



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA**

**“EL USO DEL GPS EN RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y DE
LAS POLIGONALES DE REFERENCIAS EN EL PROYECTO DE
CARRETERAS.”**

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de

INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA

Presenta:

ELPIDIO CRUZ FUENTES

Director de Tesis:

ING. JOSÉ BENITO GÓMEZ DAZA



2011

A3- I N T R O D U C I O N..... 5

A4- C A P I T U L O I

GENERALIDADES SOBRE F O T O G R A M E T R I A.

I.1	DEFINICION DE FOTOGRAMETRIA	8
I.2	FOTOGRAFIAS AEREAS	12
I.3	ESCALA DE VUELO	16
I.4	ALTURA DE VUELO	19
I.5	INFLUENCIA DEL TERRENO	20

A5- C A P I T U L O II

GENERALIDADES SOBRE EL USO DEL GPS EN FOTOGRAMETRIA

II.1	USO DEL GPS	21
II.2	TECNICAS DE MEDICION	23
II.3	TECNICAS APLICADAS A LA FOTOGRAMETRIA	24

A6- C A P I T U L O III

CONTROL TERRESTRE

III.- 1	CONTROL TERRESTRE EN POLIGONAL DE REFERENCIA PR ..	27
III.-2	TIPOS DE CONTROL TERRESTRE	29
III.-3	METODO FOTOGRAMETRICO	31

A7- C A P I T U L O IV

CONCLUSIONES 41

A 8- BIBLIOGRAFÍA46

A3- I N T R O D U C C I O N

Por lo general cuando se recibe por primera vez la enseñanza de las asignaturas Geodesia, Fotogrametría, Fotointerpretación y sus laboratorios, nuestra capacidad por aceptar y comprender sus grandes alcances se queda restringida.

Es en la práctica de la profesión cuando necesitamos aplicar nuestros conocimientos de la Geodesia y Fotogrametría, descubrimos la gran realidad y el alcance que tienen en los diferentes campos del saber humano.

El presente **TRABAJO** no intenta ser un tratado de Geodesia ni Fotogrametría, su objetivo es mostrar en forma gráfica y teórica, la intervención del Ingeniero Topógrafo en el conocimiento de éstas *en las técnicas de levantamientos del apoyo terrestre en sus diferentes aplicaciones al PROYECTO CONSTRUCTIVO DE CARRETERAS.*

Cuando observamos un plano en el cual vemos perfectamente representados todos los detalles de una porción de la superficie terrestre, difícilmente puede concebirse la enorme cantidad de trabajo que requirió la construcción de dicho plano.

En la actualidad cada día las técnicas de elaboración de planos y cartas se han desarrollado rápidamente, agilizando la información optimizada al máximo, empleando para ello las mejores *técnicas* y procedimientos que están a nuestro alcance requeridos para la elaboración de uno y tantos proyectos necesarios en la infraestructura y modernización de carreteras.

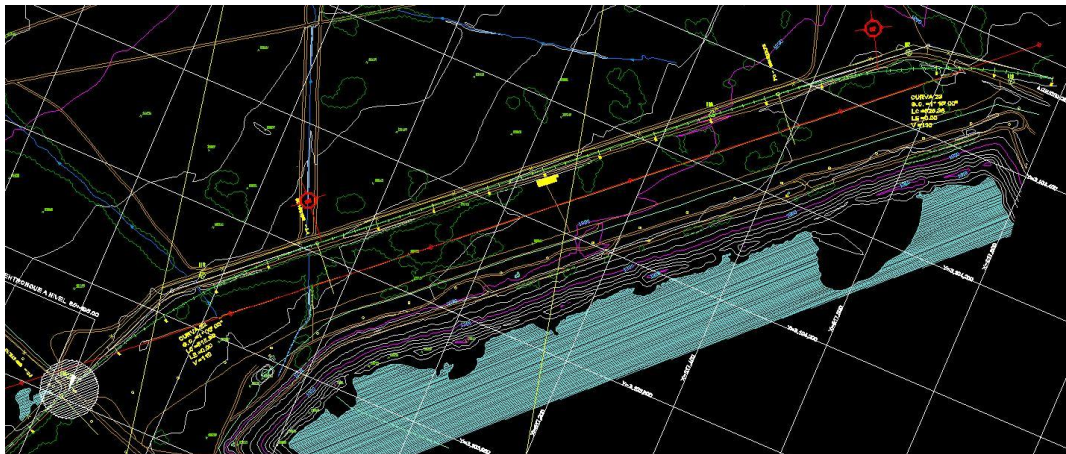
Esta tecnología está siendo utilizada desde 1960 aproximadamente por la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, en los proyectos de carreteras, siendo las dos últimas décadas las de mayor auge en el campo de la tecnología e informática.

Gran parte del lento y costoso trabajo de campo ha sido reemplazado por procesos de Fotogrametría, así mismo, gradualmente ha sido simplificado y mejorado el trabajo debido al desarrollo de modernos equipos de restitución, equipo electrónico de medición tales como Estación Total , Equipo de Medición GPS, software y plotters, han hecho posible la aplicación de técnicas tan avanzadas que unas décadas antes habrían parecido irrealizables.

A su vez el progreso en materia de computación ha permitido el empleo de nuevas técnicas de cálculo tendientes a automatizar las operaciones habituales como son transformación de coordenadas UTM a topográficas, cálculo de alineamiento horizontal , obtención de perfil y secciones de las plantas fotogramétricas y de las cartas topográficas de INEGI, determinación de áreas en las secciones de proyecto y volúmenes de movimiento de material.

Estos son progresos alcanzados para construir: Carreteras, Planos Catastrales, Cartas Geográficas, con suma rapidez, bajo costo y exactitud suficiente .

Imágenes: Red Satelital, Receptor, Estación Total y mapa.



A4- C A P I T U L O I

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

1.1.- DEFINICIÓN DE FOTOGRAMETRÍA

La palabra **fotogrametría** La componen tres vocablos griegos: **PHOTO**, **GRAMA Y METRON**, lo que significa **MEDIDAS GRAFICAS POR MEDIO DE LA LUZ**

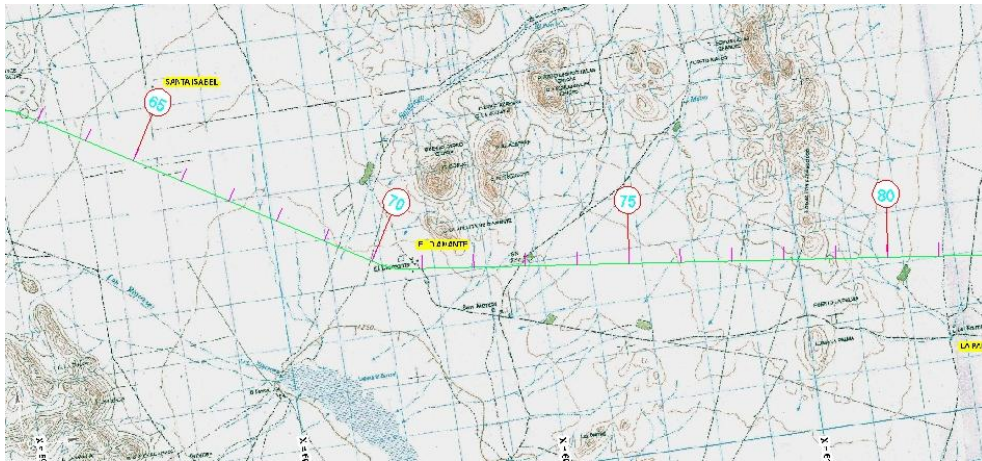
Así tenemos en forma general que la **fotogrametría** es una técnica que tiene por objeto la determinación de la forma y dimensión de los objetos con base en las características métricas de sus perspectivas centrales.

Las perspectivas centrales utilizadas son, en este caso, las fotografías. La fotografía aérea es una presentación fiel del terreno en el momento de la exposición y contiene una gran cantidad de información en las diversas áreas relacionadas con el saber humano. La información que puede extraerse de una fotografía aérea sólo está limitada por la capacidad del individuo para interpretar el contenido de este caudal de información.



A partir de las fotografías aéreas se obtienen mapas topográficos y cartas de recursos naturales. Aunque los mapas pueden elaborarse a partir de levantamientos directos de campo, sin el auxilio de fotografías. Más del 95% de los mapas y cartas se elaboran actualmente con fotografías aéreas. Esta técnica ofrece extraordinarias ventajas cuándo se aplica:

- en la realización de estudios sobre recursos naturales.
- en la programación y proyecto de obras de infraestructura.
- en la planeación racional del desarrollo integral de una zona, región ó país.



La fotogrametría como ciencia auxiliar en el proyecto de carreteras, ha colaborado notablemente en la obtención de datos básicos y estudios en las diferentes etapas de proyecto constructivo de carreteras como son:

Selección de Ruta, Anteproyecto, Proyecto Definitivo y en la etapa Constructiva.

CLASIFICACIÓN de la **fotogrametría**

Fundamentalmente se divide en dos sistemas fotogramétricos

- **fotogrametría** -de una sola imagen
- **fotogrametría** -sobre dos imágenes o estéreo fotogrametría

De acuerdo AL PUNTO DE ESTACION DESDE DONDE SE HICIERON LAS TOMAS FOTOGRAFICAS, se divide en:

- fotogrametría **terrestres**
- fotogrametría **aérea**

Conviene **anotar** que en este trabajo de tesis solo se tratará sobre **E s t e r e o f o t o g r a m e t r í a** AREAS Y VERTICALES, por ser las que directamente se relacionan con el **t r a b a j o de Proyecto Constructivo de Carreteras.**

En este campo nos proporciona las siguientes ventajas, **c o m p a r a d a** con los métodos tradicionales:

1.-Levantamientos rápidos, precisos y económicos.

2.-Ejecución de medidas posteriores sin llegar al terreno.

3.-Trasladada el terreno al gabinete, permitiendo su análisis en condiciones más ventajosas.

4.-Eliminación del trazo de curvas de nivel por medio de interpolación ya que la fotogrametría nos da facilidad de trazar directamente del modelo óptico.

5.-**La variación en la altura de vuelo** permite obtener imágenes con una riqueza de detalles acorde a la finalidad que se persigue . El que obtiene la información en el campo siempre observa a escala 1:1.

Así, partiendo de una investigación a través de fotografías aéreas, se obtiene una **información completa** acerca de la situación geográfica y económica de cada región. Lo que nos permite **planear sobre datos concretos** la clase de carretera conveniente.

I.2 FOTOGRAFÍAS AREAS

La fotografía aérea es la materia prima de la fotogrametría, con ellas se forman modelos en gabinete de la realidad que se requiere planificar, obteniéndose de este modelo todas las características, en forma y dimensión, de las superficies de las zonas de interés, esta información es vaciada en planos, complementada con información adicional obtenida directamente en campo, estas fotografías son tomadas desde una avión.



Para la toma de fotografías aéreas , se utilizan cámaras métricas de eje vertical, con lente gran angular con distorsión máxima de 0.01 mm y distancia focal aproximadamente 152 mm., con formato de 23 x 23 cm ., tipo de objetivo lamgon PL 4.5/150 ., máximo ángulo de la imagen 92 grados., escalas del

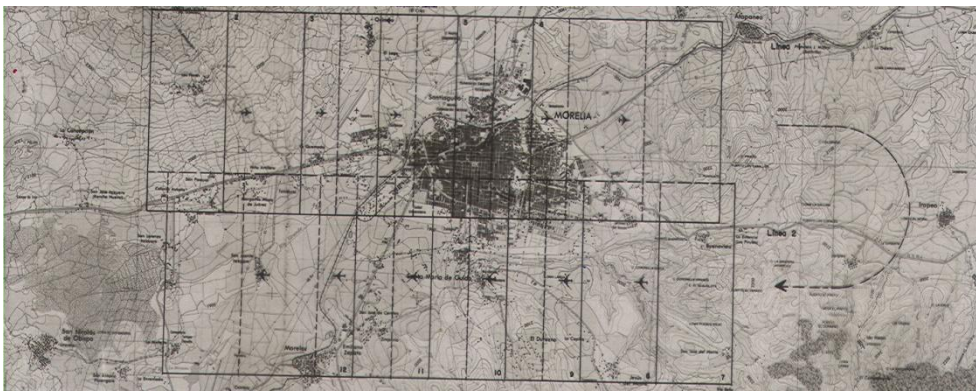
diafragma f 4.5 , 5.6 , 8 ., aplicación en escala pequeña , mediana y para planos orto fotográficos.

Se compone de las siguientes unidades de construcción : suspensión ., cámaras intercambiables., chasis., aparato de mando., La suspensión une la cámara fotogramétrica con la célula del avión y va provista de amortiguadores que sirven para retener molestas vibraciones de la cámara originadas por los grupos propulsores, por la suspensión de la cámara fotogramétrica en el centro de la gravedad., La cámara descansa en un anillo portador giratorio acimutalmente para la graduación de la deriva., para la graduación horizontal de la cámara se puede inclinar la suspensión con tres tornillos de horizontalización según la indicación del nivel esférico sobre la tapa del chasis tanto en dirección del vuelo como también transversalmente con respecto a la misma.



Partes principales de la cámara fotogramétrica: objetivo , filtro, obturador y diafragma., marcas de referencias., para lograr la continuidad estereoscópica , debe existir una sobre posición longitudinal del 60 al 80 % y una sobre posición lateral del 20 al 30 % , dependiendo de la relación altura del terreno altura de vuelo.,

TOMA DE FOTOGRAFIA AREA MARCANDO LOS PORCENTAJES DE SOBREPOSICION



La toma de fotografías aéreas está restringida a dos factores referentes al tiempo, (las condiciones atmosféricas, la estación del año y hora del día conveniente para la toma) ya que por la proyección de sombras, se especifica que las nubes no cubran más del 5% del área por fotografiar y que el ángulo de altura del sol con respecto al horizonte sea mayor a 45 y menor a 75 grados, dependiendo de la topografía del terreno, siendo este rango el ideal. Cuando el terreno es poco plano es conveniente que el ángulo sea un poco menor, porque así las sombras ayudan a observar el relieve. No en cambio cuando el terreno es montañoso en este caso conviene que el ángulo se acerque a 90 grados, para evitar las sombras en las barrancas, las horas en que esto suceda cambiarán naturalmente, según la época del año y latitud del lugar en cuestión.

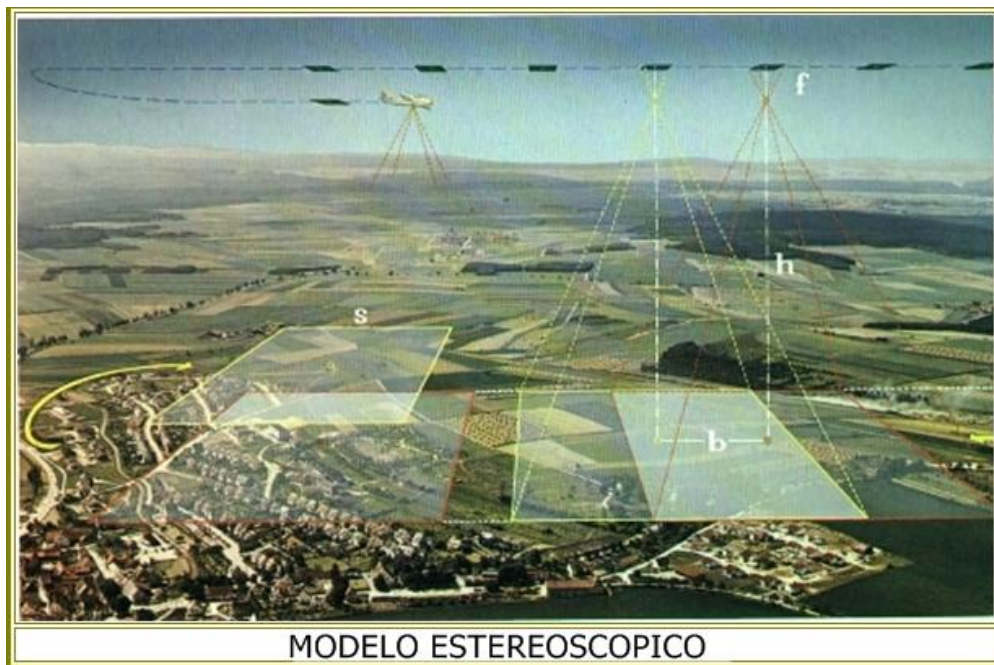
I.3 ESCALA DE VUELO

La fotografía es una **PROYECCION CENTRAL** ya que se forma la imagen fotográfica de un objeto tridimensional sobre un plano, al atravesar por el objetivo los rayos reflejados por los puntos del objeto formando una proyección central.

Al conjunto de rectas que partiendo de los puntos de un objeto convergen al centro de perspectiva se les llama **HAZ DE RAYOS PERSPECTIVOS**.

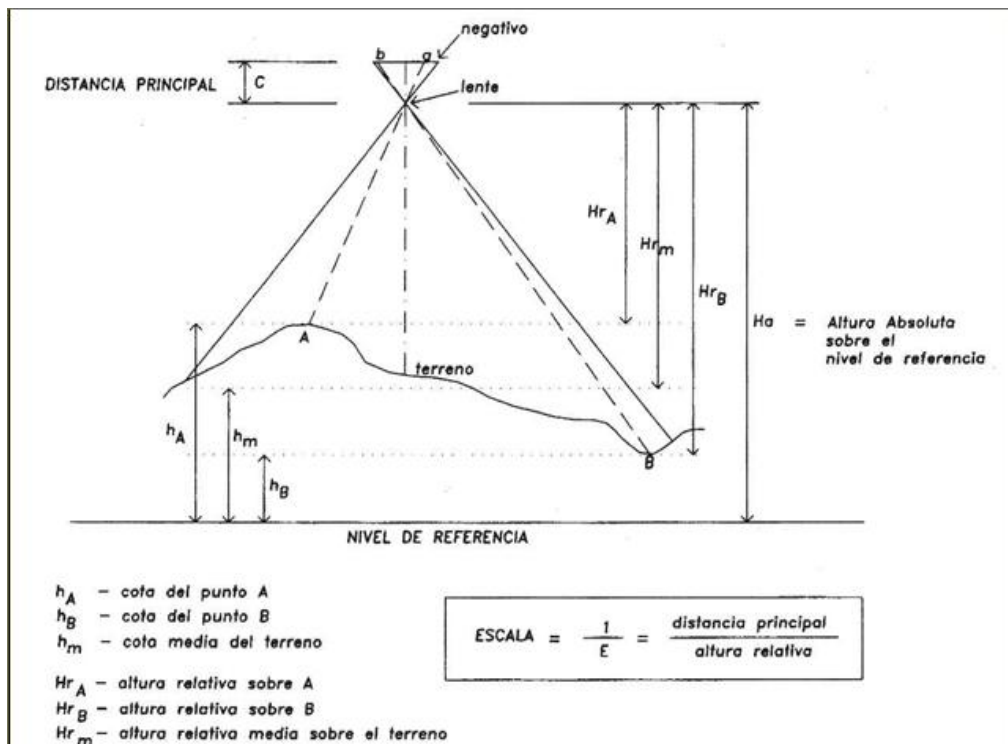
Así que el objetivo básico de la fotogrametría es transformar la proyección central, (**la fotografía**) en una proyección ortogonal o (**mapa**).

Ello se logra al formar el modelo **estereoscópico**, (observación del relieve **tridimensionalmente**), de fotografías de un mismo objeto tomadas desde **diferentes puntos de estación**, el cual es medido ortogonalmente por medio de instrumentos óptico-electrónico o receptores GPS.

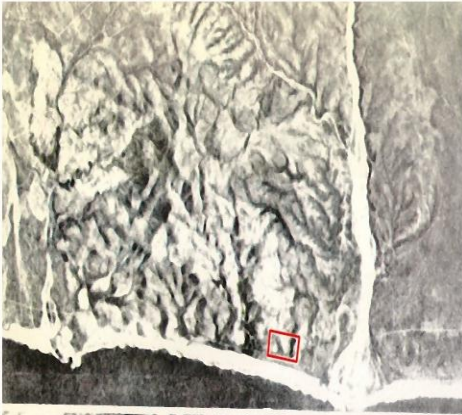


La escala de una fotografía vertical aérea y el área cubierta por ella depende de la distancia focal o constante de la cámara " c ", que es la distancia entre el centro óptico del objetivo y el plano de la imagen fotográfica o plano focal, el formato "l", que corresponde a las dimensiones del negativo de toma o sean las longitudes de sus lados , la altura de vuelo " H" , que es la distancia del centro óptico del objetivo al plano de comparación generalmente se usa como plano de comparación el nivel medio del mar.

La relación de interdependencia entre los puntos del terreno y los puntos de la imagen es a lo que se le llama "Escala de la Fotografía"



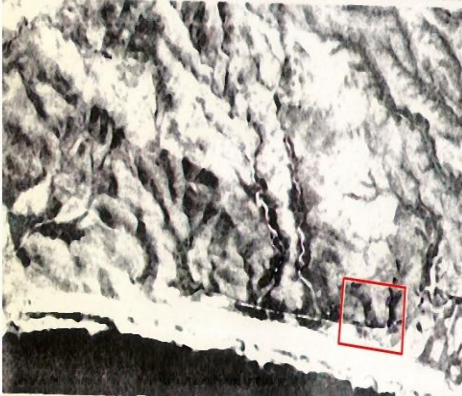
DIVERSAS ESCALAS DE VUELO



SELECCION DE RUTA

ESCALA DE FOTO 1:50,000

SIN CONTROL TERRESTRE



ANTE PROYECTO

ESCALA DE FOTO 1:25,000

CON CONTROL TERRESTRE



PROYECTO DEFINITIVO

ESCALA DE FOTO 1:10,000

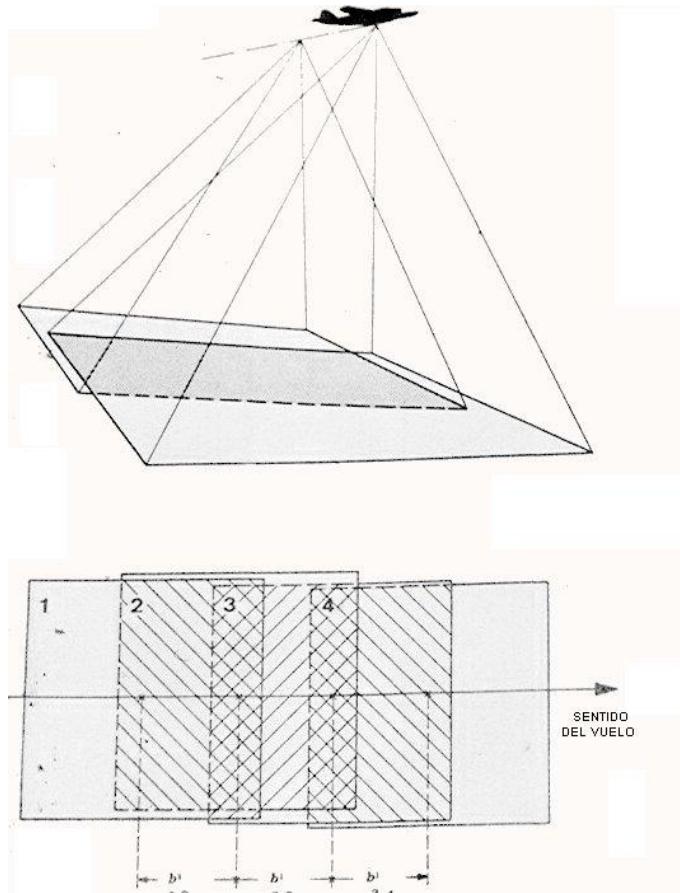
CON CONTROL TERRESTRE

I.4 ALTURA DE VUELO

Como para una determinada cámara la distancia focal y el formato son constantes, la escala y el área cubierta por cada fotografía dependen sólo de la **altura H** de vuelo.

La **altura H** de vuelo expresada en pies, es igual a la mitad del denominador de la escala deseada; cuando se usa una cámara gran angular.

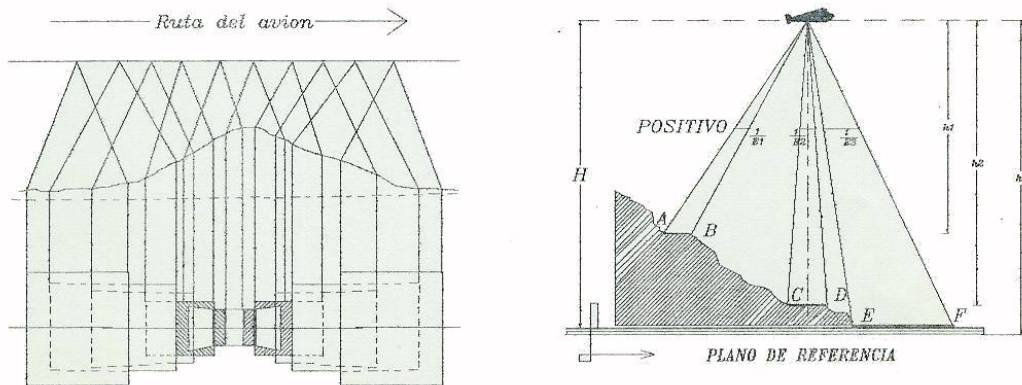
Mostrando la **altura "H"** de vuelo y las bases de estereoscopia b^1 .



I.5 INFLUENCIA DEL TERRENO

Lo expuesto anteriormente se idealizó al terreno en forma horizontal y plano, generalmente se trabaja con terrenos accidentados, y en estos casos, la escala de las fotografías varía notablemente de un punto a otro en la misma fotografía y la superficie cubierta es menor si la altura del terreno es mayor, por lo que para obtener los recubrimientos indispensables, conviene calcular la altura del vuelo para las distintas alturas de terreno y tomar la medida aritmética para escala de vuelo de interés, las distancias entre una línea de vuelo y otra para las regiones más elevadas del terreno se dividen de tal forma que la escala de vuelo no tenga banqueo en dicha línea de vuelo .

INFLUENCIA DEL TERRENO.



A5- C A P I T U L O II

GENERALIDADES SOBRE EL **USO DEL GPS** EN FOTOGRAMETRIA

III.1 USO DEL GPS

GPS un sistema de posicionamiento global que cualquiera puede usar, **PERO NO CUALQUIERA PUEDE DAR RESULTADOS SATISFACTORIOS.**

El sistema GPS funciona midiendo el tiempo que tarda una señal de radio en llegar hasta el receptor desde el satélite y calcula la distancia a partir de ese tiempo.

Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz 300,000 Km. por segundo, así se conoce exactamente cuánto tardó la señal en llegar hasta el receptor.

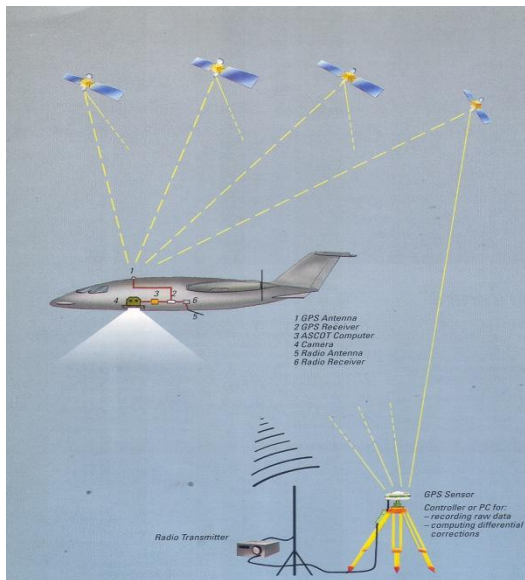
El departamento de Defensa de los EE.UU. de América, ideó el Sistema de Posicionamiento Global o "GPS": basado en una constelación de 32 satélites (28 operativos y 4 de respaldo) que orbitan la tierra a una altura de 20,200 Km., con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la tierra. Y una tecnología lo suficientemente precisa como para definir posiciones espaciales (3D) exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día.



La Fotogrametría aérea es la principal fuente de extracción de datos geospaciales, en la que se viene usando el GPS, en métodos Cinemático, Estático, Estático Rápido, y *RTK Cinemático* en los diferentes proyectos que tienen entre otros las siguientes dependencias.

1. SCT, Vías Terrestres (determinación del eje carretero).
2. Minería, fondos, determinación de límites.
3. CNA, determinación de cuencas hidrológicas.
4. PEMEX, cartografía, (determinación de posos).
5. CFE, líneas de transmisión.
6. INEGI, cartografía.
7. DETENAL, sitios estratégicos, entre diversos, ETC.

Los proyectos de toma de fotografía aérea se han facilitado enormemente, y se pueden



realizar con mucha mayor precisión y comodidad gracias a los sistemas de navegación utilizando el GPS, ya que prácticamente nos lleva de la mano a cada una de las posiciones prefijadas para la toma de fotografía. Este hecho se refleja en un vuelo más exacto

repercutiendo en los costos de sobre posición excesiva, además de que prácticamente se elimina la mayoría de los problemas de falta de cubrimiento fotográfico y precisión de la toma, minimizando los

problemas de ajuste y restitución fotogramétrica debido a vuelos defectuosos.

II.2 TECNICAS DE MEDICION

Existen diferentes técnicas de medición que pueden ser utilizadas en la mayoría de los receptores topográficos GPS. El Ingeniero topógrafo debe elegir la técnica apropiada para cada aplicación

Método Estático

GPS Estático para líneas largas, redes geodésicas, estudios de tectónicas de placas, poligonales de referencias, etc. Ofrece precisión alta en distancias largas.

Método Estático Rápido

Empleado para levantamiento de detalles y para la medición de muchos puntos de sucesión corta. Es una técnica muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno del otro.

Método Cinemático

GPS Cinemático para el posicionamiento de rutas sobre la superficie terrestre así como el seguimiento de la trayectoria del vuelo fotográfico para poder determinar la posición de los centros de proyección al momento de la toma fotográfica.

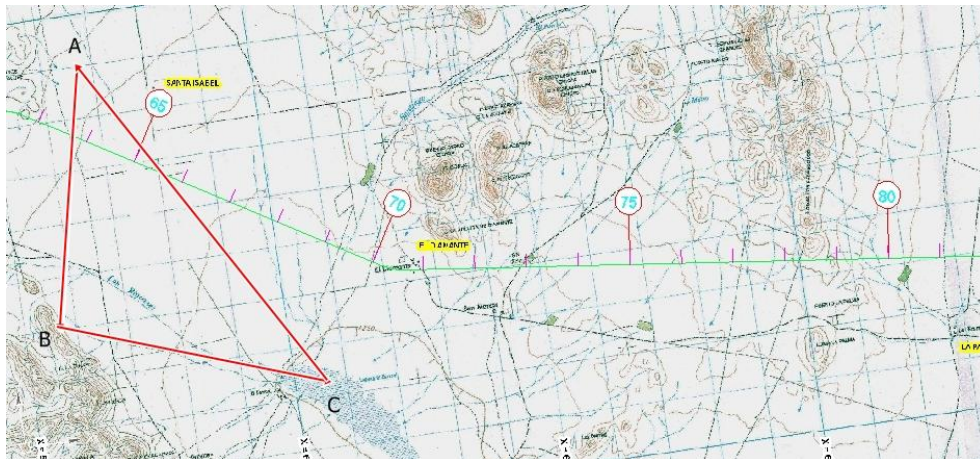
RTK Cinemático en tiempo real (por sus siglas en ingles Real Time Kinematic). Utiliza un radio enlace de datos para transmitir los datos del satélite desde la referencia hacia el móvil. Esto permite calcular las coordenadas y mostrarlas en tiempo real, mientras se lleva a cabo el levantamiento.

II.3 TECNICAS APLICADAS A FOTOGRAMETRIA

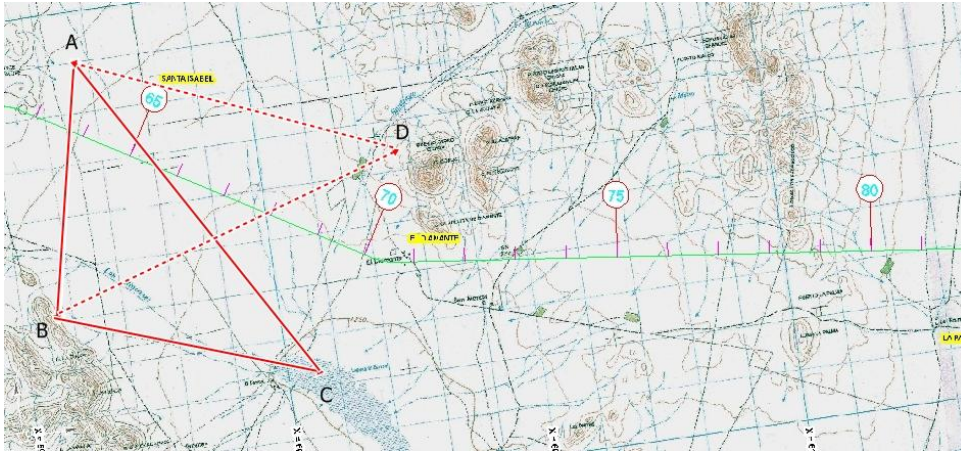
Se procede iniciando la planeación de una **RED BASICA GEODESICA**, para lo cual nos auxiliamos de las cartas topográficas de INEGI a escala 1:50,000, en esta tenemos marcada la línea del anteproyecto carretero, de esta forma se puede seleccionar la mejor ubicación de las estaciones bases de tal forma que queden a una distancia adecuada del anteproyecto y a demás para tener una mejor conformación de triángulos y cuadriláteros, de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

El método de levantamiento **estático** es el recomendado para ser utilizado en las mediciones de líneas bases largas, generalmente de 100 Km. ó más, por lo que su período de sesión de registro dura entre las 2 á 3 horas dependiendo de la distancia, se inicia posicionando tres estaciones simultáneamente, formando así un triángulo que al progreso de las mediciones estos quedaran dentro de un cuadrilátero.

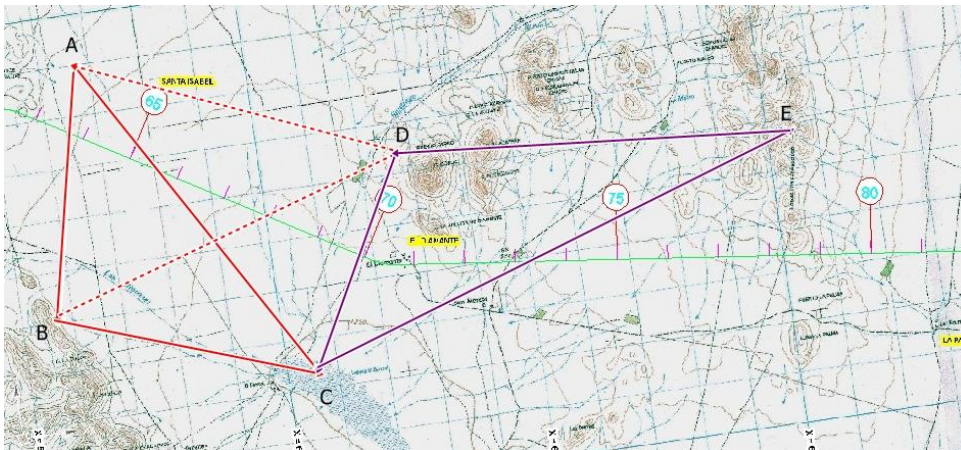
El equipo de medición empieza ocupando los puntos **A -B -C** en forma simultánea.



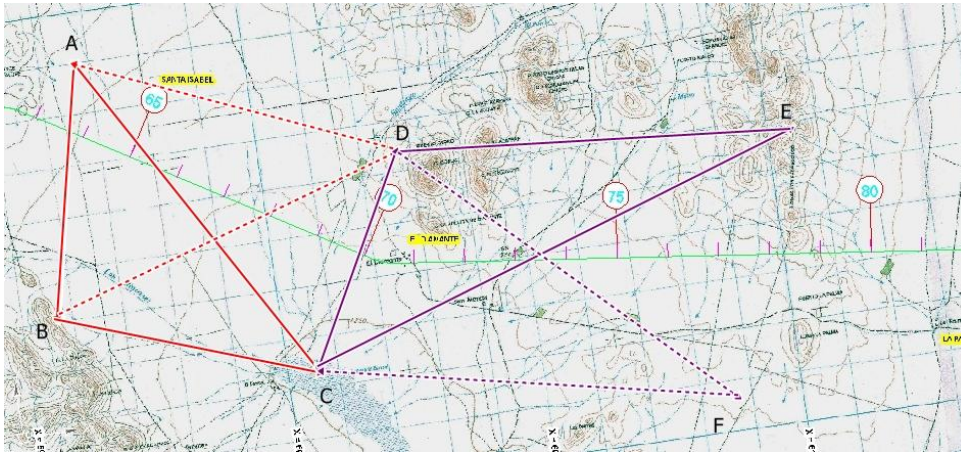
Del mismo modo se procede a ocupar los puntos **A -B -D** en forma simultánea.



Luego los puntos C -D –E, aquí queda conformado el primer cuadrilátero.

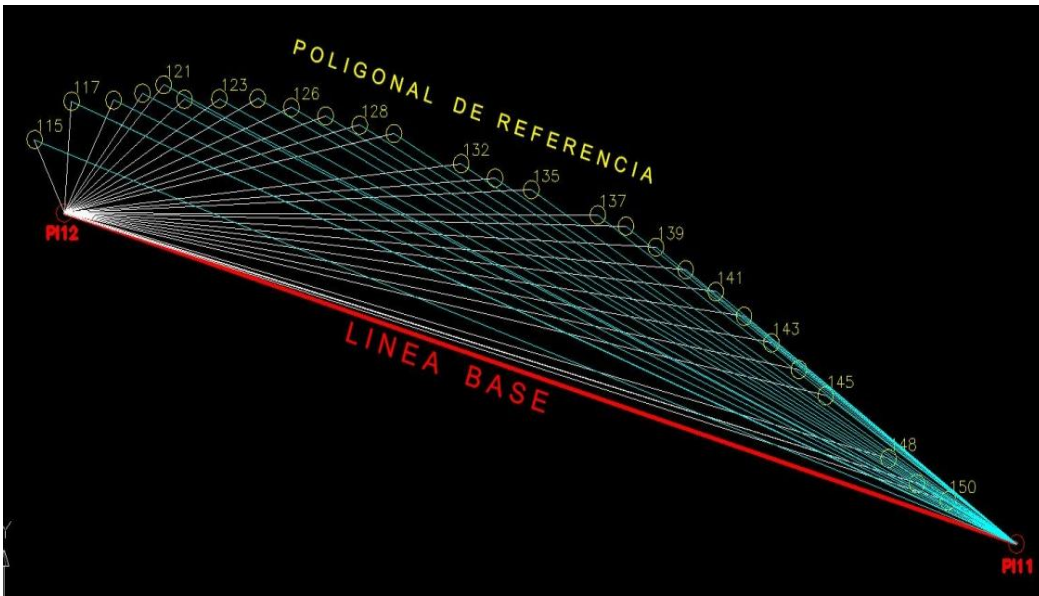


Y así sucesivamente hasta el final del proyecto. (C-D-F).



De esta manera se obtiene una **RED BASICA GEODESICA** de alta precisión, sobre áreas grandes y con la redundancia requerida. Este método nos ha permitido minimizar en gran medida los errores que normalmente se cometen en la topografía convencional, así como el tiempo requerido para su medición.

El método de levantamiento **ESTATICO RAPIDO** es el utilizado para posicionar los puntos de control (poligonal de referencia), generalmente de lados que van de 700.0 A 900.0 m ó más, por lo que su período de sesión de registro dura entre los 30 minutos á 1:30 hrs. dependiendo de la distancia (entre la base y la PR), se inicia posicionando dos estaciones bases y la estación **PR** simultáneamente, así queda conformado un triangulo que al progreso del pos proceso nos dan la pauta de promediar o repetir la medición, según sea el caso, esto nos garantiza el éxito de la medición, convirtiéndose en una herramienta invaluable para el posicionamiento de los puntos que se utilizan para el control terrestre.



A6- C A P I T U L O III

CONTROL TERRESTRE

III.-1 CONTROL TERRESTRE EN POIGONALES DE REFERENCIA "PR"

PUNTOS DE CONTROL HORIZONTAL O POLIGONAL DE REFERENCIA "PR" y PUNTOS DE CONTROL VERTICAL "LATERALES" O AEROTRIANGULACION.

Se llama control terrestre al trabajo topográfico que es necesario efectuar en el campo para dimensionar las fotografías y así poder extraer datos geoespaciales, estableciendo la relación que existe entre la superficie terrestre y su respectiva imagen fotográfica.

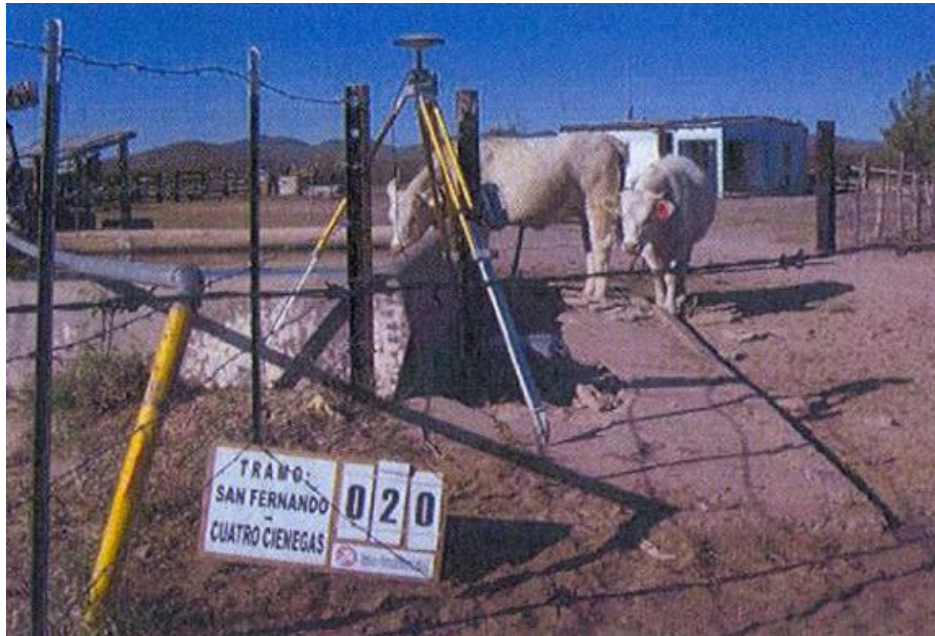
Se posicionan con receptores GPS, de doble frecuencia (L1 y L2).

El receptor GPS, se acopla a una espiga, esta a una base nivelante y todo el conjunto se monta a un trípode.

- Se debe garantizar la estabilidad de la antena, cuidando en extender las patas del trípode hasta alcanzar una altura que permita la cómoda nivelación y observación de la plomada óptica.
- Cuando las condiciones climatológicas pongan en riesgo la estabilidad del trípode, se bajan y se abren las patas y se aseguran mediante cuerdas.
- Se prestará especial atención a la nivelación como al centrado del instrumento.
- Se evitarán las mediciones en condiciones atmosféricas desfavorables, como son tormentas eléctricas.

- Se evitara la cercanía a torres de alta tensión.
- Se evitara el uso de radios transmisores y teléfonos celulares en la cercanía de las antenas.
- Se cuidara las conexiones de la fuente de poder, a fin de garantizar la firmeza de las conexiones.
- Se cuidara la configuración de los receptores coincida con los parámetros del proyecto (mascara de satélites mayor a 15ª, intervalo de medición, cantidad mínima de satélites, no menor a cuatro, etc).

Punto de control vertical "lateral" o aerotriangulación.



III.- 2 TIPOS DE CONTROL TERRESTRE.

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS AEREAS VERTICALES ESCALA 1:5000

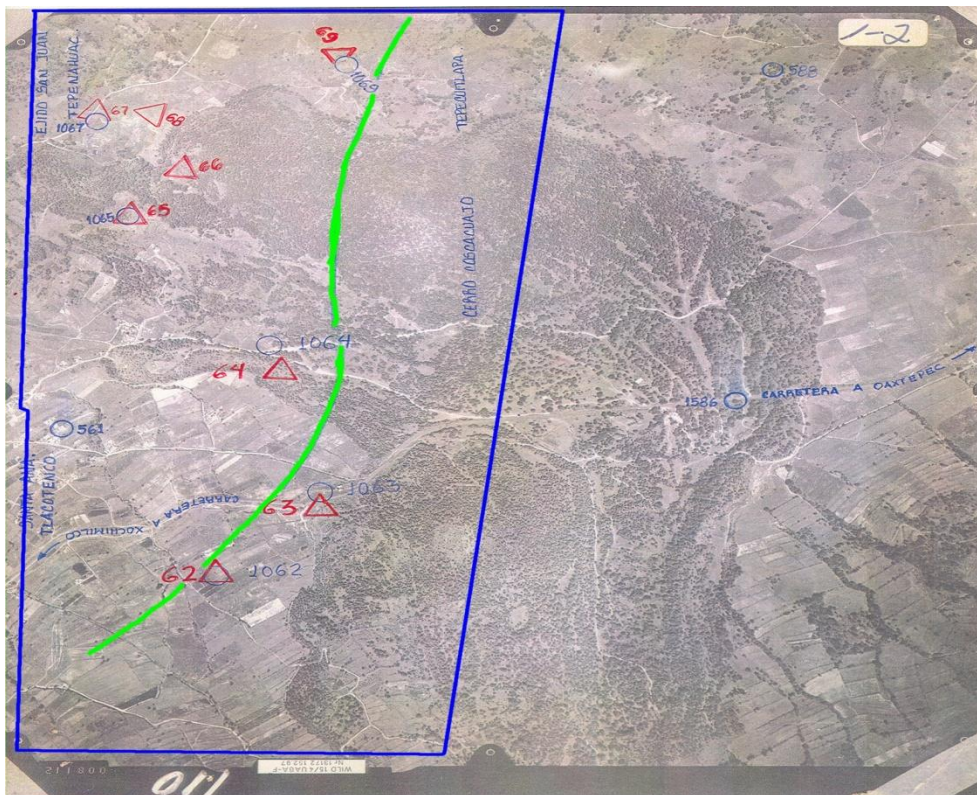
CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS AEREAS VERTICALES ESCLA 1:10,000

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS AEREAS VERTICALES ESCLA 1:25,000

CONTROL TERRESTRE CONVENCIONAL PARA SU USO EN PROYECTOS CARRETEROS.

El control terrestre que efectúa la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, está enfocado al proyecto de Carreteras, Puentes y Túneles previamente localizados, por consiguiente el control terrestre se reduce a una franja de terreno de ancho constante a todo lo largo DE LA ZONA DE estudio, dividiéndose en las siguientes etapas: **Toma de Fotografía Aérea, Proyecto del control terrestre, observaciones, medidas, cálculos y dibujo.**

Foto mostrando el proyecto del control terrestre y franja de estudio.



El proyecto de carreteras se divide en tres etapas, mismas que requieren un estudio específico, adecuado al tipo de terreno y de la especificación requerida,

siendo aplicable los siguientes métodos: Método Tradicional y ***M é t o d o
F o t o g r a m é t r i c o.***

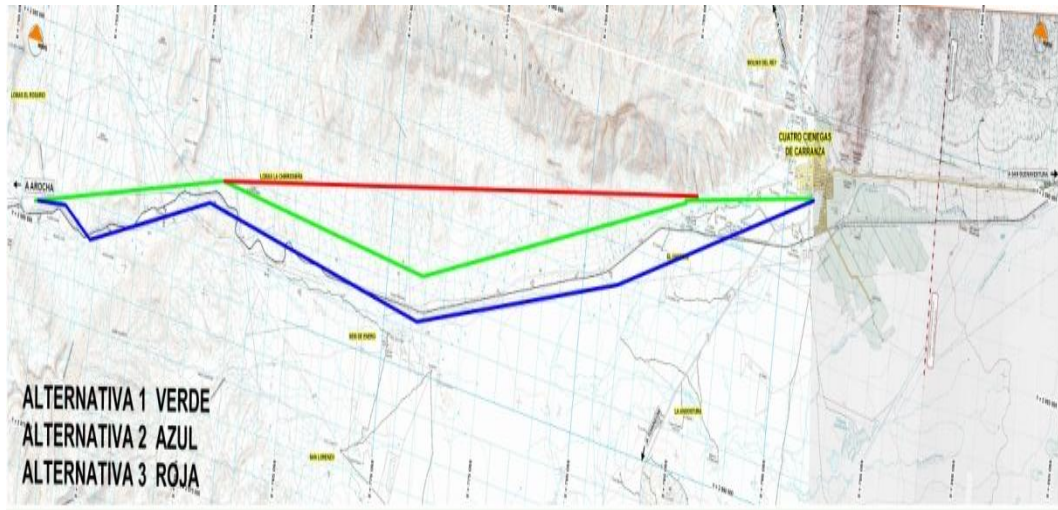
III.-3 METODO FOTOGRAMETRICO

En este trabajo de tesis se particulariza el estudio a los diferentes proyectos de carreteras, en cualquiera de sus tres etapas, aplicando el método Fotogramétrico.

Las tres etapas son las siguientes:

- 1.- **Selección de Ruta**
- 2.- **Anteproyecto**
- 3.- **Proyecto Definitivo**

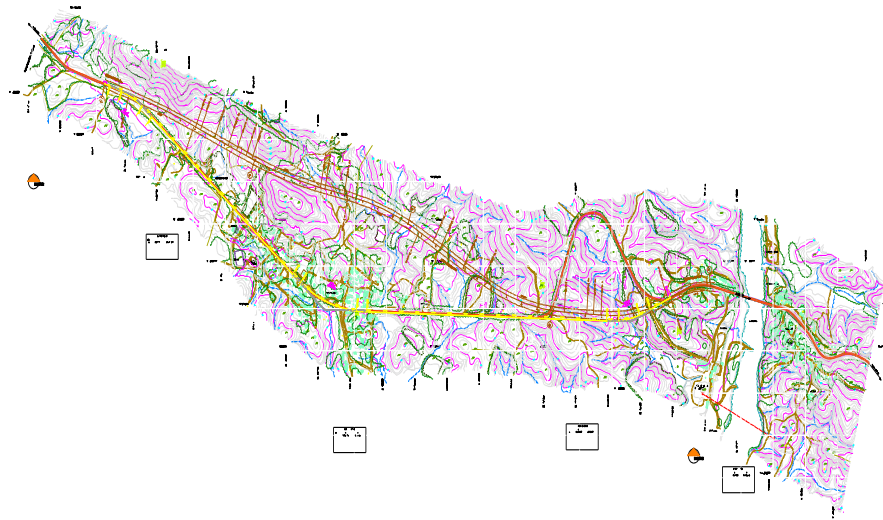
1.- **En la Selección de Ruta** del eje carretero se estudian todas las posibilidades de ubicación de la carretera, y la selección de la mejor, en una franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados. Esta etapa no requiere control terrestre, puesto que se estudia sobre cartas topográficas escala 1: 50,000 de INEGI.



2.- **El Anteproyecto** se estudia sobre Fotografías aéreas verticales escala

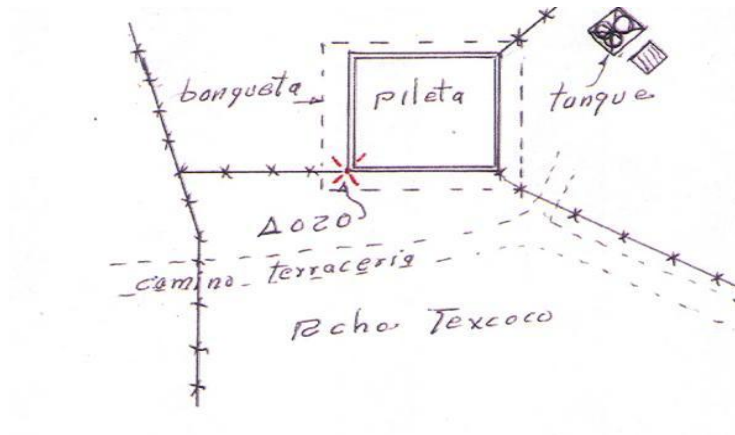
1: 25,000 en las cuales se les hace control terrestre con el fin de darles posición planimétrica y altimétrica y obtener secciones transversales del eje carretero seleccionado, dentro de la franja establecida en la etapa de Selección de Ruta, es necesario estudiar varias alternativas, el resultado se presenta en planos a escala 1: 5,000/5.

3.- **El Proyecto Definitivo** del eje carretero se realiza sobre fotografías aéreas verticales escala 1:10,000, en las que previamente se hizo el premarcado correspondiente a esta escala; este proyecto tiene como fin producir la información detallada del terreno, en forma de planos y listados.



En la actualidad con los adelantos tecnológicos e informática, se ha comprobado que las **plantas topográficas** que edita la **INEGI**, han arrojado resultados satisfactorios que nos han permitido realizar las etapas de selección **de Ruta y Anteproyecto**, obteniéndose un considerable ahorro de tiempo y trabajo.

Apoyo terrestre para escala 1:10,000, es la determinación en el terreno de la posición y elevación de una serie puntos, los cuales deben ser perfectamente identificables en la fotografía, estos puntos pueden ser detalles naturales o construcciones.

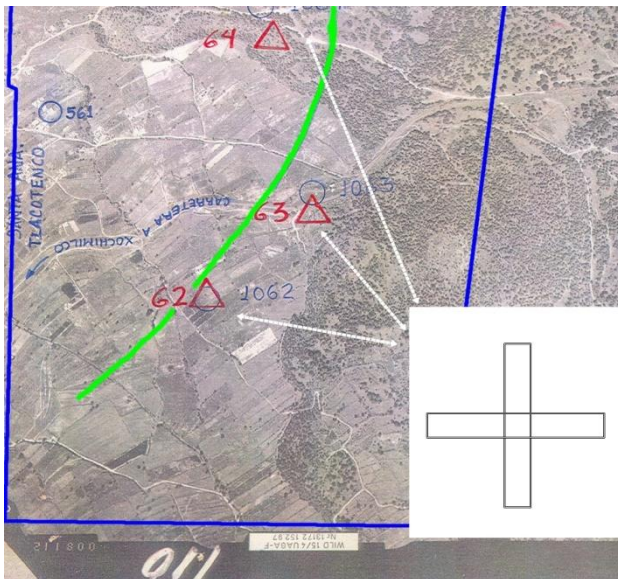


De preferencia premarcados y que aparezcan en las fotografías aéreas. El premarcado nos permite obtener mayor precisión debido a los errores de identificación e interpretación que puede ocurrir.

El premarcado se realiza auxiliándose en fotografías escala 1: 25,000 o en las cartas topográficas escala 1: 50,000, en las cuales se encuentra marcada la línea de anteproyecto. Los puntos premarcados se usan principalmente para el control horizontal y vertical y deben situarse antes de la toma fotográfica, se debe tener presente la forma y dimensiones del premarcado, deberá ser adecuado a la escala de fotografías, para facilitar su identificación, generalmente se usa la forma de cruz, empleando para su construcción los materiales existentes en la zona como son: Piedras, Tabiques, Madera, Troncos de cactus, Troncos de árbol, pintados de color blanco que las hace identificables en la foto, deben hacer buen contraste con el área circundante, cuando este contraste sea muy débil, debe reforzarse colocando materiales verdes o negros alrededor de la

señal, el sitio debe estar suficientemente despejado para que no quede cubierta por sombras o árboles, también se escogerán las partes planas para evitar errores en nivel.

Antiguamente se colocaban un mínimo de 6 puntos por modelo fotogramétrico (para esc 1:10,000), de tal manera que se empleaban tanto para el modelo previo como para el siguiente, en estas condiciones se lograba que los puntos se encontraran en la zona de triple traslape, **posteriormente con el uso del GPS y la aerotriangulación el número de puntos de control terrestre se ha reducido a prácticamente a menos de la cuarta parte.**



Los puntos de control horizontal premarcados generalmente van separado de la línea de proyecto de 30.0 a 50.0 m, cuidando que los puntos se sitúen en forma alternada con respecto al eje carretero, y que desde estos puntos se vea el anteproyecto del camino, cuidando que queden en lugares protegidos y

seguros para evitar que sean destruidos, **en la actualidad se sitúa un puntos de control horizontal y dos puntos de control vertical a cada 7 Kilómetros, aproximadamente.**

Los puntos de apoyo terrestre tienen usos múltiples,

1. Para la orientación del modelo respecto al plano de referencia de elevación

Se requiere para la nivelación un mínimo de tres puntos de elevación conocida, a estos puntos se les llama puntos de apoyo vertical o elevación (Z).

2. Para la determinación de la escala y su referencia al sistema planimétrico

Para poner a escala el modelo es necesario como mínimo, conocer la distancia real entre dos puntos convenientes que estén comprendidos en el modelo, a estos dos puntos se les conoce como puntos de apoyo horizontal o de posición (X, Y).

3. Como poligonal de referencia.

Apoyados en dos estaciones de la **PR** se replantea los puntos principales del centro carretero, utilizando coordenadas polares.

En el presente con el uso de los receptores GPS y el empleo de la aerotriangulación, los levantamientos topográficos de los puntos de apoyo terrestre se han minimizado.

Las mediciones se realizan apoyándose en las estaciones BASES, pertenecientes a la planificada RED BASICA GEODESICA, por consiguiente obtenemos valores UTM en el WGS 84, y posteriormente transformados a coordenadas ortogonales o topográficas, y los planos a entregar lo podemos manejar en los dos sistemas de coordenadas: **ORTOGONALES O TOPOGRAFICAS Y UTM.**

PERSONAL DE BRIGADA PARA APOYO TERRESTRE Y MEDICION GPS

Una brigada de apoyo terrestre cuenta con un Ingeniero Topógrafo, como jefe de brigada; un ingeniero topógrafo (auxiliar), dos ayudantes y un chofer, como mínimo; según se requiera de cuatro a seis peones los cuales se contratan en la zona de trabajo.

El ingeniero y el auxiliar son los indicados para identificar en las fotografías los puntos del terreno natural con sus homólogos proyectados en las fotografías, así como efectuar las mediciones con receptores GPS y realizar el proceso de cálculo.

PROGRAMA DE TRABAJO

La correcta programación del trabajo de apoyo terrestre es el medio general para poder obtener una buena coordinación de todo el trabajo, considerado como un todo, final y completo sin prescindir de ninguna parte del mismo. Este programa de trabajo se hace generalmente en la tarde del día anterior a su aplicación, si no se cumple el programa se analizan las causas que motivaron no llegar a su cumplimiento, para así evitar caer en los mismos errores a futuro.

Con el programa ya elaborado se forman dos grupos, cada uno de ellos lleva el siguiente equipo: camioneta, fotografías aéreas, receptor GPS, radiotransmisor, cinta de lienzo, machetes, pintura, cemento, tornillos, franela roja y cámara.

La camioneta para traslados, las fotografías aéreas, nos sirven para identificar la zona marcada, puntos de apoyo terrestre, receptores GPS para posicionar dichos puntos, con los radiotransmisores nos mantenemos en comunicación continúa durante las diferentes fases de medición, la cinta de lienzo la utilizamos para medir referencias al punto de control, los machetes nos sirven para limpiar el terreno de vegetación baja, la pintura la usamos para marcar las referencias, el

cemento para hacer la mojonera y ahogamos el tornillo al centro de la mojonera, quedando esta como testigo de la estación posicionada, la franela roja para dejar señal de ubicación visible a distancia de la mojonera testigo, la cámara para fotografiar la estación.

Una vez revisado el equipo y según el programa elaborado se empieza el trabajo. Analizando cuidadosamente las fotografías, identificando en ellas ríos, arroyos, caminos, veredas, poblaciones, rancherías, terrenos de cultivo, yacimientos minerales y todo aquello que nos determine la zona marcada donde se encuentra el punto de control de interés, se investiga el nombre de todos estos detalles y se van marcando en las fotografías con el nombre correspondiente a cada detalle, esta información recopilada se le conoce como “ **TOPONIMIA**”, acopio de datos descriptivos marcados en las fotografías, que de una u otra forma pueden afectar al proyecto.

Una vez efectuado este análisis, se procede a seguir determinada ruta que nos acerque a la zona marcada de interés, ya que se está seguro de este punto de control se sitúa en la zona marcada, así mismo dibujamos un croquis que muestre la localización de la estación y la dirección de los puntos secuenciales, así como el detalle, de manera que pueda ser fácilmente identificado en las fotografías, se marcan mediante una pequeña perforación, y encerrados en un triangulo rojo en las fotografías de campo.

A7- C A P I T U L O IV

CONCLUSIONES

Después de planear las diversas líneas de vuelo, realizar el vuelo aéreo, proyectar el apoyo terrestre, efectuar las mediciones de las diversas Redes Geodésicas y levantamientos para el apoyo terrestre, derivar la imagen estereoscópica en una restitución, obtenemos finalmente la información topográfica que se requiere para los proyectos en sus diferentes etapas, como son:

- **Modelos ópticos**
- **Planos convencionales con planimetría y altimetría**
- **Modelos digitales**
- **Ortofotos**

La utilización de estas técnicas tienen evidentes ventajas en cada una de las fases del proyecto, pues nos permiten estudiar diferentes alternativas en áreas suficientemente amplias, con adecuada precisión y mucha mayor rapidez, economía y sobre todo mayor seguridad., De lo cual obtenemos la siguiente información en planos y listados:

1. longitud total del proyecto.
2. alineamiento horizontal.
3. alineamiento vertical.
4. costo de operación.

5. costo de conservación.

Todo lo anterior empleando información de las cartas topográficas a escala 1:50,000. De INEGI.

Habiendo efectuado todas las comparativas y analizado los costos de operación y construcción, tenemos la responsabilidad de seleccionar la mejor línea de ruta, la cual se presenta con ante presupuesto y memoria de evaluación.

Es indispensable que los diferentes proyectos sean optimizados empleando las mejores técnicas a nuestro alcance, pues de la calidad de los proyectos depende la eficiencia y la economía de las obras.

De la restitución fotogramétrica derivada de fotos escala 1:10,000. El producto obtenido son planos escala 1:2,000/2 de los cuales se obtiene:

- perfil longitudinal
- secciones transversales
- plano de detalle del terreno
- proyecto de drenaje menor
- cubicación de terracerías

Cabe señalar que dicha restitución contiene datos (coordenadas de la geometría de eje carretero) y a su vez está referida a la poligonal de referencia, mismos que serán necesarios tanto en el periodo de estudio como de la construcción.

Para la obtención de los datos de campo, se replantea el eje del proyecto definitivo, a partir de las poligonales de referencia estaciones **PR**, que sirvieron de control horizontal a las fotos de escala 1:10,000. El cálculo de las medidas lineales y angulares para este replanteo, se hace mediante un programa de computo, que utiliza las coordenadas, X, Y, de los vértices de la poligonal de referencia **PR**, y de los puntos principales del proyecto.

En la actualidad se utiliza una estación total, en la cual por medio de un software se transfieren los datos de la poligonal de referencia y los datos de los puntos principales, así como de sus veintenas, todo ello obtenido de archivos digitales, derivados de la misma restitución donde se alojó nuestro proyecto.



Por todo lo anterior es deseable se lleve a efecto un recorrido a todo lo largo de la ruta, para observar tiempos de traslado y poder determinar el poblado adecuado para fijar campamento, y conocer los medios de comunicación con que cuenta la región.

Es de suma importancia tener el conocimiento del terreno, las condiciones climatológicas, y hacer un análisis minucioso del costo total de los trabajos fotogramétricos, para decidir el tiempo apropiado de la ejecución del mismo en determinada zona, ya que por desconocimiento del estado climatológico y del análisis del costo, se ejecuta este sin la información suficiente, sufriendo deficiencias y bajo rendimiento en los trabajos fotogramétricos.

Debe tenerse muy en cuenta el tiempo que se requiere para el traslado a las diferentes estaciones, además de las condiciones extraordinarias que se presenten como: el cruce de vados naturales, suelos pantanosos, suelos flojos, montaña escarpada, todo ello contribuye al bajo rendimiento del trabajo, y debe ser afrontadas con el criterio correcto, y no comprometer al personal de la brigada en empresas que resulten riesgosas.

Es necesario analizar la metodología de medición empleada para la realización del posicionamiento GPS, y tener la confiabilidad y certeza de los valores reportados.

Para tener la confianza y grado de precisión en la transformación de coordenadas **WGS 84 (UTM)** a coordenadas ORTOGONALES O TOPOGRAFICAS, se recomienda realizar una serie de medidas topográficas ya sea con un distanciómetro electrónico y teodolito o una estación total, con el objeto de tener ángulos horizontales, verticales y distancias inclinadas, con estos valores

se realiza una comparativa de valores entre los medidos con la estación total y los valores obtenidos por las coordenadas ortogonales o topográficas que vienen en los planos y tomar la decisión de usar las coordenadas ortogonales o rechazarlas, para tal efecto se procede de la siguiente forma:

- De la longitud total del proyecto en cuestión se divide en partes proporcionales en tramos de 7 km a 10 km.
- En cada uno de estos tramos se hace estación y se toman medidas angulares y distancias inclinadas.
- Ejemplo para el primer tramo:
- Punto visado atrás (VT-1), estación (**VT-2**), punto visado adelante (VT-3)
- Para el punto visado atrás se registran ángulo horizontal origen, ángulo vertical y distancia inclinada.
- Para el punto visado adelante se registra ángulo horizontal de llegada, ángulo vertical y distancia inclinada.

Se repite este procedimiento de medida a todos los tramos resultantes hasta el final del proyecto.

Con las coordenadas (X, Y, Z), valores que están registradas en los planos se toman estos valores de los similares medidos con la estación total, vértices VT-1(X_1, Y_1, Z_1), **VT-2(X_2, Y_2, Z_2)**, VT-3(X_3, Y_3, Z_3), Se procede a calcular las distancias y el ángulo horizontal y desnivel.

- Distancia Horizontal VT-1 a VT-2, y su desnivel
- Distancia Horizontal VT-2 a VT-3, y su desnivel
- Angulo Horizontal (VT-1-**VT-2**-VT-3).

Con estos valores y los obtenidos de la estación total, se hace la comparativa y se está en posibilidades de discernir si se toman los valores de las coordenadas transformadas, o se rechazan.

Finalmente el levantamiento fotogramétrico, la medición con receptores GPS y su transformación de UTM a TOPOGRAFICAS, nos proporcionan rapidez, seguridad y confianza de los datos que de ellos derivan, para realizar cualquier proyecto de infraestructura, economizando los costos de producción.

A 8- BIBLIOGRAFÍA

SOCIEDAD MEXICANA DE FOTOGAMETRIA, FOTOINTERPRETACION Y GEODESIA, A. C. 1991. CURSO DE FOTOGRAFIA AEREA.

SEMINARIO DE GPS, EL GPS EN LA TOPOGRAFIA, SEPTIEMBRE DE 1997.

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO GEOMETRICO , SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES , MEXICO, 1984.

Elpidio Cruz Fuentes