



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Procesamiento de fotografías aéreas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**I N G E N I E R O TOPOGRAFO Y
GEODESTA**

P R E S E N T A:

Raul Niño Chicho



DIRECTOR DE TESIS:
Ing Victor Manuel Mozo y Tenorio

MEXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mi padres que me han apoyado incondicionalmente y que me han dado toda su confianza y cariño, a mis hermanos por estar a mi lado, a mis profesores que me han enseñado lo bueno y lo malo de la vida, a mis compañeros y amigos, a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de prepararme y poder dejar algo en esta vida.

PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFÍAS AEREAS

	INTRODUCCION	1
I	MISIÓN PARA LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS	
1.1	Elementos de la misión.	6
1.2	Tipos de plataformas.	25
II	CÁMARAS FOTOGRÁFICAS..	
2.1	Clasificación de cámaras fotográficas.	42
2.2	Elementos y características de las cámaras fotográficas.	44
III	PELÍCULAS FOTOGRÁFICAS.	
3.1	Tipos de películas.	54
3.2	Manejo de las películas fotográficas	56
3.3	Características de las películas fotográficas.	58
IV	PROCESAMIENTO DE LA PELÍCULA Y COPIAS DE LOS POSITIVOS	
4.1	Revelado de película	67
4.2	Procesamiento de positivos.	75
4.3	Proceso de copiado de positivos.	79
4.4	Confección de mosaicos	80
V	CONTROL DE CALIDAD	
4.1	Factores que intervienen en la calidad	81
4.2	Características, clasificación y especificaciones	82
4.3	Análisis de resultados.	84
VI	CONCLUSIONES.	88
	BIBLIOGRAFIA	89

INTRODUCCIÓN.

La fotografía aérea es la materia prima de la fotogrametría, es por ello que es importante conocer todos y cada uno de los aspectos de la fotografía; para así comprender la naturaleza de la fotogrametría, ya que los procesos que ésta emplea para la obtención de medidas son complejos, es por ello que la fotografía aérea es importante describirla desde sus inicios.

Históricamente, se encontró que la imagen de un objeto brillante podría ser formado usando un aparato conocido como “cámara oscura”. Esta consistía como su nombre lo indica, en una caja herméticamente cerrada, en la que la cara posterior era un cristal plano como pantalla, y en la parte frontal tenía un pequeño orificio en el centro. La cámara oscura fue frecuentemente del tamaño de una habitación y esto permitió a los artistas de esa época, producir dibujos (con gran exactitud) de objetos por medio del trazado de la imagen que se plasma en el cristal plano.

Una pequeña versión de este aparato se construyó y este forma las bases de la “Cámara Orificio “. La imagen formada en el cristal esmerilado por medio del orificio es producida por proyección central y es real, lateralmente reversible.

Cada punto del objeto emite rayos de luz en todas direcciones y un estrecho “lápiz“ de estos rayos es admitido a través del orificio e incide sobre el cristal esmerilado, por lo tanto cada punto del objeto es representado por un disco depende del diámetro del orificio y es más grande que él. Por lo que para obtener una imagen nítida, el orificio debe ser muy pequeño.

Si fuera posible hacer un orificio infinitamente pequeño, entonces cada punto del objeto sería en la imagen, representado como un punto y por lo tanto, la imagen sería una proyección central del objeto hablando estrictamente en sentido geométrico. Sin embargo aunque también si reducimos el diámetro del orificio tenemos la formación de una imagen más nítida, esto causa que la imagen sea más oscura y por consiguiente menos fácilmente observable.

Se descubrió que si el diámetro del orificio se reducía debajo de un cierto tamaño, la calidad de la imagen se deterioraba debido a los efectos de difracción.

Sin embargo, la cámara (pinhole) por orificio fue únicamente como un aparato para formar imágenes y era un poco limitada, sin embargo, para poder obtener una grabación permanente de la escena dada, la imagen formada en la pantalla de vidrio plano debía ser trazado a mano sobre un papel, lo cual era un proceso lento y laborioso. En el año de 1835, Daguerre inventó un método para grabar la imagen usando un proceso fotoquímico.

En lugar de la pantalla de vidrio plano, se colocaba una hoja de papel o film, esta hoja o film se le ponía una capa con una sustancia química especial, sensitiva a la luz, con una intensificación subsecuente a una solución química, se encontró que se obtenía el grabado de la imagen. Esta técnica marcó el inicio de la fotografía (escribiendo con luz) y con ello una opción importante para recolectar información de una manera fidedigna y gráfica.

Estos films, pioneros de la fotografía exhibían una muy baja sensibilidad a la luz y por lo tanto, tiempos muy largos de exposición eran necesarios para producir resultados aceptables en la formación de imágenes por medio de la cámara orificio y por consecuencia la técnica se limitó a grabar objetos estáticos, para evitar movimientos en la imagen. Los primeros retratos por fotografía requerían que la persona estuviera varios minutos estáticos para evitar movimientos en la imagen, para esto se usaban unos soportes cabezas que los ayudaba a conservar esa posición.

Ya que este fue inicialmente el uso que se le dió a la fotografía ya que aún no se había pensado en ella como en algo que tuviera proyección a futuro también por que el tiempo de exposición para este sistema de orificio, se puede haber reducido si el diámetro del orificio fuera mayor, pues así se forma una imagen mas brillante, pero como esto a su vez causa que los discos de la luz que forma la imagen sean mas grandes, la imagen pierde nitidez. Esta era la mayor desventaja del sistema de cámara por orificio.

Paralelamente a la obtención de fotografías se construyeron los primeros estereoscopios; Wheatstone, valiéndose de espejos y mediante una caja con dos orificios, logró entre los años de 1832 y 1838, obtener una visión tridimensional utilizando dibujos estereoscópicos. La disponibilidad de cámaras fotográficas y estereoscopios permitió que el francés Dominique Francois Jean Arago desarrollara un método para la aplicación de daguerrotipos en levantamientos topográficos.

En 1849, otro francés Aime de Laussedat, del cuerpo de ingenieros del ejército, realizó importantes estudios sobre la utilización de fotografías con fines métricos, construyó una cámara fotográfica y trabajó con fotografías tomadas desde globos. En 1901 publicó un libro donde describe los nuevos métodos de trabajo como esencialmente topográficos. En reconocimiento a su obra la mayor parte de los autores que trata sobre esa disciplina, dan al coronel Laussedat el título de “padre de la fotogrametría”.

Koppe, en Alemania, ideó un método fotogramétrico basado en intersecciones que si bien no resultó práctico en esa época, permitió sentar las bases de la estereoscopía actual.

En 1858, A. Meydenbauer, también en Alemania y siguiendo la tendencia de Koppe, utilizó pares estereoscópicos en el levantamiento de edificios, en estos trabajos se emplearon desde luego, fotografías terrestres que representaban facilidad para aplicar el método de intersecciones, así que las ideas de Koppe se reafirmaron y fueron seguidas por muchos otros, sin embargo esa tendencia encontraría serias dificultades en la utilización práctica de las fotografías aéreas por el volumen considerable de cálculos necesarios en cada trabajo.

Al final del siglo XIX se tenía como concepto fundamental que los métodos fotogramétricos debían ser numéricos; aun cuando no se contaba con elementos adecuados para su aplicación, probablemente la proximidad de una guerra entre las principales potencias de ese tiempo estimula a la creación de métodos prácticos.

El principio del siglo XX señala una rápida evolución de la fotogrametría partiendo de la publicación de la obra de Laussedat, y de la construcción del estereocomparador de Pulfrich, ambos en 1901. Otro avance importante se encuentra en la creación del método de

triangulación radial, que fue ideado como método numérico por Th. Scheimpflug (patente alemana No 228590 del 14 de agosto de 1909). En 1909 Wilbur Wrigth tomó una serie de fotografías aéreas sobre Centoelli, Italia.

En 1911 el ejército alemán utilizó en maniobras, una cámara fotográfica de ocho lentes diseñada por Scheimpflug, montada en la canastilla de un globo, este sistema consistía en objetivos oblicuos se obtenían fotografías panorámicas, especialmente utilizadas en reconocimiento; puede decirse que esta fue una de las primeras aplicaciones de la fotointerpretación con fines militares.

El mismo Scheimpflug realizó levantamientos aerofotográficos utilizando dirigibles, y desarrolló métodos de restitución.

Gasser construyó en 1915, el primer instrumento de proyección óptica directa, lo que influyó para que durante un lapso considerable se desarrollaran métodos empíricos y sistemas gráficos de compensación, ya que la operación de los instrumentos de proyección óptica directa es empírica.

En el año de 1923 la empresa Zeiss, de Alemania, construyó un esteroplanígrafo; este instrumento, de óptica quebrada, cuenta con elementos para medir coordenadas, permite que la escala de restitución se independice de una distancia óptima de proyección y tanto en su operación como en las compensaciones correspondientes, pueden aplicarse sistemas numéricos o analíticos.

Las soluciones aportadas por instrumentos de proyección óptica directa y de óptica quebrada, como el múltiplex y el esteroplanígrafo, respectivamente, así como la fabricación de objetivos cada vez mejores, de varias emulsiones fotográficas y la disponibilidad de medios de cálculo inicialmente analógicos y mas tarde digitales, permitieron jerarquizar su aplicación y organizar el trabajo utilizado en cada tarea el equipo adecuado.

Entre los más importantes avances de la década de los treinta a la fecha se encuentra la publicación de la obra de Otton Von Gruber: “principios básicos de los sistemas modernos de levantamiento de planos”. En 1932 y en 1933, la aplicación de plantillas de cartón, ranuradas , al método de triangulación radial por C.W Collier en Inglaterra.

La fotografía aérea abarca dos áreas principales, la fotografía y el vuelo; la primera referencia de una fotografía desde el aire fue hecha por el físico Francas DF Aragón en agosto de 1839, poco después del nacimiento del proceso daguerrotipo.

La primera persona que realmente tomo una fotografía aérea fue otro francés, Gaspard Félix Tournachon (Nadar), quien empleó con éxito el proceso de colodión húmedo desde un globo cautivo en 1858. Él era un entusiasta de los aeróstatos y al mismo tiempo un fotógrafo de mucha experiencia pero solo alcanzó el éxito después de varios fracasos; se supo que éstos se debieron a la contaminación de sus placas sensibilizadas aéreas del colodión húmedo por sulfuro de hidrógeno, causada por el hidrogeno impuro proveniente de la válvula de escape de un globo.

La primera fotografía aérea se tomó desde una altura de 80 metros, y se dice que fue una pálida imagen positiva de una granja, tres casas de una aldea, la ganadería y una posada. Desgraciadamente esta fotografía ya no existe; la más antigua fotografía aérea aun existente fue tomada en 1860 sobre una ciudad de Boston U.S.A por S.A. King y J.W.Black desde una altura de 630 m, usando placas de colodión húmedo.

Con la construcción de la placa de gelatina/bromuro de plata por Maddox en 1871 se hizo posible aplazar el revelado de la imagen latente hasta un momento conveniente. Como resultado de esta invención, se hizo innecesario transportar el pesado equipo de procesado hasta la escena de la fotografía. Aprovechando esta nueva tecnología. Triboulet empleó placas secas para fotografiar Paris desde un globo libre en 1879.

La libertad permitida desde entonces por la placa seca podía ahora aprovecharse en otros tipos de plataformas aéreas, incluyendo cometas. Se dice que el meteorólogo inglés E. D. Archivald empleó varios cometas en tandem, siendo el último cometa de la cadena el que usaba como plataforma de una cámara. Unos años mas tarde A. Batut de París usó un cometa provisto de un obturador con temporizador de mecha para conseguir la exposición.

Tal vez el más conocido de los primeros fotógrafos de cometa fue el americano G.R Lawrence, quien tomó fotografías hasta de 1350 x 2400 mm con cámaras de mas de 400 Kg. de peso. Con la ayuda de cometas globo, Lawrence envió sus sistemas de cámaras hasta alturas de 1000 m o más y pudo fotografiar el gran incendio de San Francisco el 18 de marzo de 1906. El aeroplano solo había sido inventado unos tres años antes y aún no se había tomado la primera fotografía desde un aeroplano. De hecho la cámara usada por Lawrence pesaba más que el peso total que la máquina de los hermanos Wright de 1903.

En 1903 Julius Neubronner de Alemania diseñó y patentó una cámara liviana especial para palomas. Con un peso de tan sólo 70 gr., su minúscula cámara era un sistema montado en el pecho del ave, cargado con película que daba vistas cuadradas de 38 mm de lado. Conociendo las trayectorias de las aves hasta su punto de destino, era posible estimar el tiempo al cual se regulaba el mecanismo temporizador incorporado para obtener fotografías útiles.

Así mismo en México, la incorporación de los métodos fotogramétricos y de fotointerpretación para una institución militar, el servicio geográfico del ejército, mas tarde Departamento de principio con intentos de carácter experimental, siendo el mérito de la aplicación formal de éstos cartografía militar, en donde se utilizaron fotografías aéreas verticales y oblicuas, del sistema trimetrogon, en la elaboración de la carta táctica de la República a escala 1: 100000, después la creación de un escuadrón aéreo de la fotografía y la aplicación de adelantos en estas disciplinas permitieron la evolución de ese organismo, cuyo carácter castrense ha limitado considerablemente la difusión de su producción cartográfica, siendo evidente sin embargo, su influencia en el desarrollo de las técnicas fotogramétricas y foto interpretativas en nuestro país.

Los primeros trabajos fotogramétricos en México fueron realizados por el Ingeniero Isidro Orozco Portugal, quien utilizó un foto teodolito para construir el plano de la fachada de la Catedral Metropolitana.

Tanto el entonces servicio geográfico del ejército, como algunas compañías privadas, iniciaron la elaboración de mapas topográficos, utilizando métodos gráficos y estéreo restituidores de proyección óptica directa de nueve y de dos proyecciones y el Ingeniero Gonzalo Medina Vela, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería UNAM , desarrolló métodos de trabajo e ideó estéreo restituidores aplicables a estos métodos.

Durante la década de 1950 a 1960, se adquirieron instrumentos de proyección mecánica, algunos de los cuales permitieron aplicar métodos numéricos en substitución de los métodos anteriores y se consideró la posibilidad de aplicar métodos analíticos en operaciones de restitución, pero no fue sino hasta el año de 1968 en que se creó una institución de carácter civil, dotada de medios suficientes para la elaboración de una cartografía nacional, en la que se aplicaron métodos fotogramétricos, foto interpretativo y los modernos medios de sensointerpretación.

A partir de 1968, se creó la Dirección de Estudios del Territorio Nacional, DETENAL, Actualmente INEGI, se ha generalizado la aplicación de métodos fotogramétricos en muchos aspectos del desarrollo nacional; evaluaciones de recursos naturales y programas catastrales importantes, y se han implementado Normas y reglamentos concernientes a levantamientos terrestres aéreos.

La evolución científica y tecnológica, que es especialmente rápida en cuanto a las disciplinas cartográficas, permite suponer para un futuro próximo avances espectaculares en cuanto a la automatización y medios de posicionamiento que permitan reducir, aún más, el volumen de operaciones terrestres de computación y de muchos otros aspectos, lo que determina la necesidad de aceptar que los conocimientos en fotogrametría adquiridos en las aulas no son definitivos, sino que deben ser renovados.

TEMA 1

MISION PARA LA TOMA DE FOTOGRAFIAS AEREAS

1.1 Elementos de la Misión.

Para realizar una misión de prospección fotográfica se deben de considerar los siguientes elementos ya que cada uno de ellos representa un papel importante para el éxito de la misión.

Además de que los costos de inversión en ella no son bajos y representan una cantidad importante de dinero y trabajo en cada una de ellas.

La toma de fotografías métricas desde una aeronave es propiamente un levantamiento, ya que mediante esa operación se reúne, en imágenes impresas, la información que permitirá elaborar un mapa o plano.

Para realizar ese levantamiento es necesario contar con:

- Cámara o cámaras fotográficas métricas.
- Equipo complementario de la cámara.
- Aeronave.
- Planeación en tierra para la ejecución del vuelo.
- Personal especializado.

Aeronave.

Existen varios tipos de aeronaves, por lo general adaptables a la toma de fotografías aéreas y en ciertos casos diseñadas para ese fin. Las aeronaves que se eligen para realizar misiones fotográficas son de muy diferentes tipos así que no es práctico considerar un solo tipo de avión fotográfico sino varios, ya que no existe un aparato capaz de realizar todo tipo de levantamientos aerofotográficos en condiciones óptimas de eficiencia y economía.

Las características que éstas presentan son:

- ✓ Buena visibilidad tanto para el piloto como para el navegante, es decir, que logre un máximo de observación desde el horizonte hasta el nadir (punto situado abajo del observador directamente opuesto al cenit).
- ✓ Velocidad variable dentro de un intervalo suficientemente amplio que permita tomar fotografías a una velocidad relativamente baja y movilizarse rápidamente entre las

distintas zonas por fotografiar o en el trayecto de ida y regreso al aeropuerto base. Una velocidad de crucero a 250 Km/Hr.

- ✓ Buen poder de ascensión, con el objeto de llegar a la que puede ser considerada normal para la toma de fotografías aéreas.
- ✓ Maniobrabilidad del avión, para reducir el tiempo requerido en los virajes y conseguir aterrizaje y despegue en pistas cortas, altura de vuelo deseada en el menor tiempo posible.
- ✓ El techo o altura máxima a la que puede volar un avión, debe ser alto, 8500 m, es un valor normal (en aviones modernos puede ser mayor de 10.000 m) por encima de los 3000 m se requiere de equipo de oxígeno.
- ✓ Las vibraciones deben ser mínimas para no afectar la calidad de la imagen. Si el avión posee más de un motor, es indispensable que trabajen sincronizados.
- ✓ Los tubos de escape, graseras, etc. deben estar dispuestos de manera que no afecten los elementos ópticos que sobresalen del fuselaje.
- ✓ Espacio adecuado para la tripulación formada como mínimo por tres personas: piloto, navegante y fotógrafo, quienes permanecerán en constante comunicación.
- ✓ La instalación de la cámara aérea necesita la apertura de un orificio en el piso y en la superficie exterior del avión lo suficientemente amplio para no obstruir el funcionamiento de la cámara, aun cuando se estén tomando fotografías aéreas inclinadas.



Mira de navegación colocada en el piso del avión

- ✓ La cabina debe ser amplia para permitir una buena disposición de todo el equipo fotográfico y la instalación cómoda del fotógrafo. Si es posible, debe incluir un pequeño cuarto oscuro.
- ✓ Los aviones pequeños y livianos, de uno o dos motores son en general económicos, fáciles de maniobrar, requieren de poca tripulación y se emplean normalmente para vuelos a alturas medias y distancias cortas.
- ✓ Para los aviones grandes se emplea más personal y su mantenimiento requiere de un equipo especializado y por consiguiente, difícil de obtener en la zona de trabajo cuando se utilizan aeropuertos pequeños.
- ✓ Los aviones de retropropulsión presentan ventajas en misiones fotográficas aéreas por su gran poder de ascensión, velocidad y el alto techo que poseen; sin embargo, el elevado precio de la unidad ha limitado su uso para estos menesteres.
- ✓ Los aviones de turbina representan una situación intermedia entre los de retropropulsión y los de pistón



Avión Lear utilizado en las prospecciones fotográficas

Cámara

La fotografía aérea se obtiene normalmente mediante grandes cámaras montadas en aviones modificados de manera especial.

Las cámaras métricas aéreas y terrestres son cámaras fotográficas, de distancia focal fija, cuyas características geométricas han sido determinadas con precisiones del orden de +/- 0.01mm a 0.008mm esas características, a las que se designan como parámetros de orientación interna son:

- Distancia focal: que es la distancia del punto nodal posterior del objetivo de toma a la superficie de la emulsión sensible, a la que se designa como plano de la imagen negativa.
- Dimensiones del formato: Las cámaras métricas actuales tienen formatos cuadrados, así que solamente es necesario el dato de un lado del formato, que es la distancia entre dos marcas de colimación opuestas.
- Desviación del eje óptico del objetivo, con respecto al centro geométrico, o punto principal de la fotografía. La posición del punto principal se determina trazando líneas de las marcas de colimación a las opuestas.



Cámaras fotográficas de prospección de 35mm algunas de este tipo únicamente están en fase experimental

Equipo complementario de la cámara dentro del avión

Existen varios elementos que pueden ser considerados como equipo complementario de la cámara métrica, entre ellos se encuentran telescopios de navegación y cámaras panorámicas para determinar la posición del horizonte terrestre, ambos equipos aportan información sobre la posición del eje óptico de toma, en el momento de una exposición. Es de esperarse que conforme evolucionan estos sistemas especialmente los inerciales, se incorpore su aplicación a modelos fotogramétricos.

Planeación

Al planificar, tienen que considerarse todos los factores que tienen alguna incidencia en el desarrollo de una misión, para evitar atrasos, errores y cambios de planes; en las etapas disponemos para la obtención de esas fotografías aéreas.

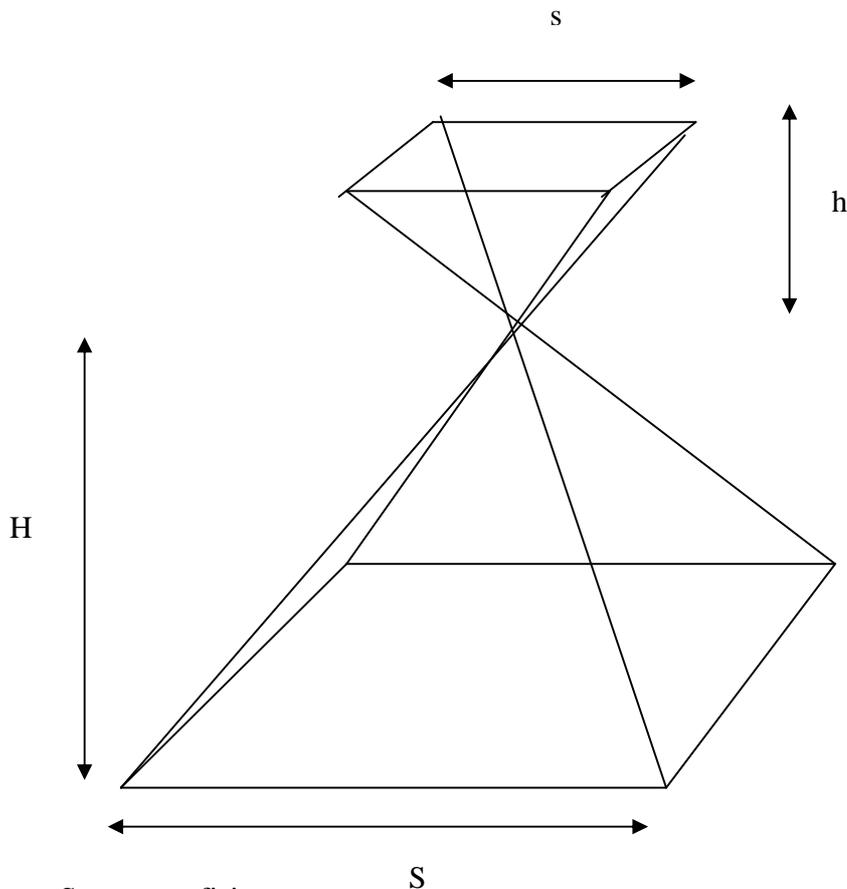
A lo largo del tiempo se han ensayado varios tamaños y formatos de películas, cada uno con sus propias ventajas y desventajas, la industria de prospecciones, por ejemplo, ha normalizado –hasta cierto punto– el formato 230 x 230 mm y se han diseñado un rango de cámaras y equipos fotogramétricos especialmente para este tamaño. Según el ángulo visual especificado por usuario, también podemos elegir las distancias focales disponibles de nuestros lentes, siendo los objetivos más comúnmente usados los gran angulares (SWA), de 88mm, los de ángulo normal, de 300 mm, y los teleobjetivos de 600 mm. Sin embargo, excepto por el ángulo visual de la cámara, las razones para elegir un lente en particular no nos concierne.

El ítem más importante de información que necesitamos es una respuesta a una pregunta: ¿qué tamaño va a tener la cobertura fotográfica? Podemos calcular esto si sabemos que cámara y lente tenemos que usar para una escala dada.

Tomemos una escala requerida (M_b) de 1:25000 y un formato estándar de 230 x 230 mm, si multiplicamos la dimensión del lado s del negativo por el número de escala m_b (el recíproco de la escala) llegamos a la longitud S de un lado del área de terreno cubierta; así por la ecuación (1.1) podemos escribir la ecuación:

$$m_b = 1/M_b = S/s = H/f \quad \text{y} \quad S = sm_b = H_s/f \quad \text{ec. (1.1)}$$

para poder ver esto de una forma más directa aplicaremos estas fórmulas a un ejemplo donde el producto sm_b nos da fotografías cada una de las cuales cubre un área de 5750 x 5750 m, es decir, $S = 5715 \text{ m}$, con un área $s^2 = 33.0625 \text{ Km}^2$, como se puede observar en la figura 1.1



S = terreno físico
 s = plano fotográfico
 H = altura de vuelo
 h = distancia focal

$$S \times m_b = 0.23 \times 25000 = 5750m = S$$

relaciones diagramáticas entre el negativo y la cobertura del terreno . el negativo “s” = 23cm (o.23m) y a una escala m_b

Si estuviéramos interesados en una compilación fotográfica de nuestra área dada solamente, simplemente se trataría de dividir nuestra área total por la cobertura del negativo para llegar a un número mínimo de fotografías como se ve en la fig. 1.2 Sin embargo este no sería un método muy complicado para la cobertura en términos de precisión de vuelo, anomalías del terreno etc. Sino que además sería de uso limitado en un sentido práctico para que nuestra fotografía fuera de mayor utilidad tendríamos que aplicar otros parámetros a la cobertura del área , y aunque el ejemplo puede parecer muy elemental pero la mayoría de los fotógrafos aéreos experimentados, en un momento u otro se habrán encontrado con un usuario potencial que había ya pre-calculado la cobertura que necesitaría usando el método de dividir el área total a cubrir F_s por S^2 , para llegar al número de fotografías requeridas N.

La mayor parte de las fotografías verticales se usan para cartografía fotogramétrica y, como consecuencia las fotografías subyacentes tiene que constituir modelos estereoscópicos, pareja a pareja. El trabajo hacia delante o frontal nominal p para cobertura estereoscópica es del 60% , cada fotografía sucesiva traslapando a su predecesora en esa cantidad ver figura 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

Figura 1.2 Es el número de fotografías que proporcionan la cobertura mínima de una área determinada.

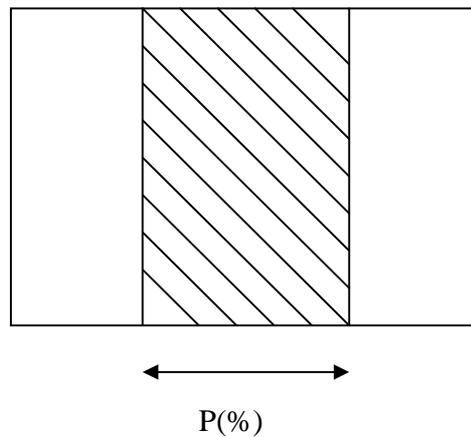


Figura 1.3 Área de la cobertura estereoscópica en una pareja normal de fotografías aéreas traslapadas.

Las pasadas fotografías se vuelan de esta manera y ahora podemos calcular las cantidades de fotografías necesarias en una pasada determinada de longitud conocida l_p .

Si las fotografías se traslapan un 60% , la distancia entre puntos centrales de las fotografías (distancia entre estaciones de cámara en los puntos de exposición) proporcionarán lo que se conoce como una base aérea B, como se observa en la figura 1.4

Donde :

$$B = S(1 - p/100)$$

así tomando los datos del ejemplo la ecuación nos da :

$$B = 5750(1 - 60/100) = 5750 \times 0.4 = 2300m$$

el número de fotografías necesarias para dar cobertura a una sola pasada de una longitud dada L_p puede calcularse por medio de la siguiente fórmula:

$$N_p = (L_p / B) + 1$$

aplicándola al ejemplo se tiene:

$$N_p = (15000/2300) + 1 = 7 + 1 = 8$$

como no es posible tener fracciones de fotografías y el cociente (L_p/B) nos dá como resultado 6.5217 entonces se efectúa el redondeo a siete, además se debe de agregar una fotografía extra por lo que indica la ecuación para completar la cobertura, en la práctica se agregaría un cierto número de fotografías fuera del área delineada, al principio y al final de la pasada, a discreción del planificador, para proporcionar una cobertura segura en el caso de cualquier error técnico.

En muy pocas misiones de prospección consisten solo en una única pasada fotográfica y normalmente se necesita la edición de varias líneas de vuelo. Estas franjas de fotografías también tienen que traslaparse con la línea de vuelo adyacente (pasada) en una cantidad específica q según los requisitos del proyecto.

Este traslape se da normalmente como una cifra óptima con una tolerancia de más o menos pocos tantos por ciento. Esto se ilustra mejor aplicandolo al ejemplo ahora necesitamos calcular el espacio (U) entre las líneas centrales de estas pasadas paralelas con la siguiente ecuación:

$$U = S(1 - q/100)$$

donde el espacio entre pasadas es U y el traslape lateral q el porcentaje de traslape donde consideraremos de 15% tenemos:

$$U = S(1 - 25/100) = 5750 \times 1.75 = 4312m$$

habiendo encontrado el valor para U y el traslape lateral q podemos calcular el número de pasadas necesarias N_q donde

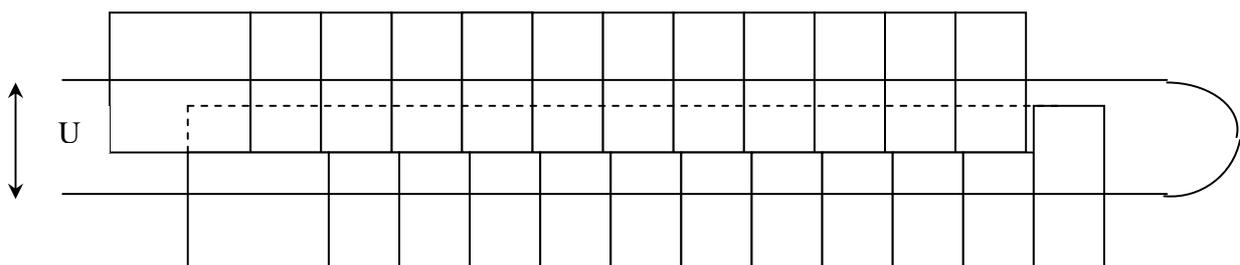
$$N_q = [(L_q - s)/U] + 1$$

donde L_q es la anchura del área a cubrir.

Así para un área de 14Km de anchura, podemos calcular el número de pasadas como:

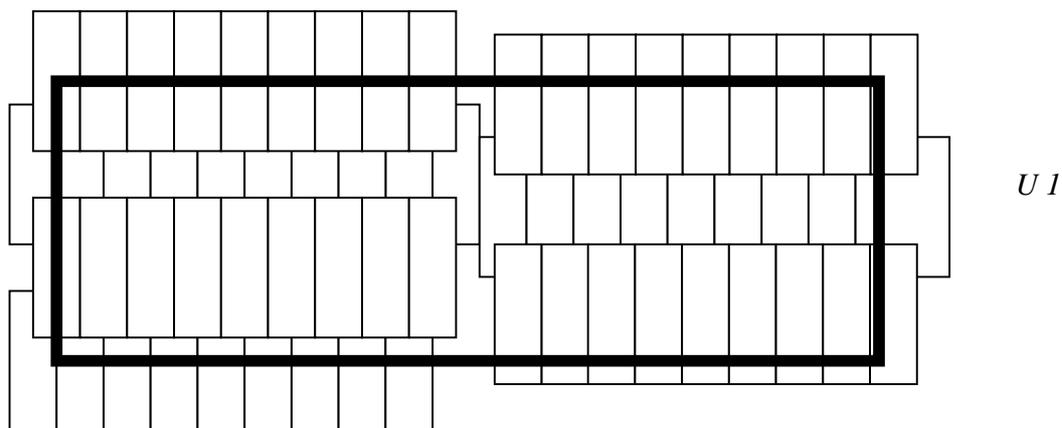
$$N_q = [(14000 - 5750)/4312] + 1 = 3 \text{ pasadas}$$

una vez más tenemos que redondear ya que no se pueden volar una fracción de una anchura de pasada.

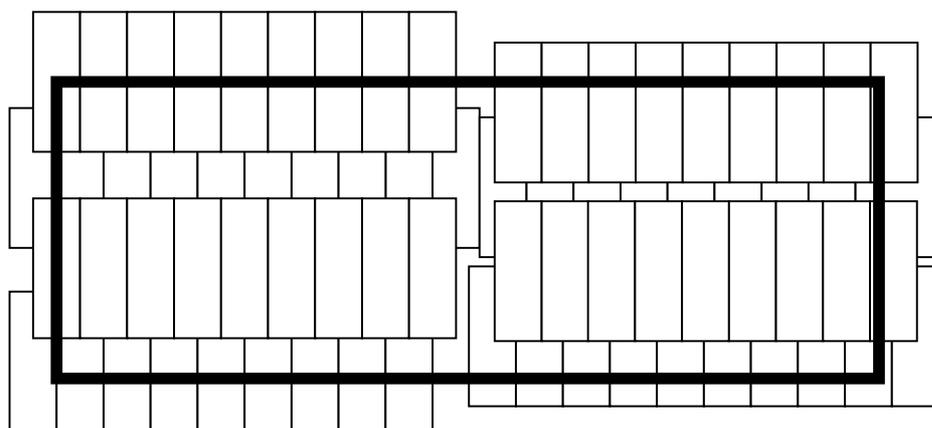


En la figura se pueden ver las líneas de vuelo adyacentes, también tienen que traslaparse para proporcionar cobertura continua a travez de un bloque, al igual que a lo largo de cada pasada.

Sin embargo en muchos casos un bloque se puede dividir igualmente reduciendo el traslape en una pequeña cantidad por par de pasadas, a fin de conseguir la pasada parcial, en la que con traslape lateral reducido q el espacio entre pasadas, U_1 es mayor que el espacio entre pasadas U_2 , dando así tres en vez de cuatro pasadas, así igualmente en el caso de que el número de pasadas sea ligeramente superior al necesario para la cobertura, entonces el espacio entre líneas se podría reducir para dar un traslape algo mayor, en la que el espacio entre líneas es menor $U_1 \leq U_2$, con las últimas pasadas teniendo menos traslape lateral que las primeras.



U_1



U_2

Distribucion de mosaicos para una mejor distribucion de las fotografias, en una sola pasada

El siguiente cálculo que necesitamos hacer es H, que es la altitud de vuelo sobre el terreno, elevación de referencia o nivel de referencia que estamos usando. La distancia focal de la lente aparece por primera vez, aquí en la planificación y de acuerdo a la ecuación 1.1 que vimos se encuentra H. Así para una escala de 1:25000 y $f=150\text{mm}$, $H=3800\text{ mm}$. La conversión a una altitud en pies se hace mediante el factor 3.2808 *, satisfaciendo así las condiciones en las que las unidades empleadas en altimetría son los pies.

Finalmente debemos saber el intervalo de exposición ΔT entre las estaciones de cámara, que se calcula con la ecuación :

$$\Delta T = B / V \quad \text{Ecuación 1.3}$$

donde B es la base aérea y V es la velocidad del avión con respecto al terreno. Es usual calcular ΔT con V en unidades de metros por segundo, y en el apéndice 6 se puede encontrar los factores de conversión adecuados.

Éstos entonces son los cálculos básicos para la primera fase en una planificación simple de la misión para la toma de fotografías verticales, y se presentan en la siguiente tabla.

Escala (M_b)	$M_b = f / h = s / S$
Número de escala (m_b)	$m_b = H / f = s / S$
Ganancia frontal (B)	$B = S(1 - p / 100)$
Espacio entre líneas(U)	$U = S(1 - q / 100)$
Número mínimo de fotos por longitud de pasadas (N_p)	$N_p = (L_p / B) + 1$
Número mínimo de pasadas por bloque dado(N_q)	$N_q = ((L_q - S) / U) + 1$
Movimiento de traslación de la imagen (IM)	$IM = fV / H$
Grado de falta de nitidez de la imagen (b)	$b = fVt / H$
Intervalo de exposición (ΔT)	$\Delta T = B / V$
Área de modelo (F_m)	$F_m = S^2 - SB$
Nueva área estereoscópica (F_n)	$F_n = UB(m^2)$
Número mínimo de fotos necesarias (N)	$N = F_a / F_n$

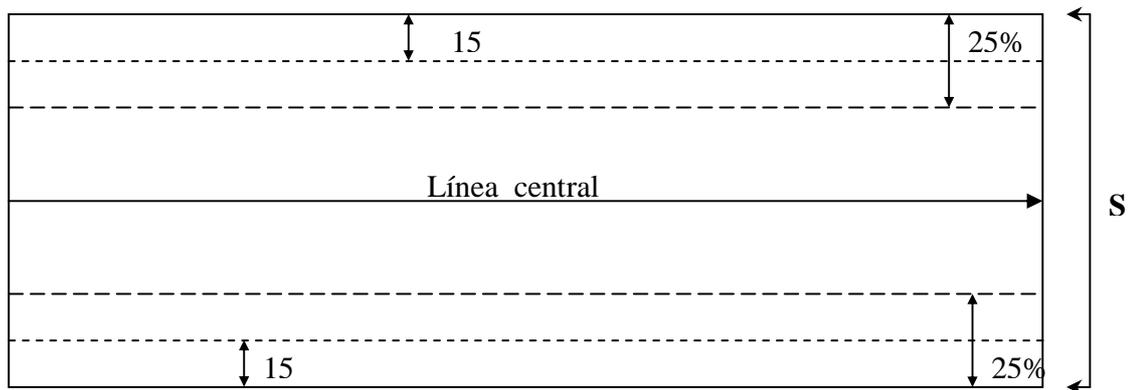
f = distancia focal.
 H = altura sobre referencia
 S = lado de terreno cubierto.
 S = lado del negativo
 B = base aérea.
 P = porcentaje de traslape frontal.
 q = porcentaje de traslape.
 L_p = longitud del vuelo de pasada.
 L_q = anchura del área a cubrir.
 t = duración de la exposición de la cámara.
 ΔT = tiempo de exposición.
 F_m = área total estereoscópicamente cubierta.
 F_a = área total del terreno a cubrir.

Generalmente es innecesario calcular más que esto este tipo de planificación se basa en un terreno nivelado con un terreno montañoso surgen complicaciones, pero las fórmulas básicas siguen siendo las mismas.

En cualquier proyecto de prospección la tripulación tiene que tener un conocimiento práctico y completo de las especificaciones del cliente. Los numerosos tipos diferentes de productos fotográficos tienen que atacarse de modos diferentes y las especificaciones han de ser examinadas para descubrir los parámetros dentro de los cuales hay que trabajar.

Uno de los tipos más comunes de fotografía aérea es el que consiste en seguir una de las características particulares del terreno. Los límites de la cobertura estarán contenidos en las especificaciones y depende de las necesidades del usuario, el traslape normal de la fotografía de bloque sería del orden del 25%, más o menos 10% dando margen de bordes mínimo del 15%. En algunos casos el margen de bordes será aceptable hasta un 10%, pero esto tiene que controlarse. al planificar una misión el navegante también requiere alguna tolerancia y tiene que tener una cifra de borde mínimo.

Cuando se planifica una misión de seguimiento de una línea el método más económico es evidentemente el de volar las mayores longitudes de línea. La principal característica a registrar, más cualquier descuento extra a incluir para las necesidades del consumidor, tiene que marcarse en un mapa o esquema disponible. Debe prepararse una transparencia con la cobertura total "S" marcada y el máximo límite de borde del cliente que ha definido. Esta transparencia se puede situar entonces sobre el mapa para decidir el posicionamiento de las líneas a fin de conseguir las franjas de máxima longitud.



En la figura se puede observar el porcentaje que se debe considerar en los márgenes del terreno (S) así como la cobertura del 25% para el espacio entre fajas de vuelo

Hay que garantizar la cobertura completa de las líneas que se interceptan y planificar dos a tres centos de la foto antes de y más allá de las características de cada franja. Debería recordarse que las tolerancias de navegación son más importantes y que incluso estas pueden ser variables, dependiendo de la experiencia del navegante, de las dificultades del terreno o de la calidad y precisión de cualquier cobertura cartográfica existente. Si la planificación se hace para los límites máximos de la cobertura especificada, no quedaría tolerancia para el navegante y esto puede exigir el repetir algunas pasadas.

La buena definición de los puntos por determinar fotogramétricamente es la condición básica para lograr una precisión elevada y uniforme en el trabajo fotogramétrico. Los puntos considerados en el sentido matemático permiten la ubicación de varios rasgos físicos en el sistema de referencia aceptado son parte del sistema de referencia mismo. Esquineros de edificios en el caso de zonas urbanas o intersecciones de carreteras, ductos etc. En el caso de zonas que no tengan muchos puntos de referencia. Los objetos sobre el terreno o rasgos que definen un punto sobre el terreno de manera satisfactoria en términos fotogramétricos deben tener las siguientes características :

- Forma simétrica (redonda, cuadrada, de cruz)
- Tamaño conveniente (su imagen fotográfica debe ser ligeramente mayor que la marca flotante del restituidor fotogramétrico)
- Suficiente contraste respecto al área circundante.

Hay muy pocos rasgos sobre el terreno, naturales o artificiales que cumplen con estos requerimientos. Mas aún, los puntos de control establecidos fotogramétricamente, límites o puntos similares, son frecuentemente puntos indistinguibles en el terreno, que deben marcarse específicamente en el terreno para hacerlos visibles en las fotografías aéreas. Por lo tanto, el problema de la señalización se suscita en la mayoría de las misiones fotográficas.

La principal dificultad en la señalización es la naturaleza operacional. Efectuar la señalización de un gran número de puntos requiere un tiempo considerable, por otra parte, establecer horarios estrictos de vuelo es difícil en muchas regiones debido a las condiciones meteorológicas impredecibles y otros factores operacionales. Como resultado, un gran intervalo del tiempo puede separar la finalización de la tarea de la señalización y la ejecución del vuelo fotográfico, con el riesgo de que en el tiempo intermedio muchas de las señales sean removidas o destruidas. Este peligro existe siempre en muchas áreas urbanas densamente pobladas, aun así el intervalo de tiempo entre señalización y ejecución del vuelo es muy corto.

Mientras las señales perdidas que marcan límites de propiedades o puntos de control por determinarse fotogramétricamente solo ocasionan trabajo de campo adicional, la ausencia de señales en puntos de control determinados en el campo y que se usarán en el proyecto fotogramétrico, pueden poner en peligro la utilidad de la misión del vuelo. Debe entonces presentarse particular atención a los puntos señalizados que se intentaran usar como control primario. Primeramente, debería establecerse y señalizarse un número mayor de puntos que el mínimo requerido. Una práctica muy conveniente consiste en establecer y señalizar puntos "satélites" bastante cercanos a los puntos reales. Este paso permite la ubicación de puntos satélites en lugares adecuados, donde es menor la probabilidad de que se destruyan. El uso de puntos agrupados en lugar de puntos aislados también aumenta la precisión general del trabajo fotogramétrico. Este procedimiento se recomienda especialmente cuando se señala un número limitado de puntos especialmente importantes.

Puesto que la destrucción de señales es notoriamente fácil cuando son removibles, debería siempre usarse de ser posible unos signos pintados de forma adecuada, sobre una superficie permanente. Este procedimiento siempre resulta muy justificable ante la abundancia de las superficies pavimentadas en áreas urbanas y la disponibilidad de pinturas permanentes de rápido secado. Debería recordarse sin embargo que las señales pintadas en calles o plazas desiertas durante la noche, pueden ser cubiertas durante el día por los peatones y los automóviles que circulan o se estacionan no siendo así el caso de los vuelos sobre campo abierto o en provincias poco pobladas.

Si es posible, las señales deberían ubicarse al nivel del terreno. La principal razón para esto es la dificultad de la puntería estereoscópica en una marca elevada de alto contraste (imagen blanca de la señal) lo cual puede resultar en una colocación errónea en altura de la marca flotante. Dado que cualquier error en la altura (Z) afecta también a las coordenadas X y Y del punto.

En áreas urbanas, la mayoría de los puntos de control y de los detalles de terrenos tales como bocas de tormentas y pozos de inspección, están al nivel del terreno y son fáciles para pintar la señalización.

Si los puntos están ubicados dentro de un área del suelo blando y no puede usarse pintura para marcar, deben considerarse otras técnicas. Una de ellas es centrar sobre los puntos una señal de un tamaño y forma conveniente. Las señales se hacen generalmente de material rígido, como tableros, planchas de madera, láminas de plástico o metal pintadas en blanco mate. Se fijan al terreno con medios adecuados, a menudo clavándolas con estacas de madera hundidas en el terreno. Las señales rígidas son ocasionalmente utilizadas como señales elevadas, si no es posible la señalización al nivel del terreno. Este es el caso, a menudo, de los puntos de límites a lo largo de muros, cercas o vallados.

Es importante que las señales permanezcan planas hasta que se hayan tomado las fotografías aéreas. De otra manera, la imagen de la señal podría distorsionarse seriamente, perjudicando así los resultados.

Cuando más grande es el contraste entre el terreno circundante y la señal, mejor será la definición del punto en las fotografías aéreas. La opacidad de la superficie tal como se percibe en el terreno puede resultar muy engañadora por ejemplo, el cemento y el asfalto generalmente reflejan luz suficiente para ser registrados en la fotografía como superficies brillantes. En consecuencia, señales blancas en superficies de cemento o asfalto no se fotografían tan bien como lo supone la brigada de campo, y por lo tanto, las señales deben ser algo más grandes que el tamaño teóricamente calculado.

Otra importante consideración concierne al tamaño de las señales. Como se mencionó, es esencial que las imágenes de las señales de las fotografías aéreas sean mas grandes que la marca flotante observada en el restituidor fotogramétrico.

De otra manera, cubriría la imagen de la señal, y la bisección precisa seria imposible. Para una bisección cómoda, la imagen de la señal deberá tener un tamaño de 40 o 50 % mas grande que la marca flotante.

Partiendo de este requerimiento podría calcularse el tamaño mínimo de las señales, si no fuera por los factores ópticos y fotográficos que intervienen en proceso. El limitado poder de resolución de la combinación cámara-película particularmente afectado por un contraste pobre entre las señales y el fondo del terreno, requiere que las señales sean de 2 a 3 veces más grandes que la dimensión determinada por consideraciones estrictamente geométricas.

Éstos son sólo los primeros puntos de la organización de la misión pero una vez ya realizados los cálculos de gabinete para la misión los siguientes puntos son los que se deben observar por parte de la tripulación que va a realizar la misión fotográfica.

Procedimientos para la preparación y ejecución de una misión de fotografía aérea.

I.- Preparación de la misión de vuelo.

- Checar el reporte meteorológico sobre la zona de vuelo.
- Si el vuelo se efectuó parcialmente, checar el avance.
- Tomando en cuenta las condiciones meteorológicas, escoger el área en donde volar. Checar las altitudes y demás parámetros.
- Determinar la exposición tomando en cuenta el factor del filtro y la velocidad de la película (EAFS).
- Cargar el magazín con el film e identificarlo plenamente (nombre, fecha, núm. de rollo ó misión tipo de película y aeronave) y tomar un número de rollos extras.
- Preparar todo el material necesario para efectuar la misión fotográfica (plan de vuelo, check list, calculadora, lápiz, masking tape, materiales de limpieza, etc.).
- Si alguna duda surge antes del vuelo, o falta algo, se debe consultar con la persona correspondiente.
- Subir todo a bordo de la aeronave.

II.- Lista de inspección antes del vuelo.

Fuera de la aeronave

- Limpieza de la aeronave.
- Limpiar la panza de la aeronave.
- Limpiar la mira de navegación y checar si está segura.

Dentro de la aeronave.

- Checar el montaje de la cámara.
- Checar que la cámara y la mira de navegación se mueva libremente (3 grados de libertad) y que exista correspondencia en la posición del cero.
- Asegurarse de que los magazines cargados estén a bordo de la aeronave y con la película correcta.
- Asegúrese de que el filtro adecuado esté en su lugar.
- Asegúrese de tener algunas herramientas para la cámara así como materiales de limpieza.
- Checar los instrumentos de la cámara y :
 - Escribir los datos de la misión de vuelo (nombre, escala, fecha).
 - Poner a tiempo el reloj.
 - Ajustar el altímetro de la cámara (cuando la nave no es presurizada).

- Checar visualmente los alambres y conexiones eléctricas.
- Limpiar la cámara.
- Checar que el plato de succión este limpio y no esté golpeado.
- Checar que el lente esté limpio y libre de cualquier obstrucción.
- Checar visualmente que la iluminación de los instrumentos auxiliares y las marcas fiduciales estén uniformes.
- Levante la cámara para checar que los lentes y el filtro estén limpios, asegúrese que el filtro esté bien colocado.
- Checar que la ventana no tenga obstrucciones o condensación (limpiarlo si es necesario).
- Baje, coloque y asegure la cámara.
- Prenda la cámara y coloque el switch en “single exposure”.
- Checar la operación de velocidad de obturación en todo su rango y dejarla en 1/500 seg.
- Presionar el botón de encendido y checar la operación de la cámara.
- Verificar que la luz de los instrumentos y accesorios esté trabajando.
- Coloque el magazín cargado en la cámara.
- Seleccione el swicht de la cámara en la posición de series y dispare 3 ó 4 veces. Cheque que la succión trabaje bien, así como el transporte de la película.
- Checar que las líneas flotantes en la mira de navegación operen correctamente.
- Verificar que la retícula en la mira de navegación corresponda con la distancia focal del lente que será utilizado.
- Apague la cámara.
- Anote en el reporte de vuelo los disparos que se efectuaron en la prueba.
- Asegúrese que el equipo esta fijo y asegurado en la aeronave.
- Informe al resto de la tripulación que la cámara esta O.K y que todo está listo para la misión.

EJECUCIÓN DE LA MISIÓN DE VUELO.

- Antes de llegar al área de la misión de vuelo fotográfico.

- El piloto o el navegante (según se acostumbre) calcula la corrección de la altitud por presión y temperatura.
- Verificar el área de la misión de vuelo, altitud, sobreposición y exposición.
- Encender la cámara y colocar el swicht en “series”.
- Colocar la velocidad de obturación calculada.
- Seleccionar el diafragma calculado.
- Seleccionar la sobre posición.
- Checar que la operación del contador luminoso que indica el tiempo para la siguiente fotografía opere correctamente, disparar.

- Cuando el contador luminoso aparece el número 2, gire la perilla que controla las líneas aparentes (en sentido contrario a las manecillas del reloj) hasta que las líneas se detengan. La función o acción del disparo está ahora en “standby”.
- Todo está listo y en orden para iniciar la misión fotográfica.

- *sobre el área de la misión de vuelo fotográfico (aproximándose).*

- El piloto alcanza la altitud correcta de acuerdo a los cálculos.
- El piloto indica al navegante aproximadamente 10 min. antes de llegar a la zona y empezar a disparar.
- El navegante solicita por un vuelo recto y nivelado para poder nivelar tanto la cámara como la mira de navegación.

- *Introducción a la ejecución a las líneas de vuelo.*

- Sobre la primer línea de vuelo, el piloto informa cuando esté recto y nivelado.
- El navegante confirma la información y anota en el reporte de vuelo: número de línea, rumbo y deriva.
- La medición de la deriva se efectúa previo a iniciar la línea y la corrección de deriva es a través de la mira de navegación.
- Si la posición sobre la línea de vuelo es correcta; el navegante da vuelta a la perilla de comando de las líneas flotantes y las ajusta de acuerdo a la velocidad aparente del terreno.
- Inmediatamente, anote en el reporte de vuelo; tiempo de inicio. Se recomienda que en este momento únicamente se haga esta anotación.
- A lo largo de la línea fotográfica el navegante debe chequear continuamente :

- Su posición con respecto al plan de vuelo.
- Deriva.
- La sincronización de las líneas flotantes con respecto a la velocidad aparente del terreno.
- El transporte de la película y que la succión sea la correcta.
- Exposición.

- Al finalizar la línea, el navegante gira la perilla de las líneas flotantes para dejar la cámara en standby (número luminoso en 2).
- Al mismo tiempo en que se toma la última fotografía, notificarlo al piloto.
- Efectúe un transporte en blanco de la película (si la línea es larga deje dos).
- Durante el viraje y la aproximación a la siguiente línea, el navegante debe anotar en el reporte de vuelo:

- De la última línea de vuelo; tiempo final, altitud indicada, deriva contador final.
- De la siguiente línea; número de línea, contador inicial, rumbo, exposición.

- Las anotaciones finales del reporte de vuelo se pueden hacer en la oficina.
- El vuelo se continúa repitiendo de los primeros 10 puntos hasta terminar la misión de vuelo o a la aeronave se le termine el combustible.

Regreso a la misión de vuelo fotográfico.

- Si el rollo de película en el magazín no se ha terminado y será usado en el siguiente vuelo, hacer 3 transportes en blanco con perforación.
- Apague la cámara.
- Anote en el reporte de vuelo cualquier información relevante acerca de la misión de vuelo.
- Asegúrese de que no haya objetos sueltos a bordo de la aeronave antes del aterrizaje.

Después de la misión de vuelo.

- Asegúrese de escribir toda la información en el reporte de vuelo.
- Si es posible, saque los magazines de la aeronave.
- Entregue el rollo de película al laboratorio junto con el reporte de vuelo.
- Efectué las anotaciones correspondientes en el plan de vuelo.

Los procedimientos se presentan para una misión de vuelo fotográfico que se llevará a cabo por navegación visual, se aplica de igual forma si la navegación es soportada por algún sistema de navegación especial, sin embargo hay que adaptar estos procedimientos a cada caso en particular tomando en cuenta el tipo de aeronave, el tipo de cámara y el sistema de navegación que se utilice.

Estos son solo unos de los pasos y operaciones en tierra como en la ejecución del vuelo que se deben seguir para una misión fotográfica, ya que éstas también cumplen con normas y reglamentos que deben ser observados para poder realizar las misiones fotográficas estas fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación. Así como las normas que sigue INEGI.

1.2 TIPOS DE PLATAFORMAS.

A medida que el rango de requisitos de la fotografía aérea se amplía, también debe ampliarse el rango de plataformas necesarias para satisfacer esos requisitos, en la siguiente figura podemos observar el rango actual de las plataformas de cámara, desde la superficie terrestre hasta el espacio cercano. No existe una línea divisoria definida entre las capacidades de cada una de estas plataformas, y el traslape puede ser grande.

Firmemente sujeto al terreno, el simple mástil para cámara no es una gran amenaza para los medios aéreos, pero es extremadamente efectivo y su potencial es a menudo pasado por alto por los fotógrafos profesionales.

Existen muchas variaciones sobre el mismo tema, desde el mástil telescópico de un elemento, operado hidráulicamente, versátil “cosechador de cerezas” o plataforma de simón usado con frecuencia por servicios de bomberos. Resulta ideal para la producción de fotografías oblicuas de bajo nivel, dando un ángulo diferente a temas de todos los días incluso en las calles abarrotadas de gente en las grandes ciudades.

Con frecuencia las fachadas de edificios se fotografían a diferentes niveles usando estos mástiles o plataformas, para fotogrametría de proximidad en trabajos de restauración. Como dice un conocido conferenciante: **la fotografía aérea comienza a un metro y medio sobre el nivel del suelo (Bridges 1984).**

Los mástiles hidráulicos de elemento único de hasta 17 m pueden transportarse en la mayor parte de los automóviles, bajo pedido se pueden obtener mayores unidades de hasta 38 m, montadas en vehículos del tamaño Land Rover para trabajos más especializados. Un cosechador de cerezas puede alquilarse fácilmente a compañías del ramo, incluso a veces a los servicios bomberos. Estos aparatos pueden conseguirse con una capacidad de elevación de hasta 60 m y están diseñados para rescate de edificios a gran altura.

También se dispone en la actualidad de una gran gama de globos aerostáticos publicitarios para alquiler o compra que pueden usarse para levantar la cámara más allá del alcance de los mástiles hasta altitudes de 300 m, según las reglamentaciones. Éstas pequeñas unidades pueden adaptarse por medio de cables múltiples, para movimientos limitados sin tener que mover la posición de la base, por ejemplo para pares estereoscópicos. Este tipo de punto de vista elevado es útil para proporcionar cobertura fotográfica de terrenos pequeños en proyectos arqueológicos o en áreas geológicas inaccesibles con otros medios.

Por encima de los 1000 Ft entramos en los dominios de los aviones. En años recientes el significado de este término se ha ampliado para incluir el avión “mínimo”, el ultraligero que ha hecho ya su introducción en el sector como una plataforma de cámara de vuelo lento. Aunque en la actualidad es normal dentro del mundo de los ultraligeros alcanzar altitudes de más de 20000 Ft, la utilidad de estos aviones en fotografía aérea es limitada, por el tamaño y la cobertura de la cámara a altitudes de 4000 Ft o 1200 m, sin embargo, estos nuevos aviones y sus usuarios continúan sorprendiendo a los mundos de la aviación y de la fotografía y recientemente se han diseñado varios aviones concebidos más para el

trabajo que para el deporte; estos aparatos pueden cambiar nuestros conceptos sobre el tema.

Los pequeños aviones monomotores ligeros han sido por mucho tiempo útiles instrumentos de trabajo en fotografía oblicua y vertical. Es difícil superar la economía de operación de un cessna 206 de 6 plazas y motor de pistones que vuela con una cámara aérea de buen tamaño y una tripulación de dos personas. El rango de altitudes es más de 4500 m, la actitud de vuelo puede cambiar tanto a esas cotas como para quedar fuera del alcance del soporte de la cámara. No obstante, para trabajos individuales en una temporada de proyectos normales por debajo de los 3000 m este tipo de avión resulta perfectamente aceptable.

Los aviones bimotores ligeros son los siguientes en la escala ascendente y aunque la perfección de estos aviones puede diferenciarse poco de la de un monomotor de seis plazas, el segundo motor añade algo a la seguridad de las operaciones sobre áreas en las que la pérdida total de potencia tendría consecuencias desastrosas. Las cargas pagadas mayores y el mayor radio de acción, junto con algunas ventajas en altitud y velocidad, aumentan el techo de servicio de estos aviones bimotores de pistones hasta unos 6000m y el de los aviones más grandes con motores alternativos turbo alimentados hasta unos 7500 m. El sistema de turbo alimentación, en el que los gases de escape se emplean para accionar una turbina, a la que su vez impulsa aire a alta presión hasta las tomas de aire, proporciona una mejores prestaciones ascendentes mejores prestaciones desde pistas a gran altura y en climas calurosos, y , sobre todo, los techos de servicio mas altos que son esenciales en muchas operaciones de prospección aérea. Estos aviones cubren una amplia zona del espectro de prospecciones desde la fotografía a bajo nivel (aproximadamente 900 m) hasta unos 7500 m superponiéndose a los monomotores y a los bimotores ligeros, aunque a un costo de capital y de ejercicio mayor.

Los aviones presurizados turbohélice resultan óptimos para altitudes desde 4500m hasta aproximadamente 10000 m. Aunque de costos de capital elevado, la escasez o el precio de la gasolina de aviación en muchos países convierte la turbo hélice, que consume keroseno(avtur) como combustible, en una prospección atractiva como avión de prospección. Los aeropuertos en casi todas partes están ahora equipados para servir aviones jet y tienen grandes cantidades de combustible a mano para los sedientos grandes aviones comerciales, haciendo la vida mas fácil para las tripulaciones de los turbohélices que para las de sus colegas de motores de pistones. Mayores velocidades, mayores cargas pagadas y mayores radios de acción que hacen de este tipo de plataforma una útil herramienta de trabajo en grandes proyectos, en los que se tiene que sobrevolar grandes áreas alejadas de bases de operaciones adecuadas.

Por encima de los 9000 m el avión jet es la única plataforma disponible para las operaciones normales de prospección y durante largo tiempo se han estado usando varios modelos de Learjet. Numerosos modelos de aviones jet ligeros para ejecutivos han sido modificados como plataformas de cámaras, ya sea completamente con ventanas de cámaras únicas o dobles, o con puertas especialmente adaptadas en las que las cámaras se extienden hacia afuera sobre un soporte de cámara hecho en el panel inclinado. La altitud máxima a la que operan estos aviones es del orden de los 16000 m.

La NASA y la US Air Force están a la cabeza mundial en aviones de reconocimiento de prospección para alturas mayores con su avión Canberra rediseñado, el Martin RB57, el exótico Lockheed TRIA (un desarrollo del anterior avión espía U-2) y el hermosamente siniestro Lockheed SR71 Blackbird, que en su versión para reconocimiento es capaz de alcanzar altitudes de vuelo de más de 28000 m, ciertamente no está disponible para el usuario medio de las prospecciones aéreas, solo podemos contemplar con envidia algunas de las soberbias fotografías en colores que de estas misiones publica la NASA. En la actualidad, sin embargo, el énfasis está más a menudo en la detección electrónica que en la fotografía.

El trasbordador espacial ha producido muchos ejemplos de fotografías de pequeño formato y también de formato de 230 X 230 mm con cámaras Zeiss RMK. Sin embargo, su función principal en la adquisición de información mediante película aérea es con la cámara ITEK de gran formato (230 X 460 mm). La cobertura sistemática de grandes áreas se planifica para los vuelos del trasbordador con un adelanto de unos cuantos años más y debiera dar como resultado material capaz de cartografiar a una escala del orden de 1: 80000.

Tenemos así plataformas capaces de fotografiar a todas las escalas posibles, y nuestra labor como fotógrafos aéreos consiste no sólo en seleccionar una plataforma adecuada, sino también en ser capaces de sopesar la adaptabilidad y el costo de la operación, al mismo tiempo que en evaluar las prestaciones. Muchos estudios de las prestaciones de los aviones comparables son realizados por publicaciones de aviación, y al respecto se publican listas de aviones “adecuados” para cada necesidad especializada, incluyendo las prospecciones aéreas. El rango de los aviones y los modelos disponibles de esos aviones cambian constantemente, y no siempre existen listas confiables que puedan dar respuesta a todas las preguntas relevantes planteadas por todos los especialistas en prospecciones aéreas. No obstante, si existen buenos directorios de aviones, con dimensiones, pesos, con motores, rangos de configuración y prestaciones y a condición de que tenga algunos conocimientos básicos, el fotógrafo aéreo puede enfrentarse a la selección de aviones adecuados, y predecir costos de operación y perfiles de misión con precisión. No resulta posible encontrar el avión para prospecciones definitivo por estos métodos, pero se pueden aislar plataformas adecuadas para una determinada compañía o para las necesidades especializadas de un departamento.

Examinando ahora las cualidades más importantes en un avión para prospecciones, de modo de comenzar el proceso de selección y eventualmente seleccionar un avión disponible.

Antes de poder especificar cualquier tipo de avión, tenemos que examinar en profundidad el tipo de fotografía aérea que se necesitará. Un avión para prospecciones tendrá una vida esperada de más de 10 años, y el fotógrafo tiene que estimar el rango de las escalas fotográficas que pueden esperarse que estén en demanda durante el periodo de vida del avión seleccionado. Un ejemplo de deficiente planificación en este campo es el de un país que fue aconsejado de comprar un avión jet para cobertura cartográfica inicial de grandes áreas, a pequeña escala. Todo el país se fotografió en algo más de 2 años y la demanda subsiguiente de escalas de más de 1:20000 significó que el costoso avión jet era redundante y que se necesitaba un avión más lento y más pequeño. El consultor hizo gastar al país en la

compra mucho más dinero del que hubiera sido necesario, simplemente con alquilar el jet por ese tiempo hubiera sido mucho más rentable.

La selección del avión es siempre un compromiso entre la eficiencia en una situación o misión, el costo inicial, y los costos globales de ejercicio. El avión en el que las tripulaciones preferirían volar raramente conseguiría la aprobación del contable, el avión espartano, de bajo presupuesto de su elección, podría no producir un ambiente de trabajo adecuado para asegurar un rendimiento óptimo de la tripulación. Indudablemente el costo será la característica principal en cualquier decisión relativa a la elección de un equipo de tal magnitud.

Aunque los costos de adquisición rara vez pueden afectar al fotógrafo aéreo, un conocimiento práctico de los costos reales de operación es relevante cuando se planifica un proyecto y cuando se aconseja sobre decisiones sobre equipos futuros.

La cifra final que necesita el fotógrafo aéreo para estudiar el costo y el plan de un proyecto es la del costo por hora de su avión. Se llega a esta cifra descomponiendo dos conjuntos separados de cifras.

- ✓ Los costos anuales fijos.
- ✓ Los costos directos de operación.

Los costos anuales fijos son los gastos que pueden predecir con razonable precisión para el año y no se ven afectados por el número de horas que se vuela el avión. Como son “fijos”, en última instancia se dividirán por el número total de horas voladas ese año, o por el número de millas voladas, en el caso de una operación charter. El ítem principal de estos costos fijos es el del avión mismo y su depreciación. El capital inicial, incluido cualquier pago de intereses sobre los préstamos, se equilibra con el valor estimado de reventa después de un periodo determinado, en la mayor parte de los casos 10 años, para llegar a la tasa de amortización. Se supondrá que el valor del avión se reduce hasta un porcentaje estimado de su costo inicial de adquisición, por ejemplo un 30% después de 10 años, y entonces puede calcularse la tasa anual de reducción. A esto se agrega cualquier interés sobre el capital, para dar una cifra anual total.

El segundo ítem importante es el del seguro, otra cifra que se considera sobre una base anual. Nuevamente, deben considerarse varias diferentes de cobertura, el avión básico se cubre generalmente como una cifra porcentual del valor del avión en términos de reposición, según el área de operación y el tipo de trabajo. Todos los accesorios recibirán cobertura por separado, pero se los tiene que agregar a la operación del avión si se estudia el costo del proyecto determinado. Debido a las múltiples tareas de la tripulación de prospecciones además de las operaciones de vuelo mismas, el seguro de la tripulación se incluye preferentemente en la cifra de administrativa o salarios. Una segunda cifra es la responsabilidad hacia terceros, la cual varía de país a país y según el tipo de operación.

Las cifras de hangar y de aparcamiento tienen que estimarse para un periodo anual y pueden ser considerables si se trabaja lejos de la base o en aeropuertos importantes. El salario de la tripulación de vuelo mínima se establece normalmente contra el costo anual

fijo del avión, ya que los miembros auxiliares de la tripulación normalmente solo pasarán parte de su tiempo en actividades relacionadas con el avión, y este costo estaría contenido en el presupuesto de la compañía.

El mantenimiento programado en forma de chequeos anuales o generales no relacionados con el tiempo también figurará en el presupuesto anual. El control anual para el certificado de vuelos y los principales controles periódicos anticipados para todo el periodo (de 10 años) también se cubrirán de este modo, incluyendo estimaciones para la mano de obra y los recambios

El ítem final es la miscelánea, que podría considerarse extra para cualquiera de los encabezamientos ya mencionados. Por ejemplo, si el avión tuviera que volar en un área hostil por cortos periodos cada año, pero sin mencionar ningún número de horas de vuelo, el costo adicional de la prima se entraría como un costo anual fijo.

Calcular el costo directo de operación es algo mas sencillo a menos que el avión opere en muchos países diferentes en los periodos considerados. En este caso los times principales de los costos son los de el combustible y lubricantes. Estos tienen que calcularse sobre una base honesta tomando en cuenta las prestaciones de los casos más desfavorables. La cifra de crucero de x galones por hora puede desaparecer muy pronto si tienen que hacerse ascensos prolongados o vuelos para entrenamiento en el circuito. El consumo de crucero peso máximo, con un margen agregado para contingencias como cortos vuelos abortados, tendría que ser la norma en esta estimación. Se puede llegar a una cifra realista después de aproximadamente un año de operaciones, pero al planificar la compra hay que tomar una cifra mas desfavorable. El consumo de aceite también puede variar, según la edad de los motores, los motores nuevos siempre consumen menos que los usados.

Los controles programados de 50 horas y de 100 horas tienen costos estándar en horas hombre y materiales, y puede sumarse a los costos directos de operación, el número de estos controles por año depende de la cantidad de horas voladas. Los mantenimientos no programados, aunque impredecibles, tienen que figurar en una ecuación, a medida que aumenta el número de horas voladas por el avión, aumenta también la posibilidad de que surjan problemas. Una cifra de 15 o 20 % del costo programado por ser la apropiada.

Varios times del avión se denominan de vida limitada, estos tienen que cambiarse después de un número dado de horas de vuelo, como es el caso de los motores, o controlarse después de un número dado en horas de vuelo después de un cierto tiempo, lo que suceda primero, como es el caso de las hélices. El método para considerar estos gastos divide el costo de la reposición por el número de horas de vida. Por ejemplo, un motor con una vida de 1600 horas y costo de reposición de 20000 Dls. Costaría 12.50 Dls. Por hora. Las hélices reciben el mismo tratamiento distribuyéndose el costo del control sobre el número estimado de horas de vuelo.

El mantenimiento de la radio y el equipo de navegación del avión depende principalmente de la antigüedad y de la cantidad de los equipos instalados. Se puede usar una ecuación análoga de costo por hora, una cifra del 4% del valor de compra dividido por las horas de vuelo será suficientemente precisa, basada en una cifra medio de 400 horas de vuelo al año.

Las tarifas de aeropuerto puede variar considerablemente; suponiendo un aterrizaje por hora de vuelo se tendrá en cuenta las diferencias a lo largo del año.

Los dos cálculos deberán hacerse en listas separadas, y debe llegarse a un costo por hora final, como el ejemplo siguiente:

1. Costos anuales fijos.

a) Depreciación (amortización). A partir del capital desembolsado sobre 7-10 años con un costo residual del 30% + cualquier pago de intereses. Por ejemplo \$20000 a 60000Dls, sobre 140000 sobre 10 años, 14000 por año.	\$14 000
b) Seguros, avión y primario (generalmente como porcentaje del valor del avión), responsabilidades, pérdida de uso etc.	\$12 000
c) Hangar- aparcamiento. Tarifa para base mas estimación para contingencias lejos de la base.	\$3 500
d) Tripulación. Piloto (tripulación mínima)	\$25 000
e) Mantenimiento programado	\$10 000
f) Miscelánea	\$5 000
Costo anual fijo total	\$69 500

Factor de eficiencia de combustible (FEF)

Una ayuda adicional para la estimación al comprar aviones exige alguna información básica adicional, la cual debería idealmente ser absolutamente precisa; pero en la práctica se pueden usar cifras publicadas si se asume en cada una el mismo grado de optimismo, tendría que usarse el perfil de misión requerido, tal como se estimó para las necesidades individuales del usuario. La ecuación de un factor de eficiencia de combustible (FEF; Fuel Efficiency Factor), y este en el mejor de los casos da una referencia para medir los tipos individuales de avión en lo que es un aspecto bastante importante del costo de la disponibilidad.

Se calcula la carga pagada por prospección del avión, que será una constante. Se estima la velocidad de tránsito para el perfil de la misión, y se estima el consumo de combustible en millas por galón (o kilómetros por litro). Se multiplica entonces la raíz cuadrada de la carga pagada por la velocidad y por el consumo de combustible para dar el FEF. La misma ecuación se hace para el vuelo operativo (si es diferente la velocidad de tránsito) y se toma la media de las dos cifras. Se puede obtener una cifra adicional incluyendo en una ecuación similar la carga pagada máxima, lo que dará una cifra de prestaciones en términos de la capacidad para transportar otros equipos, además del equipo básico de prospecciones.

Modificaciones para prospecciones.

Una consideración adicional al seleccionar un avión para prospecciones tiene que ser la de las probabilidades de adaptación a esa función. Los diseños del suelo de muchos aviones hace costosos el reconducir los sistemas de control por las modificaciones para dos cámaras, y las estructuras adicionales necesarias en otros sólo para una escotilla de cámara puede resultar prohibitivas. El costo de adaptar un nuevo equipo en un avión puede recaer en el primer usuario a menos que el fabricante tenga ya una modificación aprobada. Los usuarios posteriores pueden entonces tener que pagar unos derechos por el uso del diseño del propietario del certificado de modificación.

Es mejor encargar el diseño y la instalación de las escotillas de cámara y de los equipos, aunque sean procesos de ingeniería bastante convencionales, a una empresa de ingeniería con experiencia previa en aviones de prospección. La instalación final de accesorios como las miras de navegación y los sistemas de medición exige un posicionamiento muy preciso, lo que a veces puede ser pasado por alto por ingenieros sin experiencia.

Tripulación y diseño de la instalación.

Como se ha mencionado, el sector de fotografía aérea en las industrias de la prospección y de aviación es una especie de pariente pobre. Esto tiene el efecto de obligar a la gente que la práctica a adaptarse, tanto en lo referente al avión como al personal. Muchas veces la selección de la tripulación deja mucho que desear, y muchas de las tareas son subestimadas por los responsables de llevarlas acabo.

Operación de la cámara.

El emplazamiento de la cámara de prospecciones en cualquier avión es un tema para los ingenieros, y poca consideración puede darse a la posición de trabajo del operador de la cámara. Esto queda claro cuando pensemos que una misión de prospección media puede durar de cuatro horas para arriba, y consideremos que casi ningún avión de prospecciones moderno tiene un asiento en el cual el operador pueda afirmarse con sus cinturones de seguridad y operar la cámara al mismo tiempo. Al diseñar los sistemas de cámara debería tenerse en cuenta la seguridad y la comodidad del tripulante.

Debería haber un espacio para almacenamiento de magazines al alcance de la mano del operador, para facilitar el cambio de magazines de la cámara. Esta unidad a menudo pesan hasta 20 kilogramos; mover estos magazines y trasladarlos en vuelo puede ser difícil e incluso peligroso, especialmente en condiciones de turbulencia. El almacenamiento de los magazines para el despegue y el aterrizaje es un requisito de seguridad y debería realizarse teniendo presente la accesibilidad y la seguridad. Guardar los magazines en una posición que solamente satisfaga los requisitos de seguridad y que pueda implicar un riesgo para el operador de la cámara al ir a buscarlos es contraproducente. El guardar los magazines detrás de los asientos de sola del avión puede tranquilizar la mente del piloto, pero el operador de la cámara se enfrenta con un peso muerto al alcance de la mano.

La importancia de la sección de un operador de la cámara también puede ser subestimada, dejándose el trabajo a cualquier ingeniero o técnico sobrante, bajo la supervisión del navegante. A medida que los equipos se automatizan cada día mas, esto parecería estar justificado, pero aun así estos equipos son operados de manera mucho mas eficiente por un técnico adecuadamente preparado. Algún tipo de programa de entrenamiento para operadores de cámara potenciales se pueden ahorrar tiempos y gastos en las mismas misiones.

Las mismas reglas son aplicables a la instalación de los equipos de navegación y a la selección de los operadores de los sistemas de navegación. Un puesto de trabajo cómodo con espacio para los mapas que han de usarse y con buena iluminación es un principio básico. Muchos aviones llevan asientos adicionales a costa del espacio para el navegante y para el operador de la cámara sin embargo, las instalaciones de la mira de navegación de los aviones bimotor ligeros suelen estar en la posición del segundo piloto, y las ventajas adicionales en visibilidad pueden compensar el espacio restringido en el que tiene que trabajar el navegante.

La navegación visual con buena visibilidad y con buenos mapas básicos y con abundancia de detalles del terreno, es una tarea bastante simple, y a menudo se la pueden confiar a una persona que no sea parte de la tripulación de vuelo, como un agrimensor terrestre o algún otro técnico, siguiendo las instrucciones del piloto. Aunque esto resulta satisfactorio en buenas condiciones meteorológicas, cuando falla la viabilidad y son pobres los detalles del terreno y los buenos mapas escasean. Pronto se puede tener cualquier ventaja, con algún costo adicional, cuando las misiones tiene que abortarse por navegación inexperta.

Se puede esperar de los navegantes experimentados que en las tripulaciones actuales de dos personas realice tanto la tarea de navegante como la de operador de cámara, y debería estimularse la progresión natural de operador de cámara o navegante. Las habilidades generales en el campo de las tripulaciones de prospecciones pueden ser valiosas las operaciones lejos de la base.

La selección de pilotos para prospecciones, como las de los aviones para prospecciones, a menudo está regida mas por razones económicas y disponibilidad que por la capacidad global para el trabajo de prospecciones. La habilidad de encajar en una tripulación de prospecciones como un miembro del equipo más que simplemente como el capitán del avión es de importancia primordial. Los requisitos para el vuelo de prospecciones apenas son mas que las que exigen para el vuelo de prospecciones que son mas que volar con instrumentación básica, ya que el avión tiene que volar con precisión durante largos periodos, con una precisión de rumbo de mas o menos un grado, y con una precisión de altitud de unos 50 pies. El atributo mas importante de un piloto de prospecciones es el poder aceptar las exigencias del navegante y traducirlas en un correcto vuelo de prospección.



Avión bimotor GS british para prospecciones fotográficas largas

Nuevamente, es importante que el piloto esté entrenado en las exigencias especializadas de las prospecciones aéreas, con procedimientos de trabajo como los virajes PRE-computados, correcciones y órdenes en línea completamente comprendidos antes de embarcarse en una misión. Las organizaciones deberían prestar especial atención a este aspecto de sus cadenas de mando, en el sentido de que el piloto, aunque tiene el mando total del avión en todos los aspectos relativos a la seguridad de vuelo, debe, en el papel del prospector, seguir las indicaciones del navegante. Las demandas para una acción específica, por ejemplo virajes lentos planos (solo timón), pasadas extendidas, vuelo lento etc. son emitidas por el navegante con un propósito y el piloto debe obedecerlas sin cuestionarlas, a condición de que no se ve afectada la seguridad después de todo, es el navegante quien tiene la respuesta para cualquier error en esta fase de la operación.

Las pasadas fotográficas largas exigen gran concentración por parte del piloto, y aunque los sistemas del piloto automático pueden ser efectivos, estos producen balanceo del avión al corregir los giros. Una corrección de un grado en el rumbo produce un grado de balanceo, una de dos grados produce dos, y así sucesivamente. La mayoría de las especificaciones de prospecciones limitan el balanceo en la cámara a un máximo de tres grados, de modo que una corrección en línea del piloto automático de tres grados mientras se está haciendo una exposición fuera de límites. Por lo tanto puede ser preferible efectuar estas correcciones manualmente. Una buena indicación de la exposición para el piloto, en la forma de un sistema de luces o indicador de tiempo para disparar es esencial. Unos buenos asientos son también importantes en vuelos largos. Volar un avión con tolerancia tan estrecha hora tras hora puede poner a cualquier individuo en tensión; toda protección adicional relativa al ambiente de trabajo para el piloto, el navegante y el operador de cámara significa tiempo y dinero bien gastado, lo que se evidenciara en unas prestaciones mejoradas y constantes.

Las instalaciones verticales de cámara están normalmente condicionadas por la estructura del piso del avión, pero se necesitará alguna forma de protección para la lente. En la mayor parte de los aviones de prospecciones esto se realiza en la forma de puertas de cámara

deslizantes o engoznadas, accionadas desde el interior por el operador de la cámara. Otra protección es la ventaja de la cámara. Un ítem necesario en los aviones presurizados, la ventaja tiene que ser ópticamente neutra, de modo que no degrade la perfección de la lente de la cámara. La montura para el vidrio no debe sujetar el material con tanta fuerza como para distorsionarlo. El peligro con las ventanas de las cámaras no protegidas es que a menos que la superficie de la pista esté libre de piedras o gravilla ya que existe la posibilidad de ralladuras superficiales o daños a la ventana. también pueden caerle gotas de combustible durante el despegue. Esto limita la operación de tales sistemas a menos que prevea la protección adicional de una puerta.

Las instalaciones oblicuas pueden ser de una cantidad de formas y tamaños diferentes pero normalmente son modificaciones de ventanas o puertas. Muchos aviones tienen puertas separadas para el equipaje detrás de la puerta principal, y el piloto o el navegante-operador de la cámara pueden operar bien una cámara oblicua fija de 45°. En muchos casos un visor de marco puede dar al piloto el ángulo y punto de exposición necesarios para una fotografía de este tipo.

Para fines especiales se puede modificar la puerta principal de un avión para que acepte una cámara aérea de gran tamaño para fotografía oblicua, pero esto es un proyecto de ingeniería bastante importante y sólo se debería llevar a cabo por, o con la autorización de un ingeniero aeronáutico con licencia. Muchos aviones modernos tienen puertas que se abren en dos partes, con la parte inferior que sirve como escalera. Estas unidades pueden modificarse de dos maneras, ya sea cambiando la parte inferior por un soporte para la cámara, o cambiando la ventana superior por un panel removible y una cámara fija manual.

Los soportes de las cámaras desempeñan una cantidad de papeles además del aislamiento de las vibraciones; su primera función es la de un emplazamiento preciso dentro de la plataforma global del avión. El soporte tiene además que proteger a la cámara contra los golpes tales como los que se experimentan en el despegue y el aterrizaje y durante el vuelo en condiciones de turbulencia. también tiene que asegurar que la cámara misma esté libre de contacto con el fuselaje o piso del avión. Esta función resulta más difícil debido a que el cono del lente tiene que poder girar unos 30° en ambas direcciones para compensar la deriva, y unos 5° en dirección vertical para la nivelación. Por lo tanto la suspensión tiene que estar en la interfaz del soporte del piso mas que en el área del soporte del cono. La masa de las cámaras aéreas actuales es una ayuda, y sólo las más severas vibraciones tendrán un efecto apreciable en los resultados.

En el desarrollo de los soportes antivibratorios se han empleado muchos materiales diferentes, incluyendo caucho, muelles metálicos y sintéticos visco elásticos. Los extremos de temperatura de la atmósfera inutilizan muchos de estos materiales. Los amortiguadores de fluido de silicona actuales se ven muchos tipos de soportes de cámara en las industrias del cine y de la televisión, al igual que en los aviones. Las tendencias en el diseño de las cámaras aéreas y de películas en otra época era hacia mayores velocidades de película y obturación, reduciendo todo excepto los mas extremados efectos de la vibración; la tendencia actual en cambio, es hacia mayores tiempos de exposición, emulsiones mas lentas, de alta resolución y FMC. Esto significa que el soporte de cámara tiene que ser ahora, más que nunca, eficiente en el aislamiento de la vibración.

Considerables esfuerzos de investigación se han dedicado al tema de aislamiento de las vibraciones para fines industriales, y actualmente se puede conseguir de “stock” una gran variedad de amortiguadores integrales formados por una placa basal con soporte de suspensión autolubrificante conteniendo dentro de una malla metálica elástica un conector totalmente aislado. Estas unidades se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños, desde aisladores de radio para aviones ligeros hasta bases industriales para trabajo pesado. Varios tipos de cámaras aéreas actuales usan este tipo de amortiguadores de vibración en la placa basal del soporte de la cámara.

En los aviones muy pequeños de tipo ultraligeros, en los que los motores son principalmente unidades de dos tiempos, la vibración de alta frecuencia transmitida por la estructura del avión combinada con el peso muy ligero de las cámaras puede causar serios problemas. La mayoría de los pilotos de estos aviones se contentan con fijar una cámara a la estructura del avión con el fin de fotografiarse así mismos mientras vuelan. Esto puede hacerse atando la cámara a un gran trozo de goma de espuma y apuntalándola mediante el movimiento de todo el soporte. Cuando se necesita fotografía vertical con corrección de deriva se requieren dispositivos similares a los empleados en las cámaras mayores. Puede mantenerse la rigidez del sistema mediante la reducción de la vibración en etapas con diferentes materiales en cada interfaz. Un sencillo sistema usado por los usuarios en un ultraligero Eipper Quicksilver es el de un collarín de neopreno alrededor del tubo principal de la estructura, al cual se fija un soporte de aluminio el cual se instala un par de amortiguadores de radio para aviones estándar. La cámara se monta, con corrección de deriva, por encima de esto, con el tercer punto en forma de un soporte de suspensión regulable para nivelar, se agrega peso adicional, útil para absorber los efectos de la vibración, mediante la inserción de la lente de la cámara a través del centro de un gran rodamiento de rodillos proporcionando el medio para girar toda la cámara hasta 30° en cada dirección para compensar el ángulo de deriva.

Con regímenes de crucero del orden de 5000- 5500 rpm del motor de dos tiempos, los problemas de vibración son severos y los soportes tienen que controlarse frecuente para asegurarse de que ninguna parte este en contacto directo con la estructura del avión. Por otra parte, un error común en el diseño de los soportes de la cámara es hacer demasiado blanda, dando la posibilidad de movimiento por golpe o balanceo dentro posición final misma de la cámara y reduciendo la precisión de la posición real de la cámara. La rigidez del sistema total, con absorción de cualquier movimiento brusco, debería ser un objeto prioritario de diseño.

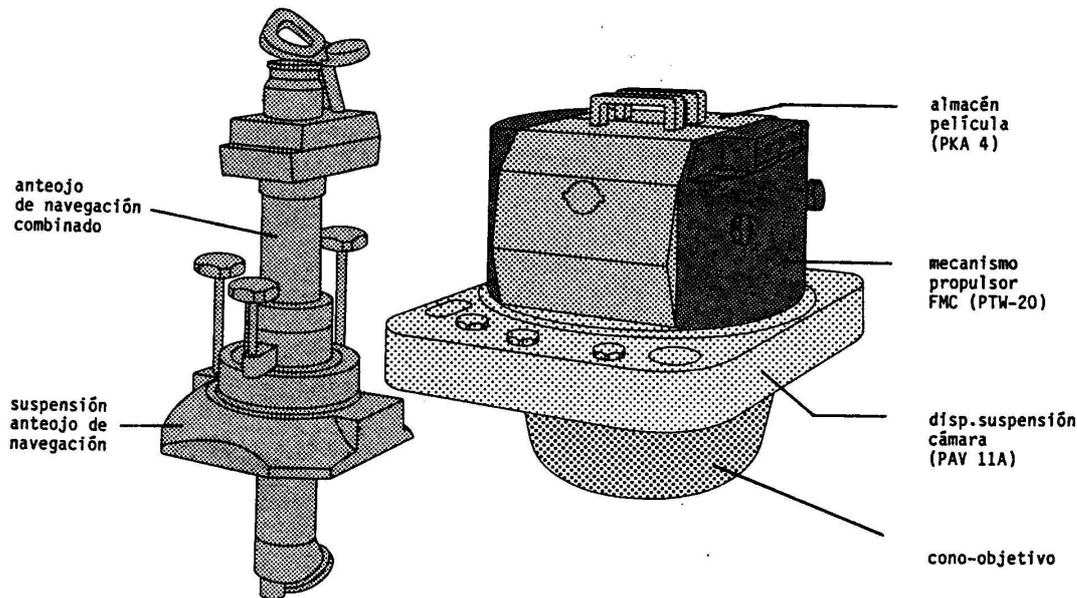


Avioneta cessna 402 bimotor con los electos para una prospección como son cámara fotográfica métrica mira de navegación magazines y navegador GPS

MIRAS DE NAVEGACION.

Se sabe ya que el avión está sometido a varias fuerzas mientras esta volando, de modo que no es simplemente un caso de dirigir el morro del avión en una dirección específica y operar la cámara. El factor principal en la obtención de una trayectoria predeterminada es la habilidad para compensar el efecto de deriva por el viento.

Si el piloto vuela su avión solo visualmente y apuntando hacia un punto distante sin un esfuerzo determinado para compensar un ángulo de corrección de viento, su rumbo esta cambiando constantemente, resultando una trayectoria curva.



cámara zeiss RMK con una mira de navegación exterior

Con algún método para medir el ángulo de deriva desde el avión, se puede aplicar un ángulo de corrección por el viento que constituye el primer paso hacia una línea volada de manera relativamente precisa.

Una primera aproximación del ángulo de deriva puede ser hecha por el piloto ya sea por observación de la tierra, o más frecuentemente por la información proporcionada por radioayuda a la navegación. Sin embargo, la precisión que exige nuestra cobertura de fotografía aérea significa que tal observación puede no ser suficiente. La vista del piloto en la mayoría de los aviones se limita a un pequeño ángulo por encima del morro del piloto mas algo de visibilidad lateral (según la posición de las alas). Volar trayectorias de prospección precisas desde una posición así sería posible a través de medios a altos, con visibilidad ilimitada buenos mapas y terreno sencillo, adecuadamente detallado.

Dadas tales condiciones ideales el piloto podría situar dos puntos delante del avión dentro de su línea visual, y alineándolos suponer que un tercer punto de la línea pasaría precisamente debajo del punto nadir de la cámara.

Este método exige no solo condiciones casi perfectas, sino también un alto nivel de concentración del piloto del avión. Muchas veces se han llevado acabo prospecciones con una tripulación de una persona o con navegación por el piloto con diferentes grados de éxito, generalmente con máxima viabilidad desde un avión de cabina única, ala alta y vuelo lento. Pero las mediciones de deriva y el posicionamiento del avión se hacen difíciles

cuando quedan en manos de un miembro de la tripulación solamente, y se necesita alguna ayuda para realizar la tarea de los vuelos de prospección en condiciones menos inofensivas.

Para presentar el grado de precisión necesario en los vuelos de prospección se han concebido varios tipos de miras de navegación, desde simples miras de marco de alambre y periscopios hasta miras ópticas bastante sofisticadas que incluyen mecanismos de control de la cámara.

Estos tipos de miras de navegación han alcanzado, probablemente, sus últimas etapas de desarrollo ya que ahora existe nuevos sistemas que han dejado de lado al navegante humano y adquieren información de los sistemas electrónicos de navegación del avión, para proporcionar precisiones de prospección extremadamente afinadas. Varios de éstos sistemas están en desarrollo, y sin duda serán relativamente caros así las miras ópticas aun tienen un lugar en la fotografía aérea de modo que examinando los componentes básicos de una de estas miras.

Las tres unidades actualmente en producción y las mas comúnmente halladas en aviones de prospección son las producidas por Zeiss (Oberkochen), Zena (Zeiss- Jena) y Wild. Si observamos los problemas de la navegación visual y las soluciones propuestas por las miras de Wild NF y PSNF 3-POBS 1, y por los diseñadores de Zeiss y Zena en sus series NT y Jena, se obtendrá una idea del rango de usos prácticos disponibles

El primer requisito es que el observador tiene que poder ver el punto directamente debajo del avión, el punto nadir. La solución de Zeiss y Zena es primordialmente una mira de navegación, y su aspecto general es el de mirar hacia delante desde el punto de nadir hacia el horizonte. El ángulo de vista real es de 90° y comprende 5° detrás del punto de nadir y 85° delante.

La unidad Wild es básicamente un visor de cámara y se usa el mayor ángulo hacia abajo posible. Centrado sobre el punto de nadir. El ángulo completo de la mira es de unos 110° , dando 55° , en todas las direcciones desde el punto de nadir. Como esto no resulta realmente adecuado en un rol completo de navegación, se agregará un prisma para tomar desde el horizonte hacia abajo hasta casi llegar al punto de nadir.

El segundo requisito específico es el poder identificar el punto nadir a través de la mira, y esto puede hacerse sólo si la mira se puede nivelar con respecto a una referencia vertical dentro del avión, se necesitan dos controles de nivel, arriba- abajo e izquierda – derecha, y estos tienen que poder compensar el rango completo de cabeceo y balanceo del avión. Esto puede controlarse mediante el uso de un pequeño nivel circular de burbuja. En las especificaciones de prospección, a menudo se imponen unos límites para el cabeceo y el balanceo, y muchos tipos de niveles circulares de burbuja se pueden calibrar de modo de poder controlar estos límites.

La mira de navegación tiene que ser capaz, al mismo tiempo que de un movimiento de nivelación, de una rotación alrededor del eje vertical y de agregar una referencia adicional de 0° . El rango completo de los movimientos rotacionales debería ser adecuado para proporcionar la máxima corrección anticipada que pudiera necesitarse con el tipo específico del avión, o cualquier capacidad adicional necesaria para la próxima línea. Cuando se pone

a 0° los dispositivos que miran hacia delante dentro de las miras están paralelos con el eje longitudinal del avión; la tercera referencia esencial en una mira de navegación, la línea longitudinal central, puede agregarse ahora.

Retículos de miras de navegación.

Hasta aquí las miras de navegación de los diferentes fabricantes han sido similares en finalidad. Sin embargo, la provisión de información adicional del retículo difiere de una y otras.

Las unidades NF y PSNF3, basadas en el visor Wild RC10 y 10^a, incorporan el rango completo de retículos dentro del cabezal de la mira de navegación, y el ángulo de la visual, tal como lo ve la cámara, puede serle presentado al navegante/operador de cámara. El aspecto mirando hacia delante en la NF tiene que ser puesto en juego bajando un prisma por debajo del objetivo final, cambiando la presentación vertical de 110° a la de una vista de 46° adelante del punto de nadir hasta 4° por encima del horizonte.

En la posición de las oblicuas los bordes izquierdo y derecho del área cubierta por la foto se extiende hasta el horizonte dando la posibilidad de controlar el traslapé de las siguientes pasadas paralelas a cada lado cuando se usan métodos no cartográficos de navegación o foto-navegación de la línea siguiente.

Las miras Zeiss NT tienen una presentación de línea lateral análogamente extendida, mostrando los límites laterales de la fotografía, pero el retículo tiene que insertarse individualmente dentro del ocular de 8X. Hay disponibles líneas de miras grabadas por campos oculares de 125° hasta 30°, al igual que un retículo especial de línea siguiente para usar cuando la mira de navegación se gira 45°, dando una presentación de la línea longitudinal central de la próxima pasada paralela. El retículo de línea siguiente fue sugerido por el ITC y se usa principalmente para la navegación no cartográfica, en la que el navegante hace esquemas de detalle en la siguiente línea de vuelo paralela. Si la mira de navegación se sitúa en la posición de 45° de desplazamiento, la línea mostrada es la de la línea longitudinal central de la línea siguiente. Devolviendo la mira a su posición cero el navegante puede también controlar la línea original usando esquemas anteriores, mientras dibuja líneas adicionales. Las líneas de puntos son líneas de 10% de margen para trabajar con terreno más alto o más bajo que el que esta directamente debajo del avión.

Calibración.

El factor más importante en la operación de una mira de navegación en un avión es la perfecta alineación del sistema del retículo dentro de la mira con el eje longitudinal del avión. Frecuentemente una mira será instalada en el avión por ingenieros aeronáuticos sin experiencia en prospecciones aéreas, según unos planos. A menudo esto solo tendrá en cuenta los aspectos físicos del avión en relación con los puntos de perforación disponibles en el piso del avión.

La mayoría de las miras de navegación tienen una placa basal ajustable que permite el ajuste fino mediante el giro de toda la unidad basal, hasta en unos 10° , aproximadamente. El retículo interno puede normalmente ajustarse para alinearlo con el eje del avión, pero este es un procedimiento bastante más complicado que el método básico aquí descrito y debería hacerse con frecuencia al manual del fabricante.

Alineación (tierra)

El método general de alineación, mediante el cual todo el conjunto de la mira puede ajustarse físicamente para coincidir con el eje del avión, es extremadamente simple. Es mejor llevarlo a cabo en el hangar, o en el exterior sobre una base firme en un día que este tranquilo sin viento. Un avión puede moverse varios grados con respecto a su eje central porque está soportado por neumáticos.

Por cualquier cambio de equilibrio debido al viento o a gente que sube a bordo, pueden ser causa de que el avión se establezca en una posición diferente de la que tenía al comienzo de la alineación.

Usando una plomada, se determina una línea central a partir de dos puntos positivos en el morro y en la cola. Los dos puntos se marcan con una cruz en el suelo debajo del avión y, usando una cuerda tizada tirante y pulsada se transfiere la línea de tiza al suelo, quedando así la línea central del avión representada por una línea en el suelo. Muy pocas miras están instaladas exactamente en la línea central del avión, de manera que ahora hay que medir la distancia entre el centro de la mira de navegación hasta la línea central del avión. Se traza ahora, de la misma manera y a la misma distancia que separa el centro de la mira de línea central del avión, una segunda línea a partir de la línea de tiza original.

Subiendo cuidadosamente a bordo del avión, el observador puede ahora mirar hacia abajo a través de la mira y controlar que la línea central del retículo coincida con la línea tizada del suelo, habiendo primero controlado el nivel de burbuja para asegurarse de que la mira de navegación este perfectamente nivelada. Si se necesita cualquier ajuste puede girar la base de la mira de navegación hasta que ambas líneas coincidan. Cuando el observador esta satisfecho con la alineación se fija la mira firmemente y se trazan unas marcas de alineación sobre la base y el piso del avión para ayudar a alinear la mira con el avión en futuras instalaciones.

Al mismo tiempo se puede hacer otro control para poder realizar un breve chequeo de la alineación como una confirmación previa al vuelo de la constante precisión de la mira. Si se mide la distancia desde la rueda de proa del avión (o desde la rueda de cola), se puede hacer

un marcador que puede ponerse tocando la rueda cuando el navegante controla la alineación desde el interior del avión. La línea central de la mira de navegación se controla entonces para ver si pasa por el otro extremo del marcador. A menudo el navegante usará un cartón en el que se ha marcado la distancia de control.

Control de la alineación de la mira y de la cámara.

Un control adicional a la alineación, por ejemplo en caso de continuas discrepancias entre las derivas establecidas y los resultados finales, consiste en la calibración del vuelo. El avión vuela en trayectoria estándar de estrella de vientos, volando a un rumbo inicial y midiendo la deriva. Se vuela a un segundo rumbo 60° más a la izquierda o más a la derecha y se toma y se anota una segunda deriva. Un nuevo rumbo desplazado en 60° completa el patrón y las tres mediciones de la deriva se dibujan en un gráfico o se introducen en un computador de aviación normal como el llamado Aristo, el Airtuor, el Sanderson o el Dalton.

Cuando se han establecido con precisión la dirección y la velocidad del viento, el avión gira hasta tomar rumbo directamente en contra del viento, y se toma una medida de la deriva. Cualquier deriva se anota y se asume un segundo rumbo, en la dirección del viento, midiendo siempre la deriva. Se hacen también dos mediciones con el viento del través, en direcciones opuestas entonces cualquier desalineación será evidente. El patrón de estrella de vientos original debería volverse a volarse al final del proceso para confirmar que durante la medición no ha habido cambios de viento.

Un control adicional de la alineación de la cámara con la mira de navegación es también posible durante el vuelo, usando alguna característica rectilínea, como por un ejemplo una línea recta que puede ser una carretera o línea de ferrocarril, y volando en patrón de líneas cruzadas, se vuela una serie similar de rumbos contra el viento, a favor del viento, y dos rumbos con el viento del través y el navegante mide la marcación relativa de la característica del terreno con respecto al eje del avión. La cámara se pone a 0° de deriva y se dispara el obturador cuando el punto nadir pasa sobre la característica del terreno en cada pasada. Se dibuja la línea central de la cámara sobre el negativo resultante y la marcación relativa de la característica del terreno se mide y se compara con la que se midió el navegante durante el vuelo. Nuevamente, cualquier discrepancia entre la cámara y la mira de navegación resultará evidente.

La razón para estos controles de la alineación es que incluso en un sistema bien instalado no hay garantías de que el avión seguirá volando siguiendo exactamente su eje verdadero, esto puede ser el motivo de que se encuentren desviaciones de hasta 1° las cuales serán difíciles de apreciar incluso por la misma tripulación pero aparecerá en las fotografías y esta desviación deberá ser corregida en la instalación de la cámara.

TEMA II

CAMARAS FOTOGRAFICAS

2.1 CLASIFICACION DE CAMARAS FOTOGRAFICAS

Las cámaras métricas aéreas y terrestres son cámaras fotográficas, de distancia focal fija, cuyas características geométricas han sido determinadas con precisión del orden de +/- 0.01 mm a +/- 0.008 mm. Estas características, a las que se designa como parámetros de ordenación interna, son:

- Distancia focal: que es la distancia del punto nodal posterior del objetivo de toma a la superficie de la emulsión sensible, a la que se designa como plano de la imagen negativa.
- Dimensiones del formato: las cámaras métricas actuales tienen formatos cuadrados, así solamente es necesario el dato l , que es el lado del formato, que es la distancia entre dos marcas fiduciales de colimación opuestas.
- Desviación del eje óptico del objetivo, con respecto al centro geométrico o punto principal de la fotografía, la posición del punto principal se determina trazando líneas de las marcas de colimación a las opuestas.

Otra de las características importantes que hay que observar en las cámaras aéreas es el ángulo de cubrimiento de estas.

Los parámetros de orientación interna, distancia focal y del lado del formato, que dan como resultado un ángulo α que se conoce como ángulo de cubrimiento, la ampliación de ese ángulo se caracteriza al tipo de cámara métrica, ya que se han diseñado y se fabrican diferentes tipo de cámaras.

Cámara de ángulo normal.

Esta cámara de ángulo de cubrimiento es de aproximadamente 90° , actualmente estas cámaras son de uso limitado por razones económicas y parámetros de orientación interna son:

- Distancia focal $f = 154\text{mm}$
- Lado del formato $l = 0.18\text{m}$

Cámaras gran angular.

Sus ángulos de cubrimiento se encuentran entre 100° y 110° , estas son las de más frecuente utilización, ya que el instrumental para restitución que ofrecen los fabricantes, tiene características congruentes con las de estas cámaras y sus parámetros de orientación interna son:

- $F= 154 \text{ mm}$
- $L= 0.23 \text{ m}$

Cámaras súper gran angulares.

Sus amplitudes angulares son aproximadamente de 120° y sus parámetros de orientación interna son:

- $F= 88\text{mm}$
- $L= 0.23\text{m}$

La aplicación de estas cámaras se encuentra en estudios de carácter foto interpretativo, aun cuando las fotografías obtenidas con ellas presentan características métricas aceptables.

2.2 ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁMARAS FOTOGRÁFICAS

Esquemáticamente los elementos de una cámara métrica aérea son:

- El sistema óptico, constituido por un filtro destinado a eliminar la llamada luz falsa, dada por la refracción atmosférica; el objetivo de toma y el obturador pueden considerarse dentro del objetivo de toma o después de él.

El objetivo es un sistema de lentes coaxiales, separados por aire, en el que se intenta que una parte de él elimine las aberraciones producidas por la otra .

El filtro es un elemento transparente ubicado antes del objetivo, con el propósito de eliminar el color predominante en la atmósfera, el filtro comúnmente utilizado en combinación con una emulsión pancromática es amarillo-naranja y tiene por objetivo el eliminar los tonos azules debidos a la refracción atmosférica, por lo que se llama menos azul.

El obturador tiene como función permitir la iluminación prácticamente simultánea en el plano de la imagen, o plano marco focal e interrumpirla también de manera prácticamente simultánea: entre los modelos del obturador el más eficiente es un sistema de láminas circulares en movimiento continuo y provistas de muescas que coinciden, en un momento dado, para dejar paso a la luz

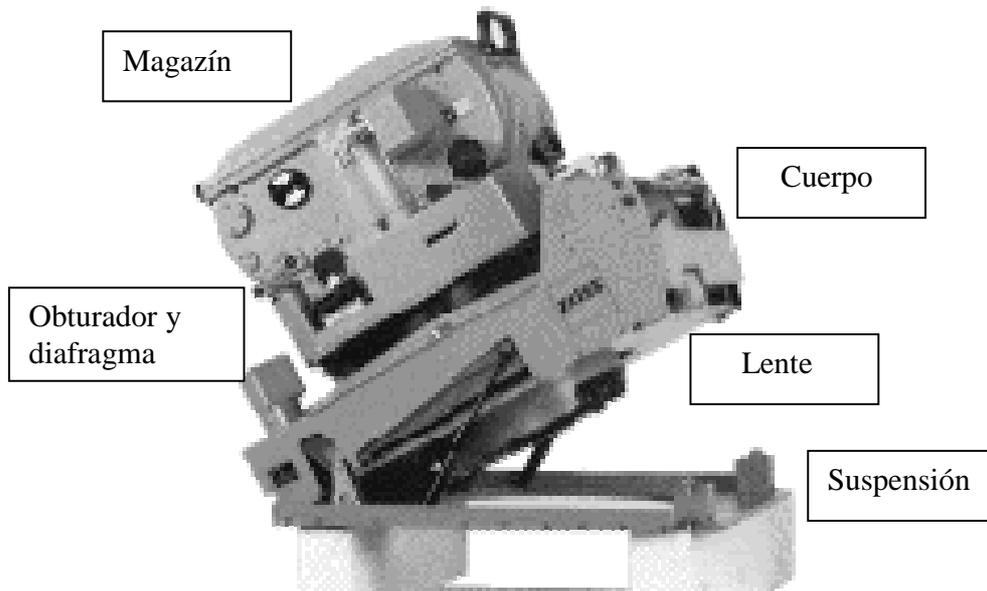
El cuerpo de la cámara cuya función es mantener en posición todas sus partes, el plano focal, o plano de la imagen que es el lugar donde se forma la imagen negativa del terreno. El eje óptico del objetivo debe ser perpendicular a este plano y cortarlo precisamente en el punto principal, o centro geométrico de la fotografía.

Simultáneamente a la imagen del terreno, se imprimen en la fotografía las marcas de colimación y ciertos datos sobre el levantamiento aéreo como:

Altitud del vuelo sobre el nivel del mar H; imagen del nivel esférico de la cámara; fecha y hora de la exposición y número de rollo y de la exposición.

El mecanismo de suspensión, técnicamente no ha sido posible independizar la posición de la cámara métrica de la aeronave que la transporta, así que la cámara funciona fija al piso de esa aeronave, participa de todos los movimientos y en parte de sus vibraciones, aun cuando en el mecanismo de suspensión se tienen muelles para absorber una parte de ellas.

Visor y regulador de cubrimiento: Ambos elementos permiten tener fotografías con la sobre posición o traslapes proyectados, el visor es una pantalla en la que aparecen tanto el terreno como una cadena sin fin que se mueve en sentido contrario al paso del terreno. Mediante la observación de esa cadena el camarógrafo puede sincronizar la cadencia de las exposiciones a la velocidad del avión operando el regulador de cubrimiento.



Cámara ZEISS RMK se pueden observar los elementos que la componen

Los requisitos básicos de actuales de las cámaras fotográficas pueden resumirse como siguen:

- Sistema óptico de alto rendimiento
- Operación en función del usuario
- Compatibilidad con sistemas de tratamiento de información
- Fiabilidad mecánica y electrónica.
- Adaptabilidad a gran rango de plataformas

En lo referente al fotogrametrista y al cartógrafo, los requisitos básicos se limitan al rendimiento del sistema de lentes en términos de la relación espacial entre la lente el plano focal y las marcas fiduciales, la validez de la calibración del sistema.

En un sistema ideal tendríamos un objetivo libre de aberraciones con tal vez no más de un micrómetro de distorsión, la cámara así también debería tener una abertura máxima de $f 1.7$ con excelentes características para todo el campo de trabajo las aberturas, y debería ser capaz de producir buenas imágenes de todo el espectro visible e infrarrojo fotográfico. Las cámaras cartográficas deben cumplir primero con los requisitos cartográficos, pero también deben ofrecer características económicas en términos de requisitos de la misión.

La mayoría de las cámaras de serie en uso en el mundo puede ser clasificadas como cámaras de marco de los tipos más comunes de cámaras .Sólo las cámaras panorámicas y las cámaras de la tira no son consideradas cámaras del marco. Las cámaras del marco son

una en que un marco entero o el formato es expuesto a través de una lente que es parte fija al avión .

Las exposiciones pueden controlarse por medio de una contraventana de la lente, esto es una contraventana plana focal, una contraventana de la persiana, o iluminando el objeto para un intervalo corto (fotografía nocturna), la película se sostiene fija en el avión durante la exposición, o se mueve para compensar para el movimiento de la imagen.

Las partes principales de una cámara del marco son:

- el cuerpo (incluso el mecanismo del paseo)
- la lente (incluso el filtro)
- la contraventana (incluso el diafragma) y el magazín.

Las cámaras generalmente contienen algunos medios por grabar datos auxiliares en cada marco.

El cuerpo de la cámara normalmente aloja el mecanismo del arrastre, el motor de arrastre es operando por aspas, palancas, conexiones eléctricas e interruptores, otros detalles que pueden ser necesarios por requisitos específicos.

En cámaras del reconocimiento que generalmente no contienen un cono interno en el cuerpo de la cámara junto con el cono y postes, fijan la posición de la lente con respecto al plano focal del avión.

El mecanismo del arrastre proporciona el movimiento necesario enrollar y detener la contraventana, operar el sistema del vacío por allanar la película en el plano focal, y para enrollar la película para los cambios entre las exposiciones, se maneja cualquiera de estas dos, por mano o sea por medio de un cigüeñal de mano o por un pequeño motor eléctrico que deriva su alimentación del sistema eléctrico del avión, por medio de una caja de engranes conectados al magazín de la película.

El mecanismo de arrastre se localiza en el cuerpo, que llevan varillas que se extienden hacia abajo del mecanismo de arrastre hacia la contraventana. Uno o dos acoplamientos son localizados en el magazín que proporcionan embragues al mecanismo del arrastre que retira en cuanto sea necesario la contraventana o enrolla totalmente la película dentro del magazín. El mecanismo de arrastre también sirve para transmitir la fuerza a la contraventana y al magazín para el funcionamiento es empleado un solenoide que se contiene en el mecanismo de arrastre; cuando la energía llega, a el solenoide este suelta la contraventana deteniendo el arrastre y la exposición se hace, una característica importante del mecanismo del arrastre es el tiempo requerido durante su ciclo operando completo. Un ciclo completo consiste en todos los funcionamientos que deben realizarse para detener y retornar a las condiciones iniciales de toma.

El cono de la lente, a veces llamado "cono de la cámara" sirve para un propósito muy especial ya que apoya el ensamble entero de la lente, incluso el filtro, y previene cualquier filtración de luz, sólo deja la que se transmitió a través de la lente.

En algunas cámaras el cono, junto con el cuerpo, sostienen la lente a la distancia apropiada del avión que es definido entonces por la superficie superior del cuerpo. En algunas cámaras de la cartografía, el cuerpo se apoya a un marco interno llamado cono interno.

Este cono interno sostiene la lente y también contiene los marcadores de colimación (marcadores fiduciarios).

El cono interno se hace de un metal con un coeficiente relativamente bajo de expansión termal para que la lente y el eje de la lente, así como la distancia focal definido por la superficie superior de los marcadores fiduciarios, ya que los marcadores fiduciarios son todos mantenidos en las mismas posiciones relativas al operar en distintas temperaturas.

Las posiciones relativas de los componentes anteriores dan los elementos de orientación interior de la cámara, como una unidad ya sea separadamente o dentro del cuerpo de la cámara, para determinar los elementos de la orientación. Las características técnicas para cámaras pensadas para trabajo de fotogrametría son sumamente detalladas para dar el posicionamiento de la lente con respecto a los marcadores fiduciarios.

La lente es el solo artículo más importante en la cámara, la calidad de trabajo del fotogramétrico bueno es dependiente en la lente, particularmente con respecto a sus características de distorsión. Las lentes de alta calidad son bien esenciales para el reconocimiento y trabajo de interpretación de fotografías ya que la resolución es una de las principales preocupaciones.

En general, las cámaras para la cartografía son más precisas y tienen lentes que son casi sin distorsión o su distorsión encuentra dentro de ciertos rangos estrechos que permiten la corrección por varios dispositivos en el proceso de reducción de fotografías.

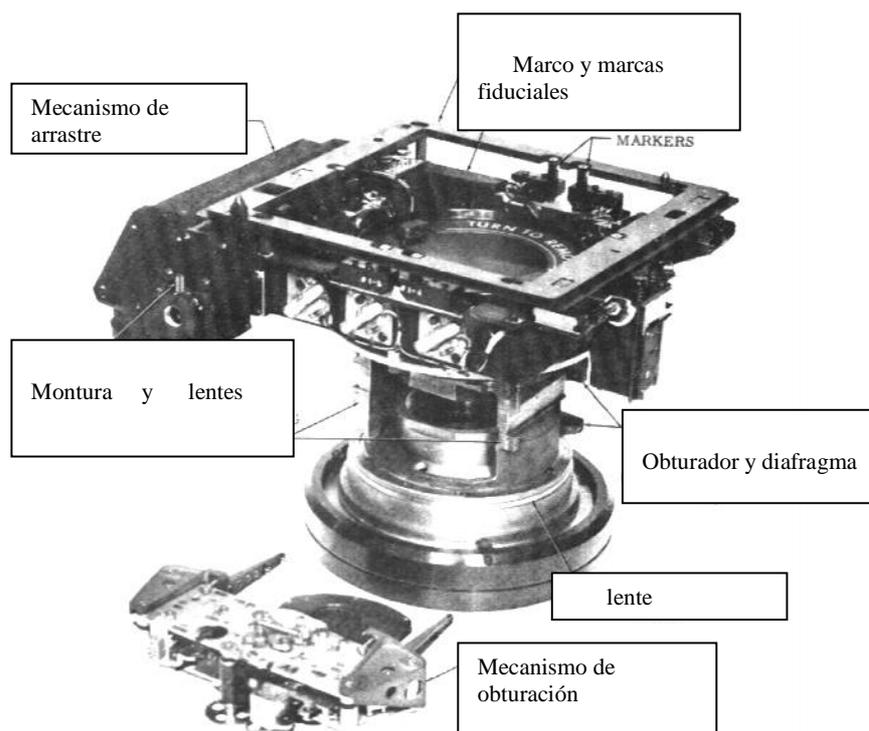
La función de la lente es recoger los rayos ligados para cada uno en un número infinito de puntos en el terreno y enfocar como un punto para conformar el objeto. La cámara es una cámara de enfoque fijo. Este tipo de enfoque es fijo para una infinidad de distancias que se encuentre el objeto.

El filtro normalmente no es una parte de la lente, pero ésta se encuentra en el paso de la luz entre el avión y el objeto. En las cámaras con lentes del ángulo amplio como son las gran angular sirve para un propósito dual ya que esto reduce el efecto de niebla atmosférica en el negativo fotográfico, y también sirve como un filtro del antivego para asegurar la distribución uniforme de luz en el formato. La cámara se calibra con el filtro en su lugar, y la cámara no se usa para tomar fotografías sin él. La orientación del filtro con respecto a la lente nunca debe cambiarse después de la calibración

La distancia focal de una cámara es, teóricamente, donde todos los rayos de luz que atraviesan la lente encuentran un enfoque. Normalmente se define en cámaras aéreas por las superficies superiores de los marcadores fiduciarios, junto con la superficie superior del marco del plano focal. Realmente, se localiza una tal distancia del punto nodal trasero de la lente acerca de la posible definición de la imagen mejor a lo largo del cuadro. La película puede sostenerse en el vidrio del plano focal o localizando atrás.

El plano del vidrio es un plano focal de calidad muy alta ya que se seleccionó un vidrio plano por lo menos igual en tamaño al formato negativo. El vidrio se localiza en la cámara con sus superficies perpendiculares al eje central de la lente y a tal distancia de la lente que su superficie queda exacta de la distancia focal. La película se aprieta de manera lisa contra el plano del vidrio cuando la contraventana de la cámara se detiene y el cuadro es tomado. Aunque el vidrio plano presenta una solución simple a la llanura de la película, tiene ciertas desventajas. Un rayo de luz que atraviesa el eje central de la lente directamente perpendicular a través del vidrio de como si ningún vidrio estuviera presente. Sin embargo, cualquier otro rayo de luz que golpea el vidrio en un ángulo no perpendicular al eje se refracta cuando atraviesa el vidrio en una cantidad que depende de la magnitud del ángulo de incidencia la longitud de onda de la luz y el índice de refracción del vidrio, así el vidrio se diseñó como un componente íntegro del sistema de la lente.

Otra desventaja es su contribución al aumento de electricidad estática que se genera, ya que es producida por la película y el vidrio. Si una cantidad suficiente de descarga eléctrica estática puede producir la formación de manchas negras y se observan como líneas en el negativo.



mecanismos de captura de la cámara Zeiss RMK

En casos serios, las cargas estáticas hacen a la fotografía inútil. Cuando la película avanzada para una exposición se mueve por el vidrio a menos que el vidrio se limpie escrupulosamente, se harán arañazos en los negativos. Por último, este sistema agrega un pedazo más regular de vidrio, que siempre estará sujeto a la montura de la cámara.

Los marcadores fiduciaros de un plano son incluidos en la mayoría de las cámaras aéreas. Ellos normalmente son un mínimo de cuatro y se localizan en las cuatro esquinas del formato, cerca del centro de cada uno de los cuatro lados. Trazando en la cámara, las líneas que unen los pares opuestos de los marcadores fiduciaros que se deben cortar en el punto principal del sistema. Así, en la construcción de la cámara, se localizan marcadores fiduciaros o se ajustan indicar el punto principal de colimación, el punto de simetría, u otro punto definido del sistema dentro de tolerancias sumamente mínimas. En la mayoría de las otras cámaras ningunas marcas son requeridas con tal exactitud, los marcadores fiduciaros son colocados por el fabricante para indicar el centro geométrico del formato. En la mayoría las cámaras de reconocimiento, los marcadores fiduciaros se localizan en la superficie del fondo del magazín, y éstos pueden estar sujetos a un pequeño cambio pero que se encuentre controlado o se conozca su variación.

La contraventana u obturador de la cámara consiste en una contraventana y el diafragma. La contraventana controla el intervalo de tiempo durante el que la luz atraviesa la lente. La función del diafragma es restringir el tamaño de los rayos que pueden atravesar la lente y que pueden llegar a la superficie de la emulsión de la película en el plano focal. El diafragma establece el área cruzada y la contraventana regula el intervalo de tiempo en el que los rayos pasan a través de la abertura y que son regulados por el diafragma.

Los dos tipos de contraventana que se usan en general para cámaras son las que se encuentran entre la lente y las de tipo de persianas. La contraventana de persiana se describe brevemente, aunque su uso en cámaras aéreas está muy limitado. La velocidad que tiene se mantiene abierta una contraventana de la cámara aérea se refiere a la duración de la exposición de la película y es la longitud de tiempo expresada como un fragmento de un segundo desde el momento que la contraventana empieza a admitir luz a la película hasta el momento cuando la contraventana corta la luz. La velocidad de la contraventana en una cámara es muy importante porque la cámara está moviendo mientras un cuadro esta fijo el objeto está tomándose.

Para un avión la velocidad que tiene, puede mejorar el movimiento de la imagen acelerando la contraventana de la cámara mientras se aumenta el tamaño de la abertura para que una cantidad correspondiente de ases de luz entre a la película. Las velocidades de la contraventana altas también reducen los efectos de vibraciones del avión.

La contraventana que está entre la lente es un tipo de contraventana que ampliamente usaron en ciertas unidades y es por la necesidad de una cámara para cartografía. La contraventana ordinaria de este tipo tiene seis componentes mayores.

1. En el centro del formato consiste en la mayoría de los casos, de dos placas de metal y entre las placas de la contraventana son de cuatro o de cinco componentes y se montan sobre un eje. Ellos son conectados por eslabones que hacen que todos se muevan simultáneamente cuando se activa la exposición.
2. El cono actúa sobre la contraventana y transmite la fuerza rotatoria a las placas de la contraventana.
3. El servo de retardo sirve para reducir la velocidad de funcionamiento de la contraventana cuando se requiere.
4. Las muelles de que se alojan ensambladas contiene en resortes de rollo que mantiene la fuerza del mecanismo que se encuentra operando la contraventana. El compartimiento también incluye medios por enrollar las muelles de la contraventana y por impedir que las muelles se desenvuelvan hasta que sea soltado por el mecanismo.
5. El mecanismo de retardo al soltar la fuerza acumulada por las muelles empieza el ciclo de la exposición.
6. La contraventana por lo regular consiste en dos partes, el compartimiento principal y la tapa.

Las ventajas de este tipo de contraventana son la durabilidad y la forma de distribuir la luz, y así evitar la obstrucción en la abertura de la lente. Sus placas operan en un espacio relativamente pequeño que separa los elementos delanteros y traseros de la lente de la cámara. La característica de la contraventana de la lente es que le permite admitir la luz simultáneamente a todas las partes del negativo al abrir y cortar la luz simultáneamente de todas las partes del negativo al final del intervalo de tiempo de exposición selecto, en el negativo con una distribución precisa de todos los puntos del objeto fotografiado y por eso lo hace particularmente aplicable a los funcionamientos de la fotogrametría. Hay dos tipos generales, de contraventana de la lente y los no trasladables.

La apertura relativamente es frecuentemente usada como termino común en fotografía otros términos que tiene el mismo significado el numero f ya que esta abertura esta definida por los términos de f / d donde f es la distancia focal de la lente y d es el diámetro efectivo de abertura de la lente. Esta última es la pupila de salida del sistema del sistema de lentes y es aproximadamente el mismo que el diámetro de abertura del diafragma usado para variar el haz luminoso que entra a la lente.

El sistema de zeiss de cámaras aéreas se basa en cuerpos de cámara intercambiables que incluyen los objetivos. En la siguiente tabla se pueden observar los diferentes tipos de objetivos para el formato de 230 mm X 230 mm.

DESIGNACIÓN RMK A	TIPO	OBJETIVO	ABERTURAS	ÁNGULO DIVISIÒN	MAX. DISTORSIÒN NOMINAL
8.5/ 23	SUPERGRAN ANGULAR	S-PLEGON A 85mm	F/4 F / 5.6 F / 8	125° C diagonal 107° lateral	7 μ m
15 / 23	GRAN ANGULAR	PLGON A 153 mm	F / 4 F / 5.6 F / 8 F / 11	93° diagonal 74° lateral	3 μ m
21 / 23	ÁNGULO INTERMEDIO	Toparon A 212 mm	F / 5.6 F / 8 F / 11	75° diagonal 57° lateral	4 μ m
30 / 23	ÁNGULO NORMAL	Topar A 305 mm	F / 5.6 F / 8 F / 11	56° diagonal 41° lateral	3 μ m
60/23	ÁNGULO ESTRECHO	Telikon A 610 mm	F / 603 F / 9 F / 12.5	30° diagonal 21° lateral	50 μ m

Características técnicas que tienen los modelos de Zeiss RMK según sea su tipo

El cuerpo de la cámara incorpora ciertos datos de apoyo en un panel de instrumentos que puede ser controlado por el operador para establecer los datos de vuelo de la misión y quedan registrados en una banda a un costado que se encuentra establecida ahí para este fin.

En ella se encuentran los siguientes datos:

- contador de exposiciones de 3 dígitos
- altímetro estándar con escala métrica en pies
- nivel de burbuja circular para registrar inclinaciones de la cámara
- número de serie y distancia focal calibrada para la cámara
- reloj con segundero
- tarjeta de datos

El panel de información de vuelo es un dispositivo muy importante y un documento de prueba. Es usual en contratos que se haga referencia específica a un correcto registro de la información de vuelo. Por lo tanto es importante asegurarse de que los niveles de iluminación sean los correctos y que la información esté correctamente dispuesta antes de tomar las fotografías.

Todas las cámaras del tipo RMK incorporan un obturador rotativo Ínter lentes de alta eficiencia. La filosofía de este obturador es evitar las vibraciones debidas al rápido arranque y detención de las partes en movimiento como ocurriera con los obturadores del tipo de cortina. Las velocidades de obturación desde 1/100 hasta 1/1000 son continuamente

variables, ya que son ajustables en forma manual o por control remoto, el indicador de velocidad siempre lee el verdadero tiempo de abertura, computado de la velocidad de rotación de los discos.

El computador de intervalo central es un computador central digital para determinar los intervalos de exposición de la RMK.

El ICC (computador de intervalo central) incluye un control de traslape en incrementos del 1% desde hasta el 99%, selección de la distancia focal de la cámara y un interruptor para intervalos de cuadros mínimos (3s o 2s) y los inputs de ICC incluyen también información de la mira de navegación (V/ H) y opcionalmente el aparato de control de deriva que puede acoplarse a la mira de navegación.

La finalidad principal del ICC es la de el disparo automático de la cámara según los intervalos que se necesiten para obtener el traslape hacia delante predeterminado, el ICC normalmente no requiere de ninguna atención y por lo tanto se puede instalar en cualquier posición del avión.

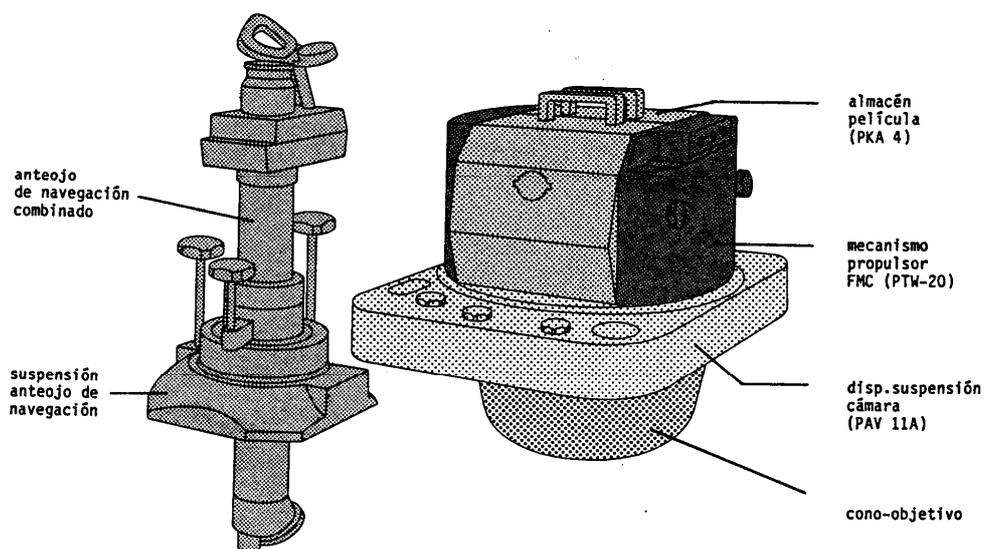
La mira de navegación en los sistemas RMK consisten principalmente en la mira y un sensor de navegación del operador de la cámara situado cerca de la cámara, ya que con esta configuración es posible que el navegante vaya al frente con el piloto dejando al camarógrafo con la cámara solo en la parte posterior del avión, además de esta hay otras ayudas a la navegación que pueden emplearse, pero el cuerpo principal de sistemas de control una de la ayudas de la navegación es la producida por zeiss es el instrumento NA que es Automatic Navigation operado en conjunto con su control asociado

El sistema NA mide óptimamente la velocidad angula (V / H), la que se refiere entonces a la cámara y, junto con la información de ICC, se puede disparar la cámara automáticamente según el traslape hacia delante seleccionado, cuando se utiliza el sistema NA no se necesita operador de la cámara, y se simplifica el trabajo del navegante puesto que el ya no tiene que controlar la cámara por lo tanto el sistema es ideal para misiones en la que sólo se emplee al piloto como única tripulación.



Colocación de la cámara aérea dentro del avión

El magazín estándar para película para todas las cámaras es capaz de llevar hasta 150 metros de película de 240 mm de anchura. El aplanamiento consigue por medio de un sistema de vacío y un dispositivo de troqueles para la película que permiten marcar cualquier cuadro en pleno vuelo el magazín también puede obtener su propia compensación al movimiento hacia adelante.



Esquema de cámara fotográfica Zeiss RMK mostrando partes intermedias como son el cono la base de obturación ,magazín y mira de navegación manual

TEMA III

PELÍCULAS FOTOGRÁFICAS

3.1 TIPOS DE PELICULAS

En el pasado el soporte estaba hecho de vidrio, el cual, aunque no ópticamente llano, era totalmente satisfactorio a efectos fotogramétricos. Pero el vidrio tiene obvias limitaciones de peso y fragilidad.

Durante muchos años la película fotográfica fue nitrato de celulosa (celuloide). Las películas con base de nitrato eran extremadamente inflamables y una constante fuente de peligro tanto para las tripulaciones aéreas así como para el personal de tierra en los laboratorios

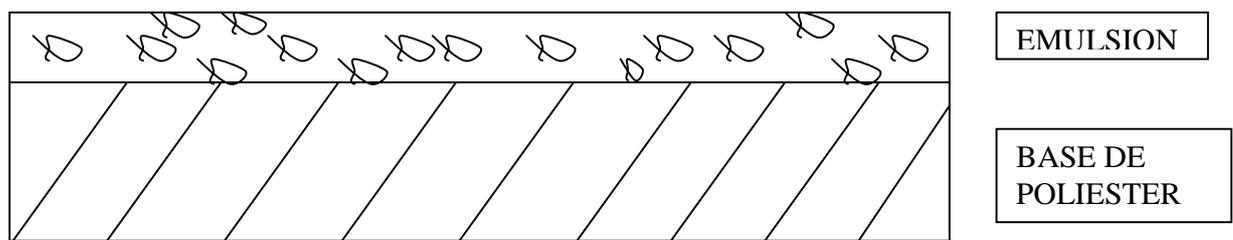
Tiempo después las bases de las películas se perfeccionaron y se introdujo una nueva gama de bases derivadas del Ester de la celulosa, como el tricetato de celulosa y el acetato butirato de celulosa.

Los modernos filmes fotográficos, difieren considerablemente de los primeros usados por Daguerre, sin embargo el principio de cubrir con una capa de material sensible a la luz una base apropiada, todavía se aplica. El material base es generalmente una base de poliéster flexible pero antes de que este se inventara, se usaba comúnmente una placa de vidrio.

La cubierta sensitiva a la luz, frecuentemente conocida como emulsión (capa emulsión), consiste en una capa de gelatina que contiene en suspensión microscópicos cristales de halogenuros de plata, éste término refiere a un grupo de sustancias químicas que consisten en un Ion de plata, combinado con un Ion e halógeno, tales como los cloruros, bromuros, yoduros; estos cristales se llaman comúnmente grupos, en los filmes usados para la cámara, los halogenuros empleados consisten en una combinación de bromuro de plata principalmente, mas una pequeña cantidad de yoduro de plata .

Los granos de la emulsión son de diferentes formas y tamaños pero podemos asumir que estos tienen en promedio 1μ (micrón).

Estos granos están distribuidos al azar en la capa de gelatina y el espesor típico de una emulsión es del orden de los 4μ en la siguiente figura se pueden ver de manera hipotética las partes que conforman el film fotográfico.



Corte transversal esquemático de la película fotográfica

Las modernas bases de película están hechas de polímeros sintéticos tales como el polietileno-tereftalato, un poliéster, que tiene resistencia a la humedad mejorada, excepcional resistencia y rigidez y lo más importante de todo excelente estabilidad dimensional.

La estabilidad dimensional en la película fotográfica ya que es un laminado de dos materiales químicamente diferentes, cada uno de los cuales es afectado de diferente manera por las condiciones de ambiente y la edad.

La magnitud del cambio dimensional de una película depende de una cantidad de factores, incluyendo su composición química, el espesor de la base y la emulsión, el almacenamiento y el procesado. La humedad y las condiciones térmicas producen cambios temporales o reversibles, el procesado produce cambios permanentes.

El rizamiento de la película es causado por la diferencia en los cambios dimensionales entre la emulsión y la base. Esto hace que sobre la película actúen fuerzas diferenciales. Una de estas fuerzas es debida a las diferencia de espesor, otra es el flujo plástico inducido por la película cuando se enrolla en el carrete. Generalmente la película pierde humedad, y como la contracción resultante de la emulsión es mayor a la de su soporte, el lado de la emulsión se curva hacia adentro .

Algunas películas aéreas, especialmente las de base delgada que pueden ser de los 30 a 60 micrones ya que tiene una capa de gelatina aplicada en la parte inferior de la base que ejerce la fuerza de rizamiento opuesta a la emulsión. Estas películas de base delgada generalmente se utilizan para misiones de reconocimiento en las que el soporte delgado permite mayor capacidad al magazín. El espesor usual de la base para películas de prospección es del orden de 100 micrómetros y ofrece una mayor resistencia al rizamiento por la falta de humedad.

En la siguiente tabla se observan las características físicas de algunos tipos de película de la marca Kodak.

PELÍCULAS CARTOGRÁFICAS KODAK

Tipos de películas	Espesor de la emulsión	Espesor de base en μ m	Espesor del recubrimiento anti rizo	Gelatina/ base
Plus X (2402)	7.5	100	0	0.08
XX (2045)	10	100	0	0.10
Tri X (2403)	11.25	100	0	0.11

Tabla de películas cartográficas más comerciales utilizadas en fotografía aérea

PELÍCULAS DE RECONOCIMIENTO KODAK

Tipos de películas	Espesor de la emulsión	Espesor de base en μ m	Espesor del recubrimiento anti rizo	Gelatina/ base
Panatomic- X (3410)	3.75	62.5	3.75	0.12
Plus X (3411)	5	62.5	5	0.16
Alta definición (3414)	6.25	62.5	6	0.2

Tabla de películas de reconocimiento mas comerciales utilizadas en fotografía aérea

Hay que notar que el recubrimiento posterior de secado rápido que se usa en las películas de cartografía no es gelatina, por lo que tiene un espesor específico de cero

3.2 MANEJO DE LAS PELICULAS FOTOGRAFICAS

El almacenamiento de la película aérea cae en tres categorías:

- Película no expuesta
- Película expuesta
- Película procesada

Todos los materiales fotográficos son productos perecederos y las características sensitométricas del material no expuesto cambia lentamente con la edad como puede ser, pérdida de la sensibilidad, disminución del contraste y aumento del nivel de iluminación.

Si la película se encuentra en contenedores herméticamente cerrados, el control de la humedad relativa de la zona de almacenamiento es innecesario, a condición de que la humedad relativa no exceda del 70% para las películas no expuestas.

La humedad ideal es de un 40% a un 60% y cuando las películas tengan que guardarse durante muchos meses o años el almacenamiento debiera hacerse a una temperatura de -18°C y -23°C sin embargo, cuando las películas probablemente vayan a usarse en unos meses la temperatura pueda ser de unos 13° es suficiente.

Las películas que han estado en congelación deberán dejarse alcanzar la temperatura ambiente antes de abrir el contenedor como mínimo unas 24 Hrs. Si no se hace de esta manera en la película resulta la condensación de humedad atmosférica en la película fría, creando la posible formación de puntos de humedad. Ya que si la película se ha guardado en el refrigerador se le debería de remover 2 a 6 horas antes de abrirla, bajo las condiciones operacionales, cuando puede ser necesario almacenar la película en climas tropicales y en áreas no acondicionadas, la película debería ser almacenada el mínimo de tiempo posible y fuera del alcance de la luz solar directa.

La película expuesta se deberá revelar tan pronto como fuese posible. Sin embargo, a veces no es posible procesarla tan rápido y puede ser necesario almacenarla por algunos días, así que se deberá de sellar, manteniéndola refrigerada a 4° C ya que la película expuesta y sobre todo la película de color se deteriora mas rápido que el material no expuesto.

La película procesada en climas templados su almacenamiento no es difícil, ya que la temperatura y la humedad raramente constituye un problema el mejor nivel es de un 30% a un 40 % de humedad relativa, y una temperatura de unos 20° C. Para películas de color, se recomienda un almacenamiento a baja temperatura para minimizar la decoloración y la humedad relativa deberá estar en el extremo inferior a la del rango.

Tal vez este factor es el más importante en la vida de la película procesada, es justamente el procesado a que se ha sometido. Un completo fijado seguido por un completo lavado son esenciales si las imágenes han de conservar una máxima permanencia, un fijado incompleto es inevitablemente seguido por un lavado incompleto, produce que las sales residuales de complejos tiosulfatos pueden causar la decoloración tanto de la imagen de plata de la película monocromática como de la película de pigmento de color.

3.3 CARACTERISTICAS DE LAS PELICULAS FOTOGRAFICAS

La película mas empleada para las prospecciones fotogramétricas es la película de blanco y negro, además de que son utilizadas también dependiendo de la utilidad que se vaya a utilizar y para ello se deben observar las características químicas y los tipos de emulsión y se divide de la siguiente manera:

Características químicas

Sensibilidad dentro de los rangos del espectro electromagnético radiante

- Pancromática: con un rango de sensibilidad entre 400 y 700 nanómetros
- Infrarroja: con un rango de sensibilidad entre 350 y 900 nanómetros
- Multiespectrales: con un rango de sensibilidad pequeño y específico dentro de la totalidad de rango visible e infrarrojo cercano.

Tipos de emulsión

Que es el material sensible impregnado en la base de poliéster del respaldo de la película

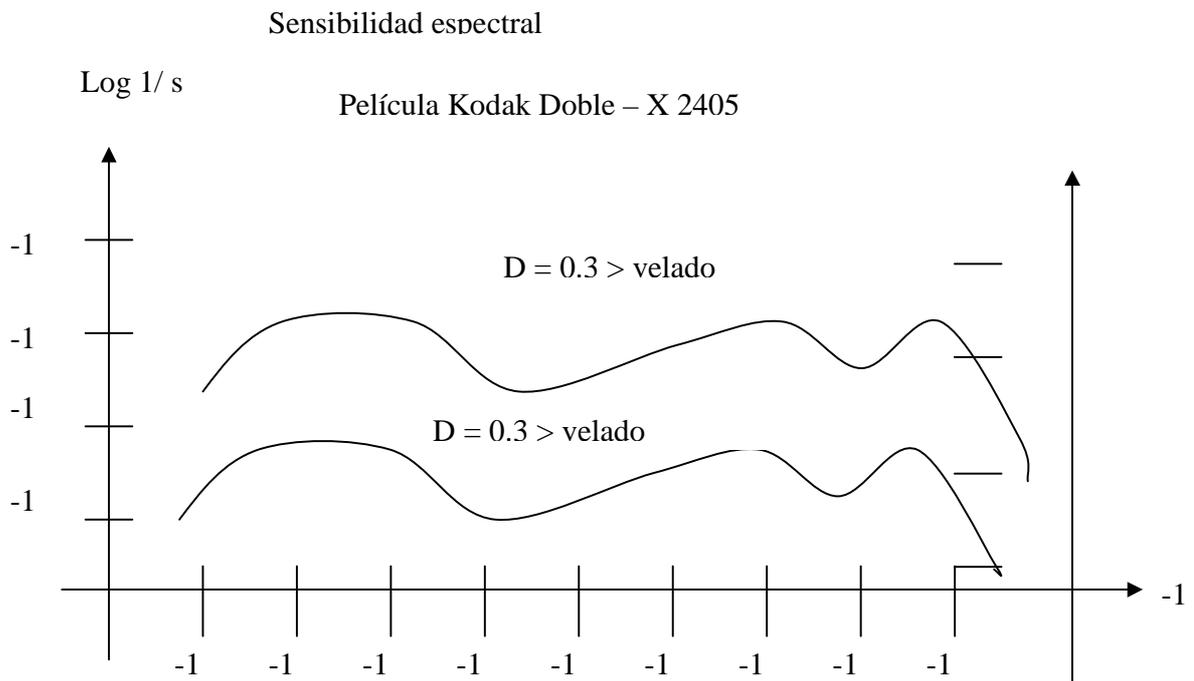
- Blanco y negro. La emulsión fotográfica cuenta con una sola capa sensible que brinda la imagen toda una gama de grises, desde el blanco hasta el negro.
- En color. La emulsión fotográfica cuenta con 3 capas de sensibilidad con distintas coloraciones complementarias, lo cual reporta la imagen en toda una gama de matices de colores.

Además de que se observan también las características espectrales para cada tipo de película varían dependiendo de estructura química y física

Otro factor importante que debe observarse es la característica espectral como es en el caso de la película pancromática. Todos los materiales fotográficos responden a las radiaciones de alta energía como los rayos X, los rayos gamma y la radiación ultravioleta. Los haluros de plata son por naturaleza sensibles al extremo azul del espectro visual hasta una longitud de onda de aproximadamente de los 430nm.

Las películas pancromáticas tienen la sensibilidad espectral que generalmente se extienden hasta unos 700nm y en algunos casos puede encontrarse que se extiende a unos 750nm en torno al límite de respuesta del ojo humano en las que se conocen como emulsiones al rojo aumentadas. La sensibilidad al rojo aumentada de la película AGFA-GEVAERT aviophot pan 200 PE hace de este material el ideal para la penetración del reflejo atmosférico se emplea con un filtro rojo; y su alcance hacia la región casi infrarroja lo hace muy útil para algunas aplicaciones de la Fotogrametría multiespectral diseñada para la cartografía y la detección remota.

Aunque todos los fabricantes publican sus curvas de sensibilidad espectral de sus películas son especialmente útiles ya que las escalas de las ordenadas cuantifican la sensibilidad espectral en unidades físicas de energía. La curva mostrada en la siguiente gráfica es la de la película Kodak XX aerográfica 2405, y la escala de las ordenadas se expresa como log de la sensibilidad donde “sensibilidad” se expresa como el recíproco de la exposición en erg/cm² necesaria para producir una densidad dada para cada longitud de onda a lo largo de la franja relevante del espectro electromagnético.



Gráfica de respuesta espectral Kodak XX aerográfica 2405

Las películas en color tipos negativo reversible y las películas a color convencionales para fotografía aérea caen en 2 categorías :

- Negativo / positivo que exige hacer copias
- Películas directas (reversibles) que dan una diapositiva a colores

El color se esta usando cada vez mas para la fotografía aérea, y unos cuantos contratistas reemplazan los materiales monocromáticos con película en color reversible durante todos sus proyectos.

El color en la fotografía aérea no se puede considerar exactamente de la misma manera que la fotografía normal, con material reversible los efectos de reflejo atmosférico no se pueden compensar de la misma manera que en el caso del material monocromático mediante el simple empleo de un filtro amarillo, ya que el resultado tendrá una fuerte tendencia hacia el color amarillo, sin embargo si se utiliza película negativa, es posible filtrar la carga amarilla al hacer las copias al menos en un grado importante.

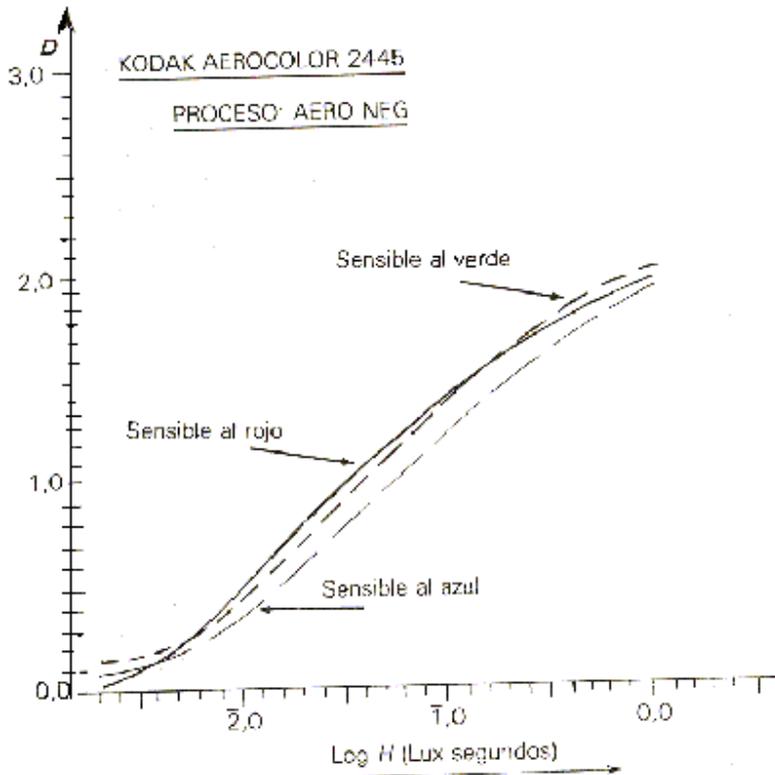
La fotografía en color es razonablemente simple a condición de que el producto final sea una diapositiva, ya que la mayor parte del procesado de la fotografía se realiza en laboratorios convencionales para los contratistas especializados, el procesado en color requiere de un considerable equipo de laboratorio y de personal especializado.

La película de color negativa está pensada para fotografía cartográfica y de reconocimiento a media altitud a diferencia de la película negativa a color convencional (o película comercial), en la que la imagen revelada tiene un sesgo natural hacia el naranja pensado para proporcionar un mejor equilibrio cromático en procesado de copiado, la Aerocolor negativa no esta enmascarada, permitiendo así que el negativo se interprete directamente en tonos complementarios a los de la escena original.

La característica sensitométrica de la película 2445 se muestra en la siguiente figura para el procesado estándar, la composición física de la película tiene en común con la película reversible, un estrato exterior de emulsión sensible al azul que se acopla cromáticamente a un pigmento amarillo. El estrato medio (sensible al verde) se acopla al pigmento magenta y el estrato interior (sensible al rojo) al cian .

Es normal en la composiciones físicas de la película en color que el estrato externo sea sensible al azul esto es para que no resulte afectado por la dispersión de la luz dentro del paquete de la emulsión para fines sensitométricos las capas individuales se puede separar las capas sensibles y aislarse intercalando el filtro adecuado en la trayectoria luminosa del densitómetro. Así para muestrear el estrato de pigmento cian se usa un filtro rojo para medir la densidad a la luz roja, uno verde para la densidad al verde y un azul para la densidad al azul.

El análisis sensitométrico es útil para checar el equilibrio cromático del negativo para el control del procesado como se puede observar en la siguiente gráfica.



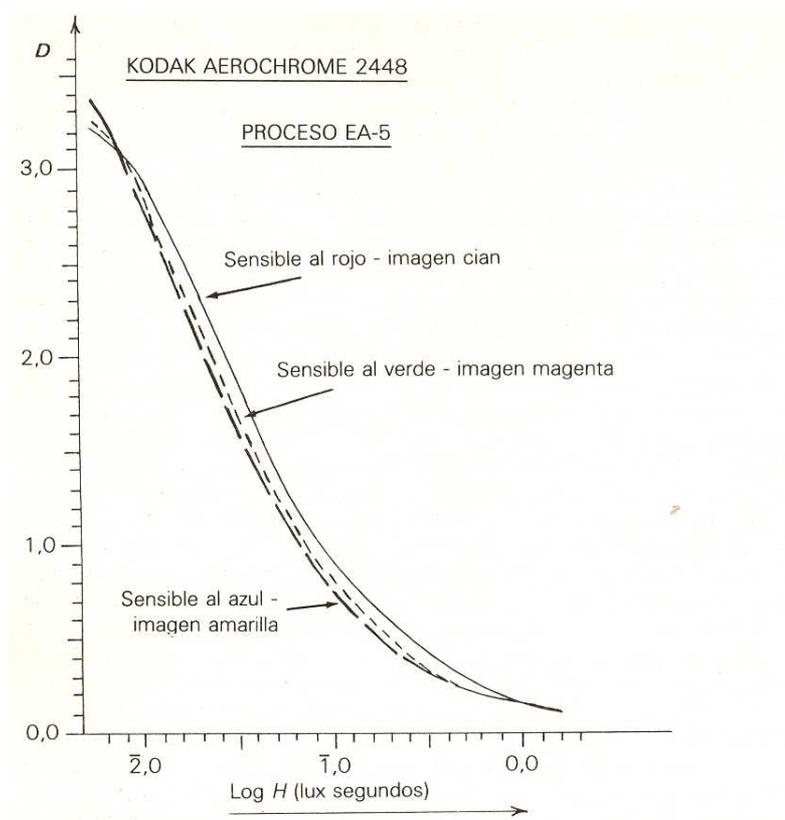
Gráfica de respuesta espectral de la película Kodak aerocolor 2445

Por otra parte la película en color 2448 está específicamente diseñada para producir transparencias reversibles en color, la familia asociada a las curvas D/log H se muestra en la siguiente figura, como su equivalente negativa-positiva, la película 2448 ha sido concebida para cartografía y reconocimiento a altitudes desde medias a bajas, pero muchos operadores también hacen uso de su potencial de procesado negativo para fotografía en color a gran altitud.

Como el material negativo en color, la 2448 tiene tres estratos de color que producen imágenes complementarias a color, pero el proceso reversible, que implica la solución química especial de velado entre el primer revelador y el segundo revelador (color), no se uso si se necesita un negativo en color en su lugar, se procesa la película usando un revelador C-22 por 22 min. a 24 grados, lo que da como resultado una imagen negativa de un contraste mucho mayor que el obtenido con una película normal es por ello que este tipo de técnica es muy utilizada cuando se necesitan tomas a gran altitud pero que tengan un mucho mayor contraste para poder observar con mucho mas detalle todas las formas.

La 2448 procesada negativamente se copia exactamente como cualquier película negativa a color, ya sea por contacto o ampliación, y se pueden producir de manera económica casi todo número de tiradas de copias de películas cartográficas de 240 mm.

Esta película tiene un amplio rango de aplicaciones, y se ha ganado una buena reputación con operadores que necesitan un material que se pueda utilizar en la mayor parte de sus operaciones ya que de esta se pueden obtener una gran variedad de productos que van desde copias de contacto hasta diapositivas de alta definición que pueden usarse en fotogrametría como original si fuese necesario.



Grafica de la respuesta espectral de la película aerochrome 2448

Otro tipo de película importante es el relacionado con las películas infrarrojas que puede ser monocroma o de falso color ya que una película infrarroja es un material con una sensibilidad espectral que se extiende hacia la región infrarroja cercana del espectro electromagnético.

La película monocromática IR, es de similar estructura que a una emulsión pancromática convencional, con una sensibilidad al verde algo deprimida y sensibilizada hasta 920nm.

La habilidad de los sistemas de cámara IR para penetrar el reflejo atmosférico se conoce desde hace años, algunos ejemplos en 1933 se realizaron tomas usando material Kodak Infrared Aero Film desde un avión que volaba a una altitud de 23000 ft, se fotografió el monte Shasta, en California, desde una distancia de 331 millas, en condiciones de niebla y reflejos atmosféricos en donde la montaña era casi invisible y la cámara tuvo que orientarse con compás, el filtro empleado fue un wratten 89 con una anchura de banda de los 700nm en el filtro y 900 nm en la película.

Pronto se vió que la mayor parte de los objetivos de la cámara daban una resolución pobre, para una tomo en el infrarrojo, debido a aberraciones cromáticas que pueden ser compensadas por en esta región, debida a aberraciones cromáticas no compensadas en esa región.

Las películas infrarrojas son útiles para el reconocimiento militar desde posiciones ocultas. Los artificios tales como redes de camuflaje, follaje muerto o puesto al revés con descuido, reflejara la radiación IR cercana a intensidad diferente que el follaje sano, de los árboles y los cultivos el follaje natural, como la vegetación o el pasto y árboles con hojas marchitas contienen clorofila, y es la clorofila o la falta de ella quien determina la salud de la planta y su reflexión de IR.

En prospecciones forestales los procesos de defoliación, clasificación, e inventarios forestales normalmente se llevan a cabo con la ayuda de la fotografía aérea IR.

La curva de sensibilidad para este tipo de película muestra como característica principal un valle o depresión en la región de verde. La película puede procesarse de manera similar a la película pancromática, usando reveladores como el DK-50 (de Kodak) en un carrete de espiral o en unidades procesadoras.

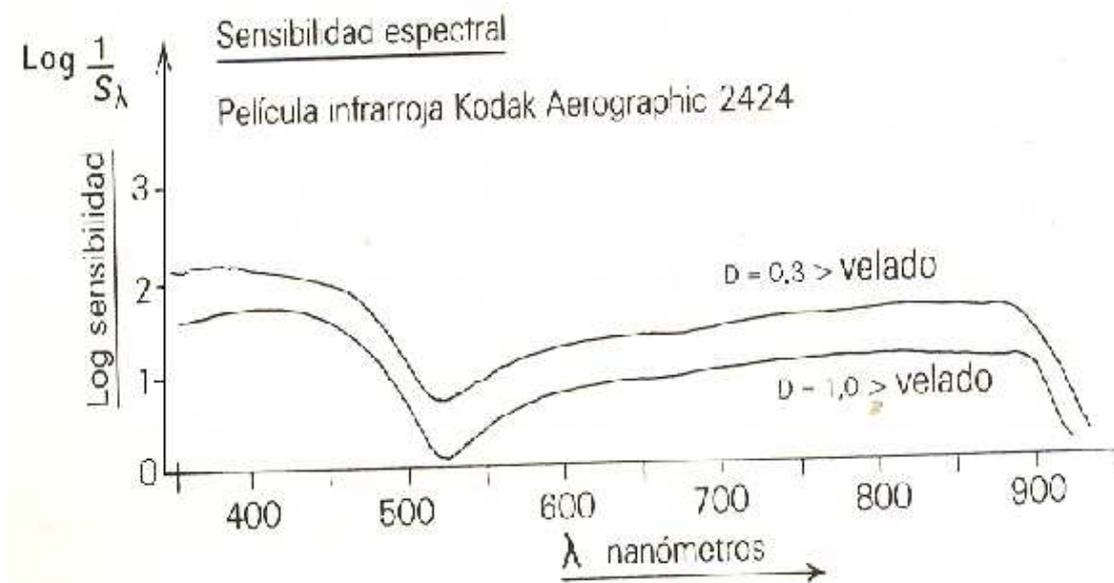
Las películas IR no registran el calor y su función no debe confundirse con las cámaras de escaneo térmico que emplean detectores de Hg Cd Te enfriados a la temperatura del aire líquido.

La película infrarroja reversible de color falso es como lo observado para la película normal del tipo reversible, un material de manera tripack integral, pero difiere de la película reversible en color ordinaria en que los 3 estratos son sensibles a la radiación verde, roja e infrarroja en vez de las usuales azul, verde y roja cuando esta película es procesada por los productos químicos Kodak se puede observar que se forma una imagen amarilla positiva en el estrato sensible al IR los colores azul, verde, rojo aparecen de forma nítida en la diapositiva final, pero con una rendición falsa de colores como es el verde aparece como azules, los rojos aparecen verde y los infrarrojos aparecen como rojos.

La película IR su objetivo principal es el detectar el camuflaje y los artefactos pintados de verde y marrón ya que en estos son factibles de poder pasarse por alto con la película

pancromática, y con una adecuada pintura reflectante de IR incluso en la emulsiones infrarrojas no podían ser discriminadas tan fácilmente.

Con este tipo de película de falso color, las posibilidades de detectar objetos camuflajeados mejoraron notablemente. Los resultados típicos muestran los árboles de hojas perennes sanos como púrpura-azulado. Las hojas muertas o moribundas por lo general se registran como cian, debido a su pérdida de reflectividad al IR, pero cuando las hojas de los árboles de hojas caducas se ponen rojas o amarillas o en otoño, aún mantienen parte de su reflectancia al IR, registrándose como amarillo y blanco.

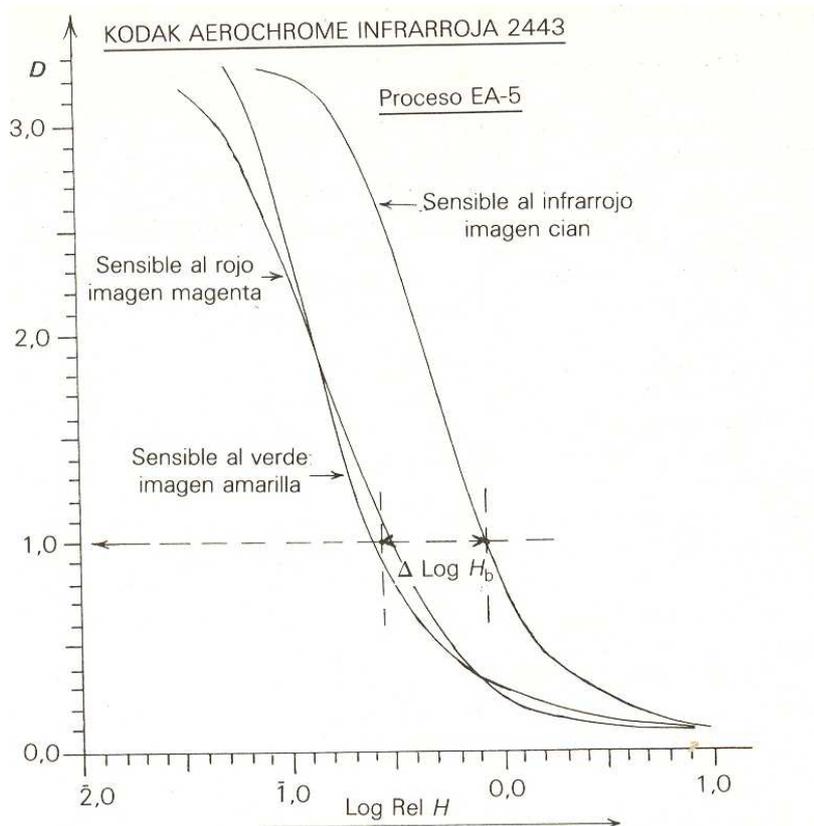


Grafica de la respuesta espectral de la película Kodak aerographic 2424

Una vez procesada la película se puede observar el área uniforme expuesta y revelada de una emulsión se observa bajo aumentos, el gris uniforme que es tan evidente a simple vista se ve ahora que consiste en un gran número de pequeñas fluctuaciones de densidad. Con esto podemos observar la estructura de una imagen desarrollada, compuesta por una distribución aleatoria de pequeños granos de plata que pueden variar desde aproximadamente $0.1 \mu\text{m}$ hasta $10 \mu\text{m}$ que pueden encontrarse suspendidos en gelatinas.

Si esta área de imagen se examina con un densitómetro de una abertura de unos $50 \mu\text{m}$ de diámetro entonces las fluctuaciones en densidad AD puede medirse de la traza del densitómetro para proporcionarnos una cifra conocida como granularidad.

La granularidad es la medición objetiva de las variaciones estadísticas dentro de un área dada de densidad media D , y no se la debe confundir con el término subjetivo para la apariencia conocido como grano. Este es la apariencia irregular o granular de una copia fotográfica que ha sido ampliada excesivamente.



Grafica de respuesta espectral Kodak aerochrome infrarroja

Todos los fabricantes de película aérea publican los valores de granularidad para sus películas, pero no siempre es posible comparar sus cifras si las condiciones de ensayo son significativamente diferentes. Para indicar el grado de calidad de la imagen que puede esperarse de una combinación película-revelador, las cifras de granularidad proporcionan al fotógrafo aéreo una guía útil, como puede observarse en la siguiente tabla.

PELICULA	REVELADOR	GRANULARIDAD
Película Kodak de alta definición 3414	Versamat 885 a 10 Ft por minuto en bastidor	9
Película Kodak panatomic-X- aerocon 3410	Versamat 885 a 15 Ft por minuto en bastidor	19
Película Kodak plus Aerographic 2402	Versamat 885 a 10 Ft por minuto en bastidor	19
Película Ilford FP3 Aérea	Microphen AVI G74c a 30 C	20
Película Agfa Gevaert Avophot 150 PE	Pakotone AVI 674c a 30 C	25
Película Kodak XX 2505 Aerographic	Versamat 885 a 7 ½ Ft por minuto a dos bastidores	26
Película Agfa Gevaert Aviphot Pan 200 PE	Pakotone AVI 674c a 30 C (65 cm por min)	29
Película Kodak Aerographic 2424 infrarroja	Versamat 885 a 10 Ft por minuto a dos bastidores	30

Tabla de películas mas comúnmente encontradas comercialmente para misiones aerofotográficas

Además de tener tablas con la información del fabricante, curva de sensibilidad y tipo de respaldo como se mostraron anteriormente

TEMA IV

PROCESAMIENTO DE REVELADO E IMPRESIÓN DE POSITIVOS

4.1 REVELADO DE PELÍCULA

Todo material fotográfico se compone de una base o soporte que puede ser papel, película o vidrio y de una capa fotosensible constituida por cristales microscópicos de haloideo de plata suspendidos en gelatina cuando este material se expone en la cámara impresora o en la ampliadora, no se produce ningún cambio visible, pero es evidente que la emulsión ha sufrido un cambio invisible que la llamada imagen latente. Para poder obtener una imagen visible aprovechable es necesario proceder con los siguientes pasos:

- Revelar
- Baño de paro o detenedor
- Fijar
- Lavar

Cuando el material fotosensible se somete a una solución reveladora, el agente revelador ataca a los granos expuestos de la imagen latente, libera la plata del haloideo y deposita el metal en forma de granos microscópicos irregulares.

La imagen negra de plata reducida, esta compuesta por una miríada de estos granos. El revelador también reacciona en los granos que no fueron expuestos, pero lo hace tan lentamente que en el tiempo normal del revelado solo se deposita una densidad muy baja de la plata en la áreas no expuestas.

Una vez terminado el revelado debe eliminarse de la emulsión los cristales de haloideo de plata no reducidos, para evitar que se vea la imagen, esta eliminación o fijado se hace tratando la emulsión en una solución de tiosulfato de sodio o amonio, que transforma el haloideo de plata en un compuesto soluble en agua pero que en condiciones normales de uso no tiene prácticamente ningún efecto sobre la imagen de plata ya disuelto el haloideo de plata no revelado, la emulsión queda saturada de compuestos químicos provenientes de el baño fijador y de sales de plata en solución. Si se dejaran en la emulsión estas sustancias químicas se descompondrían provocando el debilitamiento de la imagen y se producirían manchas en la imagen, para evitar esta situación es necesario tener que lavar a conciencia para eliminar estas sales.

Son variadas las fórmulas que componen la solución reveladora como se observa en la siguiente tabla, se encuentran los componentes más básicos que al mezclarse pueden realizar la reducción de los materiales no atacados por la luz.

	<i>20 LITROS</i>		<i>½ GARRAFÓN</i>	
REVELADOR	CONTRASTE	SUAVE	CONTRASTE	SUAVE
TEMPERATURA	60° - 70° C		60° A 70° C	
AGUA	18 LTS	18 LTS	9 LTS	9 LTS
METOL	20gr	400gr	10 gr	200 gr
SULFITO DE SODIO	1200 gr	1200 gr	600 gr	600 gr
HIDROQUINONA	400 gr	20 gr	200 gr	10 gr
CARBONATO DE SOSA O SODIO	1600 gr	1600 gr	800 gr	800 gr
BROMURO DE POTASIO	60 gr	60 gr	30 gr	30 gr
AGUA ADICIONAL	2 Lts	2 Lts	1 Lts	1 Lts

Tabla de componentes químicos de el revelador así como sus concentraciones para sus tipos de contraste

NOTA : Los componentes deben agregarse y disolverse a las temperaturas que se indican y según el orden en el que están enlistados

Existen factores que afectan el revelado ya que la densidad depende de la naturaleza de la emulsión, de la exposición y el grado del revelado con cualquier otra emulsión, la acción de el revelador depende del tiempo y temperatura, del grado de agitación y de la actividad del agente revelador en sí además de su composición, disolución y grado de agotamiento.

En el tiempo de revelado cuando el material expuesto se introduce al revelador este penetra en la emulsión y comienza a reducir la plata metálica en los granos expuestos cuánto más se prolonga el revelado mayor es la cantidad de plata reducida y mas se ennegrece la imagen. También aumenta la diferencia entre densidades de las sombras y de las luces en el caso de materiales negativos el grado de revelado se mide con referencia a la **inclinación media de la porción recta de la curva característica del material, este valor es el que nos indica el índice de contraste.**

Si el revelado se prolonga demasiado, el negativo puede resultar muy denso, además el revelador puede atacar los cristales no expuestos de bromuro de plata y formar un “velo de revelado” que afectaría el detalle de las sombras el revelado debe terminar tan pronto se haya alcanzado el contraste deseado, para seleccionar el tiempo de revelado adecuado deben considerarse las condiciones particulares del revelador y la temperatura de este.

Se hace mucho más intenso a medida que aumenta la temperatura por lo tanto si el revelador tiene baja temperatura la acción de este será mucho mas lenta, por lo que es recomendable aplicar mucho mayor tiempo para no obtener una imagen subrevelada.

Con temperaturas altas la reacción es mas rápida y el tiempo normal incluso provocaría una imagen sobre revelada, estas diferencias en la temperatura puede compensarse dentro de ciertos límites ya sea alargando el tiempo de revelado o acortándolo.

Además de alterar la intensidad de la acción reveladora, la temperatura en la solución produce otros efectos importantes. Con las temperaturas altas la gelatina de la emulsión se hincha y ablanda tanto que puede dañarse fácilmente desprendiéndose de la base o cuarteándose en líneas muy finas de “reticulacion“, todos estos inconvenientes se evitan manteniendo al revelador y a los otros baños a la temperatura adecuada como se muestra en la siguiente tabla

REVELADORES KODAK	LÍMITES DE TEMPERATURA
D-11 , D19 D-61a , D-76	24 ° a 27 °C 27° a 30° C 30° a 32° C
DK-50 DK-60a D-72 (1:1) DEKTOL (1:1)	24 ° a 27 °C 27° a 30° C 30° a 32° C

Tipos de reveladores encontrados comercialmente para el proceso de revelado de papeles comerciales

La agitación que reciba el revelador también influye de una manera muy importante ya que los materiales expuestos se sumergen en la solución reveladora y se deja en completo reposo, la acción reveladora disminuye porque pronto queda agotada la porción del revelador en contacto con la emulsión agitando el material, porciones frescas del revelador hacen contacto con la emulsión y la acción reveladora es constante.

Por lo tanto la agitación afecta notablemente el grado del revelado, pero la mayor ventaja de la agitación es evitar el efecto de la solución sea disparejo o moteado. Sin agitación, la solución agotada y cargada de haloide se desplaza lentamente sobre la emulsión desde las áreas más densas produciendo vetas.

La actividad del revelador depende también de la solución, esta a su vez, es afectada por su composición química y primordialmente por la naturaleza y concentración del agente revelador y el grado de alcalinidad de la solución, así mismo el grado de agotamiento del

revelador afecta directamente su actividad cuando se usa una solución reveladora su poder reductor disminuye paulatinamente, en parte porque el agente revelador se descompone a medida que reacciona con el haloideo de la emulsión para producir plata metálica y principalmente, por la acción restringente de los productos derivados de la acción reveladora. Aun cuando no se use el revelador este pierde parte de su actividad debido a la oxidación aérea del agente reductor.

Los baños detenedores tienen como propósito principal ser un enjuague ácido entre el revelador y el fijador para neutralizar súbitamente la acción reveladora, más aún reduce al mínimo la posibilidad del velo dicróico, elimina los precipitados de calcio que puede formar el revelador además acidifica la película para que al entrar al baño fijador no neutralice la acidez del baño fijador y con ellos destruya sus propiedades endurecedoras, ni dé lugar a precipitados de alumbre u otras impurezas.

El baño detenedor previene la formación de manchas en impresiones y ampliaciones en papel cuando éstas se pasan directamente del revelador al fijador y no se toma la precaución de agitarlas bien en el baño fijador.

El baño fijador además del hiposulfito, que disuelve los haloideos de plata no expuestos, los baños fijadores más eficaces contienen un ácido, como el acético, un agente preservador, que puede ser el sulfito de sodio y uno endurecedor como por ejemplo el alumbre de potasio. El alumbre de potasio endurece la gelatina y así evita que se hinche demasiado en el lavado final, especialmente en climas cálidos. El ácido proporciona las condiciones ideales de endurecimiento y el sulfito de sodio evita que el ácido descomponga el hiposulfito.

Si a un baño de estos se le agrega ácido bórico, aumentan sus propiedades endurecedoras del alumbre y el ácido ayuda a evitar la formación de un sedimento de sulfito de aluminio, que aparece cuando el baño detenedor no llega a neutralizar por completo el revelador transportado en la emulsión

La acción del fijador es la de disolver el haloideo de plata y eliminarlo totalmente de la emulsión. Una buena regla es la de fijar películas y placas por el doble de tiempo necesario para que desaparezca el aspecto lechoso. Así se asegura que las sales de plata puedan ser extraídas de la emulsión y disueltas. En el papel fotográfico no es posible notar el punto de aclaración y es necesario seguir fielmente el tiempo recomendado en las instrucciones. Debe evitarse un fijado excesivamente largo, pues exige un lavado final prolongado para eliminar el hiposulfito. El baño fijador debe actuar simultáneamente sobre toda la superficie de los materiales en proceso esto no sucede si las hojas de película o papel están apiladas, es por eso que estas deben de separarse y agitarse.

A medida que se utiliza el fijador se acumulan los compuestos de plata y estos hacen que el fijador actúen con más lentitud y es poco probable que después elimine las sales de plata totalmente.

Si el uso excesivo del baño requiere doblar el tiempo que se necesita con un baño fresco, es posible que haya perdido su capacidad de eliminar todas las sales de plata, si bien las sales de plata no son visibles a simple vista pero a lo largo del tiempo causan manchas que aparecen en la imagen o el negativo.

Para asegurar un buen fijado sobre todo en papeles fotográficos es conveniente usar 2 baños fijadores, el material se trata con el primero de ellos hasta que se aclare, después se pasa al segundo por un tiempo igual. La mayor parte de la acción aclaradora la hace el primero, y el segundo elimina los últimos vestigios del haloideo. Cuando el primer baño queda agotado se descarta y el segundo pasa al lugar del primero, así se coloca fijador fresco para que siga teniendo la misma acción y fuerza el segundo y en general este proceso.

Los baños fijadores y detenedores por recomendación general no deben usarse hasta su total agotamiento, pues pueden producir de inmediato o después de un largo tiempo, manchas en la imágenes. Un fijador usado en exceso puede quedar neutralizado por la acción del revelar que llevan consigo las mismas películas, deja de ser útil en un muy corto tiempo. Por lo que es recomendable utilizar un baño de fijado para películas y placas y otro para papeles.

El lavado es un proceso que después de eliminar todo el haloideo de plata no revelado, la emulsión queda saturada de sustancias químicas del baño del fijador y con compuestos solubles de plata, ya que si no se eliminan con un buen lavado, estos residuos pueden atacar a la imagen debilitando su densidad y tonalidad.

Es necesario realizar experimentos exactos para saber con rapidez del lavado para determinar los de papeles o películas, usando un recipiente en particular y una determinada corriente de agua. El tiempo de lavado puede acortarse sin sacrificar su efectividad si las superficies de los materiales están bajo la acción de un flujo de agua corriente.

La duración del lavado también depende de la naturaleza y estado del fijador, del diseño del recipiente y de la temperatura del agua. El lavado es menos efectivo a bajas temperaturas y es de limitada efectividad a temperaturas menores a 16°C.

Por regla general puede eliminarse todo el hiposulfito de los materiales negativos con un lavado de 20 a 30 min. si es que el agua fluye con eficiente rapidez para efectuar el cambio por completo del agua de lavado en 5 min. En estas mismas condiciones los papeles deben lavarse no menos de una hora para poder asegurar la total eliminación del hiposulfito los tiempos se miden desde que sumerge la última placa u hoja de papel del lavado, pues las que entran primero absorben hiposulfito que introduce el material que entra después.

Un enjuague previo, antes de introducir los materiales en el recipiente de lavado, elimina el hiposulfito superficial y el lavado es más eficaz.

Los papeles requieren lavado más largo que las películas y las placas debido a la dificultad de eliminar de la base residuos de hiposulfito.

PROCESO DE REVELADO DE PELÍCULA

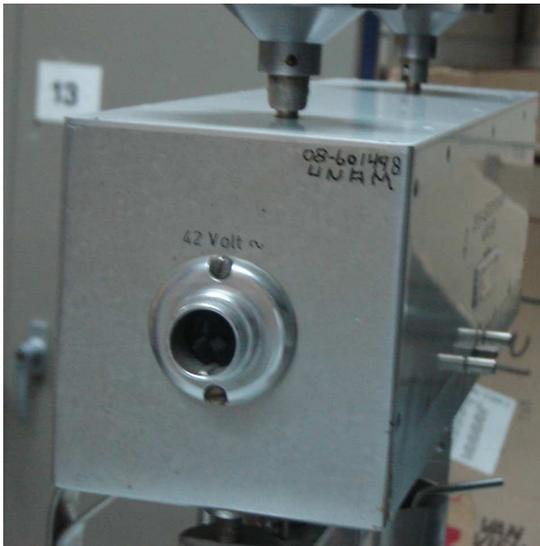
Para el proceso de revelado de películas en rollo como es en el caso de la película aérea, la película puede llegar a medir hasta 200 mts lo más recomendable es seguir la siguiente secuencia:

- Destapar el magazín en donde venga colocada la película
- Colocar el extremo de película sobre el carrete donde se vaya a enrollar colocándolo de manera que queda expuesta la emulsión hacia la parte exterior como se muestra en la imagen esto es para que la acción de los químicos en el momento de pasar la película sea más directo sobre la emulsión y se cierran los seguros con los que cuenta el carrete para que la película no se suelte en el momento que se pase de un carrete a otro.



Carretes mecánicos para el embobinado de la película para su procesamiento químico

Estos carretes cuentan con varias características que a pesar de que su construcción sea muy sencilla es muy eficiente ya que cuentan con orificios en la parte inferior que permiten que no se formen burbujas de aire entre la película y los reactivos para que el proceso sea uniforme en toda la extensión de la película, además cuentan con un motor en la parte superior de estos que permiten que el proceso de pasar de un carrete a otro sea de manera automatizada ya que este puede regularse la velocidad y tener un revelado o fijado controlado, como lo podemos ver en la siguientes imágenes.



A la derecha carrito para revelado donde se pueden observar los seguros y los orificios en la parte superior e inferior

A la izquierda el motor de bobinado automático donde podemos observar la conexión de corriente así como sus interruptores

- Una vez encarretada la película se procede a sumergirla en los reactivos para su revelado estos reactivos deben ser colocados en los tanques debidamente marcados para que en el momento de que se trasladen no se confunda en que recipiente son colocadas es por ello que cuentan con una marca éstos sobre el extremo de cada tanque como se observa en la siguiente imagen.



Tanque con los carretes con la película embobinada para su procesamiento

- En primer lugar la película debe pasar por un baño de humectación el cual puede ser únicamente con agua corriente por aproximadamente 2 min.
- Se procede a cambiar el carrete de recipiente (o cuba de revelado que también se le conoce así) que contiene el revelador y se comenzara a contar el tiempo de revelado, accionando además el motor de rebobinado para que la película tenga movimiento y el revelador se impregne de manera uniforme en la emulsión, con ello se logra un revelado uniforme.
- Una vez terminado el tiempo de revelado se pasa al baño de paro que consiste en baño de agua simple o con el compuesto de ácido acético mínimo para detener la acción del revelador, y no se contamine el fijador.
- Ya que se colocó en el baño de paro se coloca en el baño de fijador para retirar todos los haloideos no reducidos y se fije la imagen.

- Ahora se coloca en el enjuague el cual debe hacerse en agua corriente para limpiar por completo de residuos que hallan quedado del fijar sobre la emulsión de la película y así evitar las manchas en los negativos o el deterioro que puede sufrir la emulsión.
- Por ultimo se cuelga para el secado.

4.2 PROCESAMIENTO DE POSITIVOS.

Las impresiones de calidad exigen procesamiento adecuado del papel fotográfico, y el buen procesamiento se consigue siguiendo correctamente las instrucciones y especificaciones del fabricante. Para obtener buenas impresiones es necesario que la exposición que se use permita alcanzar la densidad deseada en un tiempo relativamente estándar.

Una de las causas más comunes de imágenes borrosas es el revelado incompleto hay la tendencia de interrumpir el revelado en cuanto se observa que el papel se oscurece rápidamente, el resultado es una imagen de muy baja calidad tonal que a menudo aparece moteada por falta de revelado a la inversa, un revelado demasiado extendido, o en una solución agotada, puede provocar manchas amarillas provenientes de los desechos de la oxidación.

Los pasos que hay que seguir para el revelado de las hojas ya expuestas es muy similar a los utilizados en el proceso de revelado de la película, pero para lo que es el proceso del papel es necesario observar las siguientes características.

Como son el tipo de papel ya que éste dependerá si es de una emulsión brillante o mate ya que la solución reveladora actúa de distinta manera en cada uno de los casos en los cuales se encuentran los siguientes:

- Los de base de poliéster y superficie brillante
- Los de base de cartoncillo y superficie mate

Los primeros reaccionan de una forma más lento con el revelador mientras que los segundos reaccionan de una forma mas rápida al revelador es por ello que se debe tener muy en cuenta el tipo de papel que se necesitará utilizar en cada uno de los casos en que se presenten los negativos ya que si éstos se presentaran de una forma muy clara el revelador reaccionará muy rápido con un papel de base de poliéster es por eso que se sugiere que se utilice un papel con base de cartoncillo.

Y en caso contrario si los negativos son muy oscuros se sugiere que se utilice una base de poliéster para obtener mayor contraste aún teniendo estos negativos oscuros, ya que si se

utilizara uno de base de cartoncillo se necesitaría mas tiempo de exposición lo que implica que pueda correrse el riesgo de una sobre exposición.

Es por ello que la impresión se realiza de dos maneras principalmente:

- Por contacto
- Y por proyección

La primera es la que se utiliza principalmente para la fotografía aérea ya que de ésta manera se presentan menos deformaciones que afecten la impresión de la fotografía.

Además de que este tipo de impresión crea positivos del mismo tamaño de que fueron tomados los negativos, además de tener su misma densidad de color y contraste, para imprimir en esta técnica los negativos así como el papel deben estar en contacto emulsión con emulsión para que salgan derechos o más bien orientados ya que si se hiciesen de manera contraria se tendrían impresiones en donde el lado derecho seria el izquierdo y viceversa, las impresoras diseñadas para fotografía aérea se llaman cajas de luz ya que consisten en cajas equipadas con luces de argon o xenón, ya que éstas lámparas se pueden reemplazar dependiendo del material que se este empleando para la impresión, esto es que sea en blanco y negro o se traten de impresiones a color.



Impresora de copias de contacto

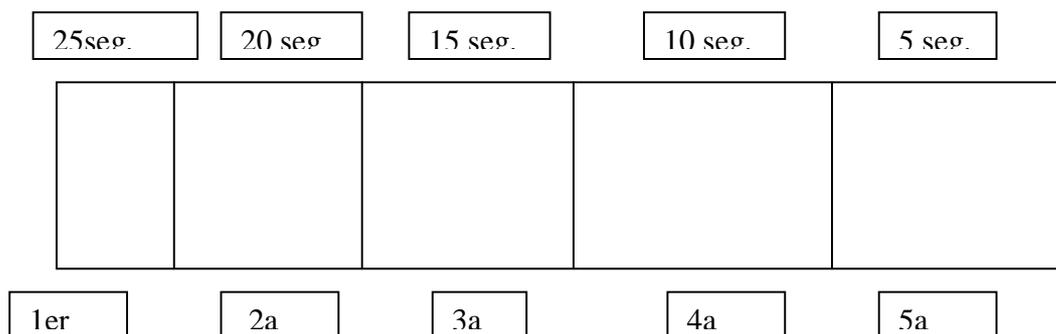
La impresora cuenta con mandos independientes de cada lámpara para poder regular el contraste así como el tiempo de exposición que necesita cada toma, ya que éstas pueden presentar zonas que estén muy claras y zonas que se encuentren demasiado oscurecidas

Dentro de una misma imagen y con la manipulación correcta de encendido o apagado de las lámparas se puede regular de manera más eficiente la luz para poder obtener una imagen de igual contraste.



Mandos frontales que controlan los focos de iluminación interior que imprimen la imagen en el papel de contacto

Para poder verificar esto primero se deben realizar pruebas para verificar que exposición es la correcta se hacen ensayos previamente de los tiempos de exposición que deben utilizarse, esto se realiza con las llamadas tiras de pruebas que consisten en tiras de papel fotográfico divididas en partes proporcionales, y que cuando son expuestas tienen tiempos acumulados en cada uno de sus recuadros, por ejemplo si a cada recuadro se le dieran 5 segundos, el primero tendrá 5 seg. el segundo 5 nuevamente y el tercero final, con esto se tendrá que el primero tenga 15 seg. el segundo 10 y el tercero 5 seg.



Ejemplo de cómo se acomodan los tiempos de manera acumulativa en una tira de pruebas de contacto

Una vez realizada la tira de pruebas se debe proceder a revelarla para poder observar los resultados directos y así poder elegir el mejor tiempo en el cual el positivo no resulte ni tan ennegrecido ni tan claro.

4.3 PROCESO DE COPIADO DE POSITIVOS

El proceso para el papel es similar al de la película ya que la secuencia del proceso es muy similar tanto en el orden de los materiales en su aplicación, con la diferencia que para el proceso del papel el revelador tiene una distinta composición que el utilizado para la película, ya que el utilizado para la película fue compuesto para actuar en bases de poliéster y el de papel en bases de cartoncillo o de bases plásticas, aunque en algunas ocasiones se puede utilizar el mismo químico pero lo mas recomendable es utilizar el químico correspondiente y así poder obtener los resultados mas óptimos posibles.

El proceso a seguir en el papel se puede describir de la siguiente manera:

- **Primero:** se sumerge el papel en agua común para que este se humecte y en momento de introducirlo a los demás químicos estos actúen de una forma más uniforme, el tiempo recomendado de aplicación es de 30 seg. a 1 min.
- **Segundo:** una vez que está humectado el papel se sumerge en el revelador, es recomendable sumergirlo con la emulsión hacia abajo, esto es para que el revelador actúe de forma uniforme en todo el papel, una vez que se sumerge tiene que pasar 15 seg. para que se comiencen a ver los efectos de la imagen, para observarlos se debe voltear el papel con la emulsión arriba, y sumergirle nuevamente, el revelador puede actúa muy lentamente si el químico está frío, y viceversa si el químico esta caliente puede actuar demasiado rápido y no dar tiempo de retirarlo del revelador, una vez que comienza a actuar el revelador se observa el contraste que vaya apareciendo en la imagen y una vez que se tiene un contraste medio se saca la fotografía de el revelador para colocarlo lo mas rápido en el baño de paro.
- **Tercero:** ya que se sacó del revelador y se ha sumergido en el baño de paro se coloca de igual manera que con el revelador, primero con la emulsión hacia abajo para que de igual manera que en los procesos anteriores actúe de forma uniforme, sólo que esta vez es para que detenga de manera violenta la acción del revelador y este quede en el contraste que se ha elegido. El tiempo recomendado para este paso es de 1 min. a 2 min. para que se detenga por completo la acción del revelador además de que se retire lo mas posible, el revelador que se haya impregnado y con ello no contaminar los demás reactivos.
- **Cuarto:** se coloca la copia en el fijador para que se haga permanente la imagen en papel y no se vea afectado por el efecto de la luz cuando se ponga a luz natural. Este reactivo actúa de manera física sobre los halogenuros de plata ya que retira los halogenuros que no se han reducido por el efecto del revelador y que podrían ennegrecer la imagen. El tiempo recomendado es de 5 a 6 min. como mínimo y como máximo es de 15 a 20 min. esto es que si se excede puede absorber demasiado el reactivo y con ello con el tiempo se provocarían manchas en la copia, cosa que se vería irremediablemente permanentes.

- Quinto: este es el paso de el lavado en el cual debe realizarse en agua corriente, esto para que las copias que se vayan ingresando tengan agua nueva y no se vean contaminadas las que ya se encuentren en esta fase, aquí deben permanecer el tiempo necesario para que sean removidos todos los remanentes de los demás reactivos y así no se vea afectada la imagen, por ello se recomienda un enjuague algo prolongado para que no se vea afectada.

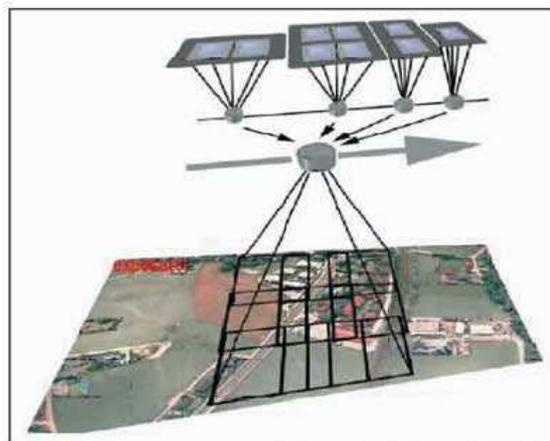
Es recomendable que todos los pasos anteriormente descritos son muy importantes seguirlos al pie de la letra ya que a pesar de que es muy sencilla su aplicación el exceso o falta de alguno podría provocar que no se lograra una imagen uniforme o de acuerdo a las necesidades del proyecto, esto conlleva a que el proyecto se vea afectado por lo que sea un material con pocas utilidades y sea un desperdicio de tiempo y dinero.

4.4 CONFECCIÓN DE FOTO MOSAICOS

Un mosaico de fotografías o foto mosaico es un ensamblaje sistemático de varias fotografías individuales para formar la imagen fotográfica de una región mayor, tiene la apariencia de una gran fotografía y su precisión depende del método empleado en su construcción.

Por ser la unión de varias fotografías individuales, el foto mosaico tendrán las mismas características geométricas que las fotografías así como las aberraciones que ésta tenga cuando fue tomada, por los tipos de aberraciones que la lente pueda tener, así como las deformaciones del papel, y el desplazamiento debido al relieve e inclinación de la fotografía, pero también pueden existir errores debido al ensamblaje sin embargo utilizando las técnicas adecuadas, algunos de estos errores pueden corregirse por medio de de varias técnicas de ortorectificación, y una correcta aerotriangulación que se apoye con un control terrestre muy estricto, así también utilizando fotografías rectificadas con las cuales se puede eliminar el error por inclinación.

Las fotos rectificadas son representaciones en proyección ortogonal del terreno, ya que se obtienen a partir de fotos aéreas.



TEMA V

CONTROL DE CALIDAD.

5.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD

En cuanto a la calidad en los productos terminados que se utilizan en la fotografía aérea es importante no solo observar su estabilidad dimensional que más adelante observaremos sino también son importantes los factores posteriores y durante la toma como son:

- Escala fotográfica, que sus variaciones no pueden ser superiores al $\pm 10\%$, por ello se verifica la escala del plano más bajo, el medio y del más alto, también se verifica la escala entre líneas de vuelo que debido a lo abrupto del terreno puede variar de manera significativa es por ello que debe calcularse también una escala promedio práctica entre ellas mismas.
- La dirección y rectitud de las líneas de vuelo ya que éstas deben estar todas orientadas dentro de $\pm 5^\circ$ de la dirección indicada en el mapa topográfico adjunto que funciona como base.
- Los recubrimientos laterales así como longitudinal deben satisfacer los siguientes requerimientos que son la desviación angular que no debe de exceder de los 3° en la fotografía, por otra parte la desviación horizontal (deriva) no deberá exceder los 5° , y por línea de vuelo los 3° , el recubrimiento lateral deberá ser del 30% del ancho de la fotografía con una tolerancia de $\pm 5\%$, además, se verifica entre líneas de vuelo.

En el cubrimiento longitudinal entre fotografías continuas no debe ser mayor al 55% del lado de la fotografía. El porcentaje óptimo es del 60% $\pm 5\%$. En casos especiales se puede tener un mayor porcentaje de recubrimiento sin reducción de calidad que es lo mas importante para poder obtener el mayor provecho posible de estos materiales.

- La verticalidad o la inclinación del eje óptico de la cámara no debe de exceder de los 3° en vuelos altos, en vuelos bajos aumentará a 4° ó 5° debido a la turbulencia del aire que puede presentarse durante el vuelo, las nubes o sombras también influyen en gran medida ya que estas pueden obstruir la visibilidad o incluso provocar confusiones en la interpretación de los elementos, es por ello que ninguna nube de manera individual debe de cubrir mas del 3% del área de la fotografía y el área total cubierta por nubes en cada fotografía no debe exceder mas del 7%. Las nubes y sombras no deberán cubrir los puntos homólogos ni los puntos principales en tanto se trate de fotografías continuas.
- Los instrumentos deberán cubrir con las especificaciones además de contar con una amplia información acerca del avión, su tipo de motor, carga útil, tiempo de vuelo, etc.

En el caso de la cámara fotográfica el nombre y tipo de cámara, lentes y datos de calibración, temperatura y montaje.

- La rotulación de los símbolos impresos sobre las fotografías por lo que cada fotografía debe contener la siguiente información y deberá especificar la forma en que se harán las numeraciones y con ello, nombre o número del área de proyecto, la fecha de vuelo, número de línea de vuelo, la escala aproximada y la distancia principal de la cámara, con ello al final del rollo de la película también deberá incluirse: nombre y número del área, número de película o rollo, fecha de la película, hora de la primera fotografía y última exposición, número de la cámara, lentes, distancia principal calibrada, y altura de vuelo absoluta.
- La calidad de los positivos es también muy importante en general debe tener evaluaciones cualitativas, por lo que están a juicio del uso que se de al material y definir si un efecto dado afecta o no la aplica. Entre los defectos más comunes se presentan todos los factores que disminuyen la percepción de las imágenes, por citar algunos ejemplos se puede mencionar la mala calidad del material empleado, descuidos en el manejo de estos, la presencia de rayas arrugas o manchas, falta de contraste o incluso el mal lavado y fijado de los mismos.
- En cuanto a la calidad de la impresión, esta debe tener un especial cuidado ya que a pesar de que se obtengan exposiciones de gran calidad, en los procesos de revelado se cometen errores que afectan considerablemente las impresiones fotográficas que se logran. Entre otros casos las técnicas de impresión pueden mejorar algunos aspectos que se presentan en el negativo. En general, el proceso de revelado, fijado y lavado es importante para determinar una buena calidad del material fotográfico.

5.2 CARACTERÍSTICAS, CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES

Los factores que acabamos de mencionar se consideran en la mayoría de los casos antes de la toma de cada fotografía ya que éstos se pueden prever en un 80% ya que no se puede tener cubierta la misión en un 100 %, es por eso que durante la toma se vigilan los siguientes aspectos que pueden llegar a afectarla.

- La manera del cubrimiento, este debe realizarse de manera continua y debe de extenderse mas allá del área específica del proyecto, a fin de garantizar el cubrimiento estereoscópico completo y la formación de mosaicos fotográficos, las líneas no deben interrumpirse, en caso de que eso sucediera la continuación de las tomas deben realizarse 5 exposiciones atrás de la última que se realizó de modo que se pueda asegurar la continuación de la línea.
- La nubosidad es un aspecto que no puede predecirse o controlarse por ello es que se toma en cuenta un porcentaje de tolerancia para ello. Y es que no debe estar cubierta más de un 7% y ninguna nube individual debe cubrir más del 3% del área fotografiada. Las nubes o sombras de las nubes, no deben de cubrir los puntos principales ni sus homólogos, ya que si esto ocurriera no se puede garantizar un buen ensamble en el momento de realizar el fotomosaico o en su

defecto al momento de hacer los piquetes para posicionar el control terrestre y con ello se perdería su rigidez geométrica.

- La deriva es otro aspecto que debe tenerse en cuenta y con cuidado ya que esta puede contraerse directamente con la pericia del piloto con las miras o con el monitoreo GPS en tiempo real que es lo que más se utiliza en la actualidad, con el GPS se puede garantizar que no se excederá en más de 5° de la dirección especificada en el plan de vuelo y la dirección promedio entre líneas adyacentes deberá ser lo más paralelamente posible ya que estará dentro de +/- 5°, y deberá tenerse un especial cuidado para que no se exceda este promedio.
- Los giros durante el vuelo deberán compensar para mantenerse por debajo de los 5°, y se deberán considerar fuera de la especificación una línea de vuelo cuando cualquier serie de dos o más fotografías tengan un giro resultante superior de 10°, medido con respecto a la misma línea de vuelo.
- Altura de vuelo debe de cuidar en mantener, la altura de vuelo real determinada en el plan de vuelo con las correcciones por presión y temperatura del aire, dentro de una variación no mayor que +/- (3% de H-60 M) donde H es la altura de vuelo y M los metros, esto debe ser entre fotografías sucesivas.
- La escala de las fotografías deberá tener un especial cuidado ya que ésta la controla directamente la altura de vuelo y se ve sensiblemente afectada sobre todo con el relieve del terreno, las variaciones en la escala de las fotografías, no deberán ser mayores al 10% en promedio respecto a la escala nominal.

Estos detalles son los que deben cuidarse durante el proceso de toma de la fotografía, ya que a pesar de que algunos pueden controlarse por medio de sistemas de cómputo o por GPS, en algunos casos pueden llegar a ser imprevistos y no poderse controlar de una manera adecuada en su momento, y en algunas situaciones específicas se puede llegar a dar una mejor solución en el momento de la toma que se halla planeado el programa de vuelo, ya que pueden encontrarse desde condiciones climáticas extraordinarias o modificaciones en el terreno que no se observaron en las cartas base que se utilizaron para calcular el plan de vuelo.

Además de que nos marcan también un estándar de calidad que a pesar de que no se encuentra debidamente reglamentado ya que en la mayoría de las veces estos estándares los da la misma experiencia de todos los técnicos que intervienen como son, camarógrafos, pilotos, laboratoristas y los que utilizan el producto final ya que éstos son los que les dan las aplicaciones y los procesos para lo que fueron destinados, y ellos son los que marcan la rigidez que será necesaria para explotar al máximo el producto que en este caso son las fotografías.

Además de estos aspectos técnicos también se encuentran otros aspectos cualitativos que intervienen directamente en la calidad de la imagen y la ortoimagen final depende de factores muy diversos como pueden ser:

- La calidad de la cámara utilizada
- La resolución geométrica, radiométrica y espectral que capture el dispositivo ya sea cámara, scanner o cámara digital

- El factor de amplificación entre la imagen fotográfica y la ortoimagen
- La definición y precisión del modelo digital o analógico
- El método de rectificación diferencial y de remuestreo, la rectificación diferencial puede simplificarse a costa de la pérdida de precisión geométrica, seleccionando una retícula sobre el espacio terreno/imagen es por ello que las imágenes digitales son más fáciles de realizar, esto por el marco digital con que cuenta, ya que en las analógicas es más impreciso por el contar con un rango más amplio de error.

En el aspecto métrico la precisión de la ortoimagen depende básicamente de los parámetros de orientación de las imágenes y del modelo digital. No obstante, el análisis del aspecto métrico requiere el desglose detallado de todos los factores que intervienen en el proceso de generación de la ortoimagen, por lo que la precisión final de la ortoimagen depende de los siguientes aspectos físicos de la cámara:

- El aumento
- La distancia focal de la cámara
- La precisión geométrica (distorsiones) de la cámara analógica y del escáner o de la cámara
- La disposición de los puntos de apoyo
- La exactitud de los parámetros de orientación externa
- El método utilizado en la captura y creación de la imagen, el método de interpolación geométrico y radiométrico en el caso de las imágenes digitales

Si las distorsiones propias de los sistemas de adquisición de las imágenes no incluyen ecuaciones de colinealidad, ya que dichas distorsiones también afectan el producto final.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de calidad geométrica en orto imágenes exige considerar principalmente defectos derivados del modelo en el caso de las imágenes digitales por lo que la precisión de la imagen rectificadas participan los siguientes aspectos en el caso de imágenes digitales:

- Estudios estadísticos convencionales tomando como base los datos de entrada las coordenadas ortoimagen y las coordenadas terreno /objeto de determinados puntos de control
- Análisis de paralaje en pares de ortoimágenes correspondientes a mismos modelos digitales
- Análisis de paralaje en zona de traslape entre las ortoimágenes para la generación de mosaicos
- Análisis de diferencias radiométricas en pares de ortoimágenes o en zonas de traslape

En las imágenes digitales por su propia naturaleza deben de estudiarse los datos de manera electrónica, es por ello que deben de verse de manera concreta los aspectos radiométricos así como los estadísticos de los píxeles, ya que éstos son la unidad que componen estas imágenes.

En el caso de las imágenes digitales están basadas en metadatos, estos aportan una descripción de las fuentes materiales a partir de las cuales se derivan los datos, los medios y los métodos empleados en su elaboración.

Evidentemente, la información que aportan los metadatos debe ser lo más completa posible ya que los usos de la ortoimagen son muy diversos es por ello que los registros mas importantes son en los que intervienen las características de la cámara, la fecha del certificado de calibración que no exceda de 6 meses de calibración, el tipo de película fecha de proceso y condiciones de almacenamiento, fecha de la imagen fotográfica, escala, así como condiciones de captura de la imagen para el caso de imágenes digitales, el tipo de escáner así como el certificado de calibración, y el modo de digitalizar las imágenes, tamaño de píxel, resolución y bandas espectrales.

Es por esto que los metadatos permiten determinar si la calidad es idónea para el uso que se le va a dar al producto final, como puede ser actualización cartográfica, soporte métrico, labores de planificación fotointerpretación, catastro, visualizaciones en 3D y otros como podemos observar en los siguientes ejemplos.

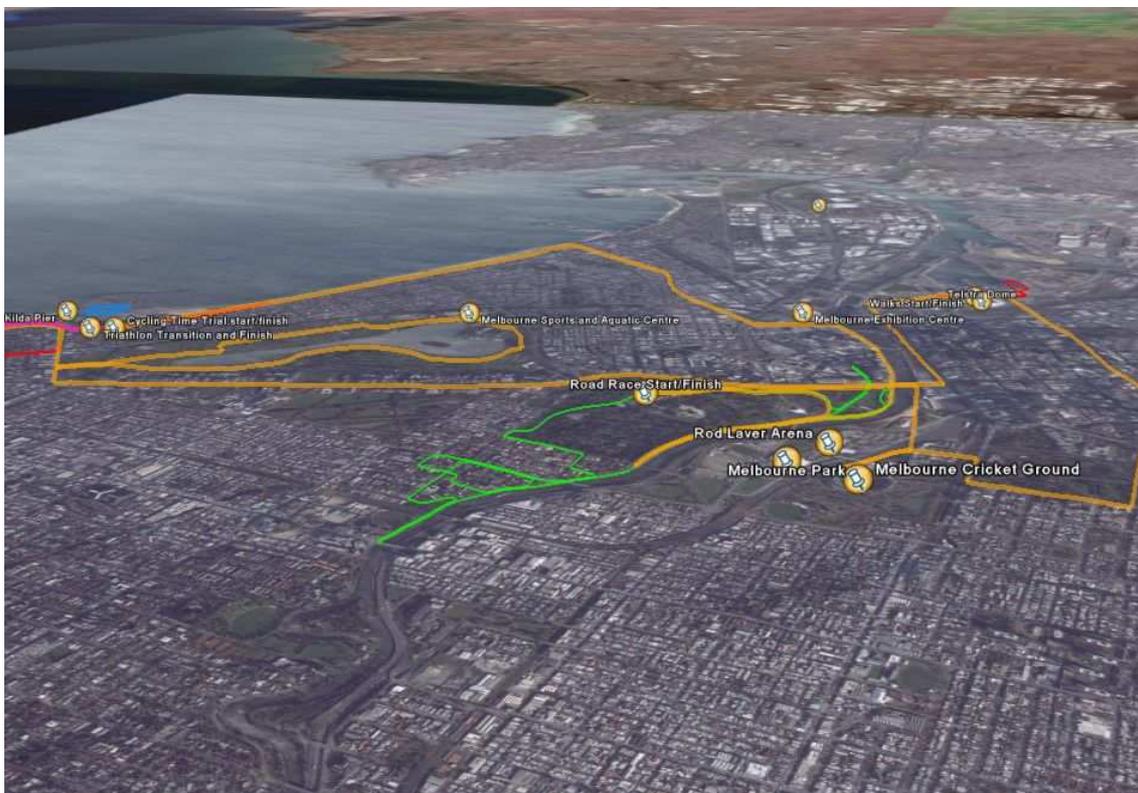


Imagen oblicua utilizada para un sistema de información geográfica

En esta imagen podemos observar como a través de una fotografía oblicua escaneada en alta resolución se puede proyectar un SIG (sistema de información geográfica) siempre y cuando cumpla con los controles de calidad antes mencionados ya que de otra manera no se puede garantizar que tengan la precisión requerida.

Otra aplicación práctica es para realizar imágenes en 3D de manera más burda o de menor resolución como es en el siguiente caso.

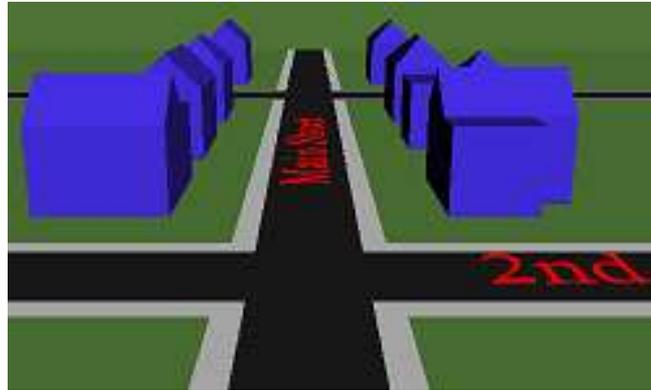


Imagen CAD en 3 dimensiones para croquis de control de calidad

En el cual podemos ver que se utilizó una imagen oblicua pero de menor resolución es por ello que no se puede observar la imagen real y sólo lo vemos como una especie de croquis realizado en cualquier CAD común y corriente.

El control de calidad no solo se reduce a la captura y procesamiento de los productos sino también a los tipos de materiales que se empleen ya que estos afectan directamente el contenido del proceso para la obtención de las imágenes.

La materia que captura la imagen en el sistema analógico es la emulsión que contiene los cristales de plata que se oxidan para formar la imagen, en este caso se puede decir que la emulsión en sí no es una emulsión, ya que está constituida por materia de gel y gelatinas que en el caso de la película de color está compuesta por 3 tipos de gelatina y ésta debe tener repartidos de manera equitativa los compuestos para que la obtención de la imágenes sea lo mas fiel en el caso de usar película de color, en el caso de la película de B/N lo que interesa son los contrastes ya que estos son los que ayudan y permiten observar en mayor o menor detalle la imagen y con ello facilitar el análisis de la misma .

Es por ello que para las películas existen filtros y aceleradores químicos que ayudan a obtener mayor o menor contraste, además de que las películas tienen distintas características dependiendo de la emulsión con la que cuente como es el caso de la emulsión pancromática que por su estructura en los cristales es capaz de captar toda la gama de colores y discriminarlos en tonos de grises, es por ello que la mayoría de películas utilizadas en B/N están sensibilizadas en modo pancromático.

En el caso particular de los papeles se encuentran clasificados en el tipo de respaldo que cuenta, es por ello que de este respaldo depende la manera que se ven afectados químicamente.

Se encuentran clasificados en 2 partes:

- Los baritados que su emulsión se encuentra sobre una base de cartoncillo y su emulsión es mate.
- Los plastificados en lo que su base es plástica y su emulsión es brillante.

Los baritados tienen su ventaja en que pueden durar mucho tiempo por su emulsión mate y pueden realizarse algunos retoques, pero su desventaja es que por tener una base de cartoncillo absorben demasiado los químicos del revelado, es por ello que deben mantenerse en agua de manera controlada, esto por que si absorben demasiada agua pueden sufrir alteraciones en sus dimensiones, además de que su manera de secado debe ser en planchas especiales para evitar arrugas.

Por otro lado los papeles plastificados tiene la ventaja de que no absorben casi el agua y es por ello que no se ven afectados métricamente, por lo que son los mas apropiados para reproducir las fotografías, este tipo de papel es el más utilizado.

Todo esto interviene fundamentalmente en el proceso tanto de toma, revelado e interpretación y cada uno de estos elementos debe ser perfectamente observado para poder obtener un producto final de calidad.

CONCLUSIONES.

La fotografía aérea dentro de la ingeniería topográfica y geodesica es una herramienta muy indispensable y de gran viabilidad en los trabajos de grandes dimensiones ya que esta ayuda a eliminar muchos factores en cuestiones de tiempos y de trabajos exhaustivos que se llevarían si es que estos se realizaran con la topografía convencional.

Por otro lado la fotogrametría tiene bases matemáticas sólidas que llevan a tener unas precisiones que pueden ir del nivel centimetrico, ya que esta apoyada por la geodesia por medio del GPS y de las estaciones totales en el caso del apoyo terrestre, con estas dos herramientas se puede garantizar una rigidez geométrica en los levantamientos fotogramétricos.

Además de que esta técnica sigue evolucionando , ya que hoy día no solo se utilizan las fotografías aéreas convencionales sino que se emplean imágenes de satélite , aunque aun no todos tienen acceso aun esa información ya que estas técnicas en su mayoría de veces es utilizada únicamente de manera académica o de investigación.

Es por ello que es importante que el ingeniero topógrafo geodesta sepa las técnicas básicas con las que se procesan las imágenes , ya que si no se tiene un acceso directo a imágenes digitales se pueden obtener las imágenes con métodos convencionales como son los de la toma con cámara y avión y el proceso con carretes y químicos para el proceso de positivado y con ello tener la capacidad de discernir con ese material y poder transferirlo a medio digitales como se hace en la actualidad.

BIBLIOGRAFIA

- **Fotogrametría moderna analítica y digital**

José Luis Lerma García
Universidad politécnica de Valencia, España
Colección libro docente Universidad politécnica de Valencia, España

- **Topografía y fotogrametría en la practica moderna**

Ternry, Carl-Clof
México, Continental

- **Manual de fotografía**

Ron Graham
Barcelona España
Omega Editores

- **Introducción a la fotogrametría**

Francisco Javier Sifuentes R
Editorial Trillas

- **Manual of photogrammetry**

American society of photogrammetry

- **Técnicas modernas de topografía**

A. Bownister, Sraymond
Editorial Alfa omaga