

Una nueva cámara gran angular para la Aerofotogrametría

Por FRANCISCO MANEK

Ingeniero de Caminos del Politécnico de Viena

COMO en los comienzos de la Aerofotogrametría fué necesario tomar las vistas desde cometas o globos cautivos, y una sola cámara proporcionaba solamente un pequeño campo de imagen, se intentó ampliarlo de modos diferentes: empleando objetivos giratorios (cámaras panorámicas) o varias cámaras laterales dispuestas en forma

turadores y del transporte de las películas. Estas condiciones originan grandes precios de adquisición y ofrecen el peligro de que, en caso de avería de la cámara en países lejanos, muchas veces no podrá arreglarse inmediatamente. La transformación de las vistas laterales al plano de la vista central, o a un plano horizontal, complica y retrasa mucho el trabajo, y exige, además, un aparato transformador. Los términos lejanos en las vistas transformadas no ofrecen muchas veces la nitidez necesaria para los diversos procedimientos fotogramétricos. En vista de estos inconvenientes, Zeiss-Aerotopograph dispuso en los aparatos de restitución unos portaimágenes que corresponden exactamente a las cámaras dobles y cuádruples, quedando así reducidas en parte las complicaciones.

AÑO	1904	1928	1931	1931	1932	1935
Cámara	Scheimpflug	Aschenbrenner	Zeiss-Aerotopograph		Fairchild T-3A	Zeiss-Aerotopograph RMK P 10
Número de lentes	8	9	2	4	5	1
Distancia focal	$f = 15 \text{ cm}$	$f = 5,3 \text{ cm}$	$f = 13,5 \text{ cm}$	$f = 13,5 \text{ cm}$	$f = 15 \text{ cm}$	$f = 10 \text{ cm}$
Inclinación de las cámaras laterales al nadir	50°	60°	20°	27°	45°	—
Angulo total de imagen	140°	140°	83°	83°	140°	$83^\circ 42'$
Fotografías originales						
Fotografías transformadas						

Fig. 1.—Cámaras múltiples y gran angular.

de corona alrededor de una cámara central (cámaras múltiples). Una de las primeras y más conocidas de éstas era la del capitán austriaco Scheimpflug, la cual constaba de ocho cámaras parciales, con un ángulo total de imagen de próximamente 140 grados (véase la fig. 1). La necesidad de transformar las vistas parciales al plano de la central o a un plano horizontal, condujo entonces a encontrar las leyes de la proyección oblicua y a la construcción de los llamados aparatos transformadores.

Mientras que en Europa es escasa la posibilidad de aplicación de tales cámaras, éstas tienen gran porvenir en otros continentes donde existen territorios inmensos y colonias pendientes todavía de su levantamiento. Así, por ejemplo, nos referimos al informe detallado que el capitán Warleta publicó sobre Norteamérica en esta REVISTA (noviembre de 1933). La Cámara Fairchild T-3A, descrita en aquel artículo, así como otras cámaras parecidas, aparecen reunidas en la figura 1. Todas las cámaras múltiples tienen el inconveniente de un mecanismo complicadísimo, que exige un ajuste de mucha precisión y un funcionamiento totalmente sincrónico de los ob-

“El Topogón es un objetivo gran angular de amplitud angular de 105 grados, relación de apertura de 1/6, 3 y distancia focal de 100 milímetros. En una cámara 18 por 18 (fig. 2), este objetivo da un campo de imagen de 93 grados, cuyo círculo de 21 centímetros de diámetro queda cortado por el tamaño de dicha cámara. Por consiguiente, es cierto que se pierden las esquinas extremas (de 1,5 centímetros cada una), pero esto influye solamente

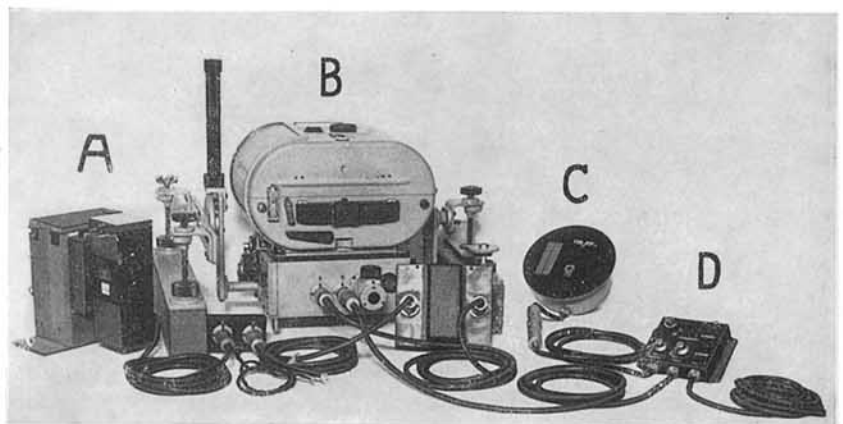


Fig. 2.—La cámara gran angular RMK P 10, 18 por 18 centímetros, de la Casa Zeiss-Aerotopograph, en unión del estatoscopio registrador de Wäisala. A, estatoscopio registrador; B, cámara; C, regulador de superposiciones; D, aparato de navegación.

poco sobre el rendimiento en superficie tomada dentro de las relaciones corrientes de superposición. La reducción de la distancia focal a 100 centímetros se compensa con respecto a la precisión de la toma de direcciones y ángulos por la falta de errores de empalme de las vistas parciales, sin contar con la simplificación de las manipulaciones en la toma, desarrollo y restitución de las vistas.

”Como aparatos adicionales a la cámara, figuran un regulador de superposiciones y un aparato de navegación para mando eléctrico. Además, resulta muy conveniente el empleo simultáneo de un estatoscopio registrador conectado con estos aparatos.

”Para tener la posibilidad de restituir fotografías tomadas con la nueva cámara gran angular, se empleó primeramente para el estereoplanígrafo una cámara gran angular, que sirve para la triangulación aérea en el espacio, así como también para efectuar mediciones en el mismo. Además, se construyeron cámaras gran angulares especiales para el aeroprojector Multiplex. Las dos disposiciones permiten una restitución, sin que haga falta desfigurar en modo alguno el haz de rayos de las fotografías. La restitución se efectúa, por consiguiente, de igual manera que hasta ahora, para vistas corrientes.

”La nueva cámara gran angular adquirirá mucha importancia para la aerotriangulación en unión con la aeronivelación, cuando se halle dispuesta para fotografiar simultáneamente un estatoscopio registrador, así como también las imágenes del horizonte.

”Para probar la nueva cámara gran angular y su capacidad para el levantamiento de países coloniales, se efectuó una serie de vuelos de ensayo. La Compañía de Petróleo Bataaf mandó realizar en Sumatra vuelos de ensayo a las alturas de 2.000 y 4.000 metros. La restitución se efectuó con una aerotriangulación en el estereoplanígrafo, dibujando simultáneamente con la aerotriangulación, un mapa en 1 : 50.000. Los vuelos permitieron algunas comprobaciones, las cuales dieron un error de

cierre de 20 metros en una faja de 16 kilómetros de longitud; como error de cierre de un lazo de 50 kilómetros de longitud, se obtuvo un error transversal de 63 metros y un error longitudinal de 98 metros, mientras el de altura fué de 11 metros para una distancia de 33 kilómetros.”

A continuación se insertan datos sobre estos vuelos:

Vuelos de ensayo en Sumatra

Faja	Altura de vuelo — m.	Escala de la fotografía	Escala del plano dibujado	Duración de la restitución junto a la triangulación y dibujo del mapa — Horas	Superficie dibujada	
					Por hora — km ²	En total — km ²
Núm. 1	2.000	1 : 20.000	1 : 50.000	1	2,7	170
Núm. 2	4.000	1 : 40.000	1 : 50.000	1 1/2	7,8	125

”Mientras que en Sumatra los vuelos fotográficos se hicieron con un estatoscopio, pero sin registrar las alturas de vuelo, durante un segundo ensayo, efectuado en Holanda en unión de la Real Compañía Holandesa de Aviación y el Instituto Geodésico de la Escuela Superior Técnica en Delft, se emplearon la cámara gran angular y un estatoscopio registrador. Saliendo de tres puntos de la costa holandesa se volaron tres fajas de 115, 117 y 126 kilómetros de longitud hacia un punto final común. Solamente se conocían datos geodésicos de la costa y había que determinar la posición y altura del punto final. La posición se obtuvo con un error de 43,4 metros en la dirección x, 45,3 metros en la de y y de altura 6 metros solamente. El examen provisional efectuado hasta ahora de una de estas fajas dió para todos los puntos de comprobación de altura de la faja un error medio de + 9 metros. Para efectuar la aerotriangulación se necesitaban, por término medio, cincuenta minutos por cada vista.

”El progreso esencial que trae la nueva cámara gran angular consiste en que ahora pueden determinarse por aerotriangulación y aeronivelación a grandes distancias no sólo la proyección horizontal, sino también las alturas,

Relaciones geométricas para la cámara gran angular RMK P 10, 18 por 18, de la

DISTANCIA FOCAL <i>f</i> TAMAÑO <i>p × p</i> (TAMAÑO ÚTIL <i>p_o × p_o</i>) <i>p_o = 0,9 p</i>	ALTURA DE VUELO <i>A</i>	ESCALA DE LA FOTO <i>M' = A/f</i>	BASE <i>u_t : 65 %</i>	DISTANCIA ENTRE DOS VUELOS PARALELOS		DIMENSIONES DEL TERRENO TOMADO POR UNA FOTO ÚTIL <i>P_o = p_o M'</i>	SUPERFICIE LEVANTADA								
				TRANSFORMACIÓN UNA SOLA PLACA	TRANSFORMACIÓN O										
					RESTITUCIÓN ESTEREOSCÓPICA			FOTO TRIANGULACIÓN							
					P A R E S D E P L A C A S										
					FAJA		ZONA	FAJA	ZONA AMPLIA						
			<i>u_t : 30 %</i>	<i>65 %</i>		Tamaño total <i>u_t = f</i>	Tamaño útil <i>f</i>	65 % Sencillo	65 % Sencillo	65 % Doble	65 % Doble	65 % Sencillo	65 % Doble		
		<i>0,35 p M'</i>	<i>0,7 p M'</i>	<i>0,35 p M'</i>		<i>P² = (p_o M')²</i>	<i>s = P_o²</i>	0,65 s	0,455 s	0,35 s	0,245 s	0,228 s	0,422 s		
	m		m	m	m	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha		
	10 A	0,63 A	1,26 A	0,63 A	1,62 A	324 (A/1.000)²	262 (A/1.000)²	170 (.....)²	119 (.....)²	92 (.....)²	64 (.....)²	59 (.....)²	32 (.....)²		
<i>f = 10 cm</i>	1.000	10.000	630	1.260	630	1.620	324	262	170	119	92	64	59	32	
	2.000	20.000	1.260	2.520	1.260	3.240	648	524	680	476	368	256	236	128	
18 × 18	3.000	30.000	2.890	3.780	1.890	4.860	972	786	1.530	1.071	828	576	531	288	
	4.000	40.000	2.520	5.040	2.520	6.480	1.296	1.048	2.720	1.904	1.472	1.024	944	512	
16,2 × 16,2	5.000	50.000	3.150	6.300	3.150	8.100	1.620	1.310	4.250	2.975	2.300	1.600	1.475	800	

u_t, superposición en la dirección del vuelo. — *u_t*, superposición en sentido transversal

de una manera económica y con gran precisión. Para esto se empleará principalmente el estereoplanígrafo como instrumento triangulador, y el dibujo del mapa se efectuará ventajosamente con el aeroprojector Multiplex."

En la tabla de Relaciones geométricas se encuentran unos datos aproximados para la toma de vistas con dicha cámara gran angular, como se necesitan para la redacción de presupuestos y comprobación de levantamientos ya efectuados. Para la deducción de las fórmulas de aproximación empleadas en esta tabla, véase *Anales de la Sociedad de Estudios Fotogramétricos*, Madrid, 1930/31.

Al final del citado artículo de von Gruber se encuentra también la descripción esquemática de una aerotriangulación en países coloniales. Aplicándola lógicamente a los territorios de la Guinea española, se obtendrá el siguiente programa de trabajo (véase la fig. 3):

1. A lo largo de la costa se determina en los lugares A_1, A_2, A_3 la latitud y longitud geográfica de un punto bien visible desde el aire, así como también el azimut de la dirección hacia otro punto aerovisible, por lo menos a distancia no inferior a 5 kilómetros. Además de estos trabajos astronómicos, se necesita la medición de una o dos distancias no inferiores a 4 kilómetros, situadas en la proximidad de la estación astronómica, sin que sea preciso que estén ligadas con dicha estación. La costa del mar puede formar la base de salida para las alturas.

2. Estas estaciones astronómico-geodésicas forman la base para la red aérea de primer orden formada por cuadriláteros de 65 a 90 kilómetros de longitud de los lados. En estos cuadriláteros se ha de volar no solamente sobre los lados, sino también sobre las diagonales, de manera que a la serie de puntos A siga a una distancia máxima de 90 kilómetros otra serie de puntos B , e, igualmente, a ésta la serie de puntos C . En las primeras mallas los vuelos entre las estaciones astronómicas ofrecen medios auxiliares para la determinación de constantes de los instrumentos y para mejorar la posición de las

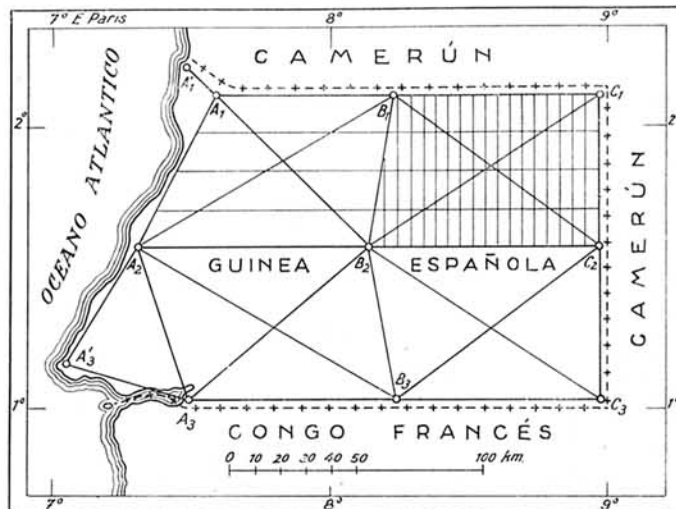


Fig. 3.—Representación esquemática de un levantamiento aerofotogramétrico de la Guinea española.

mismas estaciones astronómicas, cuya precisión de sus distancias deducidas de mediciones astronómicas, y por errores de desviación de la plomada, es más pequeña, muchas veces, que la que se puede lograr mediante una nivelación aérea. Desde los puntos A_1, A_2, A_3 se determinan también las vértices auxiliares A'_1 y A'_3 por procedimientos fotogramétricos o topográficos.

3. Las fajas de vuelo de primer orden forman la base aérea para una red de segundo orden y dan, al mismo tiempo, los puntos nodales para su empalme. La red de segundo orden consiste en fajas de vuelos aproximadamente paralelas a distancia de unos 20 kilómetros, efectuándose el vuelo dentro de cada malla cuadrilátera. Entre las fajas de segundo orden se realizan los vuelos para las fajas de tercer orden para el levantamiento topográfico. Además, las fajas de segundo orden sirven para la orientación del aviador, de manera que éste pueda disponer los vuelos de 20 kilómetros de longitud, sin dejar lagunas, entre los deseados puntos iniciales y finales (para 4.000 a 5.000 metros sobre el terreno a distancias de 5 a 6 kilómetros).

4. Siguiendo estas disposiciones, la formación de un mapa 1:50.000 con curvas de nivel de la Guinea española (28.000 kilómetros cuadrados) exigiría el siguiente rendimiento:

Casa Zeiss - Aerotopograph

NÚMERO DE VISTAS			PUNTOS DE APOYO			
TRANSFORMACIÓN O			TRANSFORMACIÓN O RESTITUCIÓN ESTEREOSCÓPICA	FOTO TRIANGULACIÓN		
Restitución estereoscópica	Foto triangu.			FOTO TRIANGULACIÓN		
FAJA de 10 km.	ZONA de 10 km ²		65 % sencillo	65 % sencillo		
65 % Doble	65 % Doble	65 % Doble		65 %		
fj	30 %	65 %	30 %			
28.570 P_0	4.080 s	8.160 s	DISTANCIA MEDIA $D_1=0,68 P_0$	NÚM. PARA $S=100 \text{ km}^2$ $\frac{S}{D_1^2}$	DISTANCIA MEDIA $D_2=0,23 P_0$	NÚM. PARA $S=100 \text{ km}^2$ $\frac{S}{D_2^2}$
17.630 A	$(\frac{4.000}{A})^2$	$2 (\frac{4.000}{A})^2$	1,10 A	$(\frac{9.090}{A})^2$	0,37 A	$(\frac{27.000}{A})^2$
18	16	32	1 100	83	370	729
9	4	8	2.200	21	740	182
6	2	4	3.300	9	1.110	81
4	1	2	4.400	5	1.480	46
4	1	1	5.500	3	1.850	29

a la dirección del vuelo.

Red aérea	Longitud de las fajas de vuelo — Kilómetros	Número de las fotografías	Duración de la restitución	Instrumentos empleados
Primer orden..	1.850	740	Doce meses	Un estereoplanígrafo
Segundo orden	1.150	400	Ocho meses	Un estereoplanígrafo
Tercer orden..	4.800	1.000	Cuatro años	Tres aeroprojectores Multiplex
	7.800	3.100		

Estos datos se refieren, como se ha dicho, al caso de que toda la zona se represente uniformemente por planos con curvas horizontales. Pero esta necesidad existe solamente para una zona del territorio, que la estimamos, por ejemplo, en la cuarta parte, mientras el resto de la colonia podría representarse por simples fotoplanos (sin altimetría), y sería fácil, por consiguiente, levantar desde el aire la Guinea española mediante una cámara gran angular dentro de un solo año.