	10 - 12	15 - 20	20 - 25	30 - 40
Número de observaciones por noche	16	16	12	8	4
Número de noches	2	2	1	1	1
Error medio del promedio	0".45	0".45	1".5	3".0	8".0
El cierre azimutal en el lado de control de azimut no deberá exceder de: (8)	1".0 por estación ó 2" √N	1".5 por estación ó 3" √N. Levantamientos en el área metropolitana sólo ocasionalmente podrán exceder de 2".0 por estación, ó 3" √N	2".0 por estación ó 6" √N. Levantamientos en el área Metropolitana sólo por excepción excederán 4".0 por estación ó 6" √N.	3".0 por estación ó 10" √N. Levantamientos en el área metropolitana sólo por excepción podrán exceder 6" por estación ó 15" √N.	8" por estación ó 30" √N.
<u>Cierre en posición (5) (6)</u>					
después de la compensación azimutal.	0.04 m √K ó 1:100 000	0.00 m √K ó 1:50 000	0.2m √K ó 1:20 000	0.4 m √K ó 1:10 000	0.8 m √K ó 1:5 000

* Puede reducirse a 8 y 4 respectivamente, en áreas metropolitanas.

REDES GEODESICAS

HORIZONTAL

Clasificación	Poligonales de alta precisión en todo el País. Apoyo con satélites.	Primer Orden		Segundo Orden		Tercer Orden	
				Clase I	Clase II	Clase I	Clase II
Componentes de la Red	Estructura Básica Horizontal (Apoyo que establece la Red Nacional)	Red Primaria Horizontal (El apoyo que desarrolla la Red Nacional)	Apoyo Horizontal Secundario. (Este apoyo refuerza la Red Nacional)	Apoyo Horizontal Suplementario. (Este apoyo contribuye a la Red Nacional)	Apoyo Horizontal Local. (Este apoyo queda referido a la Red Nacional)		
Exactitud nominal o precisión entre puntos adyacentes	1 parte en 1 000 000	1 parte en 100 000	1 parte en 50 000	1 parte en 20 000	1 parte en 10 000	1 parte en 5 000	
Densidad de apoyo recomendada.	Poligonales y estaciones de Satélites de 900 a 1 200 km. Estaciones de 15 km hasta el límite impuesto por restricciones técnicas y geométricas.	Cadenas que no excedan 100 km. Estaciones 12 - 20 km. Apoyo Urbano 3 - 8 km	Estaciones a 10-13 km Apoyo urbano 1 - 3	Según se requiera	Según se requiera		

Vertical
VERTICAL

Clasificación	Primer Orden		Segundo Orden		Tercer Orden
	Clase I	Clase II	Clase I	Clase II	
Componentes de la Red	Red Básica Vertical A (El apoyo establece la Red Nacional)	Red Básica Vertical B	Red Vertical Secundaria (El apoyo desarrolla la Red Nacional)	Apoyo Vertical Suplementario (Este apoyo contribuye a la Red Nacional)	Apoyo Vertical Local
Exactitud nominal *entre puntos*	1.5 mm \sqrt{k}	2 mm \sqrt{k}	3 mm \sqrt{k}	4 mm \sqrt{k}	6 mm \sqrt{k}
Densidad de líneas recomendada	100-300 km	50-100 km	25-50 km	10-25 km	Según se requiera

* La mitad del cierre permisible.

~~ANEXO~~ CLASIFICACION, NORMAS DE EXACTITUD Y ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL
APOYO HORIZONTAL
TRIANGULACION

.Clasificación	Primer Orden	Segundo Orden		Tercer Orden	
		Clase I	Clase II	Clase I	Clase II
<u>Espaciamiento recomendado entre estaciones principales</u>	Las estaciones de la Red sólo por excepciones a menos de 15 km En levantamientos de áreas metropolitanas de 3 a 8 km y en otros casos de acuerdo a las necesidades.	Las estaciones principales excepcionalmente a menos de 10 km. Otros levantamientos de 1 a 3 km o de acuerdo a las necesidades.	Las estaciones principales excepcionalmente a menos de 5 km	Lo que sea necesario	Lo que sea necesario
<u>Resistencia de figuras</u>					
Límite R_1 entre bases:					
Límite deseable	20	60	80	100	125
Límite máximo	25	80	120	130	175
Figura aislada					
Límite deseable					
R_1	5	10	15	25	25
R_2	10	30	70	80	120
Límite máximo					
R_1	10	25	25	40	50
R_2	15	60	100	120	170
<u>Medida de bases</u>					
Error medio del promedio (1)	1 parte en 1000 000	1 parte en 900 000	1 parte en 800 000	1 parte en 500 000	1 parte en 250 000
<u>Direcciones horizontales (2)</u>					
Instrumento	0".2	0".2	0".2 / 1".0	1".0	1".0
Número de posiciones	16	16	8 / 6 / 12	4	2
Diferencia tolerable con el promedio	4"	4"	5" / 5"	5"	5"
<u>Cierre de triángulos</u>					
En promedio no mayor de	1".0	1".2	2".0	3".0	5".0

Cierre de un solo triángulo no mayor de	3".0	3".0	5".0	5".0	10".0
<u>Construcción de lados:</u>					
En la prueba de ecuación de lados la corrección promedio a una dirección no deberá exceder de	0".3	0".4	0".6	0".8	2"
<u>Azimutes Astronómicos (3)</u>					
Espaciamiento de las figuras	6 - 8	6 - 10	8 - 10	10 - 12	12 - 15
No. Observaciones por noche	16	16	16	8	4
Número de noches	2	2	1	1	1
Error medio del promedio	0".45	0".45	0".6	0".8	3".0
<u>Observación de ángulos verticales (4)</u>					
Número y discrepancia entre observaciones	3 I/D - 10"	3 I/D - 10"	2 I/D - 10"	2 I/D - 10"	2 I/D - 20"
No. de figuras entre elevaciones conocidas	4 - 6	6 - 8	6 - 10	10 - 15	15 - 20
<u>Cierre en distancia (5)</u> (también posición cuando sea aplicable)					
Después que las condiciones de ángulos y lados han sido satisfachos, no debe exceder de	1 parte en 100 000	1 parte en 50 000	1 parte en 20 000	1 parte en 10 000	1 parte en 5 000

TRILATERACION

<u>Espaciamiento recomendado entre estaciones principales</u>	<u>Estaciones de la Red sólo por excepción menos de 10 km.</u> En otros levantamientos rara vez menos de 3 km.	<u>Estaciones principales sólo por excepción menos de 10 km.</u> En otros levantamientos rara vez menos de 1 km	<u>Estaciones principales rara vez menos de 5 km.</u> Para algunos levantamientos un espaciamiento de 0.5 km entre estaciones, puede ser aceptable.	<u>Estaciones principales rara vez menos de 0.5 km</u>	<u>Estaciones principales rara vez menos de 0.25 km.</u>
---	---	--	---	--	--

Configuración geométrica

(6)

El menor ángulo de las figuras, no menor de

25°

25°

20°

20°

15°

Medida de distanciasError medio del promedio
(1)

1 parte en 1 000 000

1 parte en 750 000

1 parte en 450 000

1 parte en 250 000

1 parte en 150 000

Observación de ángulos
verticales (2)Número y discrepancia entre
observaciones

3 I/D - 10"

3 I/D - 10"

2 I/D - 10"

2 I/D - 10"

2 I/D - 20"

Número de figuras entre
elevaciones conocidas

4 - 6

6 - 8

8 - 10

10 - 15

15 - 20

Azimutes Astronómicos (3)
Espaciamiento de las figuras

6 - 8

8 - 10

8 - 10

10 - 12

12 - 15

No. de observaciones por
noche

16

16

16

8

4

Número de noches

2

2

1

1

1

Error medio del promedio

0".45

0".45

0".6

0".8

3".0

Cierre en posición (5)

Después de haber satisfecho las condiciones geométricas, no debe exceder de

1 parte en 100 000

1 parte en 50 000

1 parte en 20 000

1 parte en 10 000

1 parte en 5000

PAULA 3. CLASIFICACION, NORMAS DE EXACTITUD Y ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL APOYO VERTICAL

A Clasificación	Primer Orden		Segundo Orden		Tercer Orden	
	Clase I, Clase II	Clase I	Clase II	Clase II		
<u>Debe emplearse principalmente en:</u> Normas mínimas; mayores precisiones deberán aplicarse en trabajos especiales.	La estructura básica de la Red Nacional y en el apoyo del Área Metropolitana. Proyectos de ingeniería que cubran grandes áreas. Investigaciones regionales de los movimientos de la corteza terrestre. Determinaciones de valores geopotenciales.	Apoyo secundario de la Red Nacional y del área metropolitana. Proyectos de ingeniería extensos. Investigaciones locales de los movimientos de la corteza terrestre y de asentamientos. Apoyo para levantamientos de menor orden.	Densificación del apoyo, generalmente ajustado a la Red Nacional. Proyectos locales de Ingeniería Cartográfica topográfica. Estudios de los asentamientos rápidos. Apoyo a levantamientos locales.	Apoyo local mixto; puede no estar ajustado a la Red Nacional. Proyectos pequeños de ingeniería. Cartografía topográfica a pequeña escala. Estudios de drenaje y establecimiento de gradientes en áreas montañosas.		
<u>Separación recomendada de las líneas.</u> Red Nacional	Red A; 100 a 300 km Clase I Red B; 50 a 100 km Clase II	Red secundaria; 20 a 50 km	Área de apoyo; 10 a 25 km		Según las necesidades.	
Apoyo metropolitano;	Clase II 2 a 8 km	05 a 1 km	Según las necesidades	Según las necesidades	Según sea necesario	Según sea necesario
Otras finalidades	Según las necesidades	Según las necesidades	Según las necesidades	Según las necesidades	Según sea necesario	Según sea necesario
<u>Separación de los BN a lo largo de las líneas</u>	1 a 3 km	1 a 3 km	no más de 3 km	no más de 3 km	No más de 3 km	No más de 3 km
<u>Requisitos para gravedad</u>	0.20×10^{-3} gpu X	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
<u>Normas para el instrumental</u> (1)	Niveles automáticos o basculantes con micrómetros de ceras paralelas; miras con escala inver.	Niveles automáticos o basculantes con micrómetros ópticos o niveles de 3 hilos; miras con escala inver.	Niveles geodésicos y miras con escala inver.	Niveles geodésicos y miras con escala inver.	niveles y estadallas geodésicos	niveles y estadallas geodésicos
<u>Procedimientos de campo</u>	Nivelación en ambos sentidos; ida y vuelta, cada sección.	Nivelación en ambos sentidos; ida y vuelta, cada sección	Nivelación en ambos o en un sentido	Nivelación en ambos o en un sentido	Nivelación en ambos o en un solo sentido.	Nivelación en ambos o en un solo sentido.
Longitud de la sección	1 a 2 km	1 a 2 km	1 a 3 km para nivelación de ida y vuelta	1 a 3 km para nivelación de ida y vuelta	1 a 3 km para nivelación de ida y vuelta	1 a 3 km para nivelación de ida y vuelta
Longitud máxima de una visual	50 m Clase I; 60 m Clase II	60 m	70 m	70 m	90 m	90 m
<u>Procedimientos de campo</u> (2) Diferencia máxima entre las distancias de lectura hacia atrás y hacia adelante, por tramo	2 m Clase I; 5 m Clase II	5 m	10 m	10 m	10 m	10 m

Por sección (acumulativo)	4 m Clase I; 10 m Clase II	10 m	10 m	10 m
Longitud máxima de la línea entre puntos de liga	Red A; 300 km Red B; 100 km	50 km	50 km ida y vuelta 25 km en un solo sentido	25 km de ida y vuelta 10 km en un solo sentido
Cierres máximos (3)	3 m \sqrt{K} Clase I	6 m \sqrt{K}	8 m \sqrt{K}	12 m \sqrt{K}
Sección ida y vuelta	4 m \sqrt{K} Clase II	6 m \sqrt{K}	8 m \sqrt{K}	12 m \sqrt{K}
Circuito o línea	4 m \sqrt{K} Clase I 5 m \sqrt{K} Clase II	6 m \sqrt{K}	8 m \sqrt{K}	12 m \sqrt{K}

- NOTA (1) Véase la discusión de los instrumentos en el Texto.
- NOTA (2) La longitud máxima de la línea entre puntos de liga puede aumentarse a 100 km para la nivelación de ida y vuelta de Segundo Orden, Clase II y a 50 km la nivelación de ida y vuelta para el Tercer Orden en

aquellas áreas donde el apoyo de Primer Orden aún no se ha establecido totalmente.

NOTA (3) Comprobación entre las nivelaciones de ida y vuelta donde K es la distancia en kilómetros.

INDICADORES PARA LA CLASIFICACION DEL APOYO GEODESICO
Y RECOMENDACIONES PRINCIPALES PARA SU APLICACION

APOYO HORIZONTAL

Clasificación	Primer orden		Segundo orden		Tercer orden	
			Clase I	Clase II	Clase I	Clase II
Precisión relativa entre puntos adyacentes ligados directamente (no senos de)	1 parte en 100 000		1 parte en 50 000 <i>1/50 000</i>	1 parte en 20 000	1 parte en 10 000	1 parte en 5 000
Se recomienda su utilización para:	Red Nacional primaria. Levantamientos básicos en áreas metropolitanas. Estudios científicos		Apoyo en áreas de importancia que refuerza la Red Nacional. Apoyo complementario en áreas metropolitanas.	Apoyo en áreas secundaria que contribuye a, pero que es suplementario de la Red Nacional	Levantamientos generales de apoyo ligados a la Red Nacional Levantamientos locales	

APOYO VERTICAL

Clasificación	Primer Orden		Segundo orden		Tercer orden
	Clase I	Clase II	Clase I	Clase II	
Precisión relativa entre puntos ligados directamente o entre bancos de nivel. (Error medio del promedio)	0.5 mm \sqrt{K}	0.7 mm \sqrt{K}	1.0 mm \sqrt{K}	1.3 mm \sqrt{K}	2.0 mm \sqrt{K}
Se recomienda su utilización para:	Estructura básica de la Red Nacional y apoyo en áreas metropolitanas. Estudios regionales de los movimientos de la corteza terrestre. Proyectos de Ingeniería que cubren áreas extensas. Apoyo para levantamientos secundarios.		Estructura secundaria de la Red Nacional y apoyo en áreas metropolitanas. Estudios locales de los movimientos de la corteza terrestre. Proyectos de Ingeniería que cubren áreas grandes. Referencias del límite de áreas. Apoyo para nivelaciones de menor orden.	Densificación del apoyo dentro de la Red Nacional. Estudios de asentamientos rápidos. Proyectos locales de Ingeniería. Cartografía Topográfica.	Cartografía topográfica a pequeña escala. Establecimiento de gradientes en áreas montañosas. Pequeños proyectos de Ingeniería. Puede o no, estar ajustada a la Red nacional.

(K es la distancia, en kilómetros, entre puntos)

II. INTRODUCCION A LA FOTOGRAMETRIA.-

1. GENERALIDADES.-

Debido a la importancia de la fotogrametría, hacemos en el presente trabajo una breve exposición sobre su historia, su desarrollo en nuestro país, sus aplicaciones, ventajas y uso en la elaboración de la cartografía.-

1.1. BREVE HISTORIA.-

Antes de la invención de la fotogrametría, se trazaban ocasionalmente algunas cartas según perspectivas dibujadas del terreno. En el año 1500, Dürer, en Alemania, encontró una relación entre el objeto y su ^{perspectiva} respectiva, y de esta forma se elaboró la carta de la Isla de Santa Cruz. El 1726, Capeller, en Suiza, dibujó una carta del Monte Pilatus con el mismo método. En 1839, con la invención de la fotografía por Daguerre, en Francia, surge la idea de construir una carta partiendo de la fotografía. En 1870 Laussedat, en Francia, inventa la fotogrametría terrestre con su método de plancheta, al que llamó Metrofotografía; por esas fechas, en Alemania, también se hacían estudios al respecto. En 1881 se obtiene la primera fotografía aérea desde un globo, y en el año de 1896 el profesor Koppe, en Alemania, inventa el procedimiento de restitución de la fotografía a través del objetivo de la cámara. Al mismo tiempo en Italia es estudiado este procedimiento por el profesor Porro hoy en día a este método se le conoce con el nombre de Porro-Koppe

De 1901 a 1923 fueron inventados los primeros restituidores y este reocomparadores. Y a partir de 1930, los instrumentos fotogramétricos se han ido modificando y modernizando sin cambiar sus principios de construcción.-

1.2. Desarrollo de la fotogrametría en México.-

En el año de 1857, fué creado el Ministerio de Fomento, el cual tenía como objetivo la recopilación de todos los datos geográficos y estadísticos para elaborar la Carta General, a una escala media, del país. Este objetivo no fué cumplido debido a las condiciones políticas y sociales que prevalecían en el país a causa de las guerras de Reforma e Intervención Francesa.-

En 1877, se creó la Comisión Geográfica Exploradora, lo --
grando, durante 37 años, levantar poco más de la cuarta parte del territorio a escala 1:100 000. La cartografía elaborada, por esta Institución no se apoyaba en una red geodésica y tampoco contaba con una red conveniente de triangulación de éste género, razón por la cual se fundó la Comisión Geodésica Mexicana.-

En 1938, se creó la Comisión Cartográfica Mexicana, dependiente de la Secretaría de la Defensa Nacional, con objeto de elaborar cartografía militar a escala 1:1 000 000 por el método aerofotogramétrico.-

En el sector privado, es iniciada esta ciencia comercialmente en 1937, con la compañía mexicana AeroFoto Fundada por el Ingeniero Luis Struck; la cual realizaba trabajos exclusivamente de fotografía aérea y posteriormente, trabajos de topografía y restitución.-

En 1945, se fundó la sociedad Fotogrametría Mexicana, con trabajos puramente fotogramétricos para la Comisión Federal de Electricidad.-

En septiembre de 1961, se creó la Compañía Aerofotogrametría S.A., con un levantamiento del Istmo de Tehuantepec.-

El 10. de octubre de 1968, se creó la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), actualmente Dirección, - que ha modificado completamente el panorama cartográfico Nacional, teniendo como propósito fundamental, formular el inventario de los recursos naturales del territorio nacional.

1.3. APLICACIONES DIVERSAS.-

El desarrollo de la fotogrametría ha permitido que se aplique en otras ciencias, como son:

Arquitectura,
Restauración de monumentos
Arqueología
Geología
Astronomía
Zootecnia
Medicina
Meteorología
Balística
Hidrología
Glaciología
Microbiología

1.4. VENTAJAS DE LA FOTOGRAMETRÍA APLICADAS A LA TOPOGRAFÍA.-

- a). Levantamientos rápidos,
- b). Ejecución de las medidas sin tocar el objeto.-
- c). Fotografías obtenidas con un corto tiempo de exposición lo cual permite registrar objetos en movimiento.
- d). Eliminación del trazo de curvas de nivel por medio de interpolación. La fotogrametría nos permite trazar direcciones.

tamente del modelo ^{óptico}, obteniendo mayor fidelidad y precisión del terreno.-

- e). Detección de los diferentes tipos de vegetación y naturaleza del suelo mediante el uso del material fotográfico especial.
- f). Obtención de un alto grado de economía mediante su correcta aplicación.-

1.5. UTILIZACION EN LA ELABORACION DE LA CARTOGRAFIA.-

La elaboración de cartas y planos es una de las aplicaciones más importantes de la fotogrametría; puede decirse que esta aplicación es necesaria dada la suficiencia, versatilidad, rapidez y precisión obtenida.-

Como ya se ha dicho anteriormente, la materia prima de la fotogrametría es la fotografía aérea, pudiendo formarse con estas, en gabinete, modelos de la realidad que se quiere cartografiar.-

De dichos modelos se obtienen todas las características en forma y dimensiones de la superficie terrestre. vaciándose después en planos ó cartas y complementadas con información adicional obtenida en campo.-

2. DEFINICION DE FOTOGAMETRIA.-

Por definición, la fotogrametría es la ciencia que tiene por objeto obtener mediciones en posición y dimensión de un objeto cualquiera, teniendo como instrumento principal a la fotografía.-

Los resultados que nos brinda esta ciencia pueden ser de dos formas:

Numéricos y Gráficos.-

Numéricos.- Es aquel que por medio de cifras nos dan posiciones de puntos.-

Gráficos, o en forma de plano o carta, nos dan los datos por medio de signos convencionales.-

La fotogrametría se aplica principalmente en trabajos de mediciones sobre la superficie de la tierra y en la representación de la misma por medio de planos y cartas.-

Se pueden distinguir de ellas: la fotogrametría sobre una imagen y la fotogrametría sobre dos imágenes; también las podemos distinguir según el lugar donde se encuentre su punto de estación desde la que se hicieron las tomas; fotogrametría terrestre y - fotogrametría aérea.-

Fotogrametría Terrestre. Esta técnica fue inventada por Laussedat en 1870, y se caracteriza, como su nombre lo indica, porque las cámaras son fijadas sobre el terreno. Este método se emplea solo en casos especiales como el levantamiento en alta montaña, levantamiento en acantilado, grietas o cañones.-

Fotogrametría Aérea. Sus puntos de estación son aéreas, por lo cual se obtienen vistas, valga la redundancia, aéreas. Una de sus aplicaciones más importantes es la topografía.-

3. FOTOGRAFIA.-

Es un registro gráfico cualitativo y cuantitativo, del cual se puede obtener información sobre las características del aérea que representa.-

3.1. BASES GEOMETRICAS.-

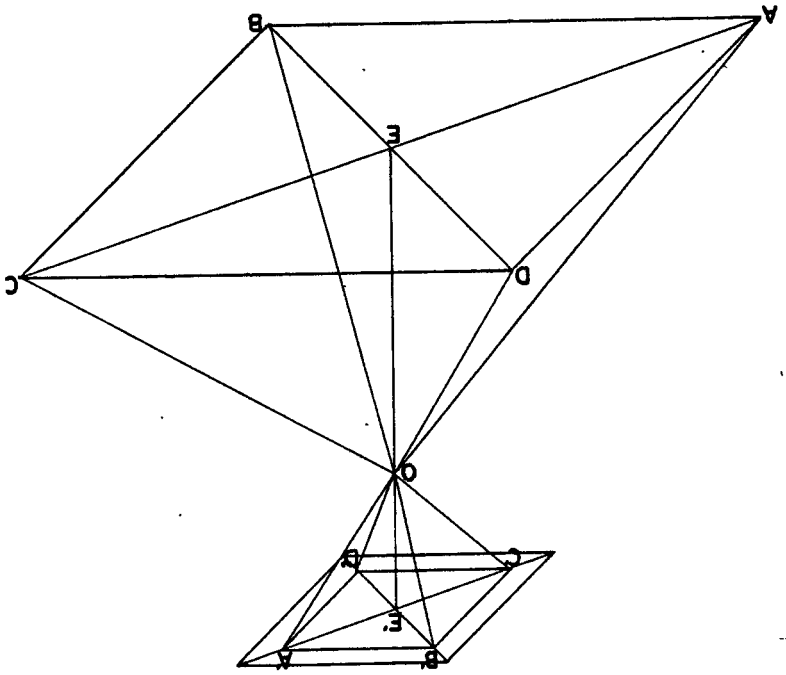
PARA Tratar sobre las propiedades geométricas de una fotografía, nos referimos primero a los principios geométricos en que se basa.-

La fotografía es una proyección central. Se forma la imagen fotográfica de un objeto espacial sobre un plano, al atravesar por un objetivo los rayos reflejados de los puntos del objeto y que inciden sobre dicho plano, formando la proyección central. Al conjunto de rectas se les llama haz de rayos perspectivos.-

El haz de rayos perspectivos parte de los puntos del objeto y converge en un punto llamado centro de perspectiva o centro de estación.-

Todos los rayos que provienen del objeto A B C D E , de la figura atraviesan el objetivo representado por el centro de proyección, O, e inciden sobre el plano P, la proyección central muestra las siguientes propiedades.-

A cada punto del objeto corresponde un solo punto de la imagen; contrariamente, a cada punto de la imagen corresponde una infinidad de puntos del objeto, ya que todos se encuentran en en la misma línea recta.-



Para que la información proporcionada por las fotografías se apegue a la realidad, se deberán pasar por la técnica llamada Restitución.-

RESTITUCION.-

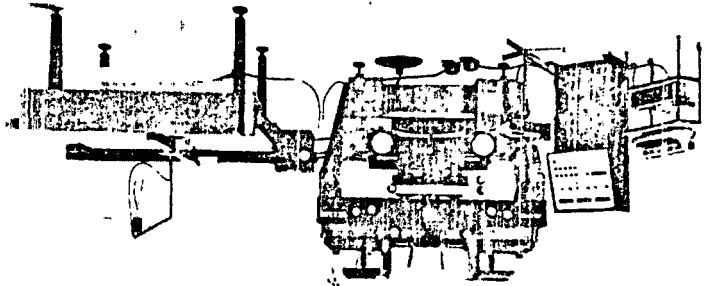
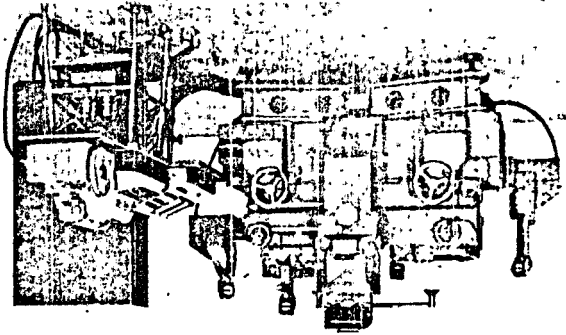
Esta técnica consiste en la transferencia al mapa o carta de todos los detalles de interés (cartográficos, planimétricos y altimétricos), que representen las fotografías, como son: las vías de comunicación, líneas de transmisión, poblaciones, diferencias de suelos y geológicas, bosques, etc., y puede llevarse a cabo de manera gráfica y aritmética.-

RESTITUCION ANALITICA.-

Mediante este método se mide con un estereocomparador en los fotogramas no orientados las coordenadas del modelo correspondiente a puntos del fotograma y se transforman analíticamente en coordenadas terrestres, en base a las relaciones matemáticas que existen entre las coordenadas del modelo y del fotograma. Esta transformación se puede conseguir mediante un procesamiento programado en computadora; este tipo de restitución se hace a menzra de puntos.-

RESTITUCION GRAFICA.-

Con aparatos de doble proyección, se efectúan automáticamente la transformación de las coordenadas del fotograma en coordenadas del modelo ó terreno, sin que además del operador del aparato, se necesiten cálculos especiales. Estos aparatos permiten hacer la restitución a menzra de puntos y líneas.-



El autógrafo Wild a 10 y el Estereocomparador Wild STK1.

Los instrumentos de que se sirve la estación son:

INSTRUMENTOS.-

Estos instrumentos los podemos dividir con respecto a su precisión, eficiencia y aplicabilidad, en instrumentos de primero, segundo y tercer orden.-

Los instrumentos de primer orden son de construcción complicada, de suma precisión y universalmente utilizables; a éstos, -- así como a los de segundo orden, sirven de base soluciones geométricas o bien matemáticas muy precisas.-

Los instrumentos de segundo orden son de construcción más sencilla, de menos precisión y aplicaciones más limitadas que los anteriores. -

Los instrumentos de tercer orden son relativamente baratos y muy sencillos; trabajan con soluciones o principios aproximados. La mayoría de estos aparatos poseen como parte principal -- un estereoscopio de espejos para la observación de la imagen -- y un mecanismo para la medición de paraléjias, a la cual está -- conectado un dispositivo para trazar.-

Estos grupos de instrumentos poseen instalaciones ó mecanismos que permiten la reconstrucción del haz de rayos y de las orientaciones relativas y absolutas, así como mecanismos para la obtención automática del modelo en planta y alzado.-

De acuerdo a la forma en que se represente el haz de rayos, los instrumentos pueden dividirse en:

Instrumentos con Proyección Óptica.

En estos instrumentos los rayos son reproducidos a lo largo de su trayectoria, del fotograma al modelo, por rayos luminosos.

Instrumentos con Proyección Mecánica.

Con estos instrumentos los rayos son materializados a lo largo de su trayectoria por varillas, guías, reglas, etc.,

Instrumentos de Proyección Óptica Mecánica.-

Estos instrumentos representan los rayos en el trayecto del punto del fotograma hasta el centro de proyección para rayos luminosos y en el trayecto del centro de proyección hasta los puntos del modelo por guías mecánicas.

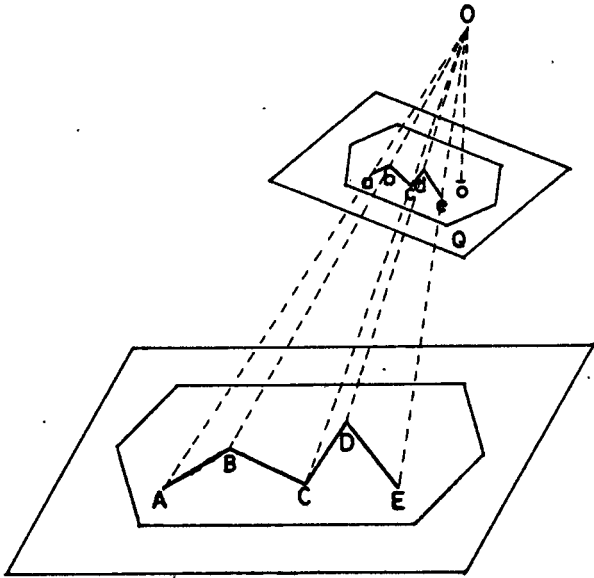
Todos los instrumentos mencionados suponen y exigen un observador que ejecute la medición por medio de una marca en las direcciones de los tres ejes de coordenadas.-

Proyecciones.

Para poder retituir las fotografías, se hace uso de dos tipos de proyecciones.-

Proyección Cónica.

Consiste en la correspondencia punto a punto y línea a línea entre el objeto a representar y su respectiva imagen en un solo punto.



En la figura:

O = Centro de perspectiva.

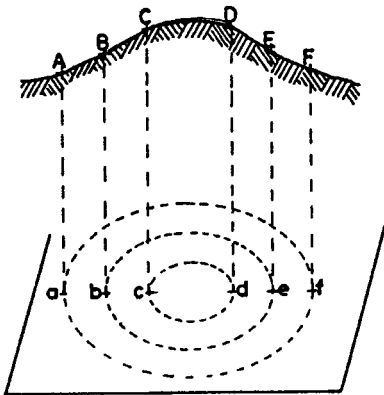
o = Punto principal.

Q = Plano del cuadro.

δ = Distancia principal.

Proyección Ortogonal.

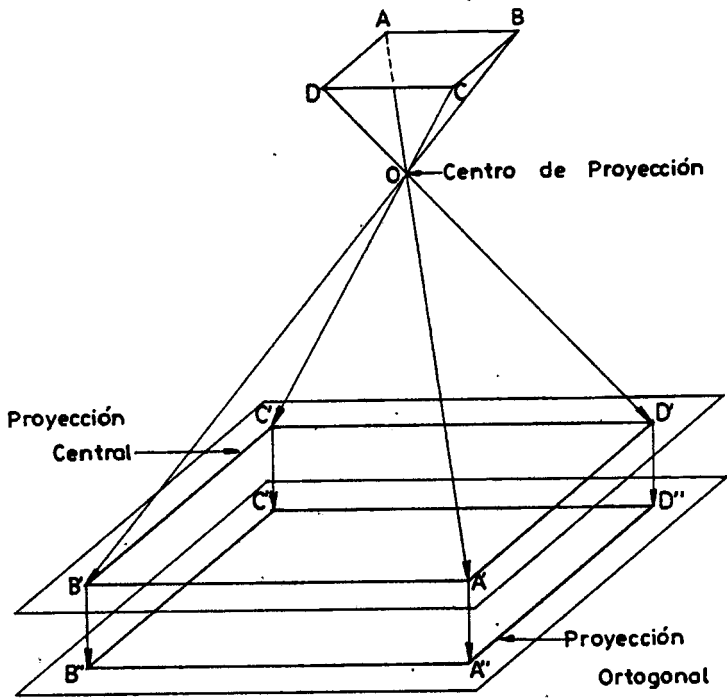
Es la representación topográfica del terreno, ya que en este sistema las secciones horizontales del terreno son fielmente representadas.-



La restitución también se encarga de resolver el problema derivado de trasladar imágenes en proyección cónica (Fotografías aéreas) a una proyección ortogonal (planos).

De lo anterior, podemos decir, - que a la transformación de una proyección central (fotografía), - en un plano, se le llama Proyección Ortogonal. Este es el objeto fundamental de la fotogrametría.

En una proyección ortogonal las diferentes rectas del terreno - son proyectadas sobre un plano por líneas verticales, conservando su dirección y orientación; esto se ilustra en la siguiente figura.



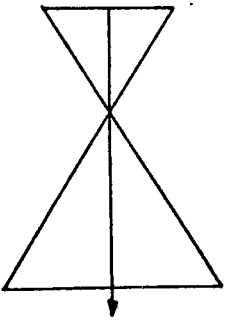
Se ha visto la representación de la proyección central por medio de un haz de rayos que atraviesa el centro de proyección, y sabemos que existe una relación de interdependencia determinante entre los puntos del terreno y los de la imagen.-

3.2. Clasificación de las fotografías según la posición de su eje principal.-

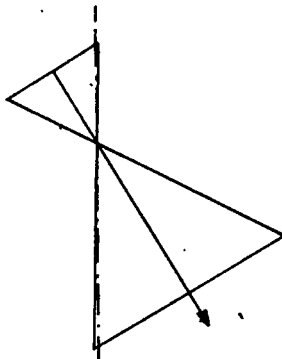
Las fotografías aéreas pueden clasificarse según la posición de su eje principal, con respecto al objeto, en:

3.2.1. Fotografías nadirales ó verticales, cuyo eje principal es vertical.

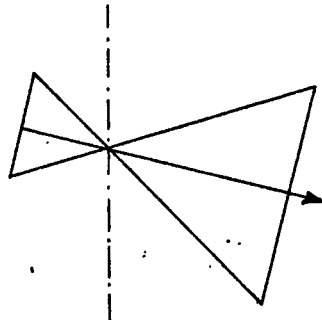
3.2.2. Fotografías inclinadas y oblicuas, que pueden, a su vez, ser convergentes o panorámicas, y en las cuales el eje principal no es vertical.



Fotografía Nadiral
ó Vertical



Oblicua Convergente



Oblicua Panorámica

Fotografías Inclinadas u Oblicuas

A continuación, se incluye un cuadro sobre las características principales de las fotografías aéreas, según su clasificación.-

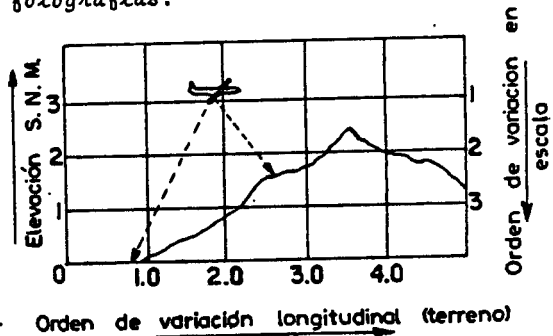
Características	Fotografía vertical	Baja oblicua & convergente	Alta oblicua ó panorámica'
Inclinación	Inclinación de 4°	No hay horizonte en la foto.	Horizonte contenido en la foto.
Curvatura	Mínima	Menor	Mayor
Área	Rectangular	Trapezoidal	Trapezoidal
Escala	+ Uniforme dependencia de lo accidentado del terreno.	Disminuye del frente hacia el fondo	Como la baja oblicua pero en mayor extensión.
Diferencia en comparación con un mapa	Mínima	Menor	Mayor
Ventajas	La más fácil para hacer un mapa.		Económica e ilustrativa (tipo comercial). para promoción)

3.3. ESCALA DE LA FOTOGRAFIA.-

Por definición, escala es la relación numérica entre dos longitudes medidas en el plano y sus longitudes correspondientes en el terreno.-

La escala fotográfica se manifiesta como una limitante en el desarrollo de las claves de la fotointerpretación, ya que de ella depende el grado de exactitud y veracidad de la información que se pretenda obtener de las fotografías.

Dentro de las fotografías aéreas, no se puede hablar de una escala uniforme, ya que siendo aquellas de una perspectiva central, los valores de la escala son diferentes en los distintos planos que forma esta perspectiva, la cual es efectuada por las condiciones de toma, topografía del terreno, altura de vuelo y la distancia focal de la cámara.-

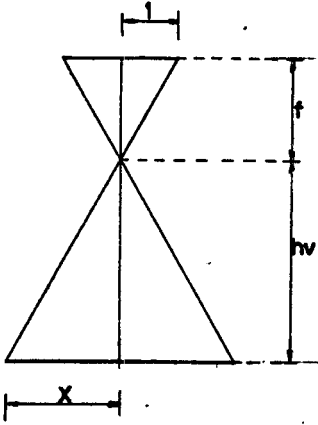


3.3.1. Cálculo de la escala fotográfica.

La escala de la fotografía (E_f), es la razón que nos da la magnitud entre un objeto real y su representación, de acuerdo con la siguiente figura:

$$\frac{1}{X} = \frac{f}{hv} \quad \text{o} \quad \frac{1}{E_f} = \frac{df}{d_x}$$

$$\therefore X = \frac{hv}{f} \quad \text{o} \quad E_f = \frac{d_x}{d_f}$$



$$E_f = \frac{d_p E_p}{d_t}$$

Escala = $E_f = \frac{hw}{f}$; en donde:

f = Distancia focal.

hw = Altura vertical.

d_t = Distancia de la fotografía.

E_p = Escala en el plano.

d_p = Distancia en el plano.

E_f = Escalas de la fotografía.

d_t = Distancia en el terreno.

3.3.2. Indicaciones marginales.

En los bordes de la fotografía se encuentran los datos necesarios para calcular la escala de la fotografía, así como algunos otros que son necesarios; algunos de los aparatos que determinan dichos datos son:

3.3.2.1. Las marcas fiduciaras, que nos sirven para determinar el centro de la fotografía.

3.3.2.2. El nivel esférico, que indica la inclinación de la cámara.

3.3.2.3. El reloj, que sirve para el análisis de sombras.

3.3.2.4. El altímetro, que, como su nombre lo indica, determina la altitud.

3.3.2.5. El contador, que nos proporciona:

- a. Número de la cámara.
- b. Número de la fotografía.
- c. Distancia principal.

3.3.3. Clasificación de escala.

La finalidad de los trabajos específicos de fotointerpretación (geología, suelos, forestal, hidrología, caminos, etc.), y el nivel de los mismos (reconocimiento, anteproyecto, proyecto, etc.) determinan la siguiente clasificación de escala:

3.3.3.1. Escalas pequeñas:

- 1:50 000 Utilizadas en reconocimientos de tipo general como drenajes, afloramientos rocosos, suelos forestales, ciudades, etc.
- 1:40 000 Información a nivel de clasificación (geológica, edafológica, forestal, geohidrológica, etc.) y cartografía de los mismos aspectos; planos topográficos con curvas de nivel a cada 50 m.

3.3.3.2. Escalas medias:

- 1:30 000 Cartografía, geológica y geohidrológica, y clasificaciones más detalladas en recursos forestales y a través de cartas altimétricas con curvas de nivel a cada 10 m.
- 1:25 000 Trabajos de fotointerpretación (geología, edafología, geografía, etc.) a nivel de anteproyecto.
- 1:20 000 Utilizada en trabajos de fotoidentificación y fotointerpretación, (localización de caminos, líneas de transmisión, ecueductos, etc.; levantamientos generales de suelos, geológicos en detalle, catastro rural, etc.). Elaboración de cartas topográficas con curvas de nivel hasta cada 5 m.

3.3.3.3. Escalas grandes:

- 1:15 000 Utilizada en trabajos de fotointerpretación del tipo evaluación forestal, para explotación, minera y petrolera, estudio de suelos a nivel de proyecto, catastro y planificación urbana y rural. Cartas topográficas con curvas de nivel hasta de 2 m.
- 1:5 000 Definición de rasos culturales, proyecto de obras de infraestructura, control de plagas agrícolas y forestales, control de la erosión del suelo.
- 1:3 000 ó mayores. Util en trabajos de y de detalles a nivel de proyecto y cálculo de obras, viabilidad urbana, movimiento de tierras etc.

2.4.4. Mando de fotografía por faja de vuelo.

Teniendo en cuenta la sobreposición longitudinal del 60% del formato fotográfico y la escala a la que se desea tomar el vuelo, se obtiene el área fotográfica útil, la cual se divide entre el área total a cubrir en las exposiciones al comienzo y los al finalizar la faja, en el total de fotografías por fajas; ejemplo:

$$0.40 \times 23 \times 20\,000 = 1840 \text{ m}$$

40% = Área útil de la fotografía.

$$\frac{20\,000}{125} = 16 \text{ fotos}$$

23 = Formato fotográfico

20 000 = de la escala 1:20 000

$$16 \times 4 = 20 \text{ fotos por línea.}$$

20 000 = Área total.

2.4.5. Tiempo de exposición.

Es el tiempo que debe transcurrir entre toma y toma fotográfica con el objeto de obtener la sobreposición deseada, y se haya en función de la velocidad del avión y la distancia en el terreno de las exposiciones consecutivas, por ejemplo:

$$\frac{1840}{55} = 33.5 \text{ seg.}$$

1840 = Distancia en el terreno.

55 m/seg. = Velocidad del avión

4. CONCEPTOS USUALES.

Los siguientes son algunos de los conceptos más usados en la fotografía.

2. Planos de perspectiva. Es el plano que corta el haz de rayos -
perspectivos y, cuando se encuentra a una distancia "f" del centro -
de estación, tiene la misma posición del plano del respaldo de la -
cámara de toma, recibiendo el nombre de plano de la imagen ó planos
principales. También recibe el nombre de plano focal cuando se encuen-
tra a una distancia igual a la distancia focal a partir del centro -
óptico de la lente.

3. Centro de estación. Es el punto en que converge el haz de rayos -
perspectivos; es así mismo, la representación geométrica del -
centro óptico de la lente de la cámara de toma; también reciben los
-
de centro de Perspectiva u Objetivo.

3.4. Levantamiento Aerofotográfico.

Para realizar un Levantamiento aerofotográfico con fines de foto, náuticos es indispensable apoyarse a ciertos requisitos técnicos y legales con objeto de lograr la calidad requerida para las fotografías obtenidas.

Una vez que se cumple con lo anterior se proceda a elaborar el Plan de Vuelo, en el cual deberá tomarse en cuenta:

3.4.1. Altura promedio de vuelo.

$$E = \frac{f}{H-h} \quad \text{en donde:}$$

$$H = (f \times E) + h \quad E = \text{Escala deseada en la fotografía.}$$

$F =$ Distancia focal.

$H =$ Altura de vuelo.

$h =$ Elevación promedio del área.

3.4.2. Orientación de las fajas de vuelo.

Generalmente es de Este a Oeste en su aspecto longitudinal y de Norte a Sur en el transversal.

$$3.4.3. \text{Número de fajas de vuelo} = \frac{\text{Ancho del área (m.)}}{\text{Distancia en el terreno entre fajas (m.)}}$$

La distancia entre fajas dependerá de la altura de vuelo, de la distancia focal de la cámara y del cubrimiento sobre el terreno que trabaja la misma.

c. *Punto principal.* Es el pie de la perpendicular que va del centro de estación al plano de perspectiva.

d. *Distancia principal.* Es la distancia que hay entre el plano de la imagen y el centro de estación; también se le denomina distancia focal.

e. *Eje principal.* Es el eje que biseca el haz de rayos perspectivos y es perpendicular al plano de la negativa pasando por el centro de estación.

f. *Eje vertical.* Es el eje vertical que pasa por el centro de estación.

g. *Punto nodal.* Es el punto donde se corta el eje nodal con el plano de la perspectiva.

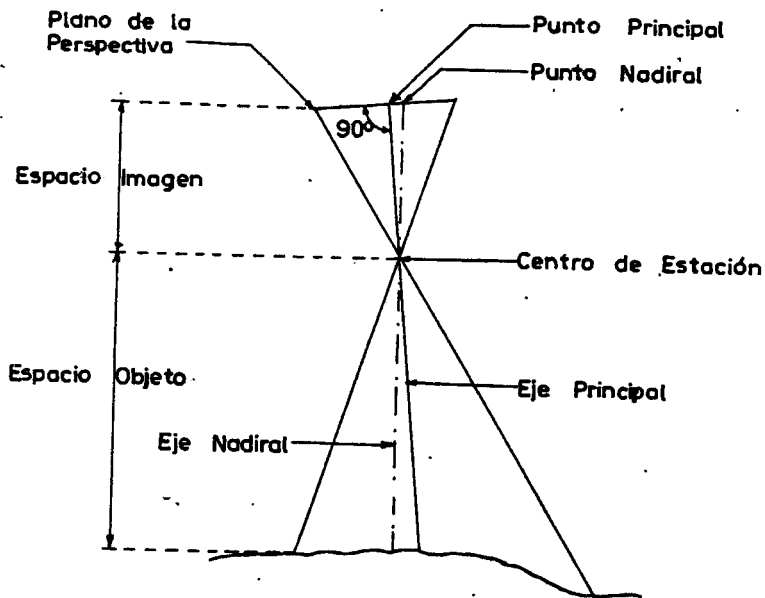
h. *Recta principal.* Es la que pasa por punto principal y el punto nodal en la dirección de máxima pendiente de la fotografía y se encuentra en el plano principal.

i. *Espacio imagen.* Es el espacio entre el plano de la perspectiva y el centro de estación.

j. *Espacio objeto.* Es el espacio entre el centro de estación y el objeto.

k. *Altura de vuelo, (hv).* Es la relación que existe entre la escala de la fotografía y la distancia principal.

Algunos de estos conceptos se ilustran en la figura de la siguiente página.



4.1. FACTORES QUE PROVOCA LA PÉRDIDA DE CALIDAD EN LA IMAGEN.

Al incidir el haz de rayos en un plano en el cual se encuentra una película emulsionada, ésta se sensibiliza y forma una imagen; al formarse la imagen, hay que considerar dos factores que provocan pérdida de calidad en dicha imagen.

- 4.1. 1. La distorsión del objetivo que influirá sobre la precisión geométrica de la proyección central.
- 4.1. 2. El poder de resolución que se refiere a la claridad de la imagen, es decir, a la calidad de la imagen respecto a la separación de objetos mínimos.

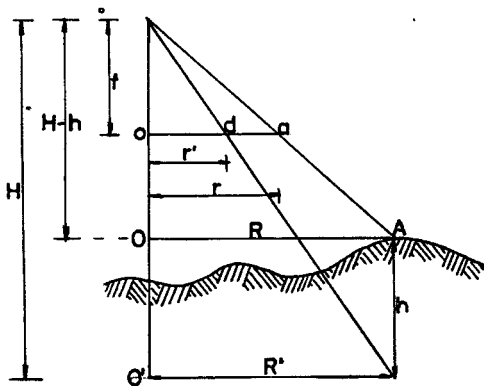
4.2. FACTORES DE DEFORMACIÓN DE LA IMAGEN.

Existen varias causas de error que influyen en la deformación de la imagen:

- 1.- Curvatura terrestre.
- 2.- Refracción atmosférica.
- 3.- Distorsión de la lente.
- 4.- Deformación del film.
- 5.- Desplazamiento por influencia del relieve.

En vista de que con una sola imagen únicamente puede construirse un haz de rayos perspectivos y de que la posición real de los puntos del objeto no pueden ser fijados con estos rayos, se deben utilizar para la fotografía que ofrezcan un sector común del terreno no fotografiado desde los puntos de estación dióptricos, teniendo así las condiciones de una vista espacial del terreno, es decir, una visión estereoscópica de la imagen.

4.3. CUANTIFICACION DEL DESPLAZAMIENTO.



- A* Es un punto cualquiera del terreno y su homólogo "a" en la fotografía;
h Es la distancia de "a" al punto principal de la fotografía.
d Es el desplazamiento de "a" por relieve en la fotografía.
f Es la distancia focal de la cámara.

H = La altura de vuelo.

h = La altura de "A" en el terreno, referida al plano de comparación.

κ' = La distancia radial desde el punto principal a la imagen (2)

Por geometría:

$$\frac{f}{H-h} = \frac{\kappa}{R}; \quad \kappa = \frac{Rf}{H-h} \dots\dots\dots(1)$$

$$\kappa = \frac{\kappa(H-h)}{f} \dots\dots\dots(2)$$

Así mismo:

$$\kappa' = \frac{R'f}{H} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{f}{H} = \frac{\kappa'}{R'}; \quad R' = \frac{\kappa' H}{f} \dots\dots\dots(4)$$

Si $d = \kappa - \kappa'$ y $R = \kappa'$

$$d = \frac{Rf}{H-h} - \frac{Rf}{H} = \frac{RfH - Rf(H-h)}{H(H-h)} = \frac{\kappa f h}{H(H-h)}$$

Sustituyendo (?) en la expresión anterior:

$$\frac{\frac{\kappa(H-h)}{f}}{H(H-h)} f h = \frac{\kappa h (H-h)}{H(H-h)} = \frac{\kappa h}{H}$$

$$d = \frac{\kappa h}{H} \dots\dots\dots(5)$$

esta es la expresión que buscamos y que nos dará el desplazamiento por relieve.

4.4. PAR-LAJE.

Es el desplazamiento sucesivo de dos fotografías contiguas de la imagen de un objeto fotografiado. Con respecto a un sistema de referencia, este desplazamiento indica que las imágenes más cercanas tienen un parafije mayor a las más alejadas.

Las diferencias de paralaje geográficas a las diferencias de elevación en el terreno.

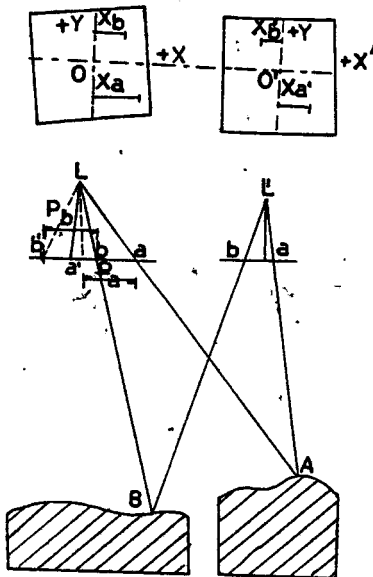
4.4.1; Paralaje algebraico. El paralaje algebraico o p se define en la diferencia de coordenadas en X , medida en la fotografía izquierda, y la coordenada en X' , del mismo punto, medida en la fotografía derecha. Considerando para ello un par de fotografías perfectamente orientadas para la visión estereoscópica, donde el eje " X " pasa a través del punto principal (PP) y es paralelo a la línea de vuelo y el eje " Y " pasa a través del punto principal y es perpendicular a la línea de vuelo, es decir:

$$p = X - X'$$

donde " p " es el paralaje del punto; " X " es la coordenada del punto con respecto a los ejes de la fotografía izquierda, y " X' " es la coordenada con respecto a los ejes de la fotografía derecha.

En la siguiente figura, se observa un par de fotografías aéreas consecutivas tomadas desde dos posiciones diferentes " L " y " L' ", las cuales contienen las imágenes de dos puntos del terreno " A " y " B ", donde el paralaje para cada uno de ellos es igual $X_a - X'_a$ y $X_b - X'_b$ respectivamente.

PARALAJE ALGEBRAICO

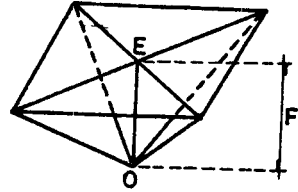


5. CÁMARA MÉTRICA.

Las fotografías que se usan en fotogrametría se toman con una cámara métrica - una cámara que la perfección exigida para la reconstrucción del haz de rayos proyectivos que no puede conseguirse con una cámara ordinaria. Una condición esencial para dicha reconstrucción es conocer la posición exacta del centro de proyección "O", a dicha fotografía, se le llama fotografía.

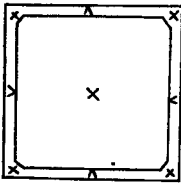
A la proyección del centro perspectivo sobre la imagen se la denomina punto principal (E).

A la distancia entre el punto principal y el centro de proyección se la llama constante de la cámara, distancia principal ó distancia focal (f).

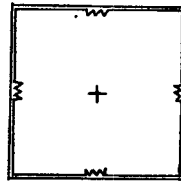


Descripción de la cámara.

Para que la constante de la cámara sea verdaderamente una constante, ésta debe tener un dispositivo que mantenga la película en el mismo lugar en el momento de tomarse la fotografía, para cuyo fin la cámara métrica dispone de un marco soporte (ó respaldo de la cámara) sumamente estable sobre el que se pone la película. En dicho marco están contenidas las marcas fiducias, que nos permiten encontrar el centro de la imagen, que pueden encontrarse en los lados de las espaldas.



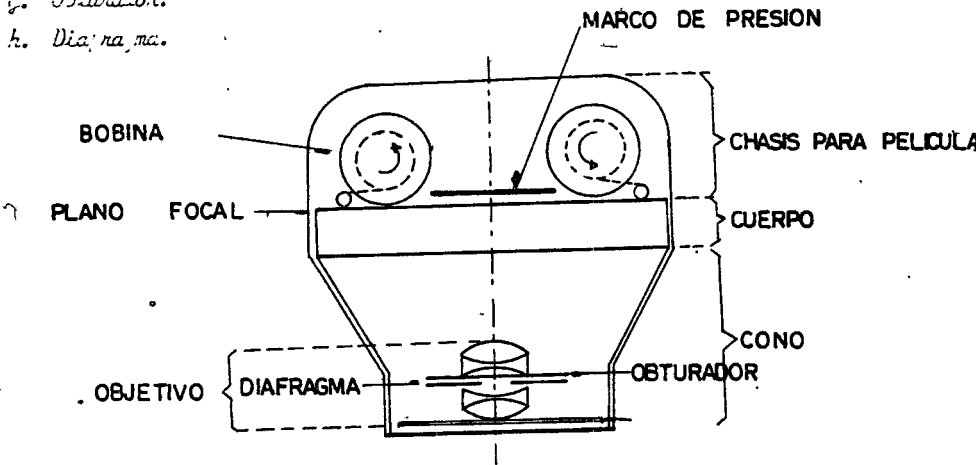
CAMARA WILD



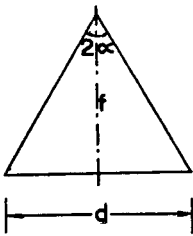
CAMARA ZEISS

Las principales partes de una cámara métrica son:

- a. Chasis para película.
- b. Cuerpo.
- c. Placa de succión (patro focal).
- d. Marco de presión.
- e. Cono.
- f. Objetivo.
- g. Obturador.
- h. Diafragma, na.

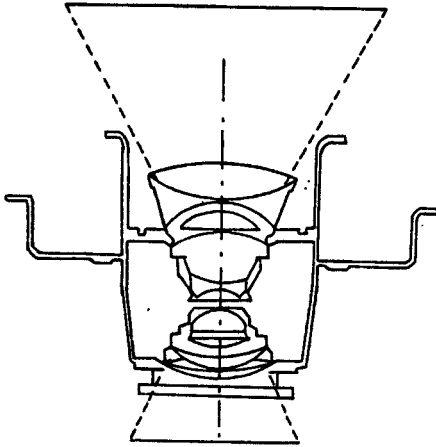


5.1. CLASIFICACION DE LAS CAMERAS SEGUN SUS ANGULOS.

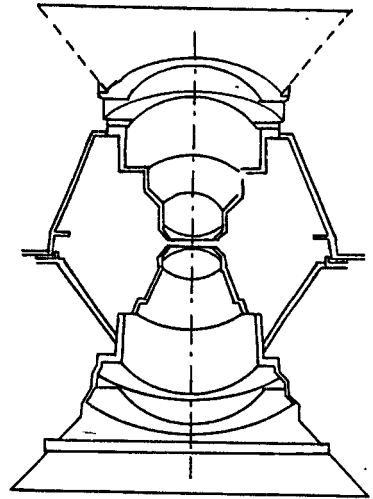


La clasificación de las cámaras métricas depende del ángulo de campo del objetivo, 2α , que a su vez es función de la "f" de la cámara, y la diagonal "d" del cuadro - de la foto, según:

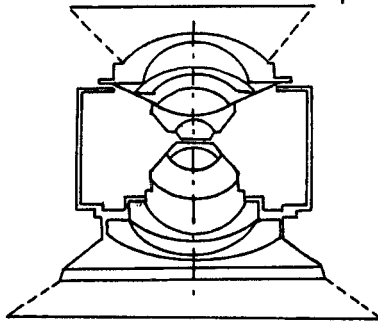
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{2f}$$



Angulo Normal.



Gran Angular.



Super Gran Angular.

En la siguiente tabla podemos distinguir tres grupos de ángulos, correspondientes a la figura anterior.

Cámara con objetivo	Ángulo 2	Constante de la cámara "f" en mm	Formato en mm.
5.1.1. Angulo normal	42 - 65 60°	300	230 x 230
		210	180 x 180
		170	140 x 140
5.1.2. Gran Angular.	30 - 100 70	150	230 x 230
		115	180 x 180
		100	140 x 140
5.1.3. Super Gran Angular	170 - 170 170°	88	230 x 230
		70	180 x 180

5.2. EL OJO HUMANO.

Nuestro organismo visual tiene ciertos parecidos con un aparato fotográfico; teniendo como una característica su esfericidad y se encuentra constituido - por los siguientes elementos:

- a). Cornea; es una membrana transparente en la parte anterior del ojo.
- b). Cristalino ; parte lenticular del ojo que produce en la retina la imagen del objeto observado.
- c). Iris ; diafragma del ojo que está situado detrás de la cornea y delante - del cristalino.
- d). Pupila ; es la abertura del iris que se contrae ó dilata bajo la influencia de la luz.
- e). Retina ; es una pantalla sensible a la luz que recibe las imágenes espaciales.
- f). Humor vítreo ; masa gelatinosa y transparente que se halla en la cavidad del globo ocular detrás del cristalino.

5.2.1. Agudeza visual

Se entiende por agudeza visual la aptitud del ojo para separar sobre un acre el más pequeño detalle; este poder es comparable con el de resolución de la cámara métrica.

5.2.2. Estereoscopios.

Son los instrumentos por medio de los cuales se puede lograr una visión espacial del terreno. (posteriormente se hará una explicación más detallada de los mismos).

6. ORIENTACION DEL MODELO.

Preparación del material:

Para llevar a cabo la toma de fotografías número de deberá marcar las cartas y mapas ya existentes del Índice de Vuelo, que nos marcará los puntos de donde deberá partir y a donde deberá llegar el avión, haciendo un desplazamiento de rastreo continuo y ordenado en dirección ESTE - OESTE y viceversa; en ocasiones y debido a la topografía del terreno, podrá hacerse el vuelo de NORTE a

SR. Los vuelos se realizan preferente a finales del año, ya que es cuando casi no existen nubes que bloqueen la toma de la fotografías.

Las fotografías deberán tener un traslape de un 60 % en línea horizontal, y en las líneas verticales será, dr. aproximadamente, 35 %, asegurando así la formación del modelo estereoscopico, que es la técnica vital para poder realizar la fotointerpretación. Además el formato será de 23 cm x 23 cm abarcando una superficie de 33.0625 km² en la fotografías escala 1 : 25 000 y 132.35 km² en las fotografías escala 1 : 50 000.

Puntos requeridos para la formación del modelo:

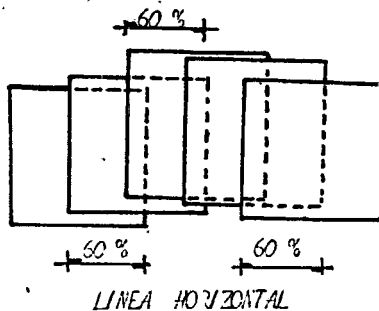
- a). Punto principal
- b). Puntos superiores
- c). Puntos inferiores
- d). Puntos auxiliares

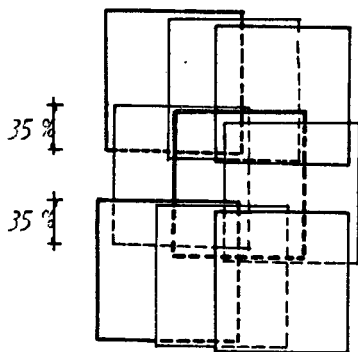
a). Punto principal

- Es el lugar donde se intersectan las líneas trazadas desde las marcas fiducias marcadas en las indicaciones marginales.

Los puntos superiores e inferiores son los marcados a la mitad del traslape entre línea y línea, respectivamente, y a partir del punto principal.

Cuando se toman fotografías a una escala mayor de 1 : 25 000, se hace necesaria la utilización de puntos auxiliares que se marcarán a la mitad al centro del punto principal y del superior e inferior rigidizando el modelo fotográfico.



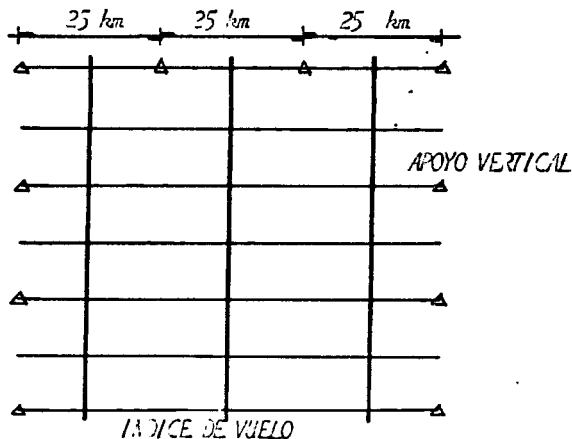


LINEA VERTICAL

Por condición fotogramétrica, los vuelos se realizarán transversalmente al apoyo vertical, y como éste se realiza de NORTE - SUR, el vuelo, por lo general, será de ESTE - OESTE, y viceversa.

Las condiciones que deberá llenar la línea horizontal serán:

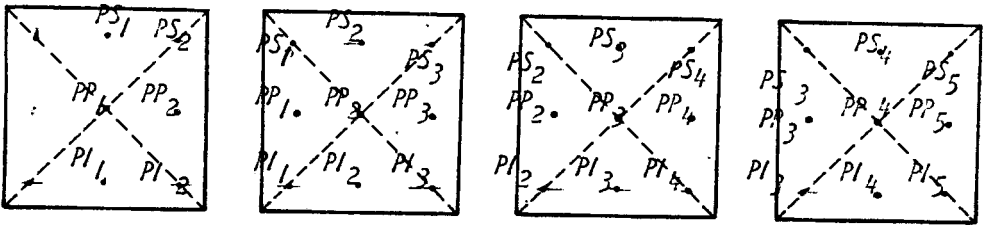
Cada 25 km, aproximadamente, deberá llevar coordenadas X, Y, fijando o amarrando cada dos líneas verticales, o sea, una sí, otra no, etc., además la línea horizontal constará, aproximadamente, de 23 fotografías a las cuales se les dará un apoyo vertical de tres líneas de nivelación.



Secuencia de los puntos requeridos para la formación del mosaico.

Se prepara foto, ra la por fotografía.

Se traza el punto principal (PP) viendo las marcas fiduciaras, y se transfiere a la siguiente fotografía por detalle.



Se trazan los puntos superiores (PS) y los puntos inferiores (PI) aproximadamente a la mitad del traslape (35%) con la línea superior e inferior (línea vertical), y se transfieren a la siguiente fotografía.

La numeración de cada punto será de 5 dígitos, los cuales son:

Ejemplo:

Línea de vuelo ----- 20

El número de fotografías se hará progresivo: 01, 02, 03, etc., en este caso:

Número de fotografía ----- 07

La posición que ocupa dentro de cada fotografía puede ser:

- Punto principal ----- 0
- Punto superior ----- 1
- Punto inferior ----- 2
- Punto auxiliar superior ----- 7
- Punto auxiliar inferior ----- 8

Transferencia de puntos por ete.

12 9 R 429 6-20	20071	20061
	20077	20067
	20078	20068
	20072	20062

12 9 R 429 6-20	20071	20061	20051
	20077	20067	20057
	20078	20068	20058
	20072	20062	20052

12 9 R 429 6-20	20061	20051	20041
	20067	20057	20047
	20068	20058	20048
	20062	20052	20042



La clave de la ortografía significa:

12: Zona a la que corresponde la fotografía, que, por metodología, se dividió el país en distintas zonas que van en numeración progresiva partiendo de la unidad.

9: Significa el vuelo bajo, pudiendo éste ser alto, en cuyo caso, se caracterizaría por la letra A.

R429: Número de rollo.

6: Número de la fotografía.

20: Número de la línea.

6: ORIENTACION DEL MODELO.

Para poder restituir las fotografías se hace necesario orientarlas en los modelos.

Existen dos tipos de orientación de modelos; (posteriormente se dará una definición de modelos en el capítulo de fotointerpretación).

Orientación Interior.

Orientación Exterior {
 Orientación relativa
 Orientación absoluta

Orientación Interior.

Es la reconstrucción del haz de rayos perspectivas de la cámara. Se realiza poniendo la fotografía en relación con el centro de perspectiva exactamente en la posición que tenía durante la exposición (momento en que se tomó la fotografía) del punto principal.

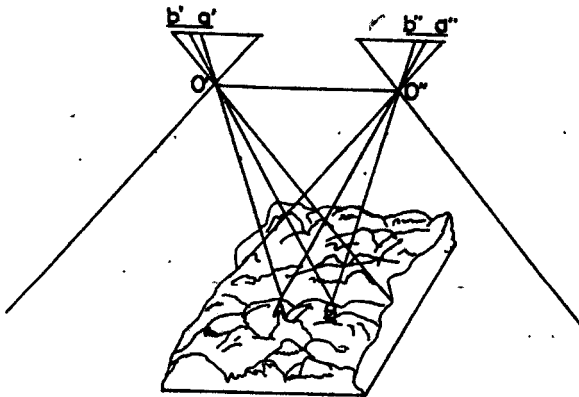
Para esto, generalmente se emplean diapositivas de contacto, aunque casi todos los aparatos de Restitución pueden acomodar negativos.

Teniendo en cuenta que el material utilizado en las tomas aéreas puede sufrir deformaciones, éstas pueden limitarse a un mínimo de 0.02 mm. Sin embargo, en ocasiones son demasiado grandes y deberán tenerse en consideración.

Todos los instrumentos de Restitución están equipados con escalas y tornillos micrométricos con lecturas hasta de 0.01 mm de aproximación; para la introducción de la distancia principal un simple ajuste basta para algunos instrumentos, para otros hay que auxiliarse de manivelas y algunos otros hay que cambiarles partes especiales. En estas escalas debe introducirse la distancia focal de Restitución, previamente calculada.

Orientación Relativa.

También se le llama Formación del Modelo Estereoscópico. Se consideran dos fotografías de una línea de vuelo durante la exposición.



Los rayos perspectivas provienen de los puntos terrestres A y B situados en la parte común de las dos fotografías (zona de traslape), inciden, pasando por el ob-

objetivo O' y O'' sobre la emulsión fotográfica formando en ella las imágenes de los puntos de la imagen a', a'' y b', b'' , respectivamente en cada fotografía.

Inversamente puede decirse que los rayos provienen de los puntos de la imagen a'' y b'', b'' , formando los puntos del terreno A y B en sus respectivas intersecciones.

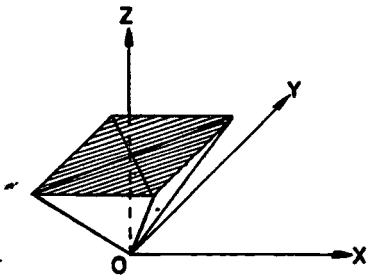
En el momento de exposición las dos cámaras tienen una cierta posición relativa, una con respecto a la otra. Después durante la restitución habrá de darse a las cámaras del instrumento de restitución la misma posición relativa a fin de hacer intersectar los rayos homólogos de a' y a'' en el punto A y los b' y b'' en el punto B .

Luego de poner las cámaras en la posición relativa que ocuparon en el momento de hacer la toma fotográfica, los puntos de intersección de los rayos correspondientes habrán reconstruido la forma real del terreno. El terreno mismo se reemplaza por su modelo. Este proceso de dar a la cámara su posición relativa se le llama Orientación Relativa ó Formación del Modelo.

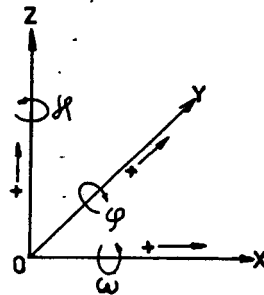
Por lo anterior podemos decir que: gracias a la Orientación Relativa logramos la intersección correcta de un rayo con su homólogo por medio de giros y desplazamientos.

La figura (a) muestra la cámara puesta en un sistema de coordenadas rectangulares, empleado en fotogrametría.

La figura (b) muestra los seis grados de libertad de la cámara en el espacio; las tres líneas son las traslaciones (X, Y, Z); los giros alrededor del centro perspectivo en el origen son las rotaciones. Dichas traslaciones (desplazamientos) y las tres rotaciones (giros) son los llamados Elementos de orientación.



(a)



(b)

2.11.2.2. ORIENTACION ABSOLUTA.

Después de terminada la orientación relativa se tiene el modelo estereoscópico formado. La escala de este modelo es desconocida, así como la posición del modelo respecto a las verticales.

Esta situación nos da la necesidad de una orientación Absoluta del Modelo, que consiste en una puesta en escala y una orientación de verticales ó basulamiento, de manera que por todas las distancias y alturas correspondan a la realidad. Para lograr esto, se requiere de una red de puntos que tenga sus coordenadas (X, Y Z) conocidas, para poder comparar las mediciones "modelo" son las de la realidad,

Para la puesta en escala que es el primer paso, se requiere de por lo menos dos puntos conocidos, en posición (X, Y y un tercero para comprobación).

Para el basulamiento, (segundo paso) debe conocerse por lo menos tres puntos en altura (z) y repartidos convenientemente en el modelo.

Un cuarto punto para comprobación.

Existen dos métodos para realizar la orientación absoluta:

- a) método gráfico (por tanteos).
- b) método de cálculo.

Cualquiera de estos métodos se aplica haciendo girar las cámaras de instrumento alrededor del eje de las x y del eje de las y en valores necesarios para la eliminación de la diferencia de altura sobre los puntos de control. Para la puesta en escala estos métodos también son aplicables haciendo que las cámaras del instrumento se desplacen en sentido horizontal, para eliminar las diferencias de distancia sobre los puntos de control.

6.1. LA ESCALA DEL MODELO.

Para el cálculo de la escala del modelo, la cual es utilizada para la puesta en escala, se requiere del conocimiento de ciertos datos.

- a) Escala de la fotografía: (Esta cambia junto con la altura de vuelo y la distancia principal).
- b) Escala de restitución.
- c) Runo de la columna z de instrumento, sobre el cual se trabajará.

La escala del modelo está determinada por la relación de la distancia de proyección (valor de la columna Z) del aparato de estereoscopia y la escala de la fotografía.

Es decir:

$$\frac{\text{Distancia de proyección (Z)}}{\text{Base fotográfica}} = \frac{1}{E_m} ; \quad E_m = \frac{b_f}{b_a}$$

El valor de la columna Z determina la relación de ampliación entre la escala de la fotografía; la escala del modelo cambia de un instrumento a otro - por la construcción de éste.

El valor de la columna Z se encuentra en el manual del instrumento o de otra forma por medio de la siguiente expresión:

$$Z = \frac{(w)(f^2)}{E_m}$$

Una vez calculada la (E_m) podemos calcular la base aproximada ($b'm$) de dicho modelo para introducirlo al instrumento.

$$b'm = \frac{b}{E_m}$$

Una vez introducido este valor al instrumento, se eligen en la minuta dos puntos que se pueden identificar también en el modelo, preferentemente estos puntos deben encontrarse lo más lejos uno del otro.

La distancia entre los puntos de la minuta se representa la distancia (d), mientras que la distancia d' es la distancia dada en el aparato; esta distancia no es generalmente igual a (d), sino que existe un (d') que debe ser corregida.

La corrección de la base es;

$$\frac{d \text{ (terreno) } (b)}{d' \text{ (niveles)}} = \text{La nueva base}$$

$$b_m = \frac{d}{d'_m} \quad (b'_m)$$

$$\frac{b'}{d} = \text{La corrección de la base}$$

Con las orientaciones y datos anteriores se podrán pasar en la carta las distancias y curvas de nivel con gran exactitud.

III. "INTRODUCCION A LA FOTOINTERPRETACION".

1. NATURALEZA DE LA FOTOINTERPRETACION.-

En la fotointerpretación se distinguen dos fases distintas y graduales: la FOTOIDENTIFICACION y la FOTOINTERPRETACION, propiamente dicho; y en la cual la primera antecede a la segunda.-

1.1. La FOTOIDENTIFICACION, consiste en identificar los rasgos de la superficie terrestre que se reflejan por sus imagenes en las fotografías aéreas, registrándolas con su propia identidad y características.

1.2. FOTOINTERPRETAR, por el contrario, es la función de registrar el valor o el significado de esos mismos rasgos o valores que se reflejan por sus imagenes en las fotografías aéreas y demás documentos teledetectados, desde el punto de vista que interese la ciencia o técnica que la utilice.

La Fotoidentificación es una labor fácil y segura, ya que al identificar un arroyo, un cerro, una casa, un camino, etc., no dependerá del fotoidentificador ya que éste, y cualquier otro, verificará las mismas identificaciones las cuales serán invariables.-

Por el contrario, la Fotointerpretacion es un proceso analítico difícil, cuya finalidad dependerá de los elementos que la integren, principalmente el personal humano, constituido por el fotointérprete. En efecto, lograr el significado de un rasgo a través de la imagen de un documento, no es tarea fácil ni segura, puesto que el rasgo o fenómeno tiene que ser interpretado, y en la interpretación entran dos elementos de confusión:

a). El ⁹constituido por la naturaleza misma del objeto estudiado, susceptible, muchas veces, de un gran número de interpretaciones, en cierto grado admisible todas ellas.-

b). El integrado por la personalidad del propio intérprete con su bagaje cultural, su experiencia y su especial habilidad en este tipo de trabajo.

De lo anterior se deduce que la Fotoindentificación es directa, inmediata y objetiva; en cambio la Fotointerpretación es indirecta, mediata y subjetiva.

2. VENTAJAS DE LA FOTOINTERPRETACION:

Estas ventajas son de muchas clases, según para el análisis que se requiere y su finalidad, pero en términos generales pueden señalarse como principales:

1). Reducir la duración del trabajo que debe realizarse sobre la superficie terrestre a un mínimo, lo cual no se puede conseguir por ningún otro medio.-

2). Reducir el costo de los trabajos, en relación con los sistemas convencionales, en una proporción de entre un 50 a 75 % en malas condiciones, a un 90% en las buenas, (esta relación se puede equipar con las del punto anterior).-

La ventaja de carácter económico es de gran importancia, ya que de ella depende la realización de un proyecto.-

3). Eliminar el factor tiempo en su aspecto climático, es decir, se facilita la realización del trabajo sin consideración alguna al climático o regional del área en que se lleven a efecto las investigaciones.- Esta ventaja es de suma utilidad, cuando se trata de países en desarrollo con climas que impidan el trabajo de campo durante gran parte del año.-

Para la Fotointerpretación no existen climas y basta con unos días de buen clima al año, para que se teledetecten las imágenes necesarias - que deberán ser interpretadas.-

4). Permitir la formación de un "registro", permanente o aerofototeca, de las regiones del globo terráqueo que interesen para su estudio, a la cual se podrá acudir tantas veces como fuera necesario, para comparar imágenes, revisar o discutir interpretaciones, todo ello con economía máxima de esfuerzo y sin tener que trasladarse al campo, salvo contadas ocasiones.-

5). Reducir gran cantidad de trabajo topográfico y si la necesidad lo exigiese, suprimirlo totalmente. Aunque si las imágenes aéreas o espaciales no constituyen por sí solas verdaderos mapas, esporádicamente se realizan las Cartas DETENAL ayudada por otras técnicas como la GEODESIA y la FOTOGRAMETRIA, mencionadas anteriormente, que nos dan un alto grado de exactitud en las representaciones de distancias.-

6). Obtener una calidad insuperable en el trabajo, ya que se obtiene una visión exacta de la superficie terrestre, sin que escape la menor porción de ella ni ningún rasgo o detalle, eliminando así la selección simbólica que de los mismos se hace en los mapas convencionales, simbolización que no refleja realmente la naturaleza de los mismos, ni incluye siempre a los de mayor interés en un momento dado, ya que la selección de cualquier modo que se haga, tiene un sello subjetivo inevitable.

7). Permite la percepción de rasgos y fenómenos de la superficie terrestre que no podrían observarse de ningún otro modo. Esta es, sin duda alguna, la más importante ventaja que la Fotointerpretación de imágenes aéreas o espaciales ofrece al investigador. En efecto, la fotografía aérea ha venido a permitir que se puedan observar detalles Geográficos, Geológicos, Edafológicos, Agrícolas, etc. que nunca se hubieran detectado con los medios anteriores, terrestres en su totalidad. Esta gran ventaja, por sí sola justifica el empleo de la Fotointerpretación en todas las investigaciones científicas que tengan como campo de acción la superficie de la Tierra.-

La Fotointerpretación ha tenido un gran avance con la fotografía aérea a color y, más recientemente, con la aparición de la Teledetección espacial de las imágenes terrestres por diversos medios, puesto que sus, relativamente, pequeñísimas escalas, para esta clase de documentos cartográficos, permiten percibir rasgos naturales de gran tamaño, que hubieran sido imposible de alcanzar ni aún con la fotografía aérea, de las ya consideradas como convencionales.-

8). Hacer comodamente accesibles las áreas más abruptas e intrasitables de la superficie terrestre, ya sean zonas montañosas y elevadas o regiones bajas y pantanosas o totalmente cubiertas de espesa vegetación donde son muy difícil de identificar los rasgos culturales constituidos por sendas y veredas, hasta naturales formados por afloramientos de rocas, que quedan totalmente ocultos o muy oscurecidos por la cubierta vegetal o por cuerpos de agua pantanosos, siendo las zonas donde las imágenes teledetectadas son insustituibles, ya que de su atento análisis no podrá escapar ningún detalle de interés que exista en dicha zona, imposible de detectar totalmente o en gran parte, cuando se trata de localizar en el terreno mismo.-

a). Contener una inmensa riqueza de "Detalle", cosa que no se logra con ningún otro medio, ya que todo lo que existe en la superficie terrestre es directamente registrado y reflejado en la imagen teledetectada, no importando su tamaño, con la sola condición de que se empleen las escalas adecuadas, las cuales serán de acuerdo con los fines de trabajo que se realicen.-

Lo anterior significa; que no podrán emplearse las mismas escalas para análisis generales o regionales, de semi-detalle o detalle, ni tampoco las mismas escalas para registrar grandes asociaciones arbóreas o simplemente para identificar sus hojas; ni tampoco para localizar grandes estructuras geológicas o pequeños detalles mineros.-

Cada cometido requiere su propia escala, que en términos generales puede ser; en los casos más comunes: de 1:500 hasta 1: 1 000 000.-

10). Resolución inmediata de los problemas técnicos que sobre la Fotointerpretación o Tele interpretación se presenten, en todo análisis relacionado con la superficie terrestre, basta acudir a la telefototeca para examinar o rediscutir lo interpretado, o en su defecto, registrar otro nuevo con posteridad, sin necesidad de trasladarse al campo, para discutir el problema "in situ".

11). Interpretar exactamente la realidad Topográfica, Geológica, Edafológica, Forestal, Hidrográfica, de un modo veraz, cómodo y rápido supe-
perando a los mapas convencionales.-

12). Observar completa y directamente las interrelaciones existentes entre diversas ciencias y elementos que tienen su asiento en la superficie de la Tierra, como las que ligan a la topografía con la Geomorfología y la Geología, o a las rocas con los suelos y éstos con la vegetación.-

13). Permite la redacción de programas de trabajo en el campo, con absoluto conocimiento de causa, de manera precisa y eficaz, ya que en las fotografías se pueden señalar los rasgos que han de visitarse y aquellos en que han de tomarse muestras de rocas, de suelos o de vegetales; de igual manera pueden localizarse pequeñas sendas y veredas además de las fuentes o manantiales de agua potable, sobre todo en áreas desconocidas, ayuda - tan importante en los reconocimientos terrestres.-

14). Permite observar el relieve (tercera dimensión), por medio de la - ESTEREOSCOPIA, además de los rasgos artificiales como las construcciones - y los naturales como rocas, árboles, etc.-

15). Finalmente, eliminar la particular disposición de los habitantes - del área analizada, con relación a la hostilidad que puedan ofrecer a determinado trabajo, lo mismo si se realiza en el país que fuera de él, --- ventaja que puede ser de extraordinario valor en un momento dado.-

3. "FACTORES CONSTITUTIVOS DE LA FOTOINTERPRETACION "

La Fotointerpretación ha pasado de ser una simple técnica a constituir una ciencia embrionaria, es decir, una ciencia que nace y comienza a desarrollarse en forma vigorosa. Como ciencia cuenta ya, con los factores que justifican su existencia como tal, los cuales son:

- 3.1.). FACTOR HUMANO.
- 3.2.). FACTOR INSTRUMENTAL.
- 3.3.). FACTOR METODOLÓGICO.

3.1. FACTOR HUMANO.-

Este factor se encuentra constituido por el fotointérprete o teleintérprete, que es sin duda alguna, el elemento más importante de todos, - pues de él depende la calidad de la fotointerpretación, así como su efectividad y valor.

Como humano, al fotointérprete, se le consideran, principalmente, dos aspectos: el físico y fisiológico y el psicológico.-

El primero está constituido por los ojos del intérprete, considerados como piezas anatómicas, como órganos de la vista y por el sentido mismo de la visión. La necesidad que tiene el intérprete de disponer de dos ojos con visión, se deriva de la exigencia de la interpretación, de poder realizar la visión estereoscópica, es decir, de lograr la impresión de relieve o tercera dimensión, que es la que se produce al observar dos fotografías de - con recubrimiento.

La posición de visión estereoscópica no exige determinados parámetros, y - por ello, es de disfrute común para todo el género humano, con el hecho de tener visión en ambos ojos no importando su agudeza.

Contrariamente a lo que ocurre en el aspecto anatómico-fisiológico del factor humano en la fotointerpretación, constituido por elementos materiales y funciones, (ojos - visión), el aspecto psicológico reviste una gran importancia, por ser muy delicada la función cerebral y exigir una serie de requisitos que suelen reunirse en muy pocas personas, para el ejercicio de las labores interpretativas. Estos requisitos son de dos clases:

- 1). Innatos, que son los que nacen con el individuo y son imposibles de generar en el transcurso de la vida.
- 2). Adquiridos, que son aquellos que pueden obtenerse a través del tiempo mediante la experiencia o el estudio.-

Dotes naturales que deben integrar la mentalidad del intérprete.-

Capacidad de observación, simple y compleja, la primera es la que se realiza con los ojos y la compleja es la que se vale de instrumentos. El fotoidentificador hace una observación pasiva o espontánea, y por el contrario el fotointérprete la lleva a cabo en forma activa o provocada.-

Otras cualidades son: la paciencia, la atención, la fuerza de penetración que le permita llegar al fondo del problema, la sagacidad, es decir la facultad de seleccionar de entre un cúmulo de rasgos, objetos y fenómenos, sólo aquellos que interesen a su investigación, y en lo cual deberá ser preciso, imparcial y desinteresado, imaginación fecunda y positiva, además de la autocrítica para reconocer sus errores y enmendarlos.

3.2. FACTOR INSTRUMENTAL.-

Bajo este epígrafe figuran no sólo los instrumentos propiamente dichos, que se utilizan en la diversa etapa de la interpretación, sino también todos los demás elementos materiales que entran en su labor, como las fotografías aéreas, mosaicos, índices fotográficos, tinta, etc.,

La interpretación puede ser "cualitativa" o "cuantitativa", o sea, analiza las cualidades que caracterizan a los rasgos o fenómenos reflejados en las fotografías, determinando su valor y significado desde el punto de vista que se requiere, o bien, que mida esos mismos fenómenos, rasgos u objetos con toda la precisión posible, por lo cual se tendrá dos clases de instrumentos según sea de una u otra clase de interpretación.-

Los instrumentos utilizados en la interpretación cuantitativa son, por definición; instrumentos fotogramétricos con los que se pueden hacer todo tipo de medidas combinadas con fotointerpretativas, tal como las pendientes-topográficas.

Por lo que respecta a los instrumentos utilizados en fotointerpretación cualitativa, que es a la que haremos referencia, se reducen exclusivamente a los estereoscopios. Dichos aparatos tiene por único cometido proporcionar ayuda a la visión humana en el análisis de fotografías aéreas, la cual se concreta a lo siguiente:

1. Lograr la visión Estereoscópica o tercera dimensión, facilitando la percepción del relieve.-

2. Exageración del relieve y aumento del mismo debido a los lentes, - sensación de volumen de las formas terrestres, aplicación de su distancia para láctica o interpupilar.-

Los estereoscopios se clasifican en "Catóptricos", dióptricos", y "mix tos" según sean de espejos, de lentes o de espejos y lentes.-

El estereoscopio catóptricos fue el primero en su ramo, es de espejos - produce la sensación del relieve mediante sus cuatro espejos, que reflejan -- las imágenes sin exageración alguna, Hoy en día ya no es utilizado.-

El Estereoscopio de lentes o dióptrico, es de 1 1/2 aumento, nos reproduce la visión estereoscópica por observación directa, no reflejada, de las fotografías. La visión estereoscópica se logra tal y como sería sin instrumento alguno, directamente de las fotografías, pero el relieve se aumenta y el detalle, hasta el punto que permita la magnificación del par de lentes. Este tipo de instrumento es el más usado en la actualidad, debido a sus pequeñas dimensiones y peso, en su forma de "estereoscopio plegable de bolsillo".

Los Estereoscópi os mixtos, como su nombre lo indica, están formados, en especial de lentes y espejos magnificadores, por prismas y otros aditamentos que los hacen más manejables y útiles para la interpretación. Entre otros aditamentos figuran los binoculareso lentes gemelas amplificadoras.

Los estereoscopios más usados en gabinete son los suizos WILD ST4, ya que proporcionan una excelente visibilidad al intérprete.

Dentro de los estereoscopios mixtos diseñados para acoplarse y permitir que tanto el maestro como el discípulo puedan observar a un mismo tiempo la estereoscopia, destaca el GALILEO SFG 3/b, provisto de binoculares.

(Para la observación de un par de fotografías) para la observación de un par de fotografías estereoscópicas es necesario que reúnan las siguientes condiciones:

1. Que exista un recubrimiento necesario entre ambas fotografías.
2. Que sean del mismo objeto,
3. Que la escala sea aproximadamente igual.
4. Que la distancia entre las fotografías sea la conveniente.
5. Logicamente que las fotografías sean tomadas con un distinto ángulo

Con las fotografías aéreas verticales, se forman "aeromosaicos o mosaicos - fotograficos aéreos", mediante el acoplamiento de un número variable de fotografías aéreas correspondientes a varios vuelos y en forma de mosaico, de donde se deriva su nombre.-

Los mosaicos pueden ser de tres tipos:

- a). Mosaicos controlados.
- b). Mosaicos semi-controlados
- c). Mosaicos sin control.

Los mosaicos controlados son aquellos que se construyen con fotografías aéreas rectificadas, es decir, con todos sus puntos restituidos a su verdadero lugar, lo que se logra con el proceso fotográfico de Restitución, los cuales exigen un control terrestre muy severo. Se emplean solamente en los casos en que se requiere un levantamiento preciso, generalmente de "detalle". En el tema anterior se presentó la forma en que se preparan las fotografías para meterlas al proceso de Restitución.-

Los mosaicos semi-controlados se forman mediante el acoplamiento de fotografías que cubran el área en estudio, sujetándolas con una orientación definida por la unión mediante regletas de los llamados puntos principales o centrales de las fotografías, o sea donde la prolongación del eje óptico de la

lente incide sobre la superficie terrestre. En estos mosaicos semi-controlados, los puntos principales estarán en su lugar, pero todos los demás de la fotografía estarán desplazados, tanto más cuanto mayor sea su distanciamiento de dicho punto. Estos mosaicos se utilizan cuando se requiere gran exactitud.

Finalmente, los mosaicos sin control son los que se producen por acoplamiento directo de las fotografías, una tras otra, mediante la sobreposición de los mismos detalles debido al traslape. Estos mosaicos tendrán el defecto de contener todas las deformaciones inherentes a las fotografías aéreas, con la acumulación de errores consiguiente al traspasarse de una fotografía a otra a lo largo de un vuelo.

Sin embargo, en Fotointerpretación, sólo se usan casi exclusivamente mosaicos sin control, además de que la Fotointerpretación no exige en la inmensa mayoría de los casos la existencia de un mosaico controlado o semi-controlado, por la simple razón de que casi siempre es de naturaleza cualitativa.

Por lo que respecta a las emulsiones de los filmes, la más usada en Fotointerpretación es la "pancromática", blanco y negro, en la que los colores naturales o tonos absolutos, se registran en la fotografía aérea con diversos matices del gris, o tonos relativos, aunque cada vez más se empiezan a utilizar otras emulsiones, como las infrarrojas, de color, etc.

3.3. FACTOR METODOLÓGICO.-

No existe ciencia sin "método" o "metodología". El método constituye el "camino", que debe seguir toda ciencia en sus investigaciones y, por lo tanto es un método científico. Dicho de este modo, el método establece la "estrategia", más conveniente a seguir en la tarea de llevar adelante el análisis científico-interpretativo.

Para la Fotointerpretación existen una serie de guías o factores analíticos que, en conjunto, constituyen su particular modo de trabajo, en general, de aplicación común a todas las diversas clases que existen de análisis-Fotointerpretativos, aunque variará su utilidad de acuerdo a las necesidades.

Estas guías, claves o factores analíticos, se enuncian en forma de reglas las cuales son:

GRUPO I. Reglas que se derivan de la propia condición material de las fotografías aéreas, las cuales muestran determinados aspectos de los elementos que las constituyen o integran. Las reglas de este grupo son:

- 1a. TONO.
- 2a. TEXTURA.
- 3a. MICROTECTURA.

GRUPO II. Reglas derivadas de los elementos constitutivos de los objetos, rasgos o fenómenos, que se muestran en las imágenes teledetectadas, reflejadas de la superficie terrestre, como:

- 4a. FORMA
- 5a. TAMAÑO
- 6a. SOMBRA
- 7a. TIPO O MODELO DE CONFIGURACION
- 8a. RELACIONES CON OBJETOS O RASGOS ASOCIADOS
- 9a. MICRORASGOS NO TOPOGRAFICOS.

GRUPO III. Reglas derivadas de la Topografía, tal y como se muestran en las fotografías, a la que corresponde:

- 10a. FORMAS TOPOGRAFICAS CONSTITUTIVAS DEL RELIEVE TERRESTRE
- 11a. MICRORASGOS TOPOGRAFICOS O MICROTOPOGRAFIA
- 12a. LUGAR, SITIO O EMPLAZAMIENTO
- 13a. POSICION O GRADIENTE
- 14a. RUPTURA DE PENDIENTE TOPOGRAFICA
- 15a. ALINEACIONES O RASGOS ALINEADOS

GRUPO IV.- Reglas derivadas de los caracteres fisiográficos y geomorfológicos de los rasgos naturales de la superficie terrestre teledetectada (documentos gráficos logrados a distancia, desde lejos, mediante la medida de fuentes de energía diversa, y no solamente de la constituida por la luz, como la energía térmica, además,) por sus imágenes registradas en los correspondientes documentos gráficos, como:

- 16a. DRENAJE Ó AVENAMIENTO
- 17a. EROSION CONTINENTAL.
- 18a. ANOMALIAS FISIOGRAFICAS Y GEOMORFOLOGICAS

GRUPO V. Reglas derivadas de la correlación roca - suelo - vegetación, es decir, del proceso originado por el decimamiento de la roca madre, generadora -- de suelos que ostentan una vegetación natural o silvestre, o bien, las dedican a una vegetación cultivada o agricultura, como :

- 19a. RASGOS O FENOMENOS EDAFOLOGICOS
- 20a. VEGETACION NATURAL O SILVESTRE.
- 21a. AGRICULTURA
- 22a. ANOMALIAS VEGETALES O BOTANICAS.

Todas las reglas anteriores deberán ser dominadas por el intérprete y aplicarse conjuntamente, de forma que, según la naturaleza de la Fotointerpretación, se utilizarán las más convenientes. Con la práctica, esta selección de reglas se hará espontáneamente y en forma automática.

A continuación se hará una somera definición de cada regla.-

1a. TONO.- Son las variaciones distinguibles de matiz entre blanco y negro, o sea, posee tonalidades de gris en fotografía en blanco y negro y un gran número de variaciones en fotografías a color.-

Los tonos de gris corresponden a los colores naturales de los objetos o rasgos de la Tierra reproducidos por sus imágenes teledetectadas, resultando más claros aquellos que reflejan mayor cantidad de luz, variando esto según una serie -- de factores que se refieren; desde la incidencia de los rayos luminosos hasta la clase de la superficie que los refleja.-

Con relación a los colores naturales que tiene los objetos que constituyen la superficie terrestre, se les denomina TONOS ABSOLUTOS; y los que integran los diversos matices del gris, se llaman TONOS RELATIVOS. De este modo, a cada color natural corresponderá o corresponderán uno o varios tonos de grises, de manera que por la identidad de éstos se conocerá la de aquellos.-

Esta regla es muy importante, pues de las fotografías aéreas que se reproducen por procedimientos fotográficos, son la mayoría, en tonos grises, no sólo la superficie terrestre, sino también la marina, de manera que la aplicación atinada de esta guía factible a todo género de interpretación, es de sumo provecho.-

2a. TEXTURA.- Es la apariencia presentada en las imágenes teledetectadas por conjuntos de rasgos demasiado pequeños para individualmente distintos. Estos rasgos pueden estar constituidos por los granos de arena en los desiertos, o por las briznas de hierba en las praderas; aislados, estos rasgos son indetectables, por muy grande que sea la escala de la fotografía, pero todos juntos originan una "apariencia" concreta, que es típica para muchas clases de fenómenos de rasgos o de objetos, cuya naturaleza permite identificar e interpretar.-

De este modo, las rocas tendrán, según sus clases, diferentes texturas, -
sucediendo lo mismo con los suelos, cultivos, bosques, etc., las hojas de los ár-
boles, según sus especies, darán lugar a texturas determinadas, y lo mismo suce-
derá con el lavado superficial, que denotará la clase de roca que lava, etc., Es-
tas diferencias de texturas, sirven principalmente, para el trazado de los lími-
tes entre unas y otras unidades, ya sean de suelos, rocas, plantas, de rasgos cul-
turales o humanos.-

La TEXTURA, como el FONDO, son claves analíticas que nunca faltan en las -
fotografías, aéreas, ya que son elementos constitutivos de las mismas.-

3a. MICROTTEXTURA.-

Esta regla se relaciona con la textura de las imágenes de los documentos -
teledetectados y, con ella, constituye solamente una gradación de la misma.-

En efecto, en las imágenes aparecen multitud de rasgos u objeto ultradimi-
nutos, que constituyen todos juntos una microtextura, diferente de la mega textu-
ra, integrada por multitud de rasgos u objetos pero notan pequeños.-

La microtextura, como la textura, constituye una guía para la identifica -
ción o interpretación de determinados rasgos naturales o artificiales que los i -
dentifique.

4a. FORMA.- El factor constituido por la "Forma", es decir, por la figura ex -
terna de los objetos o rasgos que se reproducen por sus imágenes en las fotogra -
fías aéreas, es el que más directamente puede emplearse, pues en la vida ordina -
ria inclusive, es por su forma como reconocemos a los objetos que nos rodean. Tam -
bién es el factor que tiene mayor independencia entre todos los del sistema, por -
lo que puede ampliarse aislado, o sea, sin tener en cuenta a todos los restantes.

Aunque la "forma" que los objetos y rasgos muestran en las fotografías aéreas - principalmente verticales, lo mismo que en otros documentos teledetectados, no es la que suele observarse en la vida corriente, por ser solamente de planta, - con un poco de práctica se habitúa el observador a reconocer dichos objetos y - rasgos con la misma facilidad que lo hace ordinariamente. En efecto, un edifi - cio, por ejemplo; lo vemos en planta en tales documentos mientras que de hecho - solo lo vemos por su fachada principalmente en la vida diaria. Y lo mismo ocurre con las aglomeraciones humanas, desde ciudades a ranchos, los cuales aparecen en las imágenes teledetectadas en forma de planos.-

Al analizarse la "forma" de los rasgos y objetos, hay que distinguir en éstos -- según sean "naturales" o "culturales", pues esta clave los define perfectamente a unos y a otros. Lo s primeros son los que existen libremente en la naturaleza y los segundos son los que se deben a la mano humana o actividad del hombre. Su principal característica consiste en ser los naturales desordenados en mayor o menor grado, mientras que los culturales son regulares y ordenados. Buena prueba de los naturales la constituye en relieve y el drenaje - si bien éste puede ser ordenado desde un punto de vista diferente, del que más adelante se tratará - y de los humanos, las ciudades mismas, las carreteras ferrocarriles, canales, -- etc.-

5a. TAMANO.- Equivale, el tamaño de un objeto o rasgo a su "dimensión", ya -- sea ésta lineal o longitudinal, superficial o de la latitud, o voluminosa o de - profundidad en el espacio tridimensional, tal y como se observa en los estereo - gramas.-

El reconocimiento de los objetos por su tamaño, se hace por comparación de unos con otros, especialmente en fotointerpretación, ya que todos y cada uno de ta -- les rasgos u objetos, por lo que a su tamaño se refiere, estáⁿ condicionados por la escala del documento teledetectado que los contiene. Así, pues la identidad - de un objeto en la realidad, la apreciación de su tamaño, sirve como pauta para - su identificación en la fotografía aérea, sujetando esta determinación a la co - rrespondiente escala, hasta tal punto, que por ella, por la escala, es posible -

identificar los rasgos y objetos, sin duda alguna, del mismo modo que el tamaño de dichos rasgos servirá para determinar la escala, también sin titubeos. Es -- decir, que al observar un objeto conocido en la realidad, por su imagen tele-- detectada, ya sea una obra de ingeniería-edificio, planta industrial, ferrocarril, etc.- o cualquier otro rasgo cultural, se puede determinar con gran aproximación la escala de la imagen. Cuando se trata de rasgos naturales, resulta tal aproximación menos exacta, ya que estos rasgos no tienen un tamaño determinado en la naturaleza o pudiendo todos ellos ser-corrientes de agua, afloramientos de rocas, etc.- de grande o de pequeño tamaño, por lo que su tamaño no sirve -- para precisar la escala, salvo en casos extremos. Por el contrario, en los rasgos naturales, es necesario conocer previamente la escala de imagen. para determinar su tamaño.-

6a. SOMBRA.- La proyección oscura que un cuerpo lanza en el espacio, en dirección opuesta a aquella por donde vienen los rayos luminosos, se denomina sombra. Esta clave es también importante por dos razones, una positiva y otra -- negativa.-

LA POSITIVA CONSISTE EN LA POSIBILIDAD DE IDENTIFICAR LOS OBJETOS O RASGOS mediante el contorno o perfil de los mismos, observando en la sombra que producen la segunda, se deriva del hecho de que los objetos y rasgos que se localizan dentro de un área de sombra, reflejan la luz tan débilmente, que resultan imposibles de reconocer.-

Las "Sombras". son mínimas; por lo que a la superficie terrestre se refiere y tal y como se refleja en los documentos teledetectados, cuando el sol se encuentra en cenit, en cuyo caso, tal ausencia de sombras o, su presencia en mínima proporción, hace que las imágenes se denominen "plantas", por acusar muy poco el relieve. Por el contrario, poco después de salir y poco antes de ponerse el sol, es cuando se producen las sombras más largas, oscureciéndose en el más alto grado los rasgos sobre los que cae.

Las buenas imágenes teledetectadas deben obtenerse en momentos en que las sombras no sean máximas ni mínimas, pues las primeras ocultan el paisaje aéreo -- y las segundas eliminan el efecto que producen como contrastantes del relieve que las origina. Las mejores horas son aquellas en que las sombras, por su poca dimensión todavía, no ocultan rasgos completos e importantes, y sin embargo determinan y acentúan el relieve. Estas horas, a media mañana o a media tarde, tienen que señalarse teniendo en cuenta la latitud, la estación, la luminosidad y otros factores que influyen decisivamente sobre la calidad de las imágenes.-

En ciertas ocasiones, en que tratándose de aéreas planas o de poco relieve, se quiere exagerar éste para su observación, la solución consiste en tomar las imágenes fotográficas al salir o cuando se pone el sol. en cuyos momentos los rayos de éste son rasantes y agudizan extraordinariamente las menores irregularidades del terreno.-

Por lo que respecta a los rasgos culturales o humanos, la sombra es una de las claves más utilizadas, pues delata la naturaleza de los mismos de forma indubitable. Así, una fotografía aérea tomada con el sol muy alto, no acusará la forma del objeto más que en planta; pero si se toma con rayos oblicuos acentuados se podrán distinguir los templos, por la sombra de sus torres; las plantas solo industriales, por la de sus chimeneas - que en la fotografía sin sombra solo -- se mostrarán con un pequeño círculo difícil de identificar y fácil de confundir con otros correspondientes a tanques u objetos similares- los puentes y su clase, etc. Esta clave se usa mucho en interpretaciones de carácter militar, pues denuncia la existencia de enmascaramiento en determinadas obras, carentes de volumen y, por tanto, de sombra.-

7a. TIPO O MODELO DE CONFIGURACION.- Este factor analítico puede, por sí solo, facilitar la identificación no ya de un objeto o rasgos aislados, sino de todos los que integran un documento teledetectado. Se le define como "la distribución en el espacio, más o menos ordenadamente, de los elementos que se reproducen en las imágenes teledetectadas".

De hecho, esta clave es la primera que se usa de un modo espontáneo al observar ~~de~~ fotografías aéreas, inclusive antes del verdadero análisis y como paso previo y necesario para emprender éste. Determinará rápida e indubitablemente el carácter dominante en el área estudiada, según sea rural o urbana, y en el primer caso, si se trata de zona desértica o con vegetación natural o bien con agricultura; en el segundo caso, si el urbanismo es incipiente o desarrollado, si se refiere a zonas industriales, residenciales, o comerciales y de servicios etc.-

El modelo de configuración, acusa en las imágenes correspondientes a zonas urbanas, si son de pequeñas aglomeraciones, la presencia de una plaza central o "zócalo", de un templo, de un edificio municipal; en zonas rurales, también como ejemplo, si se trata de cultivo irrigables, la presencia de canales y de acequias derivadas de ellos; en zonas industriales, la existencia de grandes depósitos y de ramales de vías ferroviarias y, a veces, de colonias para los obreros, con su aspecto típico todo. En zonas portuarias, la presencia de navíos de todas clases y de facilidades para el manejo de mercancías, acusarán la naturaleza de la misma.-

Esta clave no se aplica en detalle y sí sólo como visión panorámica aérea, de conjunto, con el propósito de clasificar mentalmente la configuración asociada de todas las imágenes, en el menor tiempo posible.-

8a. RELACIONES CON OBJETOS O RASGOS ASOCIADOS.- Ocurre con frecuencia que existen rasgos u objetos desprovistos de características que los hagan reconocibles por el observador, bien por carácter de ellos en la realidad o bien por mostrarse en las imágenes que de los mismos pueden observarse en las fotografías aéreas.-

En tales ocasiones, ante la imposibilidad de establecer directamente la identidad de un objeto o rasgo, se hace necesario relacionarlos con otros cuya naturaleza se conozca bien, para indirectamente descifrarlos. Estos rasgos asociados, pueden encontrarse en la misma imagen fotográfica aérea o en otra contigua por lo que a veces sea preciso analizar varias.

De este modo, rasgos que aparecen corresponden imprecisamente a una acequia - de riego, se comprobarán plenamente al llegarse al río del cual toma su caudal; LA IDENTIDAD DE UN EDIFICIO CONSTRUIDO SOBRE O AL LADO DE UN curso voluminoso de agua, determinará su condición de molino movido por fuerza hidráulica, etc.-

Esta clave es de muy valioso uso en las interpretaciones de carácter militar, - pues denuncia la presencia de emplazamiento de armamento oculto o de movimientos recientes de hombres o de máquinas, simplemente por las huellas que unos - y otras dejan en el terreno, aunque no se vea a nadie, o bien por la presencia de sendas bien marcadas que parten de un punto en el que nada se observa y terminan en otro punto semejantes, por encontrarse ambos perfectamente camuflados, ocultamiento que no alcanza a la vereda que necesariamente los une.-

9a. MICRORRASGOS NO TOPOGRAFICOS.- Consisten estos rasgos de naturaleza no --- topográfica, en objetos que aparecen en las imágenes teledetectadas y que resulta difícil identificar.-

Son muy variados, y pueden corresponder a multitud de fenómenos y de actividades, ^{70 d} unas veces naturaleza y otras artificiales. Entre éstas pueden señalarse los que corresponden a actividades de los animales, desde insectos, a grandes mamíferos como bisontes, en América, o elefantes, en África.

Igualmente se incluyen en este grupo, los rasgos que representan diversas actividades agrícolas en distintas partes del mundo, sobre todo en el momento de recogerse las cosechas, cuya identificación lleva a la del producto agrícola que los motiva.-

Otros muchos microrrasgos, corresponden a fenómenos naturales, como huella de glaciación o correspondientes a suelos permanentemente congelados.-

10a. FORMAS TOPOGRAFICAS CONSTITUTIVAS DEL RELIEVE TERRESTRE.- Se denominan -- "formas topográficas" las particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial. Todas las formas topográficas tienen relieve, por pequeño que sea, pues no hay ninguna, en toda la superficie de la Tierra, sin él, de -- forma que el "relieve terrestre" y "formas topográficas", pueden considerarse como expresiones sinónimas.

El principal mérito de las "formas topográficas" como factor analítico clave de la Fotointerpretación, reside en la posibilidad de establecer a través de la Fotointerpretación, La Fisiografía, la Geomorfología, la Geología, la Geohidrología, la Edafología, la Zoogeografía, la Fitogeografía, la Climatología, la Geografía económica, etc.-

El valor de esta clave se encuentra acentuado por el hecho de que las lentes del Estereoscopio aumenta el relieve natural, lo que facilita extraordinariamente su análisis.-

11a. MICRORASGOS TOPOGRAFICOS O MICROTOPOGRAFIA. Se definen como "rasgos relativa o excesivamente pequeño, con definidas expresiones topográficas, relacionados genéticamente con las formas terrestres, sobre las cuales tienen lugar repetidamente".

Estos rasgos se suelen clasificar como de 4^o orden, en relación con los de 1^o, 2^o y 3, que corresponden a las formas topográficas objeto de estudio de la regla anterior.-

Corresponden estos microrasgos, unas veces al drenaje y otros a la Orografía a la vegetación, a los afloramientos de rocas o a condiciones de subsuelo, - etc. Tales rasgos caracterizan las rocas extrusivas, las calizas, las asociaciones vegetales y hasta las especies botánicas aisladas, citados como ejemplos.-

12a. LUGAR, SITIO O EMPLAZAMIENTO. El lugar en que se encuentra un objeto o rasgo suele caracterizarlo hasta tal punto que es segura clave para su identificación o interpretación. Sucede esto, porque la mayor parte de los objetos - y rasgos de la superficie terrestre están supeditados y condicionados por el medio en que se localizan, lo que se observa fácilmente en Fotogeología, Fotoedafología, Fotosilvicultura, Fotogeografía y Fotoingeniería, entre otras.-

Por el lugar en que se encuentran, los sitios se clasifican en altos y bajos, secos y húmedos, etc., clave de gran importancia para el análisis de rasgos - naturales y culturales. Además, muchas especies vegetales se clasifican fácilmente por el lugar, sitio o emplazamiento en que crecen. tal es el caso de las que se desarrollan en los pantanos, en las llanuras o márgenes de los ríos, etc.-

13a. POSICION O GRADIENTE. El gradiente de un terreno es la posición inclinada en que éste se encuentra, con referencia a un plano horizontal; característica que revela su condición, ya que cualquiera que sea su naturaleza deberá acomodarse a tal gradiente.-

Así, puede observarse que ciertos rasgos culturales, como un canal o un ferrocarril, exigen para poder ser construidos un máximo determinado de Gradiente y, del mismo modo, lo necesitan en grado mínimo, que varía según su clase. El Gradiente denotará la verdadera identidad de muchos rasgos naturales o culturales.-

El grado de consolidación de las rocas se logra mediante la apreciación de su gradiente que, desde este punto de vista pueden clasificarse en rocas consolidadas, semi-consolidadas y sin consolidar; igualmente puede clasificarse el drenaje por su Gradiente, desde una torrentera a una gran río; y los suelos y los cultivos, estarán también sujetos al Gradiente que les es peculiar a cada uno de ellos.-

Esta clave es de uso general, pues no existe una sola porción de la superficie terrestre sin algún Gradiente, es decir, absolutamente horizontal. El Gradiente, así, constituye el equilibrio de los componentes de dicha superficie, el cual se rompe en ocasiones, para volver a restablecerse tan pronto se recupere la "pendiente de equilibrio" o "ángulo de reposo", que permite que el Gradiente se mantenga, el cual varía según las rocas, grado de erosión, climas, etc.-

14a. RUPTURA DE PENDIENTE. Se denominan "Ruptura de Pendiente", a los accidentes que rompen las pendientes regulares, como escarpas de terraza, bordes de meseta, etc., Esta clave es muy importante en Fotoingeniería, ya que sirve para adoptar muchas obras públicas como carreteras, ferrocarriles y canales.-

Las rupturas de pendientes pueden deberse a causas litológicas, tectónicas, erosivas, etc., las ocasionadas por la litología son las más abundantes, y se deben a la constitución diferente de las distintas rocas; débiles unas y duras otras. Entre las originadas tectónicamente, destacan las fallas y los pliegues; y finalmente, las ocasionadas por la erosión suelen identificarse por la presencia de dos niveles, cada uno de los cuales es el producto de un largo período de desgaste erosional, por lo que se denominan "cíclicas" a estas rupturas de pendiente.-

15a. ALINEACIONES O RASGOS ALINEADOS. Las alineaciones a que nos referiremos son a las originadas por la mano del hombre, como las que se deben a los agentes naturales. Ambas son de una gran importancia en la tarea de identificar o interpretar los rasgos, objetos y fenómenos que se producen sobre la superficie terrestre.-

Los rasgos más regulares corresponden a los rasgos culturales, y los más irregulares a los naturales. Las alineaciones naturales se les suele definir como "rasgos naturales alineados", consistentes en alineaciones topográficas, en las que se incluyen segmentos rectos de drenaje, de vegetación o de tonos de suelos, claramente visibles en las fotografías, que puedan tener expresión continua o discontinua a lo largo de grandes distancias. Muchos de estos rasgos, y de ablt la importancia de esta regla, son sólo visibles en dicha clase de documentos, -- siendo imposible de detectarlos en el terreno.-

Estas "alineaciones" pueden ser motivadas.

1. Por rasgos topográficos lineales, como crestas o trincheras.
2. Por configuraciones lineales de vegetación .
3. Por c onfiguraciones lineales de color o textura del suelo.
4. Por fallas y posibles fracturas, muchas veces acentuadas por el escurrimien_ to a las que se ajusta.-
5. Por sistemas de juntas o diaclasa.

Otras muchas causas pueden originar rasgos alineados, tales como diques lgneos - o diferencias de humedad en el subsuelo, etc.-

Todas las alineaciones denotarán, por lo tanto, las causas que las motivó y, en consecuencia, servirán para identificar o, en su caso, interpretar el rasgo.-

Por lo que respecta a los rasgos alineados culturales o humanos, son mucho más fáciles de registrar debido a su regularidad, destacando entre ellos los correspondientes a obras públicas de comunicación, u obras de irrigación además de las construcciones.-

16a. DRENAJE O AVENAMIENTO. Es la regla más importante por lo que respecta al análisis de los rasgos naturales reflejados en las fotografías. El "drenaje" o escurrimiento superficial es un fenómeno que se ajusta a varios factores, como son: la Litología, la Tectónica, la Estratigrafía y el Clima, principalmente, tipificada por una configuración muy especial, como los arroyos, ríos, etc. los cuales "escurrirán" por la parte más baja y más blanda.-

El "drenaje" se puede definir como "la manera en que una área dispone del agua que escurre sobre ella" y sus configuraciones dependen, como ya se mencionó, de las características del suelo o rocas, o en su defecto, de varios materiales conjuntados.-

Las configuraciones del "drenaje" están controladas por tres elementos físicos: la Litología, la estructura y las zonas o líneas de debilidad. Estos elementos sirven de base para la construcción de un sistema de configuraciones del drenaje. Estas configuraciones son:

- a). Configuración ordenada o regular.-
- b). Configuración desordenada o irregular
- c). Tipos especiales de drenaje.-

17a. EROSION CONTINENTAL Y EROSION DE SUELOS. Es el fenómeno por el cual las rocas constitutivas de la superficie terrestre, se encuentran constantemente atacadas por una serie de agentes físicos y químicos que las modelan y que varían para cada tipo de roca y clima, tales como: la homogeneidad, la cohesión y el tamaño de los granos, además la permeabilidad y solubilidad de la misma.

Por lo anterior, cada clase de roca tiene una forma particular de erosionarse, originando inclusive algunas de ellas formas por las que son fácilmente identificables.-

La erosión debe ser considerada, no sólo la producida por la corriente superficial, sino también la originada por las olas, corrientes submarinas y mareas, el viento y los glaciares. De igual manera, se considerará la erosión, para clave fotointerpretativa, sus procesos de agradación y degradación, no importando que pertenezcan a fenómenos epigénicos o hipogénicos.-

18a. ANOMALIAS FISIOGRAFICAS.- Se refiere a aquellos accidentes anómalos que rompen el cuadro general y previsible del paisaje normal en sus diversos tipos y aspectos. Se les denominan "anomalías", a estos accidentes y se les califica la ciencia que describe la superficie de la Tierra en que tales anomalías se localizan y por corresponder a las formas terrestres y a su historia.-

Estas "anomalías Fisiográficas" pueden ser como: cambios bruscos e inesperados de erosión o drenaje; repetición anormal de determinados rasgos que suelen presentarse aislados; agudeza en alto grado de los efectos de cualquier fenómeno que se produzca sobre la superficie terrestre, y como tales merecen particular atención, ya que suelen ser la clave de rasgos o fenómenos poco comunes, "anómalos".

19.a RASGOS O FENOMENOS EDAFOLOGICOS. Los "suelos" como productos directos del decaimiento de las rocas que los originan "rocas madres". pueden analizarse perfectamente en las fotografías, con el fin: no sólo de establecer su uso actual o real, sino preveer su uso futuro con vistas a mayor producción.-

Como es natural, la base fotointerpretativa reside en la correlación natural existente entre suelo y roca madre, o bien, entre roca madre y suelo residual generado por ella, de forma tal, que conocido uno de ellos pueda identificarse el otro.-

Para el análisis de los suelos todas las reglas son de aplicación general, desde el tono, la textura, la microtextura, la configuración, el gradiente, el drenaje, etc., y según sean estos factores, así serán los suelos, referidos a zonas regionales solamente y a determinado tipo de clima, es decir, - que las correlaciones deberán supeditarse principalmente al factor climático y reducirse a áreas no muy grandes.-

20a. VEGETACION NATURAL O SILVESTRE.- La vegetación sirve de inestimable guía para la determinación, no sólo de los suelos que la soportan, sino también a las rocas que dieron lugar a ellos, constituyendo así, la "vegetación silvestre el tercer término de la correlación"roca-suelo-vegetación".

Esta regla pone de manifiesto el carácter interdisciplinario de la función fotointerpretativa, ya que el uso de esta sola regla exige del fotointérprete determinados conocimientos de Geología, Botánica y Edafológica, sin los cuales resulta imposible o muy defectuosa su aplicación.-

Como la vegetación está tan relacionada con la existencia del agua, no solamente corriente, sino también subterránea, por ella se hace posible la localización de ésta.-

21a. AGRICULTURA. Los cultivos denotan, como la vegetación natural, no sólo los suelos sino también la roca madre. Por medio de las fotografías a muy grande escala (1: 3 350 000, obtenidas por las cámaras de los satélites artificiales), se pueden localizar zonas agrícolas, debido a su configuración regular, diferenciándolas de las no cultivadas, así como la delimitación de parcelas o predios.-

Estos análisis facilitan el planeamiento futuro del uso del suelo o su "usopotencial", de la forma más rápida y económica posible.-

22a. ANOMALIAS VEGETALES O BOTANICAS. Estas, se refieren al fenómeno de desarrollarse determinadas plantas en sólo determinados tipos de suelos, de un modo exclusivo y, a veces, con eliminación de todas las demás.-

Por lo anterior, las plantas anómalas se han calificado "plantas índice" porque ellas denotan la presencia de determinadas sustancias en el suelo o subsuelo a la que son afines, mientras resulta tóxica para las demás plantas. Estos fenómenos, que pueden registrarse en las fotografías sobre todo cuando son a color y de escala conveniente para tal análisis; es de suma importancia en la localización de yacimientos mineros, puesto que la mayoría de los minerales generan plantas que los delantan.-

Un ejemplo clásico de este tipo de vegetación, es el que se desarrolla exclusivamente sobre los domos salinos almacenantes de petróleo y gas. En ellos, el gas natural escapa en pequeñas cantidades que termina con la vegetación y sólo se salvan aquellas que se adaptan a él. Por esta razón no suelen prosperar los cultivos en los suelos donde existen domos salinos.

Ante la imposibilidad de que una sola persona domine todas las ciencias necesarias para la correcta utilización de las reglas de la Fotointerpretación, se ha hecho necesaria la presencia de profesionistas que dominen cada una de ellas, teniendo como relación entre sí, el conocimiento de la técnica Fotointerpretativa. De esta manera, y para las distintas cartas, la interpretación de las fotografías será hecha por el profesionista indicado, que llene las necesidades que requiera la Carta, asegurando así, un buen trabajo y por ende, buenos resultados.-

Lo anterior, da como resultado el valor intrínseco de la Cartografía, ya que la información dada tendrá solamente bases científicas, contando además con toda la información necesaria para un palneamiento productivo a posterioridad a un nivel Nacional, que es al fin y al cabo, el objeto de la elaboración de la cartografía.-

Dentro de la Ingeniería Civil, es de gran utilidad la Cartografía ya que - nos facilita la localización de caminos, vías férreas, nos presenta una ex celente panorama de la construcción urbana facilitando su planeamiento, - además de su drenaje; en el anteproyecto de obras de captación se pueden - analizar a un mismo tiempo varias cuencas, etc.-

*A lo último mencionado, presentaremos el procedimiento de análisis, denominado "ANTEPROYECTO DE UNA PRESA", el cual hasta que no haya verificado con-reconocimiento *in situ*, se tomará en cuenta como tal.*

"ANTEPROYECTOS DE UNA PRESA".

1. INFORMACION OBTENIDA DE LAS CARTAS.

El objetivo primordial de esta parte del trabajo consiste en confrontar la información requerida por el anteproyecto mismo, a través de sus diversas fases, con la que DETEVAL proporciona través de todos sus productos, como son: cartas topográficas, de climas, geológica, del uso del suelo, edafológicas y de uso potencial, además de información adicional tales como la constituida por fotomapas, mosaicos rectificadas, ampliaciones de población, gráficas de variabilidad de la precipitación, información sobre puntos geodésicos, topográficos, informes de campo y laboratorio, cartas urbanas e información relativa a suelos, de acuerdo con la clasificación FAO - UNESCO (modificado por DETEVAL en 1975), referida al sistema Unificado de clasificación de suelos (SICS), en lo que puede ser de utilidad para derivar características de los suelos en conexión con el aspecto de su utilización en proyectos de obras de ingeniería Civil.

Para tal efecto, se ha elaborado una tabla donde se indican los requisitos de información necesarios para el proyecto en las fases de planeación, proyecto y construcción, basados en el Manual de pequeños almacenamientos, editados por SIRH, que establece con el suficiente detalle la metodología a seguir en el proyecto de presas para pequeña irrigación.

La simbología indicada en la tabla trata de representar el nivel general y las alternativas con las que se puede obtener y manejar la información, DETEVAL.

0. Información directa.

0. Información Auxiliar Directa.

Información inferida.

Información directa significa que toda la información requerida para el proyecto se puede obtener directamente de la aportada por DETEVAL.

En el segundo caso existe una demanda de información que no se puede obtener directamente de las cartas o material adicional, sino que se deberá determinar por una serie de correlaciones entre la información disponible. En el caso, la información pedida es de carácter especial y solo podrá inferirse a una cierto nivel, que, por lo común, demandará investigación adicional.

En el segundo caso existe una demanda de información que no se puede obtener directamente de las cartas o material adicional, sino que se deberá determinar por una serie de correlaciones entre la información disponible. En el tercer caso, la información pedida es de carácter especial y solo podrá inferirse a un cierto nivel, que, por lo común, demandará investigación adicional.

1. 1. LOCALIZACIÓN.

Como ilustración objetiva procederemos a realizar el proyecto de la presa denominada La cañada, municipio de Villa del Marqués, Querétaro.

Dicha zona se localiza en base a la serie de cartas:

F 14 - C - 55	F 14 - C - 56
F 14 - C - 65	F 14 - C - 66

El estudio abarca un área aproximada de 2 100 Km², localizada entre los paralelos 20° 30' y 21° 00' de latitud norte y entre los meridianos 100° 00' y 100° 30' al oeste de Greenwich.

La ciudad de Querétaro es el centro urbano de más importancia comprendida dentro de la zona, y entre las boquillas probables y la ciudad de Querétaro se encuentran ubicados los poblados de Villa Cayetano Rubio y Villa del Marqués, poblaciones a las que se beneficiaría directamente con la creación de esta obra hidráulica.

1. 2. TOPOGRAFÍA.

1. 2. 1. POBLACION.

Dentro de la zona quedan comprendidas las cabeceras municipales, poblados y rancherías .

La ciudad de Querétaro, Villa del Marqués, Villa Cayetano Rubio, La Griega, Santa María Ticomán, La Noria, El Refugio, Saldarriaga, Jesús María, Cerritos Colorado, Nogales, La Zorra, El Lobo, Peña Colorada, Vista Hermosa, Puerta de Enmedio, Alfajayucan, San Miguel, Atongo, González, Blanco, San Rafael, Santa Cruz, Dolores, San Vicente Ferrer, Santa María Vegaña, Hacienda Chichimequillas, Tierra Blanca, El Pilar, Los Vega, Santa María de los Baños, Matanzas, La Laborcilla, Los Trigos, La Joya, El Saucillo, Carboneras, Amazcala.

1. 2. 2. Almacenamientos:

Además se localizan los siguientes almacenamientos:

Presa del Carmen, Presa de Kayas, Bordo La Trinidad, El Tepozan, El Huizache, El Carrizal, El Colorado, San Joaquín, La Cuadrilla, Santa Teresa, Santa María, Los Sauces, San José, Bordo Chueco, (Bordo Chueco de Atongo), y el Refugio.

1. 2. 3. Vías de Comunicación.

Carreteras.

Sobre este particular, se cuenta con la autopista México - Querétaro, además, todos los poblados más importantes cuentan con caminos pavimentados y de terracería transitables en todo tiempo, así también, existe una gran cantidad de brechas y veredas.

Ferrocarriles.

En este aspecto quedan comprendidos los tramos México - Querétaro y México - San Luis Potosí.

Aeropuertos.

La Ciudad de Querétaro cuenta con un aeropuerto incipiente y de poco alcance.

1. 2. 4. Orografía.

En este renglón, al Norte de la zona en cuestión se encuentra la sierra Querétarana, donde predominan pendientes de más del 20% y la parte baja de la zona es muy plana, ideal para los cultivos.

1. 3. GEOLOGÍA SUPERFICIAL.

De las Cartas geológicas correspondientes a la zona se obtuvo la siguiente clasificación de la capa superficial de la cuenca.

CLASIFICACION GEOLOGICA SUPERFICIAL DE LA ZONA			
ROCAS	FAMILIA	SIEMBLO	AREA (Km2)
ROCAS IGNEAS 61.64 %	Extrusiva Acida	lgea	92.6635
	Riolita	R	244.6662
	Extrusiva Básica	lgeb	80.5654
	Basalto	B	63.2589
	Toba	T	31.9018
	Brecha Volcánica	bv	1.2503
ROCAS SEDIAMENTARIAS 6.60 %	Arenisca-Conglomerado	an-cg	43.3280
	Conglomerado	Cg	1.0646
SUELOS 31.76 %	Residual	re	4.9889
	Aluvial	al	208.2274
	lacustre	la	0.2480

1.- 4. CLIMA.

Según la carta de climas 14 Q-111, y de acuerdo a la clasificación climática Köppen modificada por E. García en 1964 para adaptarla a las condiciones particulares de la República Mexicana, se distinguen dos tipos de climas en la zona, siendo:

En la parte norte de la cuenca se tiene un clima seco o estepario con un cociente de precipitación y temperatura mayor de 22.9; generalmente es templado con verano cálido; temperatura media anual de 16.70 C, siendo la del mes más frío entre - 3 C y 18 C, y la del mes más caliente mayor de 18 C; posee poca oscilación anual de temperatura media mensual, variando de 5 C a 7 C; se tiene un régimen de lluvias de verano, siendo por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco, con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la total anual, con una precipitación.

media anual de 482.4 mm. El diagrama correspondiente presenta una distribución de lluvia asimétrica, parcialmente concentrada en el periodo de junio a septiembre.

La Parte sur de la cuenca posee casi las mismas características, pero su temperatura media anual aumenta a 17.2 °C, con una oscilación extrema que se encuentra entre 7 °C y 14 °C; posee el mismo régimen de lluvias pero con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 5 de la anual, teniendo una precipitación media anual de 500.00 mm. Su diagrama presenta también una distribución de lluvia asimétrica parcialmente concentrada entre los meses de mayo a septiembre.

1. 5. HIDROGRAFIA.

En las cartas topográficas observamos que dentro de las corrientes principales de agua superficial comprendidas dentro de la zona en estudio se encuentran el Río Querétaro, con una longitud aproximada de 12.8 Km, el cual se encuentra unido al Río Chicimequillas, con una longitud aproximada de 12.9 Km, y como arroyos principales: Arroyo Pinal del Amorano, con 16 Km de longitud, Arroyo Grande, con 13.5 Km, Arroyo Agua Gorda, con 11 Km, Arroyo Los Angeles, con 7 Km, aproximadamente.

Como se ve, la longitud de las corrientes es bastante grande, además son, en general, corrientes de orden uno y dos, lo que denota claramente la topografía de la cuenca, dando como resultado una red de drenaje deficiente.

Respecto a los aprovechamientos existentes en la cuenca, destacan por su tamaño: Presa del Carmen, Bordo San José, El Colorado, La Trinidad, Santa María, Jesús María, El Carrizal, San Carlos, La Providencia, San Ramón, Guadalupe.

1. 6. ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

Esta zona es netamente agrícola, con una incipiente mecanización en el trabajo de la tierra, donde, casi totalmente, la población se dedica a las actividades primarias, principalmente en el campo de la agricultura, excepción de la Ciudad de Querétaro, donde se desarrollan actividades económicas del sector primario, secundario y terciario. En algunas otras poblaciones como Villa Cayetano Rubio y Villa del Marqués, también se realizan actividades secundarias.

1. 7. POBLACIONES Y ASPECTOS SOCIALES.

Para formarnos una idea objetiva de las condiciones sociales y de servicios que se encuentra la zona en estudio, tomaremos en consideración la siguiente tabla.

En cuanto a servicios, de la tabla anterior podemos concluir:

Con respecto a la educación, es una zona pobrísima, con un nivel cultural muy bajo, ya que en su mayoría, pequeños pueblos no cuentan ni con primaria completa, teniendo un promedio de estudios hasta el tercer año.

En comunicaciones, solamente la ciudad de Querétaro cuenta con correo, telégrafo, teléfono, radio-comunicación, radiodifusora y televisión, y solo otros poblados cuentan con correo y teléfono, pero en su mayoría únicamente cuentan con comunicación terrestre.

El abastecimiento de agua en la zona tiene como fuente principal a los pozos, y es almacenada en tanques elevados ó cajas, forma que es aceptable en cuanto a la limpieza e higiene del líquido, la distribución se realiza utilizando la fuerza animal y humana, para lo cual muchos habitantes deben recorrer grandes distancias para proveerse del vital líquido.

Existe casi una total carencia de drenaje, ya que solo la ciudad de Querétaro, Villa del Marqués y Villa Cayetano Rubio cuentan con emisora, y algunas otras comunidades con fosas sépticas, pero en general, se carece de este servicio.

Por último, más del 40 % de las comunidades no tienen luz eléctrica, un 85 % carece de servicio de rastro y cementerio y un 95 % no tiene ningún servicio asistencial.

Esta zona se ubica en una de las partes más céntricas y de mayor importancia agrícola del país, actividad que hasta ahora ha sido el sostén de México, y es de preocupar el hecho de que contando con una excelente red de vías de comunicación, adolezca de tantos servicios, reduciéndola a una área descuidada en cuanto a planeación y organización en todos sus niveles. Esta zona es de fácil acceso y, tomando en consideración la topografía del país, podemos formular una opinión, aunque con ciertas reservas, de la realidad por la que actualmente atravieza nuestra nación.

1. 8. USO ACTUAL DEL SUELO.

Las partes bajas y planas del área en estudio se utilizan en la actividad primaria de la agricultura de riego y temporal.

La agricultura de riego ocupa una superficie de 3775 Has y la de temporal 15 725 Has, haciendo un total en dicha actividad de 19500 Has.

Con respecto al pastizal, este abarca un área de 3760 has, en tanto que al pastizal incluido corresponden 325 has, dándose un total de 4 085 Has,

Los bosques cubren una superficie de 1070 Has, y se localizan en su totalidad en la parte norte de la cuenca.

Las construcciones ocupan una superficie aproximada de 708.75 Has y las vías de comunicación 496.3 has.

El resto del área, ó sea 41 335.65 Has se encuentra cubierta por asociaciones especiales de vegetación, entre las que destacan: Matorral Subinerme - Nopalera - Cardonal - (Ils - No - Ca), Matorral subinerme - Nopalera - Pastizal Natural (Ils - no - Pn), Matorral espinoso - Pastizal natural Nopalera (Ils - Pn - No).

Para una mejor visualización del uso actual del suelo, se presenta la siguiente tabla.

De la siguiente tabla se indican las áreas que ocupan las unidades de suelos de acuerdo a la clasificación F.O-ALVESCO, tomadas de la Carta Edafológica.

GRUPOS DE SUELOS.		
UNIDAD	SUBGRUPO	AREA (Km ²)
LUVISOL (V)	PLUICO (Vp)	130.387
LITOSOL (I)	-----	133.271
PLUOSOL (H)	LUVICO (H)	146.655
	PLUICO (Hh)	178.612
FLUVISOL (F)	FLUVICO (Fe)	6.438
YEBRISOL (Yh)	PLUICO (Yh)	21.789

USO ACTUAL DEL SUELO.	
ACTIVIDAD.	AREA (Km ²)
AGRICULTURA DE RIEGO.	37.7500
AGRICULTURA DE TEMPORAL.	157.2500
PASTIZAL NATURAL.	72.6000
PASTIZAL INDUCIDO.	3.2500
BOSQUE NATURAL.	10.9000
ASOCIACIONES ESPECIALES DE VEGETACION, AREAS INCLITAS Y DESNUDAS.	413.3565
CONSTRUCCIONES.	7.0875
VIAS DE COMUNICACION.	4.9630

1.9. USO POTENCIAL.

En la tabla que a continuación se muestra, se señala la clasificación agroológica, según las clasificaciones FAO - UNESCO de la zona en estudio, para lo cual se hizo uso de la carta de Uso Potencial elaborada por DETENAL.

CLASIFICACION AGROLOGICA DE LOS SUELOS.		
CLASE	USO RECOMENDABLE.	AREA (Km ²)
I.	AGRICULTURA - MUY INTENSA.	49.3096
II.	AGRICULTURA - INTENSA	1.6282
III.	AGRICULTURA - MODERADA .	64.2705
IV.	AGRICULTURA - LIMITADA.	180.3856
V.	AGRICULTURA y/o SILVICULTURA - INTENSA.	-----
VI.	PRATICULTURA y/o SILVICULTURA - MODERADA.	75.5091
VII.	PRATICULTURA y/o SILVICULTURA - LIMITADA.	183.9903
VIII.	VIDA SILVESTRE.	167.0637

Las características generales de las diferentes unidades de suelo

NO- UNISECO, comprendidas dentro de la zona en estudio son:

VERISOL, suelo de textura pesada que desarrolla grietas profundas en algún período la mayoría de los años (excepto si está irrigado), tiene microrrelieve de tipo "gilgai" o presenta facetas de fricción ó agregados estructurales en forma de cuña o de paralelepípedo. Tiene un alto nivel natural de fertilidad, el cual, cuando su explotación es intensiva, debe mantenerse a través de fertilización.

LITOSOL, Suelo limitado a profundidad por una roca continua, dura y coherente dentro de 25 cm. de profundidad. Bajo clima húmedo y subhúmedo, los litosoles asociados con otros suelos se utilizan en cultivos arbóreos como el café y los cítricos, en climas semiáridos se cultivan diferentes tipos de magueyes y en áreas reducidas nopales, ó bien se aprovechan para el pastoreo extensivo después de las lluvias (terrenos de agostadero). En general, bajo en cualquier clima se explota la vegetación natural existente.

PHIPOZE₁₁ **LUVICO,** tiene un horizonte B argilívico con una saturación de bases igual ó superior a 35% en por lo menos su porción inferior. Un horizonte B argilívico es aquel que contiene una capa fluvial de arcillas reticuladas y se forma bajo un horizonte elevial, pero puede encontrarse en la superficie cuando el suelo está truncado en forma parcial.

PHIPOZE₁₁ **HAPLICO,** Posiblemente tiene un horizonte B cámbico, que es un horizonte alterado que alcanza por lo menos 25 cm. de profundidad; tiene texturas de arena migajosa muy fina, más estructura de suelo que de roca y algunos minerales fácilmente alterables por el intemperismo.

Los phaeozem, son suelos con una elevada fertilidad natural y un buen régimen de humedad, proporcionada por las lluvias durante el período vegetativo de los cultivos, que, aunque muy variados, son predominantemente: el maíz, los cereales de grano pequeño, la soya y los pastos. La aplicación de cal y fertilizantes en pequeñas dosis incrementar en forma importante su productividad. El mejor uso de estos suelos, cuando están en pendientes, es la fruticultura.

PLUVISOL EUTRICO, tiene un PH (KCl) de 4.2 ó mayor en los 50 cm. superiores del suelo. En condiciones de producción intensiva, responden a la aplicación de fertilizantes, lo que varía sobre todo en función de la clase textural.

YERMISOL HAPLICO, no tiene horizonte B argilúvico; carece de un horizonte cálcico y de un gypsic dentro de 100 cm. de profundidad. La utilización de estos suelos está restringida a la disponibilidad de agua para riego, sin ella, solo puede practicarse el pastoreo en forma restringida, por lo menos que es necesaria la fertilización nitrogenada, complementada con abono orgánico y fósforo. Se cultiva en estos suelos algodón, vid y hortalizas.

2. ANÁLISIS ESTEREOSCÓPICO.

Este análisis solo se llevará a cabo en la porción de la cuenca donde se localizará la boquilla, la cual se ubicará sobre el Río Querétaro, apoyados en la carta topográfica, que nos proporciona una extensa visión del área.

Este punto es de gran importancia en el anteproyecto de una obra de aprovechamiento, ya que nos reducirá la zona por estudiar en la localización de la boquilla, proporcionándonos varias alternativas, de las que, dependiendo de los estudios geológicos que se realicen y del estudio hidrológico completo, podremos deducir su ubicación definitiva.

Para efectuar el análisis estereoscópico, nos valdremos del material fotográfico con que cuenta D.E.F.N.A.L., que en este caso es:

Fotografías en blanco y negro escala. 1:25,000.

ZONA 12 B LÍNEA 32 FOTOGRAFÍAS 12-18.

Zona 12 B LÍNEA 31 FOTOGRAFÍAS 6-13.

ZONA 12 B LÍNEA 29 FOTOGRAFÍAS 58-53.

Las boquillas probables se localizarán en la parte más estrecha del vaso y de la cuenca, donde también se localizará el eje de la obra.

Si partir de la boquilla se denomina aguas arriba a la parte donde la cortina recibirá el agua y aguas abajo a la dirección opuesta.

La boquilla o boquillas probables se marcarán en la fotografía en que se localice y posteriormente se verificará con las marcadas en la carta topográfica por detalle.

3. ANTEPROYECTO.

CONOCIMIENTOS GENERALES.

Presas.

Considerando que la apertura de nuevas zonas a la explotación agrícola y ganadera, conjuntamente con el urgente incremento en la demanda y generación de energía eléctrica, marcan pasos agigantados en el progreso nacional, la técnica de la fotointerpretación nos permite obtener la siguiente información de una manera veraz y expedita:

- Suelos aptos para agricultura intensiva.
- Zonas de necesario control pluvial.
- Zonas de inundación.
- Erosión y asolves.
- Ubicación geológica y topográfica de la cortina.
- Geología y tipos de suelos del vaso.
- Estudios general en la cuenca de captación.
- Vegetación.

Localización de boquillas (método estereoscópico).

La localización de una boquilla para un baso de almacenamiento por medio de fotointerpretación requiere del análisis detallado y cuidadoso de una serie de elementos manifiestos en las fotografías aéreas y su correlación con el medio ambiente natural, así como de la interpretación de datos obtenidos en los planos topográficos, geológicos, etc., que existan de la región en estudio.

La localización de boquillas por medio del análisis estereoscópico, es efectuada bajo las siguientes condiciones:

- 1.- Observación global de los pares estereoscópicos de las corrientes hidráulicas de carácter permanente.
- 2.- Detección de los sitios que sobre las corrientes permanentes caractericen un estrechamiento natural. En caso de que estos sitios reúnan las características topográficas requeridas para la ubicación de la cortina es conveniente marcar su localización en la carta o plano correspondiente, con objeto de tener una idea más amplia de la zona de estudio.

Análisis de cada boquilla para determinar su uso:

El uso a que ha de destinarse cada presa, está en función de las características particulares de cada boquilla y de las necesidades de la zona cercana a la presa, particularmente de la zona ubicada aguas abajo de ésta.

En base a los requerimientos fijados por DETERNHL para cada tipo de presa, se hacen las siguientes proposiciones:

Presas para irrigación: La proposición de este tipo de presas, estará justificada con la existencia aguas abajo de una superficie mínima de terreno de 50 has. susceptible de mejorar su capacidad agrícola con la aplicación de riego en su cultivo.

La distancia a la zona susceptible de riego, deberá ser económicamente redituable, en relación con la magnitud del almacenamiento, para lo cual DETERNHL ha fijado para almacenamientos de 500 000 m³, una distancia máxima de 5 km entre la obra y la zona por regar.

Presas para generación de electricidad. Las boquillas que se propongan para fines de generación de electricidad, serán aquellas en las que exista un desnivel mínimo de 20 m. de caída hidráulica. En algunos casos dicho desnivel podrá ser menor dependiendo del régimen de la corriente y de la capacidad de almacenamiento.

Para la proposición de este tipo de obras, es necesario tener en cuenta que la generación de energía se hace en forma costosa cuando las variaciones de energía hidráulica son mínimas, lo que se logra cuando la variación de los niveles que determinan la carga hidráulica son menores de 5 metros, perdiendo esto último de que se tenga un almacenamiento de gran capacidad o una corriente perenne.

Presas para control de avenidas. Aquellas que se localicen aguas arriba de poblaciones o zonas agrícolas sujetas a inundaciones, serán susceptibles de aprovecharse para este tipo de presas, siempre y cuando contribuyan en forma significativa a disminuir o evitar las inundaciones.

Almacenamientos para abastecimientos de agua. En las fotografías aéreas se localizan aquellas boquillas que estén cerca de las poblaciones que carezcan de servicio de agua para uso doméstico y en posibilidades de abastecerse por otra fuente.

Presas para control de azolves. En los pares estereoscópicos se detectan las zonas erosionadas o susceptibles de erosión que puedan ser contribuyentes de azolves a las presas proyectadas o ya construidas, por lo cual se proponen este tipo de presas, en los afluentes o sobre la misma corriente aguas arriba de la zona a proteger.

3. 1. UBICACION DE LA CUENCA.

Por medio del análisis visual de las corrientes de aguas superficial, se eligió el sitio probable de embalse, procediéndose entonces a marcar el parteaguas correspondiente a la cuenca de aportación; posteriormente se trasladó a las cartas geológicas, edafológicas, de uso del suelo, de uso potencial y de climas.

3. 2. CARACTERISTICAS DE LA CUENCA.

Una vez hecho lo anterior se procedió a estudiar en las diferentes cartas las características generales de la cuenca, encontrándose que: dentro de la misma se encuentran localizadas aproximadamente 70 poblaciones, rancharías y caseríos, 40 almacenamientos; además es atravesada por varios tramos de carreteras, pavimentadas y de terracería, brechas así como de algunas vías ferroviarias; contiene además parte de la sierra querétana y su clima es seco o estepario. Se observa también sobre la cuenta la isoyeta correspondiente a una precipitación media anual de 500mm.

3. 3. CARACTERISTICAS DEL VASO Y LA BOQUILLA.

Seleccionado el lugar sobre la carta topográfica, se realizó la visión estereoscópica del mismo en fotografías aéreas en blanco y negro escala 1:25000, con el fin de fijar la posible altura de anteproyectos de la cortina, la cual se tomó en.

donde el estrechamiento de la garganta presenta una forma casi circular. En seguida se transportaron los puntos que definen el eje de la confluencia a la carta topográfica, ajustándose, para facilidad de las mediciones del vaso, a la curva de nivel 1370. Con esto se procedió a trazar en las cartas restantes la configuración del vaso, su capacidad, áreas de inundación y materiales correspondientes. Las cifras correspondientes a estos datos se presentan en las siguientes tablas:

CARACTERÍSTICAS DEL VASO Y LA BOQUILLA.	
NO. DE LA CORRIENTE.	Río Quetzaro.
COORDENADAS DE LA BOQUILLA.	Latitud Norte 20° 37' Longitud Oeste 100° 19' Altura sobre el nivel del mar: 1370
MOBILIDADES MÁS CERCANAS.	Villa del Marqués, Quetzaro.
ALTIMETRIA DE LA CORTINA DEL VASO EN EL 1970	hc = 31 m.
LONGITUD APROMADA DE LA CORTINA (COMA)	Lc = 42 m.
USO DEL SUELO EN EL VASO.	
AGRICULTURA PERMANENTE.	11.9150 Km ²
AGRICULTURA TEMPORAL.	4.0000 Km ²
ASOCIACIONES ESPECIALES DE VEGETACION.	0.8225 Km ²
CLASIFICACION F.O.-UNESCO EN EL VASO.	
VERTISOL FELICO	13.7025 Km ²
LITOSOL	2.9850 Km ²
PHLEOZEM LUMICO	0.0600 Km ²

3.4. GEOLOGIA.

De la interpretación conjunta de la carta geológica y fotos estereoscópicas, se observó la existencia, en porciones cercanas de la zona de inundación del vaso, de rocas ígneas extrusivas básicas,

Como tobas, suelos aluviales y arenisca conglomerado en la parte alta.

En la zona del cauce se observa que predominan los suelos aluviales y las tobas; estas últimas en pequeñas cantidades.

En la margen izquierda nuevamente se observan focas igneas extrusivas, en cantidades muy, pequeñas, y suelos aluviales.

Las áreas correspondientes a cada tipo de roca y suelo en el vaso, se están en la siguiente tabla:

GEOLOGIA DEL VASO.	
TIPO	AREA (Km ²)
ROCA IGNEA EXTRUSIVA BASICA.	0.6425.
TIOBA.	0.1800.
ARENISCA - CONGLOMERADO.	0.9250.
SUELO ALUVIAL.	15.0000.

3.5. CASCADOS HIDRÁULICOS.

3.5.1. VOLUMEN MEDIO ANUAL ESCURRIDO.

El volumen medio anual escurrido (V. E.) se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$V. E. = A. C. Pm.$$

donde: n = Área de la cuenca,

C = Coeficiente de escurrimiento.

Pm = Precipitación media anual.

Procediendo las precipitaciones medias anuales de las dos estaciones existentes dentro de la cuenca (482.4 mm y 500.0 mm) hemos obtenido una precipitación media anual de 491.2mm.

El valor de la precipitación media anual que se tomará en cuenta para el cálculo del volumen medio anual escuadrado, será el de la isoyeta que atraviesa la cuenca, o sea; P= 500 mm.

APROVECHAMIENTO EXISTENTES DENTRO DE LA CUENCA.

No.	NOMBRE	CAPACIDAD TOTAL BENEFICIO.	
		EN MILES DE m ³	EN Ha.
1	Bondo Jesús María.....	600 aprox.	144.
2	San José del Marquez (San Vicente).....	360 aprox.	Abrevadero
3	La Luz.....	25 aprox.	
4	Santa María.....	950.	100
5	El Garabullo.....	50. aprox.	
6	El Refugio.....	101.....	75
7	San Javier.....	200 aprox.	
8	Las palmas.....	50 aprox.	
9	El Carrizal.....	930.....	300
10	El Huizache.....	100 aprox.	
11	El Tepozan.....	100 aprox.	
12	La trinidad.....	200 aprox.	
13	La Presita del Rto.....	35.....	
14	San Rafael Chichimequillas.....	66.8.....	Abrevadero
15	Bondo Chueco de Atongo.....	400.....	
16	Presa de Kayas.....	Azolvas.	
17	El Carmen.....	5,140.....	
18	San Joaquín.....	589.....	230
19	Santa Teresa.....	258.....	100
20	La Cuadrilla.....	324.....	108.
21	El Jaral.....	190.....	
22	El Borrego.....	10 aprox.	
23	El Arcenal.....		
24	San Cristobal.....	500.....	35
25	San Carlos la Providencia.....	970.....	220
26	San Ramón.....	1800.....	216
27	San Antonio.....	367.....	300
28	San José.....	400.....	130
29	Guadalupe.....	800.....	200
30	El Gato.....	325.....	46
31	La Gotita.....		

NO.	NOMBRE	CAPACIDAD EN MILES DE M ³	TOTAL BENEFICIO EN Ha.
32	La Machorra.....	395	... 200
33	Sordo Colorado.....	1,130	... 186
34	Sordo Blanco.....		...
35	El Venado.....	75 Aprox	...
36	Sordo Chueco.....		...

TOTAL 17,440.800 miles de M³

3. 5. 1. 1. Área de la Cuenca.

El área de la cuenca se obtuvo directamente de la carta topográfica, y sus características generales ya se han mencionado con anterioridad; dicha superficie es de 672. 157 Km² y es la que se tomará en cuenta para el cálculo del volumen medio anual escurrido.

3. 5. 1. 2. Coeficiente de escurrimiento.

Método de promedios.

USO DEL SUELO.	AREA. Km ²	
Asociaciones especiales de vegetación,		
áreas incultas y desnudas.....	413. 357	----- 61.6
Cultivos.....	195.000	----- 29.0
Pastizales.....	40. 850	----- 6.0
Losque.....	10. 900	----- 1.0
Cascos y Zonas con edificación.....	7. 087	----- 1.0
Caminos, incluyendo derechos de vía.....	4. 963	----- 0.8
<u>TOTAL. 672. 157</u>		----- 100.0%

Utilizando la tabla del método de promedios teremos:

CULTIVO.	PASTO.	BOSQUE.	A/S CULTIVO.
1. Por área de la cuenca.	5% 5% .	5% 5% .	5% 5% .
2. Por Precipitación.	0% 30% .	0% 30% .	0% 30% .
3. Por vegetación	1% 30% .	5% 20% .	25% 50% .
<hr/>			
	SUMA Cc 6% 65% .	10% 55% .	30% 85% .
	PROMEDIO 11. 833.	10. 833	19. 166.
	PORCIENTO. 33. 000 .	1.600	63. 800 .
	Cc. % 4. 140.	0. 173	12. 228.
	C. 16.541 %		

Por lo tanto, el volumen medio anual escurrido, cuya expresión es $V. E. - A. C. Pm$, será:

$$V. E. - A. C. Pm = 672. 157 \text{ Km}^2 \cdot 0. 16541 \cdot 500 \text{ mm.}$$

$$V. E. - 55, 590. 74469 \text{ miles de m}^3.$$

3. 5. 2. CAPACIDAD ÚTIL.

La capacidad útil (C. U.) la podemos deducir con respecto al volumen medio anual escurrido mediante la siguiente expresión:

$$C. U. = 0. 875(V. E.)$$

$$C. U. = 0. 875 (55, 590. 74469).$$

$$C. U. = 48, 641. 9016 \text{ miles de m}^3$$

La capacidad de azolves también puede encontrarse con respecto al volumen medio anual escurrido y la expresión que la define es:

$$C. Az = 0. 0375 (V. E.)$$

$$C. Az = 2, 084. 652926 \text{ miles de m}^3$$

La Capacidad total (C. T.) del almacenamiento lo calculamos sumando las

Capacidades anteriores, por lo tanto:

$$C. I. - C. U. \times C. A. Z.$$

$$C. T. \triangleq 48,641.9016 \times 2,084. 652926.$$

$$C. T. - 50,726.554526 \text{ miles de } M^3.$$

Descontando las Capacidades totales de los almacenamientos que se localizan dentro de la cuenca, Procedemos a calcular el area neta (A.N.); (La información de las capacidades totales de los almacenamientos se tomó de la existente en la S. n. R.H.).

$$A. N. - \frac{(50,726.554526 - 17,440.8) (672.157 \text{ Km}^2)}{50,726.554526.}$$

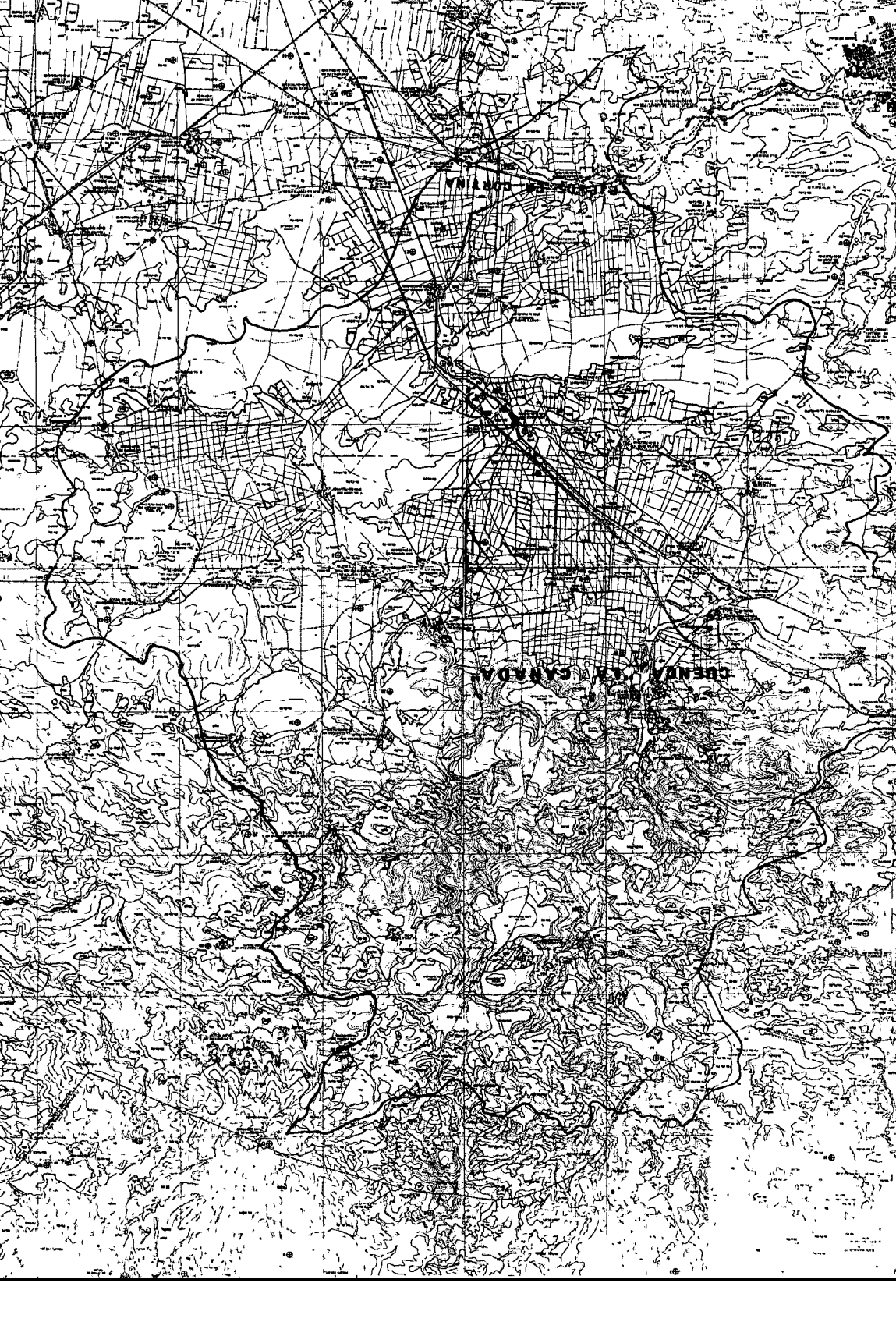
$$A. N. - 441.056 \text{ Km}^2$$

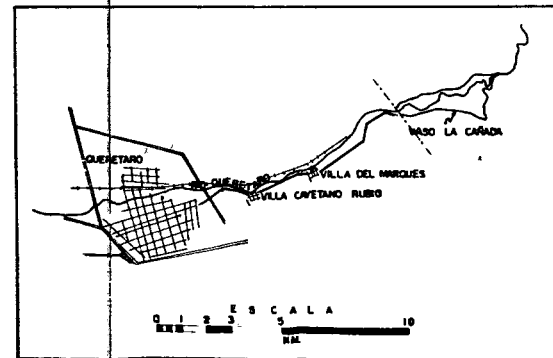
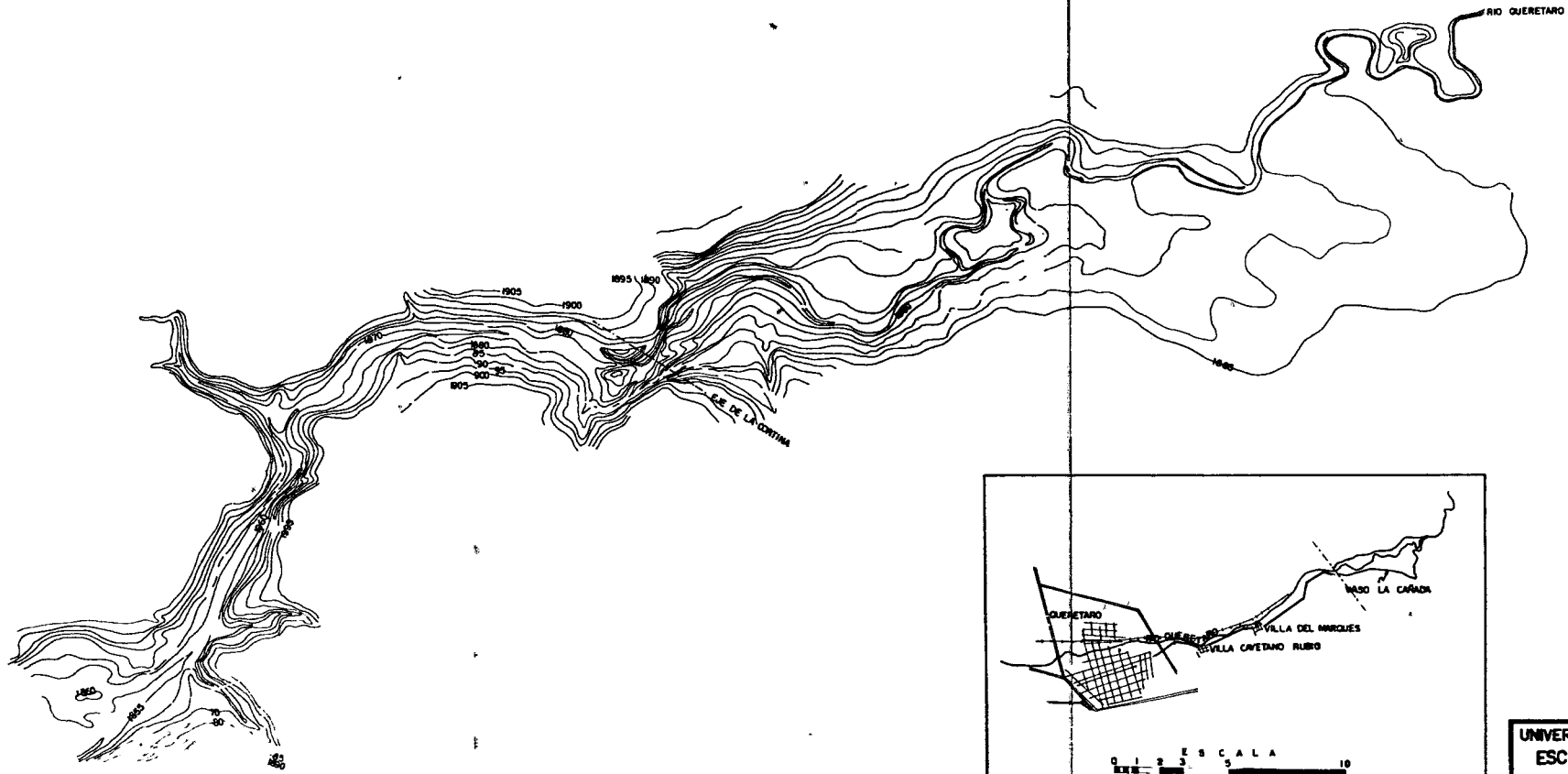
3. 5. 3. SUPERFICIE PROBABLE DE RIEGO.

Para definir la superficie aproximada que pueda beneficiarse con el anteproyecto, supondremos que cada hectarea de tierra requiere anualmente un volumen promedio de 7,000 M^3 de agua, tratándose de varios cultivos, y en caso de monocultivos pueden ser necesarios un promedio de 8,000 M^3 de agua; de aquí que al dividir la capacidad útil entre un valor promedio de 7,500 M^3 /Ha, se llega a obtener la superficie probable de riego.

$$\begin{aligned} \text{Sup. Prob. de riego.} & - \frac{\text{Capacidad útil.}}{\text{Coeficiente de riego promedio.}} \\ & - \frac{488\ 641, 901. 6 \text{ } M^3}{7,500 \text{ } M^3 / \text{Ha.}} \end{aligned}$$

$$\text{Sup. Prob. de riego.} - 6,485.58. \text{ Ha.}$$





LOCALIZACION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TESIS PROFESIONAL
 ANTEPROYECTO DE UNA PRESA
VASO LA CAÑADA
 RIO QUERETARO
 GERARDO TAPIA MARTINEZ
 NOE URIBE DE LEON
 PASANTES GENERACION 73-77

CONCLUSIONES.

La realización de esta obra para fines de riego no se justifica debido a que, por su localización, desemboca a la cabecera municipal de Villa del Marquez, Querétaro, y no hay la suficiente área agrícola para su aprovechamiento.

Una utilidad que podría encontrarse, si se realizase esta obra, sería la regularización de las fuertes avenidas que, casi año con año, se representan en la Ciudad de Querétaro, y además poblaciones localizadas a lo largo de la corriente, evitando así las inundaciones y perjuicios que de las mismas se derivan en dichas zonas.

Sin duda, el mayor beneficio que se obtendría al retener estas aguas, sería la recarga de los mantos acuíferos subterráneos de la ciudad de Querétaro, Villa del Marquez y Villa Capetano Rubio, dando así un margen de seguridad en la explotación del agua para fines de uso doméstico a lo largo de esta zona.

La construcción de la Presa La Coñada afectaría la línea de ferrocarril en el tramo de Griega-Querétaro, cuyo trazo y construcción debería modificarse, además de la superficie, eminentemente agrícola, que inundará el vaso.

Sopesados y analizados más profundamente los pros y contras expuestos anteriormente, se podrá tomar la determinación final para llevar a cabo, o no, el proyecto definitivo y, en su oportunidad, la construcción de dicha obra.

Como juicio acertado a lo expuesto a lo largo de nuestro trabajo de tesis, sugerimos que dentro de la carrera de Ingeniero Civil impartida en la Escuela de Ingeniería de la U. A. Q. se establezcan cursos sistemáticos específicos que hagan hincapié en los siguientes aspectos fundamentales:

Geodesia y fotogrametría elemental, a fin de proporcionar al estudiante los conocimientos mínimos necesarios para el entendimiento de la composición geométrica de las fotografías aéreas, así como para su disponibilidad de hacer mediciones cuantitativas de las mismas.

Fotointerpretación básica y aplicada, con el objeto de que el estudiante entienda y comprenda la concepción de las imágenes aerofotográficas y las metodologías de interpretación que de ellas se derivan.

En base a dichos cursos se obtendrá la preparación necesaria en la aplicación de las técnicas modernas de evaluación de recursos, en la utilización de la cartografía como elemento base, para la realización de estudios y proyectos, especialmente los relacionados con la Ingeniería Civil.

BIBLIOGRAFIA.

Personal Técnico de DETENAL.

Información escrita por DETENAL.

INTRODUCCION A LA GEODESIA.

Ing. Manuel Medina Peralta.
Editorial Limusa.

CURSO ELEMENTAL DE GEODESIA.

Ing. Tomás Ramón del Moral.
Imprenta de García Torres.

TECNICA DE LA GEODESIA.

Ing. Pablo C. Sánchez.
Otra de texto en el Colegio Militar. México 1912.

GEODESIA ELEMENTAL.

Ing. Ricardo Toscano Barragán.
Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología.

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTO GEOMETRICO.
S. C. O. P.

TESIS PROFESIONALES.

NOTAS QUE DEBEN REGIR LOS LEVANTAMIENTOS TERRESTRES
EN LOS PAIS A GRAN ESCALA.

Sarbelio Benvides Martínez.
Universidad del Salvador.

LA FOTOINTERPRETACION EN LA INGENIERIA CIVIL.

Ramón Tomás Amieva Flores.
Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial.

GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA Y FOTOINTERPRETACION

Inq. Juan B. Puig de la Parra.

Impreso en Lito Juventud.

MEMORIAS DEL IV CONGRESO NACIONAL DE FOTOINTERPRETACION,

FOTOGRAFIA Y GEOEST. Mayo de 1976.

TOPOGRAFIA.

Inq. Miguel Montes de Oca.

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

TOPOGRAFIA.

J. A. Sandover,

Editorial C. E. C. S. A.

TRATADOS GENERAL DE TOPOGRAFIA

Jordan.

PEQUEÑOS ALMACENAMIENTOS.

editado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

México, 1975

APUNTES DE LA MATERIA "HIDROLOGIA" CORRESPONDIENTE AL VII SEMESTRE DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL. U. A. Q.

APUNTES DE LA MATERIA "OBRAS HIDRAULICAS" CORRESPONDIENTE AL VIII SEMESTRE DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL. U. A. Q.