

DETERMINACION DE PUNTOS TRIGONOMETRICOS DE SEGUNDO ORDEN

E. HORVAT y R. RODRIGUEZ
Instituto Geográfico Militar

La investigación realizada tuvo por objeto incorporar instrumentos electrónicos de medición de distancias, en combinación con los instrumentos ópticos clásicos, para la determinación de puntos de segundo orden.

Se experimentaron tres métodos: dos de ellos, agregando cuatro puntos más en cada cuadrilátero de primer orden, de igual precisión a la que tienen los de segundo orden. Los resultados obtenidos se compararon con los de la solución clásica.

Se introdujeron torres livianas de aluminio, fácilmente transportables, que permitieron obtener buenos resultados en la medición angular cuando la velocidad del viento es inferior a 3m/s.

Del desarrollo del trabajo surgieron las normas a tomar para alcanzar la precisión deseada.

Los reducidos errores medios de las coordenadas de los puntos determinados, y los bajos costos de las operaciones, hacen recomendable el empleo de cualquiera de los métodos experimentados.

An experience has been carried out in order to combine electronic and optical instruments for distance measurements when determining second order point stations.

Three methods have been experimented. In two of them four stations are added to every first-order quadrilateral, all those points having a second-order precision. Results so obtained have been compared to the ones obtained through the classic solution.

Light aluminum towers, easy to transport, have been employed allowing fair angular measurement results when wind velocity was lower than 3 m/sec.

Rules to be taken into account to achieve the desired accuracy evolved from the investigation.

1 Objeto de la experiencia

Ensayar nuevos métodos para determinar puntos de segundo orden mediante el uso de instrumentos electrónicos de medición de distancias, en combinación con los instrumentos convencionales (teodolitos de 0", 2) y comparar sus resultados con el método clásico, que consiste en medir direcciones desde puntos de primer orden hacia un punto de segundo orden y desde éste hacia los primeros (Fig. 1). . Fue examinado, asimismo, el comportamiento de la torre de aluminio North, modelo T1000.

2 Desarrollo del trabajo

Para cumplir la investigación fue elegida la Zona de General Pinedo (Chaco), donde el IGM está ejecutando su triangulación; allí el terreno es llano y el bosque se alterna con el cultivo.

Métodos ensayados: Fueron experimentadas tres soluciones: intersección combinada de arcos y rectas, intersección combinada múltiple y sistema poligonal.

- a) En el método de la intersección combinada de arcos y rectas, las mediciones angulares solo se efectuaron en el punto de segundo orden, agregándose la medición de las distancias entre este punto y los de primer orden (Fig. 2).
- b) La segunda solución –intersección combinada múltiple– se resolvió incorporando cinco puntos, cuatro de los cuales fue menester ubicar próximos a las líneas que unen los puntos de primer orden y, aproximadamente, en la mitad de la distancia que los separa. La figura 3 ilustra el caso e indica los elementos medidos.
- c) Los elementos que corresponde medir en el sistema poligonal se muestran en la figura 4. La posición de los puntos 021; 022; 023 y 024 no exige condiciones especiales.

En todos los casos las observaciones se efectuaron sobre torres North, en los puntos nuevos, y sobre torres de hierro IGM en los puntos de primer orden.

Reconocimiento: Los proyectos se volcaron sobre un mosaico fotográfico, comprobándose en el terreno la posición relativa de los puntos y la calidad de las visuales; fue suficiente trabajar con alturas de torres entre 12 y 15m.

Medición angular acimutal: Se llevaron a cabo según el método de Schreiber, obteniéndose resultados satisfactorios cuando la velocidad del viento era inferior a 3 m/s.

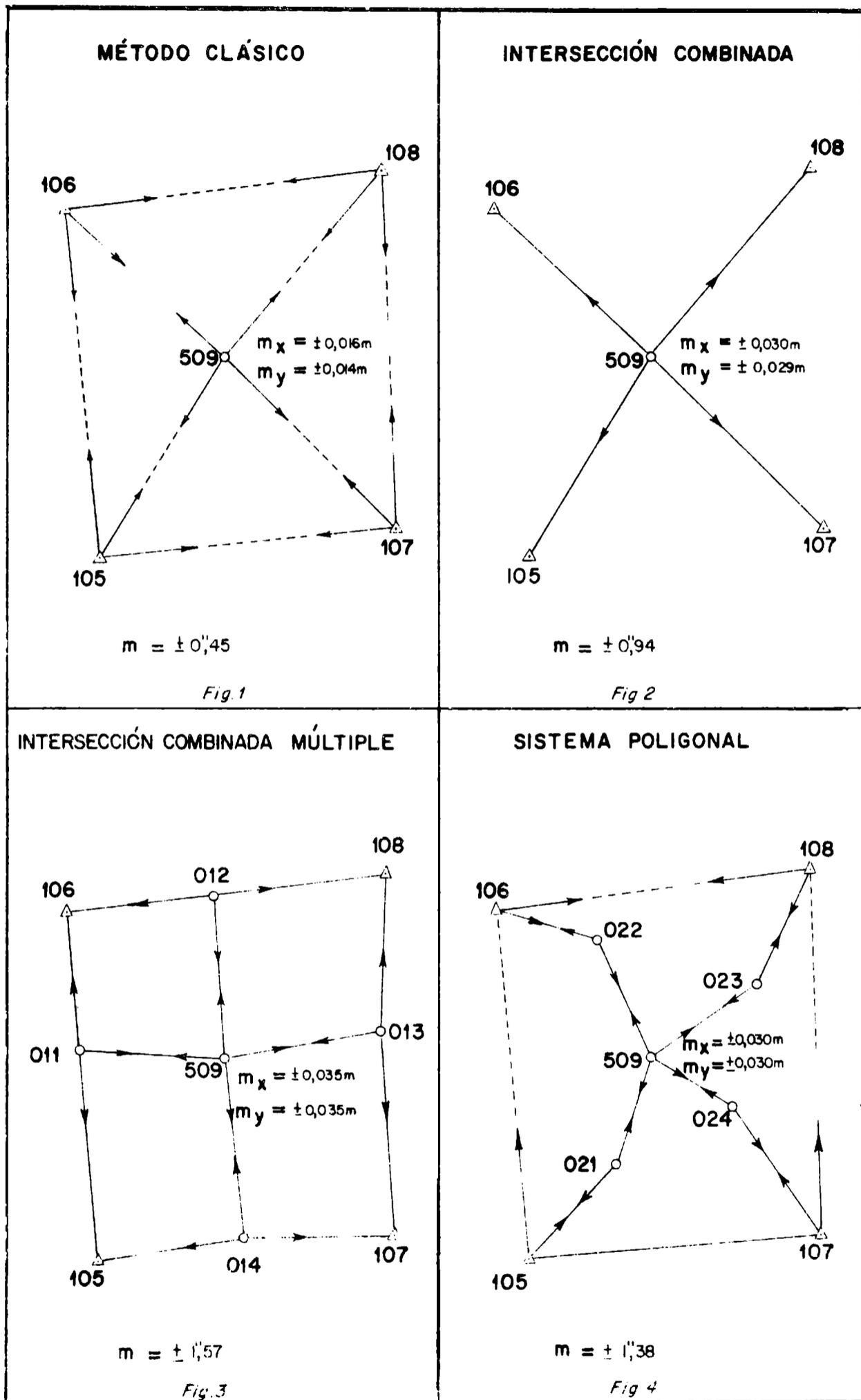
Medición angular cenital: En todos los casos en que se observaron ángulos horizontales, se midieron asimismo los verticales.

El objeto fue determinar los desniveles, al solo efecto de reducir los lados medidos al horizonte y al nivel del mar.

Medición Lineal: Las distancias fueron medidas con el telurómetro MRA 3. Las operaciones pudieron cumplirse durante todo el día, favoreciendo así la organización del trabajo.

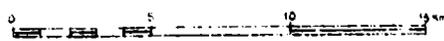
Centración, señalización y pilares de acimut: La determinación de los elementos de centración debió ser cumplida en cada oportunidad en que se ocupó una torre North. Las bisecciones en las mediciones angulares fueron efectuadas sobre señales emplazadas en la plataforma de observación de la torre North, siendo propósito del IGM construir un suplemento que permita colocar la señal sobre la torre exterior, centrada sobre la marca, para observaciones simultáneas.

Todos los puntos incorporados se acompañaron del respectivo pilar de acimut.



REFERENCIAS

- PT de primer orden: \triangle
- PT de segundo orden: \circ
- Línea medida
- > Dirección medida



RESUMEN DE RESULTADOS

PUNTO	m	y	m _y	P _y	x	m _x	P _x
1 Método clásico							
509	± 0", 45	9999, 314m	± 0, 014m	1056	10000, 270m	± 0, 016m	812
2-Intersección combinada							
509	± 0", 94 (0, 047m a 10km)	9999, 259m	± 0, 029m	1027	10000, 150m	± 0, 030m	996
3- Intersección combinada múltiple							
011		2466, 422m	± 0, 038m	1734	11150, 481m	± 0, 036m	1909
012	± 1", 57	9998, 877	0, 036	1918	18642, 911	0, 038	1681
013		18169, 179	0, 040	1514	11007, 508	0, 039	1596
014	(0, 076m a 10km)	10304, 123	0, 034	2134	696, 542	0, 037	1779
509		9999, 267	0, 035	2043	10000, 332	0, 035	1976
4- Sistema poligonal							
021		7837, 427m	± 0, 031m	1993	4652, 205m	± 0, 032m	1915
022	± 1", 38	7569, 203	0, 027	2615	16353, 785	0, 030	2186
023		15762, 138	0, 031	1984	13459, 934	0, 030	2177
024	(0, 067m a 10km)	14045, 942	0, 032	1825	7340, 806	0, 032	1901
509		9999, 278	0, 030	2107	10000, 291	0, 030	2174

3 Cálculo.

Los cálculos preliminares comprendieron las siguientes operaciones: compensación de los ángulos en cada estación, corrección de las distancias por la influencia de las condiciones meteorológicas, reducción de los mismos al horizonte y al nivel del mar, reducción de ángulos y distancias al plano de proyección, correcciones por excentricidad.

La compensación se resolvió por el método de variación de coordenadas.

Resultados

Del desarrollo del trabajo puede extraerse una serie de experiencias y conclusiones que exponemos a continuación.

Para las tareas de **reconocimiento** es conveniente no sobrepasar de 12 a 15 m las alturas de las torres, para favorecer la medición angular. El traslado y la erección de las torres livianas resultó una operación rápida.

En lo que respecta a la **medición angular** deberá procurarse una mayor estabilidad de la torre North para aumentar sus posibilidades de utilización.

Respecto a la **medición lineal** resulta conveniente tomar las siguientes precauciones.

- a) Controlar la correcta emisión y modulación de las señales.
- b) Verificar el comportamiento de barómetros y termómetros.
- c) Efectuar las lecturas en los instrumentos meteorológicos con el mayor cuidado.
- d) Contrastar los instrumentos electrónicos al iniciar y al finalizar el trabajo.

Con relación al último punto conviene recordar la necesidad de la fijación de una base de contraste, no sólo para estos equipos, sino también para los de primer orden. Tener presente la Resolución N° 8 del Comité de Geodesia del IV Congreso Nacional de Cartografía.

En el **cálculo de compensación** es necesario tener presente que se trabaja con un sistema mixto de unidades, las resultantes de la medición de las distancias y de los ángulos. Corresponde, entonces, introducir una relación correcta de pesos y reducir los términos independientes de las ecuaciones de error a la misma unidad (segundos o radianes).

En nuestro caso adoptamos como base una distancia de 10 km (promedio de los lados medidos) con un error de 10 cm que angularmente corresponde a 2''

Los errores medios de las coordenadas de los puntos se muestran en la planilla de resultados.

Para la **organización de la comisión** prevemos la siguiente composición:

- a) **Personal:** tres técnicos, un capataz, cinco o seis peones y dos choferes.
- b) **Instrumentos básicos:** dos teodolitos de 0,2 tres instrumentos electrónicos de medición de distancias, dos teodolitos de reconocimiento, tres equipos de radio de corto alcance.
- c) **Vehículos:** Una camioneta adaptada al transporte de la torre y dos camiones.
- d) **Torres:** cinco de 15 m, suponiendo que se encuentren montadas las torres en los puntos de primer orden.

Para una comisión como la prevista en el párrafo anterior puede estimarse un rendimiento promedio de 9 puntos por mes (dos figuras).

El gasto ocasionado por las operaciones de campaña resulta sensiblemente bajo. Se aprecia que el costo de cada punto se reducirá, respecto del método actual, en algo más del 70%. Téngase en cuenta, además, que en los casos de las figuras 3 y 4 se agregan cuatro puntos en cada cuadrilátero.

5 **Conclusión**

En definitiva puede expresarse, que cualquiera de los métodos que se elija, es una solución favorable para la triangulación de segundo orden. La decisión en la elección del método estará definida por las necesidades particulares de cada caso.

La intersección combinada múltiple, no sólo cumple con esa finalidad, sino que también proporciona la longitud de los cuatro lados de cada cuadrilátero de primer orden, o de los tres lados si son triángulos simples, elementos nada despreciables para aumentar la precisión de la triangulación fundamental.