

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE PETROLEO

LA FOTO GEOLOGIA Y EL PETROLEO

Proyecto de Grado para optar el título de
Bachiller en Ingeniería de Petróleo

Enrique Barreto García Calderón

Promoción 1960

LIMA - PERU

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
<u>CAPITULO I.-</u> Introducción a la Lectura de Mapas.	1 9
<u>CAPITULO II.-</u> La Estereo Visión .- Sus Principios.	10 - 24
<u>CAPITULO III.-</u> La fotogeología y su medida cuantita <u>t</u> <u>tiva.</u>	25 - 41
<u>CAPITULO IV.-</u> La Fotogrametría y su ayuda a la Ex-- ploración.	42 - 50
<u>CAPITULO V.-</u> Interpretación Fotogeológica con ayu- da del color.	51 - 61
<u>CAPITULO VI.-</u> La Aereofotografía y su aplicación.	62 - 79
<u>CAPITULO VII.-</u> Estudio Geológico preliminar de una - área de la zona Norte del Perú.	80 - 83

*

A LA MEMORIA DE MI RECORDADO
PADRE.

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer constar mi agradecimiento profundo a los Srs. Ingenieros Julio Morales Ríos. Francisco Zevalllos, R.A. Chalco, Tito Huerta, por las facilidades y colaboración que ellos me han brindado al procurarme literatura y material para la presentación de este trabajo , asímismo a la Empresa Petrolera Fiscal, entidad Nacional que con su empuje y desarrollo forma parte e incrementa el potencial Nacional.

-: P R O L O G O :-

Al presentar este estudio a la consideración de los señores Catedráticos miembros del jurado para optar el título de BACHILLER en Ingeniería de Petróleo, pretendo exponer con la mayor claridad posible, las consideraciones que merecen tenerse en cuenta durante el desarrollo de la fotografía aérea así como también sus principios y las aplicaciones que de ellas se derivan.

Es cierto que la Geología es un estudio por lo general de campo, pero esto no es una regla general ya que ella se vale también de estudios de gabinete que a la postre nos dará una idea completa y exacta del tema tratado. Se puede afirmar también que el principal y casi único objeto del trabajo de campo es determinar las estructuras de parte de la corteza terrestre y su relación con estructuras inmediatas y porque no decirlo similares; es por eso que dicho estudio se realiza por medio de mapas, de este modo, la composición de mapas geológicos es el objeto definitivo de cualquier trabajo de esa clase y es cuestión de vital importancia.

Es indudable que la aplicación directa de los mapas topográficos con curvas de nivel y de las fotografías aéreas

es importante en grado sumo para los múltiples problemas de Ingeniería incluso en la formación de mapas bases a partir de estas mismas fotografías; menos claras pero de gran significación son las interpretaciones geológicas que pueden hacerse con estas representaciones, ya que con ellas podemos formarnos una idea acerca de la naturaleza y las formaciones del terreno en estudio.

Ahora bien: para usar mapas o las fotografías a áreas con una eficiencia óptima, es necesario experiencia y preparación y sobre todo es preciso especialmente un magnífico conocimiento de los procesos geológicos y sus efectos.

Los usos prácticos de la interpretación de los mapas son sumamente diversos acelerándose estos mediante el empleo de las fotografías aéreas; sin embargo, deberá tenerse en cuenta que ellas no pueden darnos informaciones detalladas y cuantitativas, por lo tanto nos orientarán y dirigirán en los trabajos de campo pero no pueden sustituirlo, siendo en todo caso esencial un efectivo programa de muestreo ya sea limitado o no para llegar a una interpretación satisfactoria de las fotografías.

Por todas estas consideraciones y porque cualquier Ingeniero relacionado con los problemas de suelo y rocas ve con agrado la aplicación de las fotografías aéreas, han di-

do aceptadas durante estos últimos años como una valiosa aportación en la exploración, especialmente en la industria petrolera.

Espero que esta exposición contribuya en la formación de todos aquellos que estudian en esta Facultad; esa es la razón y la justificación del presente estudio.

**

CAPITULO I

INTRODUCCION A LA LECTURA DE MAPAS

Clasificación.- Dada la dificultad para la interpretación de los mapas y la variada escala que de estos existe, es necesario buscar una clasificación adecuada siendo la más completa a mi concepto la presentada por "The Military Service Publishing Co.", habiéndose esta hecho ésta de acuerdo con la interpretación y usos modernos de los mismos; de tal manera que se puede afirmar que son tres en general los tipos de mapas usados y que envuelven a toda posible subdivisión. Estos son:

- a.- Mapas planimétricos.
- b.- Mapas topográficos.
- c.- Mapas fotográficos.

Mapas Planimétricos.- Un mapa planimétrico es una representación de la superficie de la tierra en dos dimensiones horizontales omitiendo todo aquello que se refiera a las alturas. Estos mapas son muy usados para indicar localidades; tanto para planeamiento geológico como de reconocimiento de una zona en general, indicando distancias y comunmente vías de comunicación, caminos

por los alrededores de la zona en estudio, no siendo de orden primario en lo concerniente a rasgos topográficos de la tierra.

Mapas Topográficos.- En estos mapas se representa la superficie en estudio en tres dimensiones; ellos nos muestran claramente los rasgos como en mapas planimétricos indicando además el relieve generalmente por medio de contornos; estos mapas son los más usados pero tienen la dificultad de ser muy laboriosos y se requiere de mucho tiempo para prepararlos.

Mapas Fotográficos.- Mapas fotográficos es una representación de las fotografías aéreas o de un mosaico en el cual se deben indicar redes de líneas como control nombres de lugares e información marginal. Este mapa tiene la ventaja de la rapidez en su preparación y de dar la verdadera configuración terrestre, sin embargo como veremos a lo largo del presente trabajo es más fácil de leer e interpretar que un mapa lineal, (es decir que los planimétricos y topográficos) y las alturas no pueden ser leídas directamente; pero podemos afirmar que el mapeo por fotografías aéreas es el mejor procedimiento para aquellos proyectos que por su extensión sean difíciles de completar satisfactoriamente. Es más barato que cualquier otro método que se pueda emplear, proporciona

detalles topográficos completos y más precisos teniendo muy pocas limitaciones así se ha usado con éxito para toda clase de mapas variando su escala desde 1/1'000,000 a una pulgada igual cincuenta pies y las líneas de contornos pueden ser mapeadas exacta y económicamente en intervalos tan pequeños como un pie. Además las fotografías proporcionan información necesaria difícilmente adquirida por otros medios. Estos mapas ayudan a la investigación geológica, reconocimiento de tierras, ubicación de líneas de propiedad y otros límites y sobre todo estos mapas sirven de base para el trazado de mapas de localización.

El mapeo aéreo no es económico para mediciones de áreas pequeñas, siendo el tamaño de éstas probablemente de treinta y cien acres como promedio. Esto varía grandemente de acuerdo con las circunstancias que se presentan. El proceso puede ser usado con poco éxito sobre terrenos sencillos o bondadosos o tan complicados como los que siguen a continuación:

- 1.- Ciertos desiertos o áreas planas o aquellas tierras que tienen sombras uniformes y faltos de textura. Las fotografías aéreas no muestran la superficie como en realidad es.
- 2.- Areas cubiertas con densas nubes y lluvias tropicales.

3.- En zonas de profundos cañones o altos edificios que ocultan la superficie del terreno en las fotografías.

Además el método es usado en líneas de ferrocarriles, tuberías o en mediciones de rutas, siendo usado más y mejor para mapas destinados a obtener información necesaria para la construcción de grandes plantas reservorios y en otros proyectos que abarcan gran extensión de acres.

Tipos de Fotografía Aérea.- Se ha explicado hasta ahora a manera de introducción las ventajas del mapeo aéreo y definido también los tipos de mapas que existen, ahora me referiré a la fotografía aérea y sus tipos.

Así podemos decir que la fotografía aérea es una perspectiva de la topografía de la tierra a manera de figuras planimétricas y tanto en forma "Vertical u Oblicua" las podemos tomar con cambiar ligeramente las condiciones de exposición de la cámara y las condiciones de vuelo.

En general podemos distinguir tres clases de fotografías aéreas y estas son:

- a.- Verticales.
- b.- Oblicuas.
- c.- Compuestas.

a.- La Fotografía Vertical.- Es tomada con el eje de la cámara perpendicular al plano imaginario de la tierra siendo la escala de las verticales constantemente regulada.

El terreno y las figuras topográficas se presentan con ligero desplazamiento o distorsión con relación a los mapas topográficos de igual escala.

b.- Las fotografías oblicuas.- Estas fotografías son tomadas deliberadamente inclinadas o "no vertical" llamándose "Alta oblicua", cuando este tipo de fotografías incluye el horizonte; y a las que no lo considera se le llama "Baja oblicua"; la escala de una fotografía oblicua no es constante y no pueden ser medidas como en el caso de las verticales, sin embargo este tipo es muy útil especialmente porque nos da una idea similar a la que obtendríamos si observáramos la superficie de la tierra desde la cima de un cerro; por esto, las figuras del terreno tienen una apariencia más o menos similar que las que presentan las fotografías verticales, de ahí su importancia.

c.- Por último la fotografía compuesta, es aquella - que consta o que tiene en su desarrollo parte de fotografía vertical y parte de oblicua, pudiendo incluirse también el horizonte.

Diferentes formas de la fotografía.- Las fotografías según su uso pueden agruparse en;

A.- Fotos Indices.- Estas fotografías, no se usan nunca para la confección de mapas bases porque su control no es completo, tan solo sirven para comprobar las diferentes partes de un mapa base.

B.- Mosaicos.- Los mosaicos vienen a ser la copilación de todas las fotografías de un área dada, valiéndose para esto, de los centros de las fotografías y usando en ellas solamente las partes que presentan una mínima distorsión. Existen tres clases de mosaicos:

1.- Mosaicos controlados.- En estos, todas las fotografías son controladas para inclinaciones y arrugamiento del papel empleado aliviándose con esto doblemente su distorsión, esto se realiza por medio de líneas geográficas; pudiéndose reducir al mínimo las distorsiones aliviadas usándose los centros de las fotografías.

2.- Mosaicos Semi-Controlados.- En estos también se incluyen líneas geográficas, pero no se pueden cambiar de situación, debiendo permanecer inmóviles.

3.- Mosaicos sin control.- Estos no tienen líneas geográficas lo que no permite sino trabajar en ellos como referencia.

4.- Mapa fotográfico.- Son aquellos que pertenecen al grupo de los mosaicos controlados y en los cuales existen datos tales como localidades, nombres de corrientes etc.

Control terrestre.- Es imposible hacer mapas usando fotografías aéreas sin mediciones de control en tierra a tal punto que siempre la exactitud en ellos va paralelamente con el número de estos controles, de tal manera que si estos son incrementados, los mapas se aproximarán más a la verdad. Esto quiere decir que los controles no se harán indiscriminadamente, sino que aquellos verdaderamente necesarios como controles deberán aparecer en un proyecto; a esto se debe principalmente su reducción en número y también a la mejora de los métodos en lo que se refiere a precisión de las cámaras, a los ploteadores y otros equipos usados.

Ploteo de mapas.- Con excepción de muy pocas consideraciones, un mapa como ya se ha explicado anteriormente, es un proyecto de detalles topográficos; ahora bien, una fotografía es una proyección en perspectiva de las mismas. En efecto, la relativa posición de puntos en una fotografía son escasamente diferentes por su relativa

posición en un mapa. Además si se requieren líneas de contorno se deben usar los datos de dos fotografías del mismo terreno simultáneamente, de lo que se deduce que los datos de control terrestre y aquellos obtenidos de las fotogra—
fías se podrán combinar de alguna manera para que de esta combinación ordenada resulte un mapa.

La mayor parte de los métodos exactos, dependen mayormente de los diversos tipos de instrumentos llamados ploteadores o "plotters". Estos instrumentos, ayudan a un operador para que este ponga las fotografías en su propia relación con respecto a las posiciones ploteadas del con—
trol terrestre (orientándolas en el espacio) ploteando todos aquellos contornos de utilidad y necesarios, durante la observación de las fotografías.

Los ploteadores varían ampliamente tanto en complejidad como en exactitud y seguridad; de todo esto se puede deducir que intervienen muchos factores para determinar con exactitud relieves y accidentes del terreno, y que dicha —
exactitud resultado de medir sobre las fotografías por me—
dio de ploteadores u otros instrumentos (de los que hablareremos más adelante) se llama "Fotogrametría", aplicándose mayormente todo lo que de ellas se deriva en el mapeo aéreo, basándose cada uno de los procedimientos seguidos en la consecución de las líneas de contorno de las fotografías en la Estereo visión.

Resumiendo todo lo expuesto podemos definir más claramente la Fotogrametría diciendo que es una rama de la Ingeniería por la cual obtenemos registros por medio de fotografías aéreas especiales, siendo la intención reproducir las dos o tres dimensiones de los objetos a partir de ellas, siendo generalmente el objeto fotografiado la superficie terrestre, consistiendo la tarea en recolectar todos aquellos datos que nos sirven para trazar mapas fotográficos y obtener la elevación de algunos puntos necesarios y seleccionados en el área del trabajo.

•••••

CAPITULO II

LA ESTEREO VISION : SUS PRINCIPIOS

Cuando una persona observa un objeto a una distancia normal de observación, dicha persona tendrá el completo conocimiento de las tres dimensiones de dicho objeto.

Cada ojo mirando un cuerpo cualquiera desde posiciones ligeramente diferentes una de otra, transmiten la figura del objeto al cerebro, y cuando estos dos mensajes se relacionan entre sí entonces las tres dimensiones de dicho objeto aparecen, a esto se le conoce con el nombre de "Estereo Visión".

La Estereo Visión así vista no parece presentar problemas, sin embargo, su estudio es complejo de tal modo que para comprenderla mejor se presentan en este trabajo sus principios.

Profundidad de la percepción: Es el proceso mental que determina la distancia relativa de los objetos al observador de acuerdo con las impresiones recibidas a través de los ojos; se reciben a través de éstos como es lógico comprender numerosas impresiones y todas es--

tas sensaciones de profundidad que conciernen solamente a la capacidad de fotografía son las siguientes:

Paralaje.- Es el movimiento aparente y relativo de un objeto a diferente distancia del observador, cuando es te se mueve.

Acomodación.- El cristalino de los ojos puede aplastarse o hacerse más convexo de acuerdo a sus necesidades.

Este proceso es llamado de "Acomodación", haciéndose plano el cristalino cuando se trata de puntos distantes a la retina y convexo para puntos cercanos, estando siempre vigilante el cerebro a las condiciones del cristalino y -recibiendo las sensaciones de distancia.

Convergencia.- La necesidad de ver un objeto claramente con dos ojos hace que la imagen de dicho objeto se coloque en la parte más sensitiva de cada retina, desde -que los ojos convergen para puntos cercanos y el cerebro está vigilante en sus posiciones relativas, la convergencia entonces será una sensación de distancia de tal modo que los ojos de un observador se acomodan automáticamente de acuerdo a la distancia deseada.

Disparidad Retinal.- Desde que los ojos están en posiciones distintas, la imágen que ellos perciben son ligeramente variadas; así por ejemplo si tenemos un pequeño -objeto en posición intermedia entre el observador y un objeto grande, la parte observada del objeto más grande es

diferente para cada ojo. La diferencia entre las imágenes sobre la retina es lo que se conoce con el nombre de "disparidad retinal" y desde que esto es una función de la distancia relativa de los objetos visados también proveerán la misma sensación en objetos lejanos, siendo esto que s^e acaba de mencionar la sensación más usada en "Fotogrametría".

Estereopar.- Siendo la fotografía, una proyección - en perspectiva, esta representa geoméricamente el tipo de imagen vista por un sólo ojo. Cuando se toman dos fotografías del mismo objeto, desde posiciones diferentes y se arreglan de tal modo que la fotografía de la derecha sea - vista por el ojo derecho y la izquierda por el correspondiente ojo, entonces, se establece la disparidad retinal- y el observador puede percibir la profundidad (tercera dimensión), llamándose el conjunto(de dos fotos) el "Este--reopar".

La sensación del paralaje frontal no existe como tampoco existe la sensación de acomodo ya que las imágenes - son tomadas a la misma distancia de los ojos. Sin embargo, si el observador, no mueve la cabeza, no podrá esperar la sensación de profundidad del estereopar y si los objetos- tampoco varían mayormente, en distancia, tampoco se puede esperar acomodación. Existen aparatos para visualizar el estereopar, estos son el Esteroscopio y el Anaglifo.

Esteroscopio.- Es el instrumento más usado en fotogeología existiendo actualmente de dos tipos; el esteroscopio de espejos y el de lentes. La figura adjunta, muestra el principio de los esteroscopios de espejos arreglados para dar una convergencia adecuada, habiéndose hecho los dibujos sin escala premeditada con el objeto de tener una mejor ilustración del problema. El dibujo (a) muestra los ojos de una persona observando un alfiler clavado sobre un tablero, pudiéndose notar que la parte que está a la izquierda se observará con la retina izquierda y la parte de la derecha con la retina del ojo derecho, presentándose en este ejemplo las sensaciones de disparidad, convergencia y acomodación. A saber:

- a) Acomodación.- Porque los ojos se acomodan con la distancia, haciendo posible una mejor observación.
- b) Disparidad.- Porque el objeto se observa desde dos posiciones distintas ligeramente, produciéndose éstas una diferencia marcada en las imágenes.
- c) Convergencia.- Porque las posiciones de los ojos nos dan una idea exacta de la posición, forma y distancia del objeto observado.

El Dibujo (b) nos muestra el fotografiado del mismo

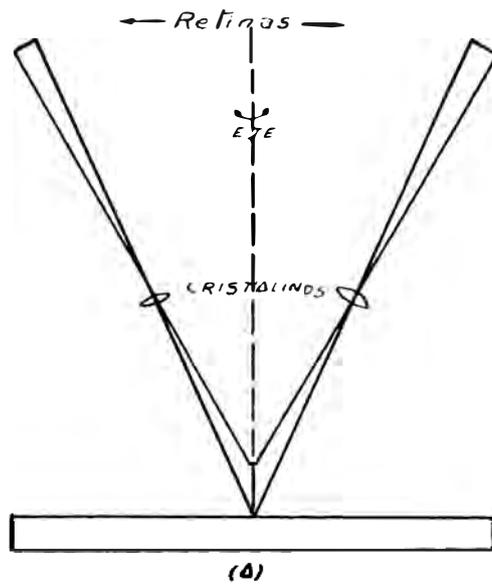
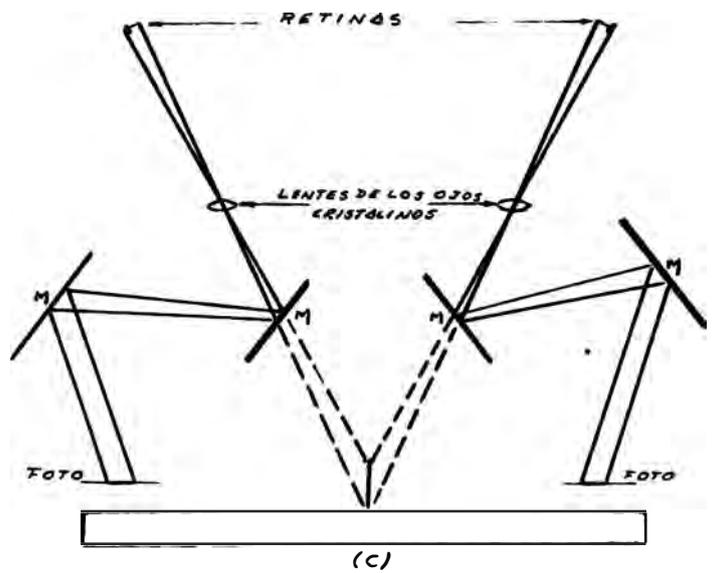
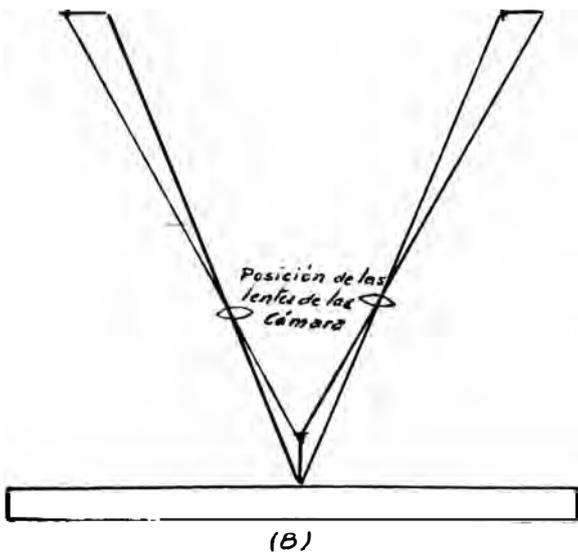


Imagen del Clavo
en la película nº 1

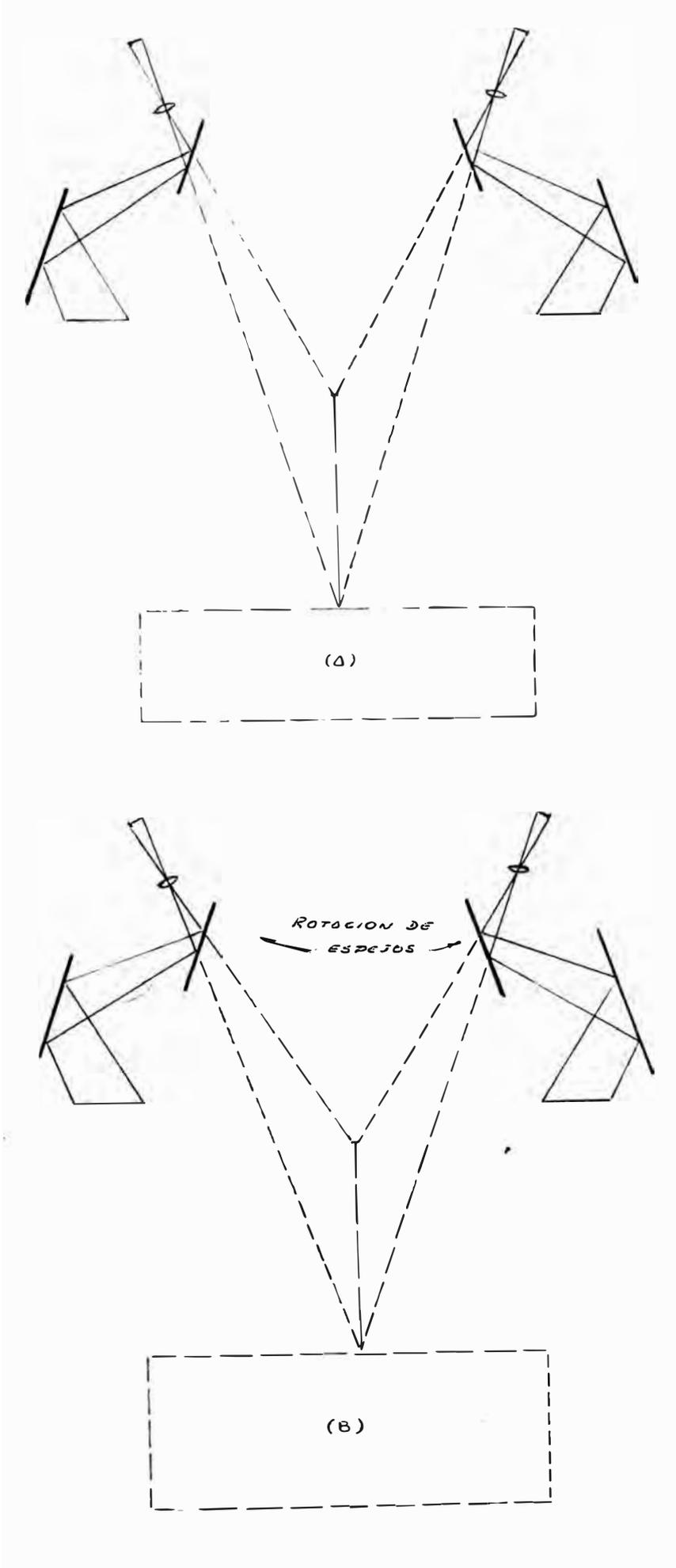
Imagen del Clavo
en la película nº 2



alfiler desde las dos posiciones antes mencionadas. Las lentes de la cámara son puestos primero en la posición - del ojo izquierdo y posteriormente en la posición del o jo derecho, tomándose las fotografías separadamente desde cada posición; los contactos impresos de los negativos, - son puestos en los espejos del esteroscopio como indi- ca en (c).

Solamente, las imagenes del alfiler están dibujadas; los cuatro espejos (m) transfieren la luz a los ojos e- exactamente (excepto en casos de acomodación) como si h biese venido desde el alfiler como se muestra por la lí- nea de puntos. La sensación de acomodación puede dar la impresión que las fotografías, estan a una distancia muy lejana del ojo sin indicar la altura del alfiler, por úl- timo se puede afirmar que si la convergencia y disparti- dad retinal son exactas, sea esto suficiente para que el observador pueda ver en tercera dimensión.

Eliminación de la Sensación de Convergencia.- Si las fotografías que muestran las imágenes del alfiler son movidas hacia afuera del aparato con el cual estamos observando como en la FIG. A, o si esta impresión se crea por rotación de los espejos como se muestra en B, enton- ces el observador estará en presencia de modelos geomé- tricos y por esta razón se producirá un cambio como si -



CONVERGENCIA

todos los puntos en el alfiler hubieran sido movidos cantidades proporcionales al observador y desde que éste tiene una idea definida respecto a la distancia en que se encuentran alejadas las imágenes y conoce la distancia original de las fotografías puede reconocer el error pudiendo éste para corregirlo, realizar lo siguiente:

- a.- Eliminar todas las sensaciones de profundidad - por lo que verá las fotografías solamente en dos dimensiones.
- b.- Eliminar la sensación de convergencia observando que no existe ningún cambio en las imágenes, habiendo sido hecho el movimiento en este caso muy suavemente no pudiendo darse cuenta del cambio.

Cuando un observador práctico ve un arreglo de esta naturaleza sin haberse posesionado de su propia convergencia, el será capaz de cambiar dicha convergencia - hasta que las imágenes se superpongan sobre las retinas; esto se conoce con el nombre de "fusión" o "Fused". Se elimina la sensación de convergencia y verá la profundidad inmediatamente.

Las imágenes pueden ser separadas hasta que los ojos empiecen a diverger. Aún cuando esto no puede ocurrir con objetos reales, los observadores más entrenados serán incapaces de ver las dos imágenes cuando hay uno o dos gra-

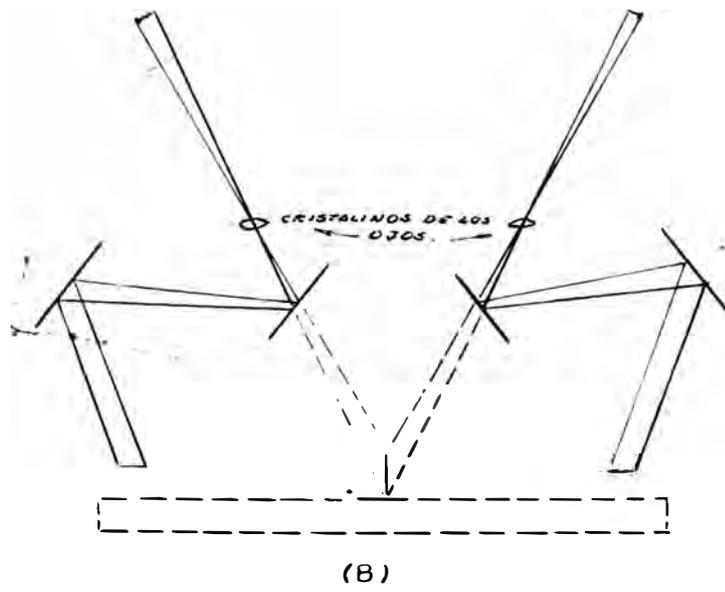
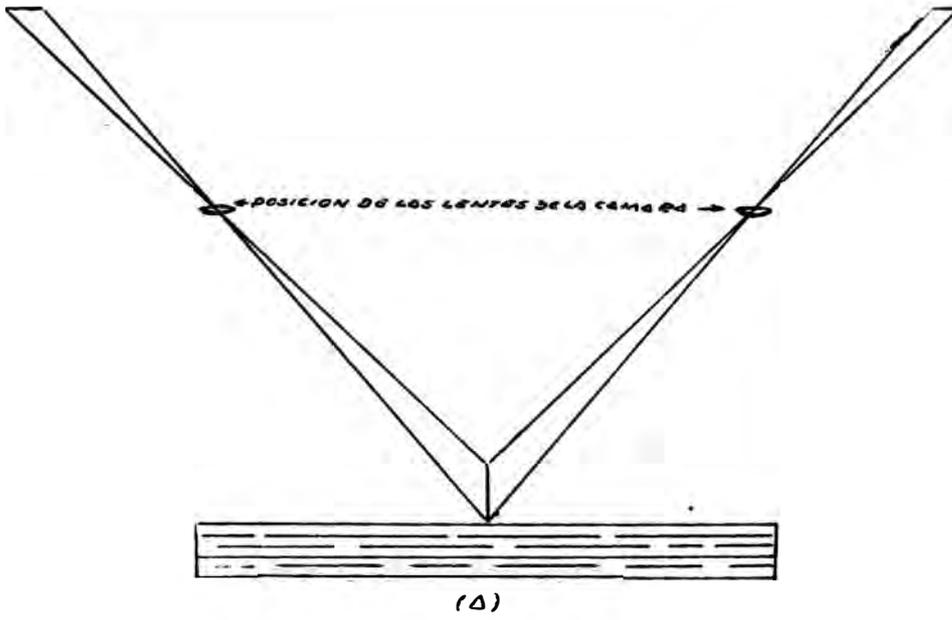
dos de divergencia.

Alta Convergencia.- La mayoría de las fotografías son tomadas de tal manera que la convergencia requerida sea tan grande como sea posible, como en la figura.

En este caso el observador no las verá en estereo (profundidad) hasta que ellas sean arregladas como se muestra en la figura en la cual la fotografía se va moviendo hasta obtener una convergencia normal, como se muestra en la figura geométrica mostrada, la disparidad-retinal ocurrirá si la distancia desde el observador ha sido aumentada sin cambio en las distancias horizontales; de acuerdo con esto, cuando las fotos son tomadas así, el observador verá el objeto exagerado en altura debido a la disparidad retinal. Esto trae afortunadamente el efecto de aumentar su habilidad para determinar la profundidad.

Esteroscopio Binocular.- Los esteroscopios de espejos, están algunas veces equipados con Binoculares, los cuales actúan como telescopios, ellos aumentan las fotos de tal modo que los detalles son más fácilmente apreciables siendo posible colocar las fotografías a mayores distancias de los ojos.

Esteroscopio de Lentes.- No tienen espejos y consisten en una lente simple para cada ojo; esto hace posible que el enfoque de los ojos sobre la fotografía esté



ALTA CONVERGENCIA

más o menos a cuatro pulgadas de las fotos; (las dos fotografías) el par estereoscópico, puede acercarse a los ojos hasta obtener la convergencia apropiada, es decir hasta - que no interfiera una de la otra.

Cuando las fotografías están muy cerca de los ojos, las imágenes ocupan dimensiones angulares más grandes y - los rasgos aparecerán más alargados en este caso. Moviendo las imágenes se obtendrá el mismo efecto del estereoscopio de espejos.

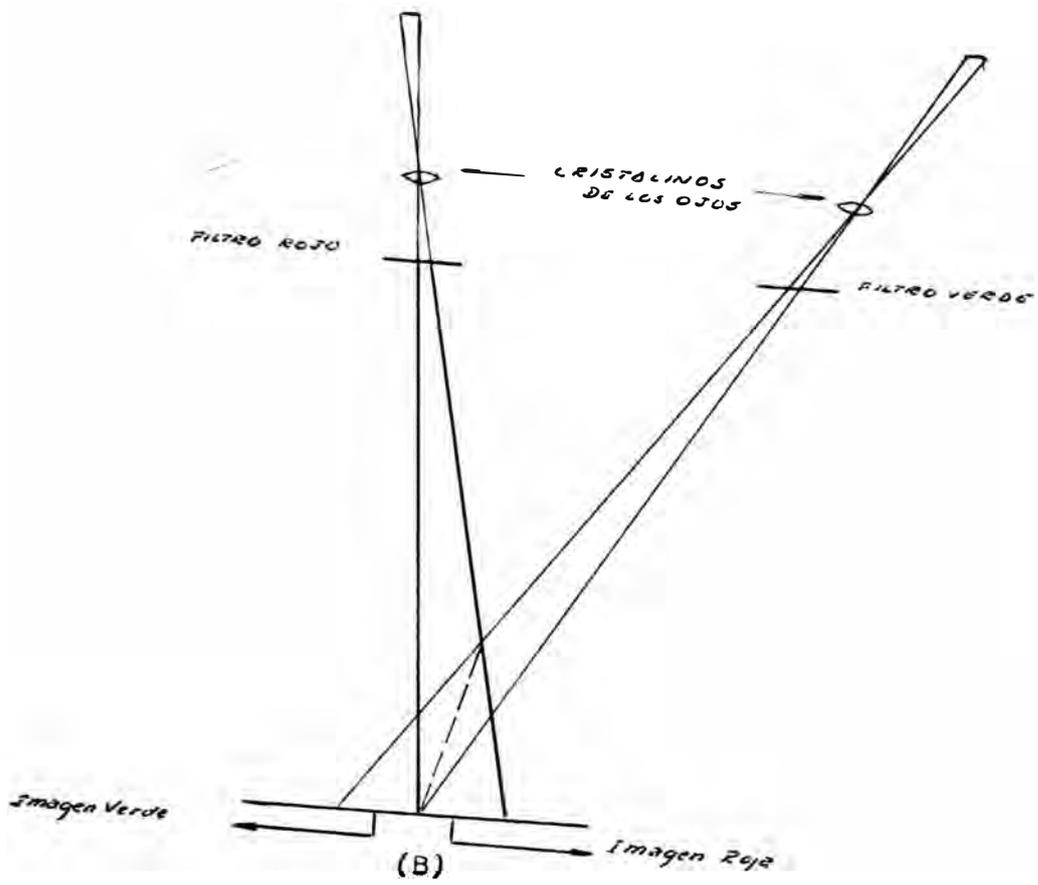
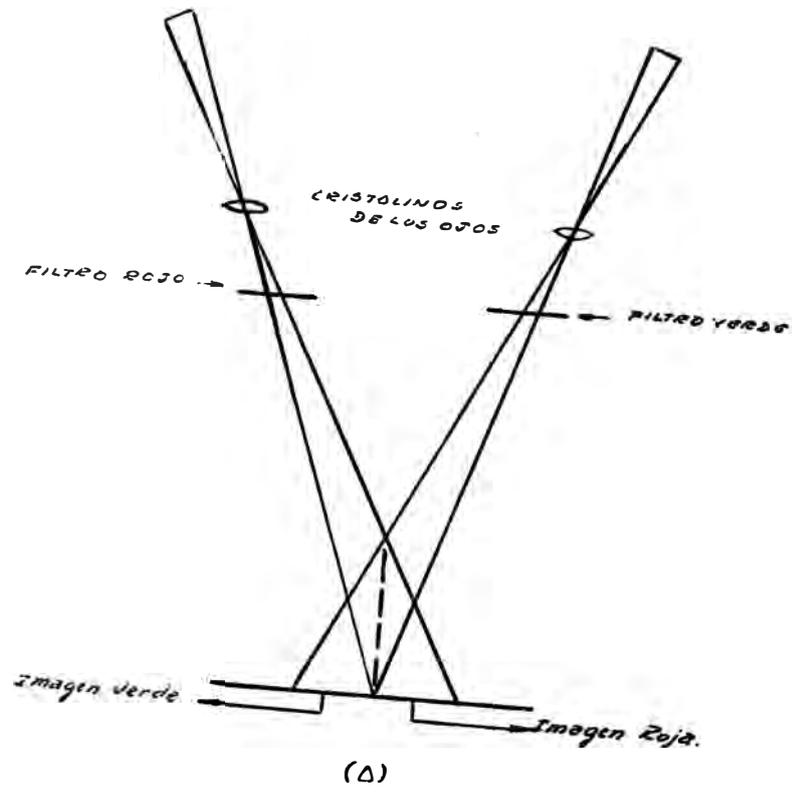
El Anaglifo.- Este aparato provee otro medio de arreglo de las fotos de tal modo que cada una de ellas es vista por el apropiado ojo. Un anaglifo puede ser creado por impresión de medios tonos, por impresión del color de la fotografía o por proyección; las fotografías son superpuestas de tal modo que los diferentes objetos esten cercanamente unos sobre otros y son impresos o proyectados - generalmente en colores complementarios que frecuentemente son el rojo y el verde; las fotografías se visualizan con un filtro verde sobre un ojo y el rojo sobre el otro de modo que cada uno de los ojos vea una sola fotografía, la figura muestra este arreglo; la convergencia y la acomodación se igualan de modo que el observador ve la profundidad al instante; cuando las imágenes, son proyectadas las dos fotografías se mueven o son movidas con los - mismos resultados del estereoscopio de espejos. La figura

muestra el efecto de levantar los ojos y moverlos a la de recha. El objeto aparentemente se elongará y desviará y - la sensación de paralaje es desviada y desechada. Cuando se desean ver las fotos en su color natural, la separa-- ción se obtendrá por la polarización de las fotos y visán dolas mediante lentes polarizados como se ha hecho en las películas tridimensionales; esto se conoce con el nombre- de rectógrafos.

De todo lo anteriormente expuesto podemos afirmar -- que cuando se toman y se arreglan las fotografías, de tal manera que la disparidad retinal se obtenga dentro de los rangos de experiencia, un observador quizá con un poco de entrenamiento las verá en estereo (tres dimensiones), su exacta interpretación de profundidad dependerá en algo de la convergencia y acomodación.

Las imágenes están mejor colocadas cuando se superpo- nen sobre las retinas y la convergencia no es mucho mayor que la que se obtendría de la distancia normal de lectura. La convergencia, puede disminuirse hasta que los ojos es- tén paralelos, pero si pasamos este punto el observador - por muy entrenado que esté, fallará en apreciar la profun didad.

A menos que las fotografías estén arregaldas de modo que la convergencia y disparidad retinal sea exacta como- ocurre con los objetos actuales, el observador no podrá -



EL ANAGLIFO

interpretar la profundidad en la proporción adecuada a la distancia horizontal, sin embargo cuando el observador vea varios objetos simultáneamente, podrá juzgar y apreciar - sus alturas proporcionales.

LA CAMARA AEREA : CARACTERISTICAS

Existen varios tipos de cámaras para estos trabajos pero sus características son muy semejantes; comunmente - estas cámaras tienen las siguientes características:

- a.- La medida común de los negativos es de 9 x 9 pulgadas.
- b.- Las lentes están arregladas para un enfoque infinito.
- c.- Son usadas universalmente aquellas de ángulo amplio,

La lente más usada es la "Metrogong". Esta tiene un campo angular de noventitres grados y la longitud focal - nominal es de seis pulgadas; así podemos afirmar también que fotos de gran amplitud requieren menos "Vuelos"; menos fotografías, menos controles terrestres dando todo esto una mayor seguridad en el mapeo; sin embargo en terrenos - escarpados, las pendientes fotografiadas cerca de los límites del campo focal de una cámara de ángulo grande ocul

tan detalles topográficos.

- d.- La longitud focal de seis pulgadas es standard pero también es posible usar cámaras cuyas lentes tengan longitudes focales de cuatro y ocho pulgadas.
- e.- Desde que la velocidad de disparo debe de ser lo bastante rápida para evitar los efectos del movimiento del vuelo es necesario tener aperturas grandes de diafragma. Esto es difícil de obtener en cámaras de ángulo amplio, siendo el más grande en uso de razón $\frac{f}{6}$ (Este cociente es el resultado de dividir la distancia focal entre el diámetro de la lente).
- f.- Las lentes son "acromáticas" es decir que son hechas de elementos tales que juntan todas las longitudes de onda de la luz en el foco dentro del rango fotográfico, sobre el mismo punto en el negativo.
- g.- Aunque los negativos de vidrio se usan con éxito, la mayoría de las cámaras son diseñadas para películas; esto permite un mayor número de exposiciones por carga, pudiendo estas ser manejadas y desarrolladas con mayor facilidad ocupando así mismo, menos espacio, sin embargo existen desventajas siendo una de éstas que el

film se encoge cuando se procesa produciéndose - este encogimiento algunas veces "proporcionalmente al ancho y al largo" siendo este proceso mayor a lo ancho, pero esto casi se ha solucionado en las películas modernas en que el encogimiento es cercanamente nulo; el encogimiento en la película es por fin un factor importantísimo debido a que produce errores difíciles de solucionar y eliminar siendo este el motivo por lo que se usa el vidrio cuando se requiere de una mayor precisión en las fotografías.

h.- La mayoría de las cámaras utilizadas en el mapeo están equipadas con aparatos que operan el disparador y mueven la película automáticamente siendo uno de ellos el "medidor de intervalos" (Intervalometer) que se coloca con el objeto de obtener exposiciones en el intervalo de tiempo deseado. Algunos tienen una marca móvil que se puede regular para seguir el movimiento aparente de los objetos sobre el terreno. Estos se colocan - para hacer exposiciones cuando las imágenes fotografiadas se han movido una fracción deseada en el área del negativo. Esto es independiente de - la altura.

i.- Las cámaras son montadas de tal modo que pueden

colocarse y orientarse con el "Azimuth", mantener las alineadas con respecto a la ruta de vuelo cuando el aeroplano no se desvíe por efecto del viento. Ellas están soportadas por un sistema de suspensión a "Cardan" de modo que se mantengan inmóviles sin sufrir los efectos del movimiento del avión. El amortiguador, consta de una serie de líneas para modificar cualquier tendencia al balanceo y también de un nivel que ayuda a mantener la verticalidad de la cámara. Como los niveles están afectados por la aceleración del aeroplano, tanto como por la gravedad, es necesario, mantener la cámara con un enfoque apropiado utilizándose en algunos casos la estabilización automática por giroscopio. Con las técnicas actuales, las cámaras se pueden mantener en promedio con un grado de aproximación a la vertical, sobrepasando este error raramente hasta los tres grados.

Calibración de la Cámara.- Para calibrar una cámara el primer paso que debe realizarse es colocar permanentemente los lentes sobre todo el área del negativo, entonces una fotografía se toma de un juego de tarjetas separadas uniformemente tales como a, b, c, p, d, e, f, puestas en línea perpendicular al eje de la cámara, resultando de ese modo las imágenes uniformemente espaciadas. Si estas

imágenes no presentan esta característica deberá usarse "colimadores" ("Collimators") en vez de tarjetas distantes. Esto permite que la medición se realice sobre el mismo plano de la imagen utilizándose en este caso, un microscopio micrométrico.

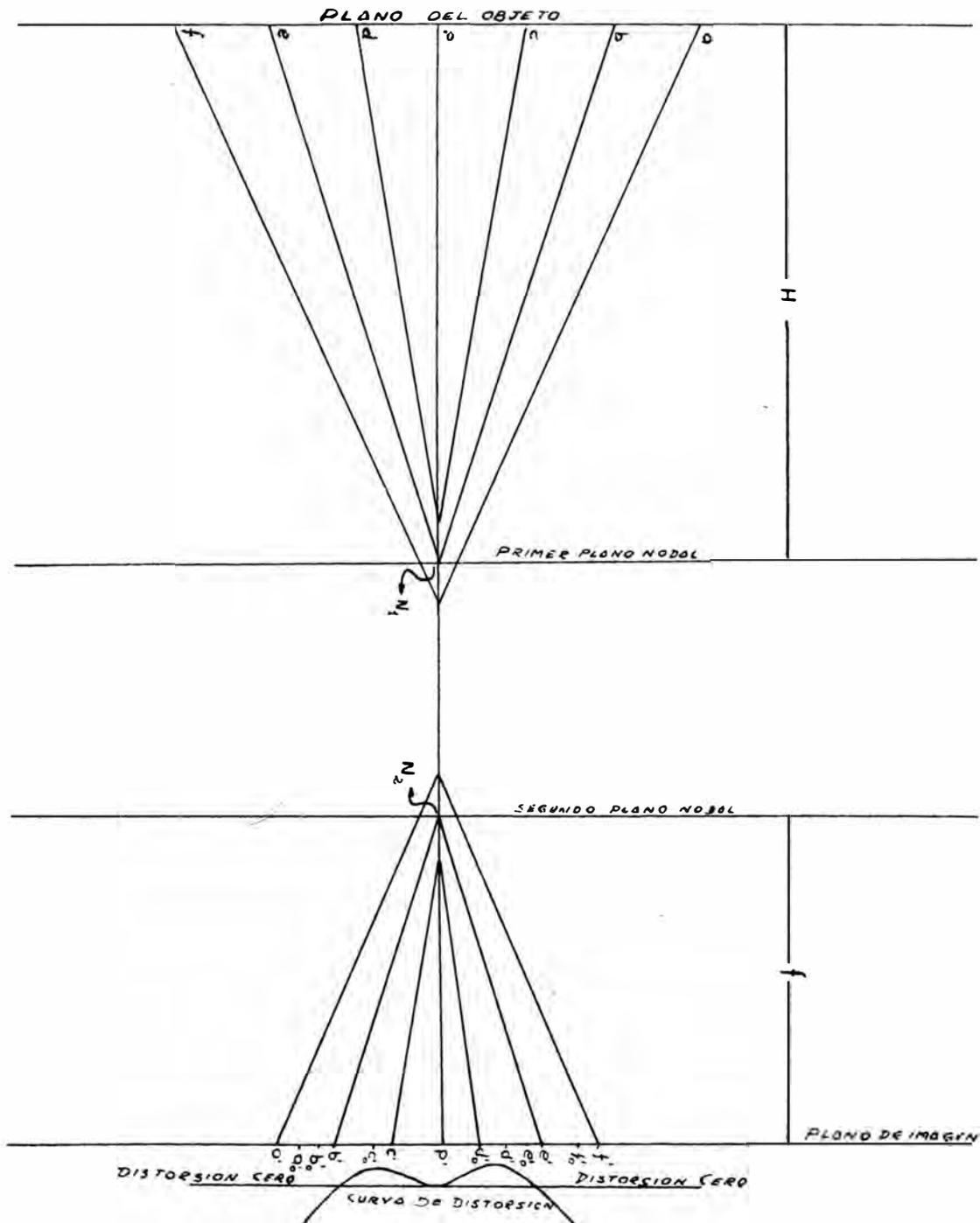
Distorsión.— Se define así a esta variación de las posiciones de la imagen con respecto a sus verdaderas perspectivas; este término a menudo no se usa adecuadamente a las variaciones de una fotografía de proyección ortográfica (esto es a las variaciones de un mapa) ya que no tiene ninguna relación con la distorsión de las lentes. Las distorsiones más importantes de las lentes, son las del tipo que se muestra en la figura; estas son distorsiones radiales en el plano de la imagen, desde el centro del negativo o más exactamente desde el punto "Principal" que viene a ser el pie de la perpendicular del centro de perspectiva.

Para calibrar una lente es necesario determinar la posición del centro de perspectiva N_2 que crea la distorsión y para evaluar las distorsiones desde una perspectiva verdadera a ese punto, debemos tener en cuenta:

- 1.- Cualquier par de imágenes colocadas simétricamente se asume que están en posición adecuada (en este caso a^1 , b^1 , c^1) entonces se tiene:

$$f = H \frac{b^1 e}{be}$$

DISTORSION



Con este valor, las posiciones verdaderas de las imágenes f^1_0 y d^1_0 , etc., pueden ser computadas como sigue:

$$p^1_d^1 = \frac{f}{H} \quad pd$$

el error de posición de cada imagen, f^1_0 a f^1 se mide y se plotea. El resultado, es la curva de - distorsión en los que se muestran los errores -- llamados positivos (Errores positivos); el valor asumido de "f" es entonces ajustado por computación con mejores ventajas. Por lo general, se es coge un valor que haga las distorsiones mínimas para los más grandes valores positivos y negativos. El valor final de f se usa como la distancia principal en las computaciones; esto se conoce - como "Longitud focal calibrada" y generalmente difiere legeramente de la longitud focal que estaba computada de los valores obtenidos por curvatura, índice de refracción y las posiciones de los elementos de las lentes.

La longitud focal de los valores diseñados es conocida con el nombre de "Longitud focal equivalente".

NOTA:- En computaciones fotográficas, la letra "f" indica la distancia principal.

===
=

CAPITULO III

LA FOTOGRAMETRIA Y SU MEDIDA CUANTITATIVA.

Los informes Geológicos obtenidos a través de la fotografía cuantitativa, son usados en la preparación de mapas estructurales, mapas Isópacos y en estudios hidrodinámicos.

Esto para nosotros no es una novedad ya que desde -- 1,946 el método comenzó su crecimiento como una herramienta de exploración extensivamente usada; es así que la suma total de los proyectos fotogeológicos llevados por los departamentos de las compañías petroleras, agencias gubernamentales, organizaciones de consulta etc. ascienden a -- cuatro millones y medio de millas cuadradas aproximadamente pero a pesar de todo esto el uso de la fotografía ha sido cualitativo; incluyendo esto:

- a.- Interpretación regional amplia usando pequeña escala de Fotografía.
- b.- Evaluación detallada haciendo uso de una escala de fotografía mediana.
- c.- Interpretación "Geomórfica".

El término "cualitativo" es usado para indicar que -- la evaluación fotogeológica provee información valiosa en

"estratigrafía" y "estructural", pero la interpretación es limitada para cálculos de fenómenos geológicos medibles, a sí como delgadez de sección, grado de declive, desplazamiento de fallas y total de "estructuras cerradas".

Por tal motivo, la fotografía ahora está siguiendo el curso de todos los métodos exploratorios con el objeto visible de refinarlo y obtener una mayor y más amplia información; un ejemplo de este refinamiento, es el uso de instrumentos para trabajos de parcelación de alto orden. En a ños anteriores, se han dispuesto de instrumentos satisfactorios para el trabajo geológico cuantitativo, algunos de ellos ultra precisos como también mecanismos de menor precisión y toscos que han servido para realizar interpretaciones y medidas más o menos exactas.

Como ya sabemos, todos los instrumentos fotogramétricos están basados en el principio del "desplazamiento para-láctico", que es una medida de relevo, aparte de que el otro componente es una medida de orientación relativa de dos fotografías aéreas sucesivamente expuestas; el componente de relevo del paraleje es medido como se explica en dos fotografías aéreas verticales sucesivas, examinándolas estereoscópicamente de donde resulta posiblemente las dife rencias en dicho paraleje. Midiendo con precisión estas di ferencias por medio de instrumentos de parcelación resulta una precisa determinación de elevaciones y contornos.

El más común y fácil método de medida del paraleje - es por medio de un punto flotante controlado en un modelo estereoscópico, que puede ser controlado de arriba a abajo dentro del modelo por un ajuste micrométrico. En un -- "modelo estereoscópico" donde el efecto del cabeceo del avión y la inclinación de la cámara han sido corregidos, es posible leer las elevaciones de las diferentes partes del modelo al pasar el punto flotante por las respectivas partes. De éste modo pueden prepararse los mapas topográficos por determinación de las alturas. Los contornos pueden ser ploteados directamente en la escala del modelo o en escalas más pequeñas por medio del pantógrafo, y las elevaciones se podrán leer con mayor exactitud que en los intervalos de contorno.

Existen dos tipos principales de instrumentos los -- cuales utilizan el punto flotante dentro de un modelo estereoscópico y ellos son:

A.- Aquellos instrumentos en los cuales se observan un par de fotografías superpuestas ya sea por medio de un estereoscopio simple o a través de "LINKAGES MECANICOS u OPTICOS" (sistemas con palancas de dirección) variando en diferentes grados de acuerdo a su complejidad los instrumentos de este tipo de rango, desde el tipo de barra-paralaje simple (simple parallax-bartype) a través de ins-

trumentos ploteadores de una gran exactitud con linkages complejos ópticos y mecánicos.

B.- Instrumentos los cuales usan la proyección anaglífica de un o una serie de pares estéreos. Dentro de esta categoría tenemos los instrumentos tales como el ploteador "Multiplex Kelsh" el ploteador "Balplex" y el "Photo maper". En la primera categoría el instrumento de tipo "parallax-bar" es simple de operar y relativamente barato; sin embargo debido a que se necesitan un gran número de puntos de control vertical por cada modelo y a que es necesario la construcción de un gráfico de corrección, agregándose que este tipo de instrumento solo puede producir con exactitud las elevaciones de $1/250$ de la altura de vuelo, no se puede considerar que este instrumento reúne las condiciones mínimas para la fotogeología cuantitativa. Un instrumento refinado en esta categoría es el estereotope en el que solamente es necesario cuatro o cinco puntos de control vertical para cada modelo y la exactitud del instrumento, se puede ajustar a $1/1200$ de altura de vuelo. La correcta orientación del modelo, se logra mediante un ingenioso uso de computadores especiales que tiene el instrumento. Este instrumento sería adecuado para la determinación

de alturas en estructuras típicas, en terrenos medianamente irregulares, pero su exactitud no se considera como suficiente para la determinación de elevaciones en áreas de inclinaciones reducidas sin el uso de fotografías de baja altura y cuyo costo es bastante elevado.

Desde que el tipo "anaglif de proyección", es el que está mejor dotado para trabajos geológicos cuantitativos - se da una breve descripción de los principios básicos de este instrumento. Las reproducciones positivas sobre platos de vidrio, (dispositivos) son hechas ya sea por impresión de contacto o por reducción. Estos dispositivos son colectados dentro del proyector y mediante la utilización de puntos de control vertical terrestre los proyectores -- son ajustados de un modo tal que coinciden con la posición de la cámara en el tiempo de exposición del negativo original. De esta manera, cada proyector se convierte en una réplica de la cámara fotográfica, y se proyectan sobre una superficie bien blanca, luces alternadas, rojas y azules a través de dispositivos especiales. Así cuando se visualiza utilizando anteojos con una lente roja y la otra azul, se - observará la tercera dimensión del modelo. La determinación de las elevaciones en modelo se realiza con una mesa de diseño en el centro de la cual existe una pequeña abertura - que es iluminada desde la parte inferior. Esto sirve como una marca flotante y su altura dentro del modelo puede ser

ajustado hacia arriba o hacia abajo mediante un dial contador que registra la cantidad de movimiento vertical. Este movimiento puede ser convertido en m.m ó fracciones de m.m. y los datos pueden ser convertidos matemáticamente a elevaciones en pies o en metros, o si no mediante una serie de engranajes intercambiables que pueden expresar directamente las medidas en pies y metros; cuando el punto flotante es expuesto en contacto con la superficie del terreno, su altura representará la elevación del mismo en ese punto. Los detalles planimétricos y de contorno pueden dibujarse a escala del modelo proyectado por medio de un lápiz montado sobre la mesa de diseño; por un pantógrafo o por medio de un aparato "electro ploteador"; estos datos pueden ser reducidos directamente a la escala final del mapa.

Un número de proyectores (cualquiera) tipo "Multiplex" o "Balpex" pueden colocarse en una sola barra de modo que una serie continua de pares estereo superpuestos pueden ser proyectados y el puente se podrá completar entre puntos de control bien separados. Esta técnica de Bridging (Construcción de puentes) puede usarse también con instrumentos de un mayor y más alto orden de exactitud y permite el desarrollo de controles para modelos individuales a partir de puntos de control ampliamente separados y obtenidos con métodos de campo.

La desventaja del multiplex para la fotogeología

cuantitativa, es que el dispositivo (mide cincuenticinco - milímetros) es dilatado doce veces (12X) lo cual se traduce en pérdida de detalle. Además el modelo multiplex también se dilatará pero solamente en dos enteros tres décimos veces (2.3 X) de la exposición original y no se ilumina tan bien como en los otros instrumentos.

El ploteador Balplex también usa un dispositivo reducido pero su medida (ciento diez milímetros) es apreciablemente más grande que la del dispositivo multiplex y por esta razón, se logra un modelo de proyección más clara, lo cual representa una ventaja sobre el multiplex porque presenta una mayor y mejor iluminación. El modelo Balplex es - 3.4 X de la exposición original y el instrumento tiene cierta flexibilidad desde que puede ser usado, colocando un solo modelo de puente o una serie de modelos por control de extensión.

Existen dos tipos de ploteadores "Anaglifos de Proyección", los cuales se utilizan el total de las escalas con platos dispositivos de contacto:

"El Ploteador de Kelsh y el Fotomapeador de Nistri" - (Kelsh plotter y Nistri Photomapper).

El ploteador Kelsh, ha sido inventado y diseñado por Harry Kelsh principal del "U.S. Geological Survey" y es el instrumento original de este tipo. El fotomapa Nistri, es generalmente similar al Kelsh excepto que en lugar de usar doble varilla de diseño como en el Kelsh para la motivación

de la fuente de proyección de luz, el instrumento Nistri usa una sola varilla cupla (Cupling). El instrumento Nistri puede ser cuplado o tener un electro-coordinatográfico de modo que todos los movimientos de la mesa de diseño, son transmitidos eléctricamente a un ploteador montado sobre mesas separadas. Este ploteador puede ponerse a cualquier escala reducida deseada y utilizarse para reflejar el movimiento vertical de la tabla de diseños de modo que el perfil topográfico del terreno en trabajo es dibujado al moverse la mesa de diseño hacia arriba o hacia abajo a lo largo de la línea de sección. Las elevaciones sobre los instrumentos y dispositivos de contacto pueden determinarse con una exactitud de $1/5000$ de la altura de vuelo, aunque en condiciones óptimas e ideales, puede ser posible obtenerse una exactitud de $1/7500$ de la altura de vuelo.

En los instrumentos de ploteo fotogramétrico, el control terrestre es necesario para tener una apropiada orientación del modelo; en el caso del estereotopo e instrumentos diapositivos, son necesarios como mínimo cuatro puntos de control por modelo y es aconsejable tener un punto extra de control al centro del modelo.

Para trabajos de Fotogeología cuantitativa, este control terrestre se puede obtener de varias maneras:

- a) -Cuando se usan fotografías aéreas para trabajos fotogeológicos y han servido para la construcción de mapas topográficos exactos, es posible obtener los puntos de control original de las agencias gu

bernamentales o firma que hizo el trabajo o mapa topográfico. Si los puntos de control terrestre no se pueden obtener por esos medios, entonces los puntos de control necesarios podrán ser interpolados a partir de los mapas topográficos.

- b.- De los Surveys Terrestres mediante triangulaciones. (Surveys, son aquellos planos de medidas tanto geológicas como topográficas que nos sirven de base para cualquier trabajo que deseemos emprender).
- c.- Utilizando la información existente referente a elevaciones tales como aquellas que se requieren para trabajos geofísicos; para esto es necesario, que los puntos elevados sean exactamente localizados sobre las fotografías aéreas y ello se puede realizar en las porciones de los modelos estereoscópicos.
- d.- El uso de ploteadores precisos de primer orden lo mismo que el ploteador-proyector Anaglyf múltiple para puentes (Brigde) entre puntos esparcidos ampliamente y para restituir el control es necesario que el ploteador sea usado en el trabajo fotogeológico cuantitativo. En éste sistema, el control a usarse es mínimo y en algunos casos se puede utilizar fotografías a pequeña escala en ploteadores de primer orden para establecer el control terrestre necesario; de esto resulta un considerable a-

horro de tiempo y costos sobre los surveys terres
tres.

Los datos geológicos obtenidos a través de la fotogra
fía cuantitativa, son usados para la preparación de mapas
de contorno estructural, perfiles, mapas isópacos y estudios
hidrodinámicos, esto se ha aclarado en la introducción de es
te capítulo pero la fase más importante es "La preparación de
Mapas de Contorno Estructural", El procedimiento es similar -
al mapeo en una mesa cuando se hace una sección estratigráfi
ca; los estratos "datums" son seleccionados, los intervalos -
establecidos y las elevaciones determinadas, así las ventajas
al efectuar este tipo de trabajo con un ploteador fotogramé--
trico son las siguientes:

- a.- La operación no es afectada por la inclemencia del -
tiempo, dificultades de acceso al área y límites de
la operación de campo durante las horas de luz solar.
- b.- Si el control terrestre pudiera obtenerse sin la ne-
cesidad de tener surveys transversales del área, el
trabajo puede hacerse sin base confidencial, sin ser
afectado por el riesgo de exposición, entonces el --
costo es más bajo que el obtenido con la misma infor
mación de un survey terrestre solo.

La selección de fotografías para controles estructurales
es muy importante. La exactitud de los puntos ploteados es u-
na función directa de la altura de la cámara fotográfica res-
pecto al terreno y no como se supone frecuentemente una fun--

ción de la escala fotográfica; así por ejemplo; una escala de 1/20,000 puede obtenerse con una cámara que tenga lentes de 8 1/4" de longitud focal con una altura de vuelo de aproximadamente 13,750 pies, como también se puede conseguir la misma escala a menor altura con una lente de 6" de longitud focal. Aunque la escala es de 1/20,000 en cada uno de los casos la tomada con 6" de longitud focal dará mayor exactitud en la determinación de las alturas.

Usando una elevación promedio de 1/5000 de la altura de vuelo, la fotografía de 6" en escala 1/20,000 proporcionará una exactitud de 2 pies en elevación; mientras que la fotografía tomada con 8 1/4" a la misma escala, solamente proporcionará una exactitud de 2,75 pies, estas cifras aquí mostradas representan a las condiciones ideales y teóricas pero en la práctica el error cometido y obtenido es mayor.

Es obvio como se puede ver por el anterior ejemplo que los resultados más exactos, se obtienen con alturas de vuelo más bajas. Cuando se planea fotografías nuevas para trabajos de fotogeología cuantitativa, o cuando hay que seleccionar las fotografías disponibles existentes tomadas a diferentes alturas de vuelo, es mejor usar aquellas fotografías las cuales tengan las especificaciones de mínima exactitud, pero se debe evitar usar aquellas que dan una exactitud en exceso a la requerida. Así por ejemplo: si en un mapa de contorno estructural se necesita un intervalo de contorno de 100 pies. Las fotografías tomadas a una altura de vuelo de -

25,000 a 30,000 pies darán la necesaria exactitud en las elevaciones. El costo de las fotografías aéreas generalmente depende del número de exposiciones requeridas para cubrir una área dada; si la distancia focal de las lentes, se disminuye cuando la altura de vuelo es disminuída, es posible mantener la escala constante y por lo tanto el número de exposiciones permanecerá constante.

Como ya se ha puntualizado, una escala de 1/20,000 se puede obtener usando lentes de 8 1/4" a 13,500 pies lo mismo que con unos lentes de 6" a 10,000 pies. La misma escala se podrá mantener con lentes de 3" a 5,000 pies. La escala de la fotografía y el número de exposiciones, son las mismas en los tres casos, pero la exactitud de la elevación será mayor cuando las alturas de vuelo sean lo más bajas posibles usando lentes de 3"; esto debería de parecer más lógico y por esta razón sería también lógico el uso de lentes con distancias focales muy pequeñas a bajas alturas para perfeccionar los resultados, pero esto no es cierto por una serie de razones fotogramétricas y ópticas. Para propósitos prácticos de todo lo anteriormente expuesto se puede afirmar que el ploteador "Anaglyf" está limitado ya sea para lentes de 8 1/4" o de 6" y es por ésto que con lentes que tienen la misma distancia focal a más baja altura, la fotografía requiere de mayor exposición para cubrir una área dada que las fotografías tomadas a gran altura y además, su costo es alto; por lo general se requiere el doble de fotografías, para cubrir la misma área

a una altura de vuelo de 7,500 pies que para una altura de 10,000 pies cuando se usa cámara con lentes de 6" además, hay que agregar al costo inicial de la fotografía a baja altura, un gasto adicional que se incurre debido a que se necesitan un mayor número de puntos para el control terrestre den un área dada.

El contorno de Estructuras Fotogramétricas se aplica a dos diferentes maneras:

- 1.- Refinamiento cuantitativo de anomalías ya conocidas.
Estas anomalías pueden ser conocidas a partir de un trabajo previo tal como publicaciones, reconocimientos de campo o reconocimientos fotogeológicos. Cuando se conoce el lugar donde existe alguna anomalía, pero se carece de contorno estructural es seguro asumir - un buzamiento promedio de los estratos sobre la estructura en un exceso de uno o dos grados. Este tipo de estructura puede trabajarse por lo general a gran altura y la pequeña escala fotográfica obtenida en este caso, se traducirá en un considerable ahorro de tiempo y costo.
- 2.- Areas de cobertura (Coverage), o áreas cubiertas más grandes en provincias geológicas con un buzamiento regional muy bajo. En este caso, el método es usado como una técnica de exploración primaria para detectar cambios o reversals (revocaciones) de primer orden -- que proporcionan datos cuantitativos de ellos. Este-

procedimiento puede usarse satisfactoriamente, en regiones de bajo dip. (buzamiento) como las áreas de la Montaña peruana y las del Paraná Basin del Brasil.

Este tipo de anomalía, por lo general, no puede detectarse consistentemente por el solo uso de la fotografía. La agudeza visual en la observación de un esteroscopio normal es insuficiente para observar adecuadamente buzamientos de poco monto y desviación de buzamientos de la región observada. Por esta razón, es necesario un control de altura exacto desde que los cierres o "closures", en la magnitud de 10 a 25 pies, pueden ser importantes. Para estos trabajos, la fotografía tomada a una altura de vuelo de 10,000 pies con lentes cuya longitud focal es de 6" (o sea una escala de 1/20,000) es adecuada para esta fase.

En algunas áreas discontinuas de afloramientos (out crops), la falta de un estrato de referencia identificable hace poco factible el obtener una operación completa del contorno estructural, por lo que solamente pueden obtenerse algunos datos cuantitativos por métodos fotogramétricos en estas áreas, por la medida de un gran número de buzamientos y direcciones de los estratos, los cuales se plotean.

Hay dos métodos para obtener las medidas de buzamientos y direcciones con el ploteador de proyección ANAGLYF; uno, es el convencional de los tres puntos, que es un método usado en el mapeo mediante una mesa plana o de diseño, donde se pueden obtener tres puntos de distinta elevación sobre un mismo

estrato.

Estos puntos son localizados idealmente formando triángulos equiláteros.

El otro método es por altura directa del buzamiento y dirección por medio de un "tilting" platen" (platina báscula), que se coloca sobre una platina convencional de la mesa "tracing" (mesa de diseño). Este aparato permite al operador alinear el "laten" (platinas) de tal manera que coincida con la inclinación de los estratos expuestos.

Con este método, el grado de buzamiento no puede ser medido con exactitud, sino que se calcula con aproximación y al ojo, pero éste es transferido con su respectiva dirección a su exacta ubicación en el mapa.

Preparación de Perfiles. - Otro uso importante de los instrumentos precisos en Geología, es la construcción de perfiles. Los perfiles constituyen una base para las secciones transversales geológicas utilizando solamente la información superficial obtenida mediante perforaciones en el área.

Existen dos métodos para plotear perfiles; el más simple, es la modificación de la mesa de diseño de "Landen". La mesa de diseño está montada sobre un carril derecho el cual se orienta de acuerdo a la dirección del perfil, se monta un lápiz de tal modo que los puntos se proyectan desde la platina móvil en dirección horizontal y el perfil se plotea a lápiz en un papel montado sobre un tablero alineado con el carril.

Como la mesa de diseño se mueve a lo largo del carril, la marca flotante es ajustada de tal modo que se mantiene en -

continuo contacto con la superficie del terreno que aparece en el modelo; el lápiz proyectado desde la platina, traza, por esta razón, un perfil topográfico sobre el papel. Para una mejor completación del perfil en trabajo, las posiciones superficiales de los datos geológicos pertinentes, tales como los contactos, estratos de referencia, unidades litológicas, trazado de fallas y ejes estructurales obtenidos a partir de la observación estereoscópica de las fotografías, se agregan; y de este modo se tendrá un trabajo completo y con la información necesaria completa.

El otro método de ploteo de perfiles es por medio de un electro-coordinatógrafo; las direcciones y buzamientos establecidos son también ploteados a lo largo de la línea de perfil, por uno de los dos métodos ya señalados. La exactitud de la elevación o altura no es muy importante en estos casos, como en aquellos de contornos estructurales. Los perfiles se hacen con un mínimo de control terrestre.

Por último, se puede afirmar que para trabajos de perfiles de reconocimiento es posible orientar el modelo de acuerdo a los moldes, sin necesidad de un control terrestre conocido; sin embargo, todavía se hace necesario derivar una escala horizontal aproximada del modelo, procurándose por todos los medios que la escala vertical del perfil siempre sea la misma que la horizontal; esto es esencial en el cálculo de las potencias y en la proyección de los datos geológicos superficiales en la subsuperficie.

Preparación de Mapas Isópacos.- Los mapas isópacos de una secuencia de rocas, pueden prepararse de los datos de las potencias obtenidas fotogramétricamente. Si la secuencia de la roca que se considera aflorante (crops out) en una distancia vertical restringida, está contenida en un solo modelo, la técnica de la medida de la potencia es simple.

La orientación del modelo puede hacerse como se ha iniciado para los perfiles lo mismo que para la medida del intervalo. No es esencial una serie de elevaciones en los mapas isópacos, sino solamente para establecer intervalos en cualquier lugar; los datos isópacos, derivados de las mediciones de los intervalos superficiales, pueden ajustarse (tied) en datos isópacos para el control subsuperficial.

Estudios Hidrodinámicos.- Para estudios hidrodinámicos (en lugares donde el potencial productivo que aflora "crops out" está alrededor del borde de la cuenca es necesario plotear la faja de afloramientos y determinar una serie de elevaciones en estos horizontes; en esos trabajos también se pueden utilizar procedimientos fotogramétricos. Para terminar con este estudio se puede afirmar que la técnica del perfil es valorizable en la proyección de horizontes potenciales desde sus posiciones "aflorantes" en la superficie.

*

CAPITULO IV

LA FOTOGRAFIA Y SU AYUDA A LA EXPLORACION

Ya se ha dicho anteriormente que la tarea de la fotogrametría es la de recolectar datos para el trazado de mapas topográficos. Con este propósito, las fotografías aéreas verticales son tomadas con una superposición del 60% y con aproximadamente 30% de superposición lateral entre las líneas de vuelo, usando, como también se ha dicho, cámaras precisas equipadas con lentes de alta calidad y baja distorsión. Estas fotografías son tomadas por lo general entre alturas que varían entre los 1,000 y 35,000 pies, dependiendo esta altura del tipo de proyección de la fotografía.

En las áreas de superposición común de las fotografías aéreas sucesivas, el terreno puede observarse en el estereoscopio; entonces, cada punto se medirá exactamente en posición, elevación y planimetría.

Existe actualmente un tipo de fotografía llamada TRIMETROGON, que es tomada usando un sistema de tres cámaras; una de las cámaras toma fotografías verticales y las otras dos, oblicuas respecto a la dirección perpendicular de vuelo. Las fotografías oblicuas no pueden usarse tan convenientemente como las verticales, ya que la esca

la no llega a ser en ningún caso constante y además, las líneas rectas están muy distorsionadas. El terreno cercano al horizonte es fotografiado a una escala más pequeña que el terreno que está debajo del avión. Por esta razón, algunas veces, cuando se necesitan mapas para trabajos de exploración, la fotografía TRIMETROGON solo se usa para tener una idea del área de trabajo.

Algunas veces sucede que las fotografías verticales son imposibles de tomar debido al tiempo, por consideraciones económicas, o también por condiciones climatológicas; y en este caso la posibilidad de usar fotografías oblícuas existentes para la copilación, crece y actualmente está en proceso de investigación. Como resultado de esto, los instrumentos ploteadores han sido modificados para acomodar las fotografías aéreas oblicuas y los métodos simplificados y modernizados para hacer posible la recopilación de 25 pies de mapas de contornos con una exactitud standard a partir de la fotografía TRIMETROGON.

Instrumentos Electrónicos.- Para establecer la posición de fotografías aéreas durante un "survey" de vuelo, pueden usarse con gran ventaja ciertos instrumentos electrónicos. Por ejemplo el "Shoran", que da la posición horizontal de cada fotografía individual en el momento de la exposición mientras que el "Altimeter Radar" (Radar Altimetro) mide continuamente los registros del perfil terrestre.

El equipo básico del llamado "Shoran", consiste en un generador pulsátil, un transmisor y un receptor instalados sobre el avión, y un receptor acoplado a un transmisor en cada estación terrestre. El borne que está colocado a manera de antena, mide el tiempo que ha transcurrido entre el momento en el cual una pulsación es transmitida a la estación terrestre y el momento en el cual se recibe el ingreso de la pulsación, siendo registrado este intervalo de tiempo en términos de millas equivalentes y sus fracciones.

Para el mapeo fotogramétrico de cualquier área grande se necesitan puntos primarios geodésicos netos; en áreas inaccesibles, los puntos geodésicos pueden ser establecidos por trilateración del "shoran", siendo esto más rápido y económico que el método de la triangulación clásica. Estos puntos por lo general se sitúan con una separación de 200 millas.

En triangulación "Shoran" se miden las distancias en vez de los ángulos y ésto se realiza usando un procedimiento conocido con el nombre de líneas cruzadas.

El aparato vuela a través de la línea que a medirse - en su punto medio y registra simultáneamente, en cortos intervalos, la distancia a cada estación terrestre. La distancia entre las estaciones A y B, puede ser determinada como la suma de A más B cuando está en su mínimo. Usando este método, la distancia se podrá medir con una

exactitud relativa de 1/100,000. Después que el control horizontal básico se ha establecido. La posición de cada fotografía individual es determinada de la siguiente manera:

Dos estaciones "Shoran" son localizadas previamente, estableciendo estaciones geodésicas; un aeroplano equipado con bornes aéreos (un juego) sincronizados a la cámara aérea, toma fotografías del área a mapearse. En el momento en que la cámara aérea expone una imagen, los diales del "Shoran" son fotografiados. Estos diales indican la distancia inclinada del avión a cada estación. Por último, conociendo las coordenadas y elevación de las estaciones terrestres, la distancia del aeroplano a las estaciones terrestres, la altura de vuelo y las condiciones atmosféricas, las distancias del "Shoran" podrán ser reducidas y las coordenadas computadas desde el punto "nadir" de cada fotografía aérea. La exactitud de las coordenadas del punto nadir de cada exposición individual, se puede mejorar aplicando las técnicas fotogramétricas combinadas con un ajuste gráfico.

El Radar Altimetro.- La Técnica del Radar Altimetro es relativamente simple y por lo general el avión lleva conjuntamente con una cámara aérea además del "Shoran" Durante el vuelo, se transmiten pulsaciones electromagnéticas hacia abajo; éstas son reflejadas por la superfi

cie terrestre y captada por el juego de bornes aéreos; los instrumentos miden exactamente el tiempo transcurrido entre el momento en el cual la pulsación es transmitida y el momento en el cual es recibida después de reflejarse en la superficie terrestre. Desde que se conoce la velocidad de las ondas electromagnéticas (velocidad de propagación) se podrá determinar fácilmente la distancia del avión a la superficie y se registrará en un perfil continuo, pudiéndose corregir éste automáticamente por desviación del avión a partir de una superficie isobárica, usando un anerode electrónico muy sensitivo; además, debemos tener en consideración que debido a que las superficies isobáricas no son paralelas al anerode, se deberá corregir el perfil terrestre. Por ejemplo, En Canadá, se usan los métodos electrónicos (Departamento de Minas y "Surveys" Técnicos) para establecer los puntos preliminares de control geodésico de alturas para el mapeo, y también por medio de una organización de mapeo privado, que establece un control secundario para el mapeo fotogramétrico.

Las primeras operaciones comerciales se hicieron durante el año 1952. El control de fotografías aéreas con el "Shoran" se hacía con una altura de vuelo de 20,000 pies (en un rango aproximado de 200 millas por cada estación "Shoran") a lo largo de cada grado de longitud. Como resultado de esto se tiene que desde 1952 hasta 1956, se han cubierto áreas extensas mediante una densidad relativa de

mallas de puntos, cuyas coordenadas gráficas tienen una exactitud de más o menos 100 pies.

Para extender el control horizontal con fotografías, pueden emplearse los métodos de "Bridging fotogramétrico" o los de modelos canalizados ("slotted template"), dependiendo su uso de la exactitud requerida.

Basados en los puntos establecidos por el "Shoran", la posición geográfica de cualquier punto que interese, puede ser determinada en una fracción de tiempo y con gasto mínimo (lo que sería posible usando métodos terrestres) y sin la necesidad de haber puesto los pies sobre la superficie del terreno estudiado. La posición geográfica muchas veces, la elevación de un punto de interés, pueden ser determinadas en áreas cubiertas, mediante una triangulación; para este propósito se ha desarrollado especialmente el método de "bridging fotogramétrico", lo cual hace extender precisamente las coordenadas y elevaciones sobre áreas cubiertas por el "Shoran" en fotografías controladas.

Usos de exploración.— Como ya hemos visto anteriormente, la información obtenida por los "surveys" fotogramétricos y electrónicos, tienen una gran aplicación en los trabajos de exploración. Las fotografías aéreas contienen una información valiosa en lo que concierne a geología y pueden usarse con ventaja para los trabajos de exploración en detalle o corrientes.

Los mapas bases para reunir ciertas condiciones en exploración, pueden lograrse económicamente a partir de la fotografía vertical o TRIMETROGON. Las especificaciones para un buen mapa base son críticas en cualquier área donde razonablemente los mapas de escala grande no son necesarios. Aunque varios gobiernos han hecho mapas a escalas de una pulgada igual una milla o más pequeños, se pueden hacer mapas bases de mayor exactitud a partir de la información existente, sin recurrir a trabajos de campo u otras fotografías. Estas mediciones exactas pueden usarse para extrapolar formaciones geológicas sobre áreas en donde no pueden ser vistas por inspección directa.

Ahora bien, la fotogrametría puede usarse con éxito en los "surveys" de gravedad, usándose con ventaja:

a) Para determinar elevaciones de estaciones gravimétricas. Se han desarrollado métodos, los cuales permitirán establecer económicamente las alturas relativas en las estaciones gravimétricas con un probable error de más o menos un pie y sin necesidad de establecer o determinar costosos controles terrestres.

b) Usando el control aerofotográfico "Shoran", es posible determinar áreas esparcidas locales en "surveys" gravimétricos en un sistema de coordenadas, determinar distancias entre estas áreas o establecer la posición absoluta de puntos seleccionados, con un probable error de

más o menos 100 pies.

c) Para determinar la corrección terrestre. Los planos topográficos exactos pueden ser recopilados sobre un datum arbitrario horizontal o vertical, de modo que todas las cantidades necesarias puedan determinarse.

Estas aplicaciones pueden incrementar grandemente el uso de "surveys" gravimétricos para exploración en áreas desconocidas y cubiertas de vegetación, haciéndose posible operar sin control terrestre.

Trabajos Sísmicos.- La Fotogrametría y los "surveys" electrónicos pueden también ayudar en los trabajos sísmicos. Su primera aplicación es el planeo del programa sísmico; se pueden hacer estudios de acceso detallados para utilizar con mayores ventajas las líneas existentes y para extender otras líneas con el objeto de minimizar la cantidad de los "cuttings" (Se denominan "cuttings" los cortes o incisiones que deben hacerse con el objeto de trabajar en óptimas condiciones de comodidad) necesarios para que el programa sea exitoso económicamente.

Cuando se usa la refracción sísmica, los métodos fotogramétricos pueden aplicarse con ventaja para determinar la posición horizontal en la elevación de los puntos de disparo para determinar la posición de los geofonos y la distancia entre el punto de disparo y los geofonos. Estas distancias pueden ser computadas con una exactitud relativa de 1/100,000 y las elevaciones de los geofonos y de los

puntos de disparo pueden determinarse facilmente usando las fotografías existentes, con un error probable de 5 a 10 pies, dependiendo esto de la escala de la fotografía.

Cuando se usa la reflexión sísmica, todo el reconocimiento de las secciones se debe ajustar sobre un sistema vertical y horizontal. Aquí otra vez la fotografía controlada "Shoran" y los métodos de "bridging fotogramétrico" se aplican.

Determinación de locaciones.- En áreas cubiertas por fotografías "Shoran" todos los límites de las concesiones pueden definirse rápidamente por coordenadas geográficas y por las posiciones geográficas de los pozos petroleros pueden determinarse fácilmente.

Actualmente se están realizando "surveys" combinados "Shoran-Airborn Magnetometer" en Guatemala. Los vuelos para el registro magnetométrico son controlados por el "Shoran" con el objeto de determinar los límites de las concesiones.

Las técnicas de los registros aéreos se pueden emplear con gran ventaja en la localización de pozos en áreas difíciles, para el tendido de líneas de distribución para oleoductos y caminos.

Por último cuando se planea un trabajo de exploración deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones para la aplicación de "Surveys" electrónicos o fotogramétricos.

CAPITULO V

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA CON AYUDA DEL COLOR

La fotografía aérea es más exacta en lo que se refiere a interpretación cuando esta es ayudada por medio del color, debido principalmente a que proporciona datos difícilmente obtenidos con la fotografía convencional en blanco y negro, constituyendo una herramienta de primerísimo orden en la exploración por petróleo.

En esencia, la fotografía aérea coloreada nos da una interpretación geológica detallada en grado refinado, lo que no era posible con las convencionales.

Este tipo de película fué desarrollada en la segunda guerra mundial para reconocimiento de uso militar hasta que en 1950 después de extensa experimentación fué comercialmente útil, habiendo sido aceptada por compañías petroleras como una herramienta muy usual en la exploración geológica, debido al éxito logrado a través de aquellas en blanco y negro.

En la interpretación geológica de las fotografías aéreas convencionales, las diferencias en los tonos juegan un papel de escasa importancia. El tono está directamente vinculado a condiciones tales de grabulación, mezclas contenidas y en las diferencias en los estratos de rocas sub-adya

centes. Sin embargo el color es un diagnóstico distintivo de muchos objetos naturales mejorando la habilidad para interpretar fotografías por medio de este factor tan significativo, pudiendo afirmarse que la ausencia del color en las convencionales es una propiedad física que resta efectividad en la interpretación de este tipo.

Sin embargo se debe tener en cuenta que el "verdadero color" se obtiene raramente, siendo esto algo cercano a lo imposible puesto que el color del espectro visto por el ojo humano o por la emulsión de la fotografía depende de la sensibilidad individual de los ojos o que la emulsión esté expuesta a un tiempo tal, que capte con mayor o menor intensidad el espectro visible. Siempre que los resultados obtenidos sean uniformes y que la distribución del color sea mplio la transparencia en el color proporcionará la información necesaria para los detalles y la exacta interpretación.

Algunos de los rasgos de la emulsión sensitiva coloreada como fué desarrollada para usos militares, han sido usados especialmente para propósitos geológicos y las características de éstas en lo que se refiere al espectro fueron designadas para proveer el máximo contraste en el color en aquellas regiones en las cuales los espectros son de grán interés para una mejor interpretación de las fotografías o mejor dicho para proveer a las fotos los verdaderos va-

lores de interpretación en lo que refiere al color; de esto resultan severas limitaciones en las aplicaciones precisas de la técnica de la espectrofotometría pensándose en filtros para compensar en dimensión la distorsión espectral.

Tambien es una grán ayuda para la interpretación geológica ciertas emulsiones especialmente aquellas que con reflejos infrarrojos dan ciertas coloraciones de características especiales, siendo asi que pueden descubrirse cubiertos. Asi por ejemplo; el follaje verde con estos reflejos en cuestión (infrarrojos) se volverá rojo o magenta. Pero debemos considerar tambien que el verde que absorbe el infrarrojo aparece tambien azulado y que el verdadero rojo a parece como amarillo. El desarrollo de estas emulsiones para problemas muy especiales sugiere la posibilidad de mayor investigación con el objeto que su aplicación en la geología sea económicamente posible, pero en líneas generales se puede afirmar que la secuencia en el color (cambio de éste) en distintas rocas se puede usar en identificación aún cuando estas estén separadas a gran distancia unas de otras o en localidades distintas.

Los "Estratos claves" (Key Beds, tales como la sección lutácea del miembro constancia de la formación Talara medio, llamándose Estratos Claves a aquellos que nos ayudan en la identificación y correlación en determinados casos a sí como los Breakes intermedios de Ñuro del Noroeste del Perú) se pueden trazar rápidamente y sin dificultad aún

cuando las diferencias en el color son imperceptiblemente pequeñas, así como también aquellos desórdenes percibidos con relación al patrón del color que reflejan desórdenes geológicos, los cuales difícilmente se pueden reconocer por otros métodos.

El balance del color, encauza a reconocimientos de fallas o fracturas dentro de las unidades litológicas, los cambios o metamorfismo de los sedimentos son generalmente acompañados por diferencias en el color, así es que pequeñas diferencias en el matiz se manifiestan al ojo conduciendo a la delineación de finos detalles, los cuales no podrían ser captados con impresiones de fotografías convencionales en blanco y negro. Todas estas ventajas especiales del color en la fotografía, hacen posible una mejor interpretación y con mayores posibilidades.

Continuando con este estudio se puede afirmar que él proporciona una vista panorámica sobre toda una área al mismo tiempo que proporciona medidas terrestres, a causa de la necesidad de conducir el método desde puntos de vista de detalle pero se debe tener en cuenta que los trabajos realizados con fotografías en color deben ir paralelamente con los que se realizan con el método convencional de lo que se deduce que en realidad se complementan.

América del Sur provee un vastísimo campo y sorprendente ejemplo del uso de las fotografías coloreadas; esto se debe a la gran variedad de obstáculos y a que gran parte de ella

está cubierta de extensos bosques en los cuales la fotografía convencional si bien cumple sus funciones, no nos proporciona los detalles que podríamos obtener si estas estuviesen acompañadas de color; muchas veces la fotografía la debemos realizar en montañas escarpadas con afloramientos y estructuras que se esconden dentro de la maleza o en los bordes de extensas pampas donde se hallan los principales valles, siendo estas zonas una aplicación más para las fotografías en colores; es por eso que las fotografías coloreadas aunque en experimentación todavía, están usándose en el trazo de estructuras y formaciones en tierras bajas y cubiertas de las montañas.

Trabajos recientes han determinado que las cuatro esquinas de las fotografías coloreadas a diferencia de las convencionales con regiones en las cuales el color puede ser una verdadera ayuda, así podemos descubrir con una foto una sección en comparación con las de blanco y negro, las que se nos hacía difícil examinar especialmente aquellas que presentaban buzamientos muy escarpados, así mismo, podemos determinar con mayor facilidad la topografía, el tipo de las rocas, la sequedad y la vegetación de un terreno, pudiendo seguirse de este modo, muchos miembros de una columna estratigráfica a gran distancia con la ayuda tan solo del color en la fotografía.

Los colores predominantes en estas fotografías tales

como aquellos tintes rojizos y los grises, colorea se prestan ellos mismos para una mejor interpretación; por otro lado los terrenos escarpados sugieren que tambien el arte de la fotogrametría tambien podría probarse satisfactoriamente, asi mismo la transparencia en el color puede usarse en instrumentos ploteadores estereoscópicos tales como los estereoplanígrafos para obtener elevaciones precisas en lechos claves con un mínimo de trabajo de campo, haciéndose este doble uso de la fotografía coreada un método muy económico y encaminado a la resolución del problema del mapeo geológico de la región por difícil que esta sea.

Esta técnica fotogramétrica ha tenido gran aceptación desde que algunas compañías petroleras están usando los estereoploteadores para la compilación de datos geológicos y topográficos, ya que mediante los estereoplanígrafos es posible computar y medir cierres muy pequeños en las observaciones convencionales de la geología de campo y de topografía; con estos instrumentos, es posible medir elevaciones comprendidas entre 1/7,500 de la altura de vuelo, esto quiere decir que pueden obtenerse elevaciones exactas hasta de 0.67 pies a partir de una fotografía de 1/10000 de escala con una cámara de mapeo standard de 100 pulgadas pudiéndose con esto resolver los problemas de interés en lo que se refiera a la industria petrolera en si, tales como líneas de tubería caminos de acceso para los equipos de perfora--

ción, vías de comunicación etc, pudiendo analizar en muchas áreas la naturaleza del suelo mediante el color de la fotografía evitándose de este modo hacer excavaciones a través de ellos, así mismo la diferencia de vegetación apreciada por el color de las fotografías, puede ayudar a determinar áreas firmes o terrenos compactos. Se debe hacer notar, que la transparencia en el color debe ser la adecuada como la de las fotografías convencionales para la mayoría de los estereoscopios de primer orden, pero para otros instrumentos, los planos pueden hacerse rápidamente a partir de la transparencia, haciéndose la compilación de datos de una manera normal.

Si bien es cierto que se ha hecho poco mapeo topográfico mediante las fotografías de color y que la falta de práctica en la interpretación del color del terreno hace que sea más costoso deduciéndose de ahí su poco uso, se puede afirmar sin temor a equívocos que su empleo es ventajoso en lo que se refiere a interpretación. La experiencia en copilados estéreos hace ver que el color estéreo del modelo protegido a partir de la transparencia del color, tiene una mayor agudeza de tonalidades y es más fuerte en interpretación que el correspondiente duplicado convencional. Esto sin duda alguna es causado en parte por pequeños granos en la transparencia. El hecho de que muchos objetos, especialmente ciertos rasgos distintivos pueden ser más rápidamente i-

dentificados por el color de la foto es muy significativo. Es digno mencionar que la exactitud en el mapeo expresado por el factor "C" (que es la altura de vuelo dividida por el intervalo de contorno mínimo posible) es actualmente incrementada por el uso del color.

La seguridad en la transparencia del color de alta calidad interviniendo en el costo, no es como se comprende tan facilmente superada como en aquellas fotografías cubiertas equivalentes usando una película pancromática; esto quiere decir que la completación en lo que se refiere a las películas de color, tal como la transparencia y verdadero color es más costosa que en aquellas convencionales en blanco y negro.

Podemos entonces deducir que en las películas de color el más alto costo es el resultado de una serie de factores como por ejemplo:

- a) Mayor costo de las películas más o menos el 500% de la convencional.
- b) Exposiciones más estrechas y en general los costos de exposición, de desarrollo, de reproducción mucho más altos.

Hoy en día existe un solo color de película disponible en el comercio para cámaras fotográficas standard de 9 x9" Este film tiene una velocidad de emulsión de 40 A.S.A (Asociation American Standar) comparado a los 100 A.S.A de índice de exposición de una película pancromática aérea re

gular o normal. Esto puede significar que la luminosidad para la niebla es más crítica, pero pueden usarse filtros de tipos claros aunque no son tan eficientes como los del tipo azul que son ahora poco usados en las fotografías convencionales en blanco y negro.

Se debe mencionar que un nuevo color de película con una exposición de 100 A.S.A ha aparecido en el mercado últimamente pero no ha sido posible todavía darle aplicación en cámaras aéreas, pero cuando esta película rápida o sus equivalentes puedan adaptarse, el costo diferencial entre las fotos convencionales y las de color disminuirá notablemente.

Como ya se ha visto, las fotografías coloreadas tienen muchísimas ventajas y una desventaja obvia, esto ocurre especialmente cuando se compara con la mayoría de películas de color usadas en proyectores portátiles de 35 mm. Estas desventajas y ventajas son:

- a) Es cuatro veces más rápida
- b) Tienen mejor balance de color
- c) Pueden ser desarrolladas en el campo en un cuarto oscuro.

La fotografía aérea usa un compuesto haloideo de plata para definir las relativas intensidades de luz del mismo modo que en las películas convencionales y es por esta razón que presenta granulosis en su transparencia. La medida del grano, es afortunadamente pequeña o más pequeña

que en las pancromáticas aéreas de uso normal. El otro tipo de película coloreada tiene una emulsión totalmente distinta, la cual no contiene el compuesto haloideo de plata y es por esta razón que no presenta granulosis, lo que es de gran importancia en las películas aéreas que se usan en los estereoploteadores.

El desarrollo de las películas de color, es más complicado que el correspondiente de las películas pancromáticas ya que es necesario usar seis soluciones en vez de tres; a demás la temperatura de desarrollo inicial, tiene que ser mantenida dentro de un rango de variación de medio grado farenheit como máximo a partir de sesenta grados Farenheit; comparándose esto con el rango de una película pancromática convencional que es de 65 grados a 70 grados Farenheit, es decir de 5 grados Farenheit de rango como máximo. Para esto es necesario aparentemente una mayor experiencia y mucho más cuidado con el procedimiento del coloreado.

Debemos pensar entomces en un avance tecnológico de tal modo que el procedimiento de laboratorio sea más simple y el control de la temperatura menos crítico que los utilizados actualmente.

Para los ojos de algunos observadores, la disminución principal del color de la fotografía, es una de las dificultades primordiales en la obtención de reproducciones con un color adecuado. Si bien es cierto que los colores estampados de este modo son excesivamente caros, tambien

lo es que en la obtención de los rollos transparentes, el costo de éstos es muy elevado, sin embargo actualmente, el desarrollo está en estudio para hacerlo más económico tanto para las películas coloreadas como para las copias. Es posible tomar negativos convencionales a partir de estas películas transparentes de color y su calidad es comparable a las obtenidas a partir de negativos convencionales; debiéndose esto a lo pequeño del tamaño de los granos de las películas coloreadas. Las copias convencionales obtenidas a partir de estos negativos, pueden ser usados, como es común en chequeos de campo en mosaicos y anotaciones.

Hoy en día el costo de la fotografía aérea de color depende sobre todo, de las condiciones climatológicas ambientales y de las neblinas y es alrededor de treinta a treintaicinco por ciento mayor que el costo de las fotos convencionales; esto con el avance de la técnica disminuirá en el futuro.

Aunque todavía no se ha alcanzado un desarrollo técnico y científico óptimo, la fotografía de color deberá ser lo primero que debe escogerse para la interpretación mediante fotos, porque sabemos que el color por si solo nos da un mayor porcentaje de información, además la fotografía coloreada una vez obtenida puede ser usada para muchos propósitos tales como el mapeo fotogramétrico o para reproducción de copias convencionales de otra calidad.

CAPITULO VI

LA AEREOFOTOGRAFIA Y SU APLICACION

Como ya sabemos, antes del desarrollo de la aerofotografía, la plancheta fue el instrumento ideal para los levantamientos topográficos y geológicos. Una persona, por mucha atención y serenidad que ponga, no podrá fijar en su mente, en tiempo y en espacio determinado, todo el conjunto que la fotografía puede captar; por esta razón, un proyecto aerofotográfico en la exploración, es de gran importancia, debiéndose tener en cuenta:

- a) -La escala solicitada;
- b) -La altura a la cual se deben tomar las fotografías;
- c) -La cantidad de película necesaria en el proyecto;
- d) -La longitud focal de la cámara;
- e) -El tiempo entre cada exposición;
- f) -El área cubierta por cada fotografía.

Con toda esta información se podrá posteriormente calcular en toda su extensión, lo más cercanamente posible a la realidad y a entera satisfacción, el proyecto que se quiere realizar.

Area del Terreno que cubre cada Fotografía.- Supongamos una cámara preparada para iniciar un trabajo aerofoto-

gráfico vertical, en donde:

"O" representa el objetivo:

"AOB" representa el ángulo visual o campo angular;

"AB" (L) representa la distancia sobre la placa fo
tográfica;

"ab" (l) representa la imagen de esa distancia so-
bre la placa fotográfica;

Como podemos observar en la FIG. 1, se tiene la pro
yección de dos triángulos AOB y aob, que son semejantes-
entre sí, por las siguientes razones: los ángulos que for
man éstos son iguales, por lo tanto, sus lados homólogos de
ben ser proporcionales. Así se puede ver que:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{f}{h}$$

y podemos deducir:

La escala de la fotografía, la altura a que se tomó
la fotografía, la longitud focal de las lentes y la dis-
tancia sobre el suelo que abarcan las fotografías de a--
cuerdo al tamaño de las cámaras, son proporcionales en--
tre sí.

a) Escala.- La escala se puede obtener por medio -
de dos factores:

1) -Distancia focal de la cámara;

2) -Altura sobre el terreno a la que se hicieron -
las exposiciones.

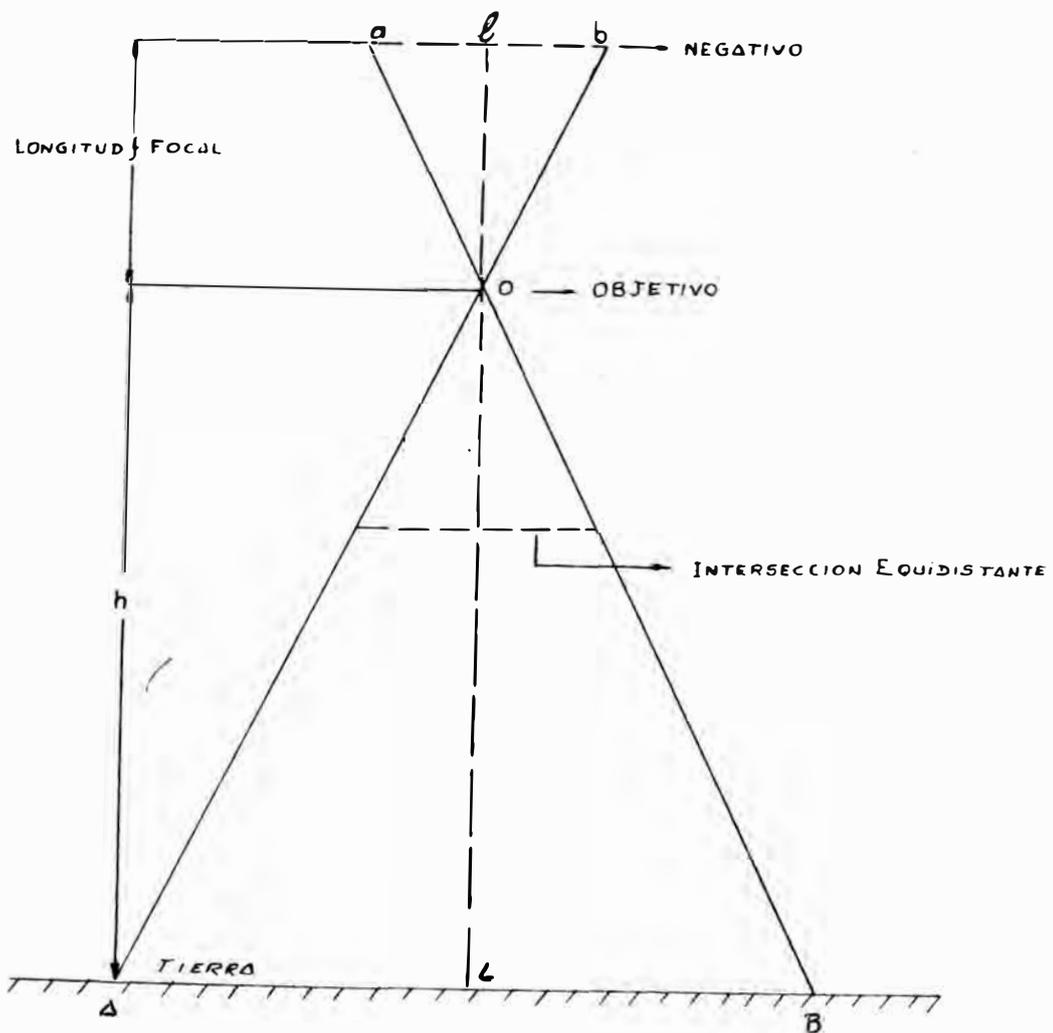


FIGURA N° 1

De modo que podemos afirmar que la escala es la relación que existe entre la distancia focal y la altura;

$$E = \frac{f}{h}$$

Así, la escala de una fotografía que ha sido tomada - a 15,000 pies de altura con una cámara de 10" de longitud focal, será:

$$E = \frac{10}{15,000}$$

$$E = \frac{1}{1,500}$$

Una vez conocido esto, se podrá conocer cuál es el área que cubrirá cada fotografía, con los siguientes datos y de la forma que a continuación expongo en el ejemplo:

Altura 8,000 pies.

Distancia focal 12".

Dimensiones de la película 7" X 9".

L Longitud del área sobre el suelo.

l Longitud del área sobre la placa.

W Ancho del área sobre la placa.

Se sabe por la relación anterior que:

$$\frac{l}{L} = \frac{f}{h}$$

$$L = \frac{l \times h}{f}$$

Reemplazando los valores numéricos conocidos, se tiene:

$$L = \frac{9'' \times 8'}{12''}$$

Convirtiendo a pulgadas:

$$L = \frac{9 \text{ in.} (8,000 \text{ ft.} \times 12 \text{ in./ft})}{12 \text{ in.}}$$

$$L = 72,000 \text{ in.}$$

o sea que la longitud en pies será:

$$\frac{72,000 \text{ in.}}{12 \text{ in/ft.}} = 6,000 \text{ ft.}$$

$$L = 6,000 \text{ ft.}$$

Calculemos ahora el ancho por medio de la relación:

$$\frac{w}{W} = \frac{f}{h}$$

$$W = \frac{w \times h}{f}$$

en donde w es la menor dimensión de la película.

$$W = \frac{7 \text{ in.} \times 8,000 \text{ ft.}}{12 \text{ in.}}$$

$$W = 4,666.2$$

Multiplicando los datos obtenidos por medio de las dos relaciones anteriores, tendremos que la superficie cubier-

ta será:

$$A = L \times W$$

$$A = 6,000 \times 4,666.2$$

$$A = 27'997,200 \text{ ft}^2$$

Una vez obtenidos estos valores, podremos también calcular:

Cantidad de Peícula necesaria en un Proyecto.- Para esto debemos considerar:

a) El número de exposiciones necesarias para cubrir el terreno estudiado con un determinado "traslape" (overlap), útil para relacionar las fotografías en continuidad (llamándose traslape u "overlap" a la superposición de las fotografías).

b) Qué número de fajas (strips) será necesario tomar para cubrir el área dada.

c) El número de exposiciones para cubrir el área anterior.

De acuerdo a lo enumerado, se establecerá y se preparará el mapa de vuelo, efectuándose los cálculos necesarios.

Como ya se ha dicho, las fotografías aéreas verticales son tomadas sucesivamente, pero no una a continuación de la otra, sino con un cierto montaje en el sentido longitudinal, con el objeto de poder estudiar luego, la suce--

sión, estereoscópicamente; generalmente, este montaje es - aproximadamente del 60 a 65% en el sentido arriba mencionado (FIG. 2) y del 25% al 30% en el sentido lateral.

Para el cálculo que debemos realizar entonces, la placa sólo sufrirá más o menos el 40% del terreno no fotografiado; es decir, lo que cubre la foto, menos el avance del avión sobre el suelo.

Siguiendo el ejemplo mostrado anteriormente, vemos -- que cada placa tomada en el sentido de la línea de vuelo, cubrió 6,000 pies sobre el terreno; si se toma en cuenta - el montaje designado líneas arriba, nos quedaría tan sólo el 40% de la longitud que cubre cada exposición, es decir:

$$0.4 \times 6,000 = 2,400 \text{ pies (una exposición)}$$

Si se supone que la longitud de la faja del proyecto estudiado es de 40 millas, tendremos que el número de exposiciones será el que de los cálculos siguientes se obtenga:

$$1 \text{ milla} = 5,280 \text{ pies.}$$

$$40 \text{ millas} = 5,280 \times 40$$

$$40 \text{ millas} = 211,200 \text{ pies}$$

Como una exposición cubre 2,400 pies, se tendrá que - el número de exposiciones es igual a la longitud de la faja, dividida por el avance de cada exposición sobre el suelo, es decir (siguiendo el ejemplo):

$$211,200 \div 2,400 = 88 \text{ exposiciones.}$$

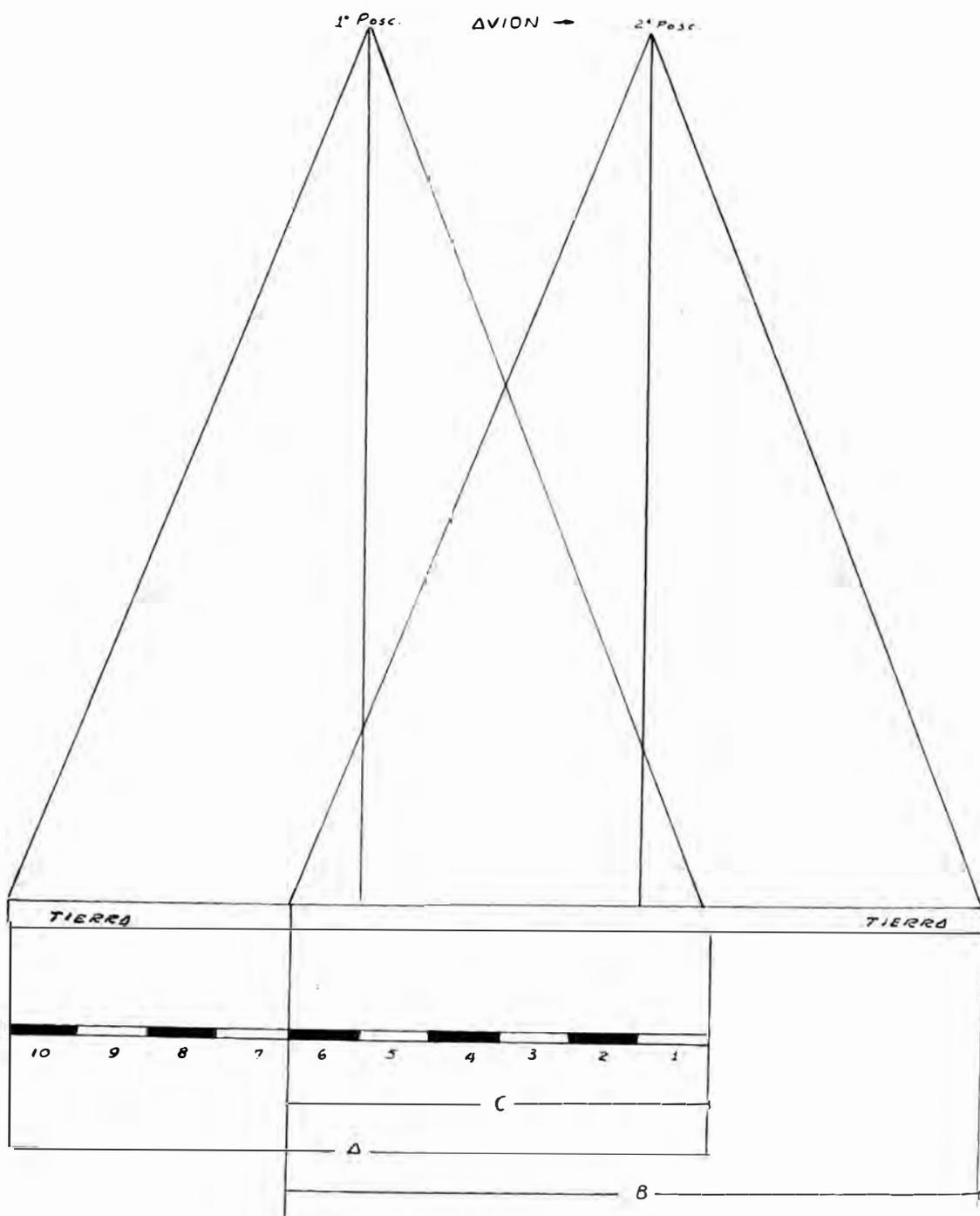


FIGURA N°2

NOTA.- Con el objeto de obtener en el montaje la mayor aproximación al porcentaje estimado (60%), se agregará al proyecto una exposición más, es decir, que el número de exposiciones será entonces de 89.

Ahora bién, el número de fajas para cubrir el área que se ha determinado en el proyecto se puede calcular:

Tenemos como dato anterior que el número de exposiciones en el sentido longitudinal es de 89, veremos ahora su número en el sentido transversal. En el problema anterior se vió que la cobertura lateral sobre el terreno, por exposición, fué de 4,666.2 pies/ como el montaje de las fotos es de 30% en el sentido lateral, el efectivo de las fotos en esa misma dirección será (100-30)%, es decir, 70%, que en pies equivale a $4,666.2 \times 0.7 = 3,266.34$ pies.

Si suponemos de 17 millas la distancia lateral del terreno por cubrir, tendremos:

1 milla	5,280 pies
17 millas	5,280 x 17
Distancia	89,760 pies

Entonces, el número de fajas es igual a:

$$\frac{89,760}{3,266.34} = 27.4$$

cifra que, para los cálculos, se considerará como 28 fajas.

Por consiguiente, el número de exposiciones para cu--

brir el área, será:

Si una faja tiene 89 exposiciones, 28 fajas tendrán
28 x 89, luego,

Número de exposiciones = 2,492 //.

Luego de este cálculo y de haber computado el número de fajas necesarias, se preparará un mapa de vuelo, que será el que nos servirá para iniciar el estudio en sí del proyecto.

Mapas de Vuelo.- Para realizar un proyecto, se elige un mapa que sea lo más exacto posible y que presente la mayoría de los detalles del terreno por estudiar. Sobre este mapa se trazarán las líneas que indique la ruta exacta que sobre el terreno se ha propuesto recorrer el avión; estas líneas, como se comprende fácilmente, constituirán las llamadas líneas de vuelo y su trazado se efectuará de acuerdo con las condiciones climatológicas de la región, la forma del área que se volará y su relieve.

Es necesario, además, conocer la escala del mapa, para poder determinar el espacio entre línea y línea, la longitud focal de la cámara, el montaje lateral deseado, la altitud (para obtener la escala de la fotografía) y por último el ancho del área.

Veamos todo esto para su mejor comprensión, en un ejemplo:

Escala del mapa 1/60,000

Longitud focal	12"
Montaje lateral	30%
Altura de vuelo	18,000 pies
Ancho de la zona	25 millas
Dimensión de la película	7" x 9"

Se obtiene:

$$E = \frac{f}{h}$$

Haciendo proporciones con los datos por calcular, ten
dremos:

$$(1) \quad \frac{\text{Distancia en el Mapa}}{\text{Distancia en la Fotog.}} = \frac{\text{Escala en el Mapa}}{\text{Escala en la Fotografía}}$$

La distancia entre los ejes de las fotografías será -
el ancho de éstas menos el montaje.

La parte montada será, de acuerdo a los datos:

$$7 \times 0.3 = 2.1"$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación número 1, tenemos:

$$\text{Distancia Mapa} = \frac{\text{Dist.en la Fotog.} \times \text{Escala del Mapa}}{\text{Escala de la Fotografía}}$$

$$\text{Distancia en el Mapa} \dots \frac{4.9" \times 1/60,000}{12/18,000}$$

Reduciendo unidades, se tiene:

$$\frac{4.9 \times 1/60,000}{1/18,000}$$

$$= \frac{4.9 \times 18,000}{60,000}$$

Distancia en el Mapa= 1.47" //.

Por consiguiente, 1.47" es la distancia entre las líneas de vuelo sobre el mapa.

El número total de líneas se encontrará teniendo en cuenta qué espacio al 1/60,000 hacen 25 millas, y el resultado obtenido en pulgadas dividido entre 1.47".

Se sabe que:

1 milla 5,280 pies

25 millas 132,000 pies

Ahora bien, de acuerdo a la escala del mapa, tendremos que 1/60,000 significa que por una pulgada en el mapa se tiene 60,000 pulgadas sobre el terreno, es decir, 5,000 pies; por lo tanto, en 132,000 pies habrán:

$$\frac{132,000 \text{ pies}}{5,000 \text{ pies/pulgada}}$$

$$= 26.4 \text{ pulgadas}$$

El número de líneas de vuelo será entonces:

$$\frac{26.4 \text{ in.}}{1.47 \text{ in/línea de vuelo}} = 18 \text{ líneas.} \quad //$$

Se considerará siempre que las áreas se vuelan con un margen de seguridad del 10% sobre los límites, o sea que tendremos 1.8 líneas más por vuelo; de tal modo que el número de líneas de vuelo será de 20.

Por último, podemos decir que con el objeto de conocer el espacio de tiempo que se debe dejar entre las exposiciones, se hacen cálculos matemáticos o se hacen observaciones por medio de un instrumento llamado Visor Vertical.

Mosaicos.- Una vez que el planeamiento general se ha establecido, se volará la zona por estudiar de la cual se obtendrán fotografías que servirán para confeccionar el mapa índice y los mosaicos.

Un mosaico es el conjunto de fotografías aéreas acopladas de tal modo que se pueda conseguir una fotografía simple de toda una área, mostrándose en él detalles que no se pueden obtener en un mapa.

Los mosaicos son confeccionados a partir de fotografías aéreas verticales que tienen un montaje normal, pudiéndose obtener también a partir de fotografías oblicuas previamente rectificadas, las cuales deben sobrepasar a las verticales en lo referente al montaje. Se debe tener en cuenta (en la confección de estos mosaicos) que la superficie sobre la cual se construyan no permita deformaciones por efecto de la temperatura, debiéndose permitir el trazo de líneas y datos de control sobre la superficie.

Con el objeto de un mejor control de las áreas voladas, las fotografías aéreas verticales son unidas tal y conforme han sido obtenidas, para que de este modo se pueda formar un índice gráfico provisional.

Las fotografías así obtenidas, como se entiende, serán orientadas en sus respectivas líneas de vuelo, quedando el número de éstas en la parte superior. Este índice servirá para comprobar la escala de las fotografías y los empalmes de cada una de ellas; así se podrán tener fotografías con suficiente montaje y la zona barrida por una continua sucesión de fotografías; en general puede decirse que un índice es una forma particular de un mosaico.

Los mosaicos pueden ser de dos tipos:

1) - Mosaicos controlados.- Son aquellos mosaicos formados por fotografías restituídas en lo referente a uniformidad de escala, por medio de un aparato óptico de proyección, en el que se han ajustado los detalles mediante una triangulación.

2) - Mosaicos no Controlados.- Son aquellos que se forman haciendo coincidir los detalles por simple inspección, buscando la continuidad de las vistas.

La fotografía Aérea y la Geología.- Es conocido que las fotografías aéreas verticales sirven como un excelente mapa base para un mapeo geológico de superficie. Cuando leemos un plano topográfico corriente, lo hacemos va--

liéndonos de los signos convencionales, los cuales necesitamos conocer; esto no sucede con la fotografía aérea, que puede considerarse como un plano natural, reproduciendo de talles insignificantes que el geólogo reconocerá con su estudio.

Para leer una fotografía aérea o fotomapa, tómesese ésta de tal forma que la sombra que proyectan aquellos objetos identificables apunten hacia la persona que observa, de tal modo que el relieve quede invertido. La forma de un objeto, ayuda a determinar su naturaleza; un bosque, por ejemplo, se presenta en forma irregular, en cambio, una plantación, tendrá sus contornos en forma regular, ayudándonos así a determinar la naturaleza de lo observado.

Es práctica común en el geólogo, tomar fotografías se paradas en el campo y reconocer con ello las formaciones a floradas así como sus límites; luego las confirma, continuan do su estudio con las fotografías tomadas desde el aire.

Sabemos también que las fotografías son tomadas con un "overlap" de 50 a 60% en el sentido de la línea de vuelo, de manera que los pares de fotografías puedan estudiar se estereoscópicamente para reconocer el relieve de los ob jetos representados en ellos, recorriendo con la vista con tactos y trazándose en la fotografía con lápiz suave; se a notarán rumbos, posibles buzamientos y toda aquella información que se necesite, para que de esta manera el geólogo pueda ir al campo y estudiar aquellos detalles que observa

ra, comprobándolos o descartándolos, dándose cuenta así de la exacta geología de la región.

Se conoce también que las fotografías aéreas se estudian con la ayuda de los instrumentos ópticos denominados estereoscópicos y que éstos pueden ser de lentes o de espejos o ambos combinados. En el estereoscopio de lentes, se deben montar las fotografías porque la separación de los detalles homólogos debe ser igual a la separación interpupilar.

Las fotografías en el estudio estereoscópico se deben orientar correctamente a fin de obtener una visión tridimensional. Es común, por ejemplo, que los observadores tengan un cierto grado de visión estereoscópica con el método de tanteo, consistente en colocar los dedos sobre las fotografías; pero esto no debe bastar, porque el método de observación correcta (no obstante que toma cierto tiempo y trabajo) debe ser aprovechado cuando las fotografías tienen que ser estudiadas por mucho tiempo.

Aún así, cuando se trate de observaciones rápidas o cuando las comodidades no son propicias, se pueden usar métodos aproximados, evitándose el efecto "seudoscópico", que es contrario al efecto estereoscópico (valles como cerros y viceversa).

Se sabe que cada fotografía contiene el 60% de detalles mostrados en la fotografía anterior, como se ve en la FIG. 3, en la que A y B son dos fotografías con una superposición de 60% y C es la copia que puede emplearse para uso

estereoscópico. Ahora bien, cada copia tiene una marca llamada "marca fiducial" en los centros de los lados de cada fotografía, con el objeto de localizar el centro de la fotografía, que es el punto principal. Este punto se obtiene por la intersección de las líneas que pasan por las marcas fiduciales opuestas; así, cada par estereoscópico de fotografías, contiene cuatro puntos principales que son, dos principales, propiamente dichos, y dos transferidos.

Para conseguir una posición correcta del par estereoscópico y poder estudiarlo convenientemente, se debe tener presente lo siguiente:

a) Se asegura la fotografía izquierda sobre la mesa en la que se va a observar el par, por medio de una aguja o de un alfiler, a través del punto principal.

b) Colocamos la foto del lado derecho, con posición, siendo la distancia entre las dos fotografías muy importante. La separación es la medida desde un punto en una fotografía al mismo punto en la otra (transferido); usualmente, la medida es hecha desde el punto principal de la fotografía izquierda a la posición transferida en la foto derecha.

c) Se empuja una aguja a través del punto principal de la foto derecha (FIG. A).

d) Ambas fotografías pueden ser rotadas desde el centro; para esto se coloca una regla de borde agudo sobre ambas fotos, de manera que pueda ser mantenida contra las agujas (FIG. B). Rotar la fotografía izquierda debajo del -

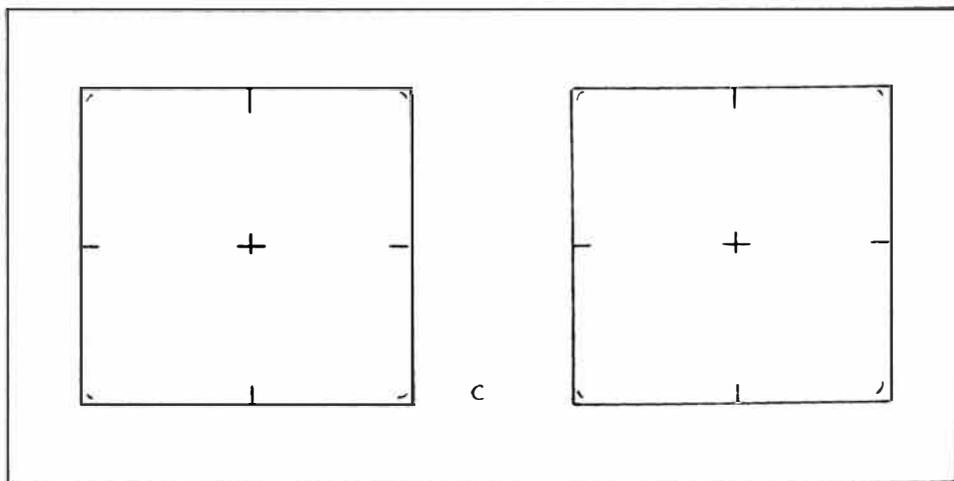
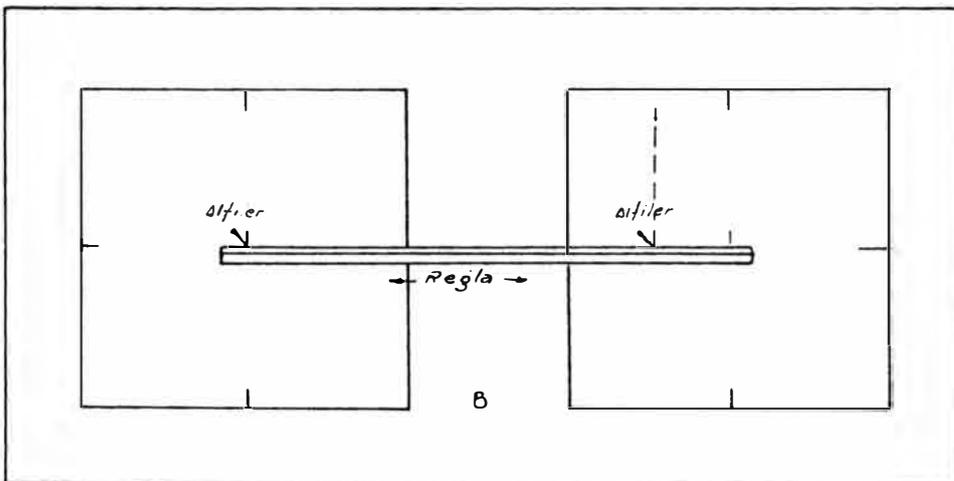
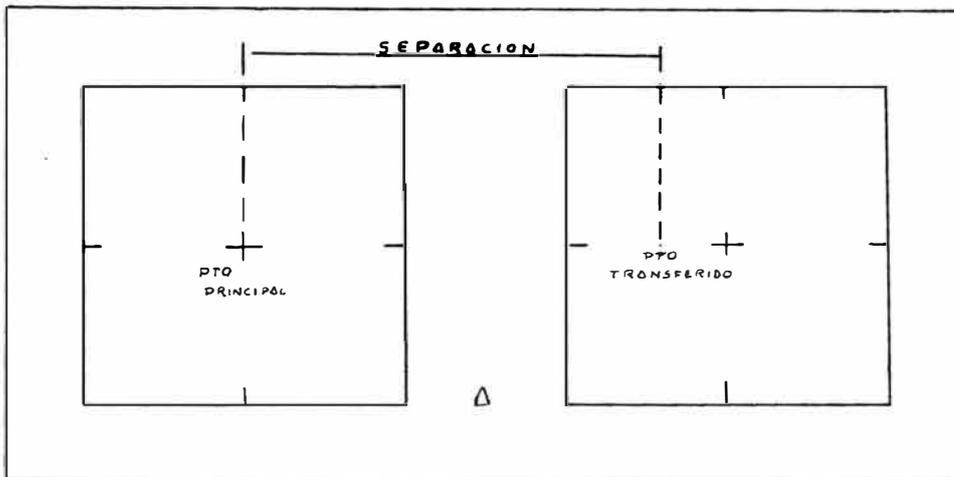


FIGURA N°3

filo de la regla; en esta posición, la fotografía izquierda se asegura. En similar forma se rota la fotografía derecha bajo la regla hasta que el punto principal transferido de esa foto esté bajo el filo de la regla; luego se asegura la fotografía y la orientación obtenida será la correcta.

Al colocar el estereoscopio, la línea a través de los centros de las lentes deberá ser paralela a la imaginaria que pasa a través de los cuatro puntos marcados en la fotografía, con lo cual podremos observar perfectamente el relieve y así empezar el mapeo estereoscópico.

Este examen estereoscópico tiene gran importancia en la exploración geológica, debido a que, aún no reconociendo la zona por mapear, el geólogo se dará una idea del terreno que va a pisar, así como de los inconvenientes que tendrá que salvar. Se podrán trazar afloramientos y también continuarlos a través de accidentes del terreno, lo que es muy difícil hacer directamente sobre la zona estudiada. Igualmente se podrán trazar buzamientos provisionales, que darán una idea de la dirección del buzamiento de las capas; esto a veces es muy difícil aún en el propio campo. Las fallas, que a veces pasan inadvertidas en el campo, pueden identificarse con ciertos detalles. Los caracteres topográficos de afloramientos son de gran valor para diferenciarlos de otros; de la misma manera, el tipo de vegetación y la coloración de los terrenos. Todo esto es tenido en cuenta en el examen estereoscópico para luego ir al campo y ve

rificar los detalles fotografiados.

Si se desconoce la zona, y si las condiciones de trabajo lo permite, se hará una inspección rápida del lugar, comparando los caracteres del mismo con los de las fotografías; cuando se ha terminado la sección estratigráfica, así como la litología de las varias formaciones representadas en una fotografía o grupo de fotografías, sería simple trazar sus afloramientos y hacer un mapa geológico desde las fotografías, sin mucho trabajo en el campo.

Si un geólogo está equipado con un mapa topográfico aéreo y las fotografías adjuntas, contará entonces con lo que el propio terreno le pueda ofrecer.

Por fin, podemos decir que los mapas topográficos aéreos son trazados por aparatos de restitución óptica, basados en la doble proyección desde fotografías aéreas, con cierto "overlap". Por lo tanto, el operador puede obtener tanto la planimetría como la altimetría en curvas de nivel, como resultado de sus observaciones y ajustes del aparato.

Si las fotografías son colocadas con la misma orientación relativa que tenían cuando fueron tomadas y se invierte la dirección de los rayos que las formaron, de tal modo que podamos proyectar nuevamente las imágenes a través del espacio, obtendremos una nueva intersección de los rayos correspondientes a los mismos puntos de imagen en el espacio, determinando así la posición correspondiente al punto de detalle observado. Colectivamente, el conjunto de tales

intersecciones formará un modelo del paisaje fotografiado a una escala determinada.

Orientando con propiedad el modelo con respecto a un tablero de dibujo, horizontal, de modo que represente al plano del mapa en el cual se han anotado medidas de alturas obtenidas en el campo y colocado el plano en posición tal que corte al modelo, el contorno de la sección cortada será de igual elevación y por lo tanto, representará una curva de nivel.

CAPITULO VII

ESTUDIO GEOLOGICO PRELIMINAR DE UNA AREA DE LA ZONA NORTE DEL PERU.-

En el mapa que acompaña a este informe, las líneas de vuelo aparecen en dirección Oeste a Este marcándose en éstas mismas líneas los centros de las fotografías que se -- han estudiado; además se puede observar la derivación del a -- vión debido principalmente al efecto del viento. Las líneas de cumbre y los barrancos también se indican como datos im portantes cuando se confeccionan los mapas bases.

Los pares de fotografías son estudiados por líneas de vuelo indicándose en ellas con un lápiz suave y fácilmente borrrable aquellos detalles que se pueden observar como por ejemplo posibles contactos. Una vez estudiado todo un vuelo (Fotografías de una misma línea), se plotean los "Deta-- lles" en papel transparente formando las tiras de vuelo que unidas entre sí despues de corregidas nos darán el ma-- pa base en el que se anotarán posteriormente mayor número de datos observados que formarán un mapa geológico prelimi nar, cuyas interrogaciones serán debidamente comprobadas - en el campo.

En el presente trabajo, se pueden ver aparte de las -

líneas de drenaje, las direcciones de los buzamientos generales (Dip Slopes), fallas, contactos, barrancos, discordan--cias, viéndose que estas últimas aparecen en el estudio estereoscópico a manera de contactos simples, estos posteriormente se comprobarán debidamente en el campo determinando así su caracter.

Las fallas que aparecen en el mapa adjunto, han sido -primeramente trazadas como posibles, sin embargo muchas de ellas se observan muy fácilmente esrereoscopicamente. En -el mapa, todas las fallas han sido comprobadas en el campo así como su desplazamiento y el consiguiente levantamiento o hundimiento de los bloques.

El área estudiada es la que corresponde a una parte -de la Provincia Contralmirante Villar del Departamento de Tumbes.

De esta área ya se tiene conocimiento y existen ac--tualmente plano geológicos generalizándose las escalas 1/50,000 1/100,000 y en detalle en escala de 1/10,000 ha--biendo sido preparado por Geólogos de las compañías que o--peran en el nor oeste del Perú.

El área comprendida en este trabajo cubre aproximada--mente una extensión de 191 kilómetros cuadrados a la esca--la de 1/20,000 y se ha realizado tomando como mapa base las fotografías aéreas tomadas a una escala también de k/20,000; estos datos y los que indicaban localidades, quebradas, líneas de drenaje, fueron posteriormente traslada--

dos a un mapa preparado de las fotografías.

El drenaje de esta área se ha podido observar que es de tipo rectangular en aquellas partes en que predomina el terciario y de carácter Dendrítico en las zonas planas (Tabla).

La quebrada Máncora tiene su nacimiento en las estratificaciones de los cerros Amotape (no aparecen en el presente trabajo). Centralizando casi todos el drenaje de la zona - en estudio.

Respecto a la vegetación, se puede observar (en las fotografías) que esta va disminuyendo conforme se avanza hacia el mar, pese a los últimos años de sequía. En el valle de la quebrada Máncora, todavía pueden observarse bosques de árboles como el algarrobo constituyendo casi las únicas áreas verdes de esta región.

Se puede observar también que a lo largo de las grandes fallas se encuentran generalmente pequeños afloramientos de agua siendo uno de los principales "Resumideros" el de las cabeceras de quebradas como el de quebrada pozo de Cabo Blanco (que no aparecen en este estudio).

Se observan en el mapa los "Dip Slopes" o dirección de buzamientos que han sido obtenidos estudiando pares de fotografías habiéndose comprobado algunos de ellos como verdaderos ya que estos frecuentemente se confunden con cortes o también con líneas de configuración del terreno en estudio.

Un intenso fallamiento es la característica estructural principal del área, tal como corresponde a todo el NW. del Perú, son fallas longitudinales de dirección NE, SW, ENE principalmente pero que están siempre desplazadas por fallas transversales. Como se puede ver pues el sistema es bastante complicado.

La inclinación de los estratos es muy variable, pero - en líneas generales, se observa que su valor no es muy alto; también podemos decir por simple inspección, que están dirigidos hacia el WNW pero localmente se encuentran buzamientos hacia el ESE.

La característica estructural de la región es la de - "Levantamientos" (Up Lifts), observándose que en los flancos de estos levantamientos y algunas veces en sus núcleos se advierten buzamientos altos siendo esto de mucha importancia desde el punto de vista petrolero.

Al finalizar este trabajo, agradezco a la Empresa Petrolera Fiscal el apoyo y las facilidades que me ha brindado, al proporcionarme la información necesaria ya que sin ella no me habría sido posible llevarlo a cabo.

LEYENDA

<i>Falla Observada</i>	
<i>Contacto Discordante</i>	
<i>Eje de Anticlinal</i>	
<i>Pendiente de Buzamiento</i>	
<i>Centro de las Fotografías</i>	
<i>Barrancos</i>	
<i>Contactos</i>	
<i>Lineas de Drenaje</i>	

Escala Gráfico:



B I B L I O G R A F I A

=====

- ESTUDIO SOBRE FOTOGEOLOGIA - Ing. Humberto Dueñas.
FOTOGRAMETRIA - Philip Kissam.
GEOLOGIA PARA INGENIEROS - Trefethen.
GEOLOGIA PARA INGENIEROS - R.F. Legget.
GEOLOGIA GENERAL - Lahee.
INFORME GEOLOGICO M.FERNANDEZ - Ing. Chalco R.A.
INSTITUT.FRANCAIS DU PETROLE -
 (Topographie, Photogrammetrie) - André Caillemer.
MILITARY MAPS AND AIR PHOTOGRAPS - Lobeckand Tellington.
MAPS AND AERIAL PHOTOGRAPS READING - The Military Service
 Publishing.
NOTAS DE UNIVERSIDAD SOBRE AEROFOTOGRAMETRIA - Ing. Fran-
 cisco Zevallos.
WORLD OIL - Artículo Gimlett y Kenneth E.Hunter.
WORLD OIL - Artículos de Laurence Brandal y Vernon Jackson-
 Ingenieros Geólogos de Geofoto Inc. Denver.

---oOo---