

POLIGONALES DE ALTA PRECISION

Saúl Berendorf - Antonio L. D'Alvia

Instituto Geográfico Militar

República Argentina

RESUMEN

En la década del 70, se estudió y aplicó una estructura de poligonación, denominada de Alta Precisión como extensión de la red fundamental de triangulación.

Esta estructura, tenía como antecedente que respalda una muy buena calidad, el sistema poligonal, realizado por E.E.U.U., superponiéndolo sobre su red fundamental en una extensión aproximada de 40.000 km y con el objeto de dar escala a su red satelitaria y controlar su triangulación geodésica de primer orden.

Las características de esta estructura, los trozos de cadena efectuados, tolerancias fijadas y la comparación de costos, son los aspectos básicos de este trabajo.

ABSTRACT

In the seventies a traversing structure was studied and applied. It was called of High Accuracy as an extension of the triangulation fundamental network.

This structure had an antecedent which backs a very good quality, the traversing system performed by the U.S., overimposing it on its fundamental network of an approximate length of 40,000 km to scale its satellite network and control its first order geodetic triangulation.

The characteristics of this structure, the segments of chain performed, tolerances set and the cost comparisons are the basic aspects of this paper.

OBJETIVO DE LA PRESENTACION

El objeto de esta presentación es informar sobre las poligonales de alta precisión y los motivos que dieron lugar a su ejecución.

FUNDAMENTOS

En muchas oportunidades se ha planteado la siguiente pregunta:

¿Qué se debe exigir para que una red cumpla con los objetivos para la cual fue proyectada?

La respuesta sería:

Lograr un tipo de red que se adapte funcionalmente a las características geográficas y económicas del país y satisfaga simultáneamente los objetivos científicos nacionales e internacionales.

Dentro de esquemas clásicos, la estructura ideal para redes fundamentales es la triangulación con todos sus ángulos y lados medidos, y con el aporte de suficientes determinaciones astronómicas, cumpliría sin duda, con los requerimientos de la geodesia.

Este tipo de estructura es muy costosa, fundamentalmente en las etapas de reconocimiento y medición angular dado que la medición lineal incide levemente en el costo.

Por lo expuesto, un proyecto de red debe ser ejecutado atendiendo objetivos científicos y prácticos, ajustado a los aspectos geográficos de un país y tratando de lograr, como resultado, que la precisión y economía se conjuguen integralmente.

Por la extensión del territorio argentino y su geografía física, una solución constituyó la denominada "Poligonal de Alta Precisión", tal como se desprende de la comparación en tiempos y costos que se indica más adelante.

Resulta necesario efectuar comentarios sobre dos factores técnicos que inciden sobre la calidad de un sistema de triangulación fundamental y que por su importancia constituye también el fundamento del porqué se debió abandonar el encañamiento clásico de triángulos reemplazándolo por el de la poligonal arriba mencionada.

El primer factor se apoya en el trabajo del Ingeniero ESTEBAN HORVAT, "Investigación sobre la Precisión de la Triangulación Fundamental", donde pone de manifiesto los inconvenientes estructurales de la red argentina. Según el autor debe admitirse un error sistemático en la mencionada red, provocado por el hecho de no medir los ángulos en variadas condiciones atmosféricas, al efectuarse en períodos relativamente cortos (2 ó 3 días), sintiéndose la influencia de circunstancias existentes de carácter unilateral y por lo tanto sistemático.

Lo expuesto permite suponer que la triangulación fundamental clásica consistis

tente en cuadriláteros o triángulos con bases invar cada 200 km aproximadamente tiene un grave inconveniente estructural, solucionable si a las cadenas ya medidas anteriormente se pudiese agregar la medición de los lados (trilateración) o por lo menos un lado de cada figura en el sentido de la cadena, tarea que realizó el IGM a partir de la incorporación de electrodistanciómetros.

Respecto al segundo factor, es conocido el hecho que la desviación de la vertical influye sobre las direcciones medidas en forma distinta punto a punto, alcanzando valores significativos en circunstancias especiales.

La determinación del valor de un ángulo para el cálculo de triángulos, se efectúa en función de direcciones acimutales medidas en el terreno y afectadas por la desviación vertical, las cuales deben por lo tanto reducirse al pasar a la superficie de referencia o sea al elipsoide, mediante una conocida expresión matemática.

No escapa, que esta reducción debe hacerse antes de la compensación y es fundamental para toda red que pretenda ser utilizada con fines científicos.

Este cálculo exige conocer las componentes de la desviación de la vertical en todos los puntos de la red, en que los ángulos de altura de las direcciones adquieren un valor superior al grado sexagesimal.

El actual proyecto de red y su efectiva realización, muestran una distribución de puntos astronómicos en general cada 2 grados de latitud por 2 de longitud, en algunos casos en cadena meridiana cada grado, pudiéndose por lo tanto interpolarse linealmente la desviación de la vertical cada 100 ó 200 km con las consecuencias negativas que ello puede acarrear.

Concluyendo, a nuestra red, hasta tanto se defina algún otro procedimiento, se le deberá aumentar la cantidad de los puntos astronómicos, para resolver por esos medios la determinación de la desviación.

A propósito de lo expuesto se estima conveniente transcribir la conclusión del trabajo efectuado por TH. N. KRASSOWSKY y M.S. MOLODENSKI sobre la determinación de la forma del geoide y publicado en el Folleto de Divulgación N° 11 del Instituto Geográfico Militar, que dice:

"Del presente trabajo se saca la conclusión de que en la deducción de las distancias del geoide respecto al elipsoide adoptado para la triangulación, es posible la limitación a una cantidad relativamente reducida de puntos astronómicos, si se emplea simultáneamente el material del relevamiento gravimétrico general. Los puntos astronómicos de las cadenas de triangulación establecidas para el traspaso de las alturas del geoide en terreno llano, pueden ser determinados a distancias de 70 - 100 km, mientras que para la nivelación astronómica se requiere distancias recíprocas de 10 - 20 km para los mismos.

En el nuevo procedimiento aquí considerado, debe conocerse la distribución de la gravedad para una franja de 100 - 150 km de ancho a cada lado del tiro de nivelación astronómico-gravimétrico. En el centro de la franja los puntos deben formar una red densa; hacia las márgenes la densidad puede disminuir hasta estar

por debajo de la normal.

En regiones con levantamiento gravimétrico que no ostentan lagunas, el traspaso de la altura del geóide puede llevarse a cabo con ayuda de los puntos astronómicos existentes".

Teniendo en cuenta los fundamentos expuestos y la necesidad de no producir dentro de las partidas asignadas a la "Ley de la Carta" una grave incidencia para trabajos de triangulación, trilateración y gran cantidad de puntos astronómicos, el Instituto Geográfico Militar adoptó la estructura de "Poligonal de Alta Precisión" como solución técnico-económica más favorable.

A continuación se exponen los antecedentes que permitieron apoyar la ejecución de esta poligonal en el Instituto Geográfico Militar.

Los primeros antecedentes corresponden a informaciones provenientes del TOPOCOM (USA) sobre la intención de desarrollar una estructura poligonal denominada transcontinental que cubriendo el territorio de EE.UU. permitiría dar escala al sistema satelitario y controlar su red de triangulación fundamental.

Posteriores informes comenzaron a dar resultados de las mediciones efectuadas, cuyos valores correspondientes a un circuito de 1.200 km se muestran en la Lámina N° 1.

Por estos valores y en función de un estudio de prefactibilidad el IGM proyectó a partir del año 1979 la ejecución de una estructura sensiblemente similar, en reemplazo de los cuadriláteros o triángulos con lados medidos. La figura de encadenamiento la constituye un romboide alargado, que denominamos diamante y cuya configuración se indica en la Lámina N° 2.

En la Lámina N° 3a se pueden apreciar las diferencias de tareas, organización y tiempos, para un trozo de 200 km de cadena, entre el método convencional y el actual. Es necesario señalar que si bien la menor cantidad de PT sería aparentemente desfavorable, a los efectos prácticos esto se soluciona con mayor economía con la red de densificación geodésica. La Lámina N° 3b muestra la diferencia en cantidad de trabajo por cada figura de avance.

En la Lámina N° 4 se muestran las diferencias entre los dos métodos de la cantidad de tareas a cumplir.

En la Lámina N° 5, y en concordancia con la anterior, se comparan tiempos y valores económicos a una fecha determinada. Se puede comprobar que las economías producidas, alcanzan en viáticos y sueldos a un 58%, pudiendo alcanzar un 80% incluyendo otros gastos.

Asimismo con respecto a resultados provisionales, los cierres angulares y lineales de figura han sido en general buenos, oscilando los primeros entre 1"3 y 0"5 y los segundos entre 8 cm y 5 cm.

Finalmente en la Lámina N° 6 se muestra el anillo 1P, conformado por un trozo de cadena convencional y tres trozos de cadena poligonal diamante.

El cierre planimétrico obtenido por cálculo provisional fue de 1,18 m en 645 km, resultando un error relativo de $\frac{1}{645.000}$

CONCLUSION

La posibilidad de efectuar una estructura a un costo 4 veces menor, ha permitido con parte de esa economía, intensificar la cantidad de puntos astronómicos y en consecuencia disponer de mayor cantidad de datos para efectuar las correcciones mencionadas, reduciendo simultáneamente los costos de los trabajos.

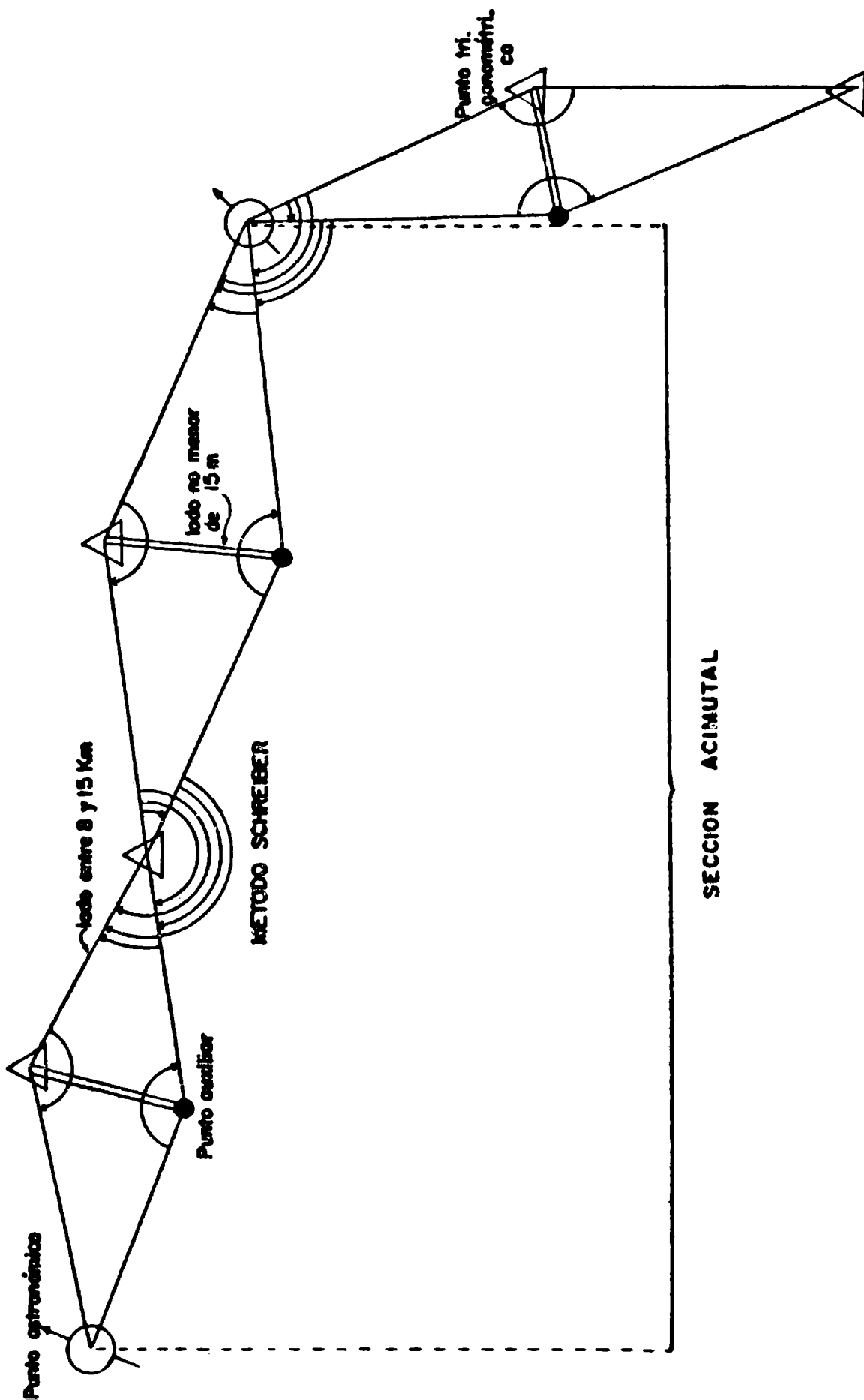
LAMINA Nº 1

VALORES OBTENIDOS EN UN CIRCUITO DE 1200 KM DE POLIGONAL DE ALTA
 PRECISION EFECTUADA EN ESTADOS UNIDOS :

	Circuito
Error de cierre de una figura de diamante	0".70
Máximo error de cierre de una figura de diamante	2.16
Promedio de corrección e una dirección	0.21
Error máximo de corrección e una dirección	1.16
Promedio de corrección al azimut de Laplace	0.54
Máxima corrección al azimut de Laplace	0.96
Error probable de una dirección observada	0.24
Promedio de error de la observación con geodómetro (cm)	0.4
Máxima corrección de una observación con geodómetro (cm)	1.6

LAMINA N° 2

POLIGONAL DE ALTA PRECISION
Encadenamiento de figuras características geométricas y elementos medidos



LAMINA N° 3a

PLANILLA COMPARATIVA DE TAREAS_ORGANIZACION_ TIEMPOS PARA UN TROZO DE
200 Km DE CADENA FUNDAMENTAL :

METODO	TAREAS	ORGANIZACION				TIEMPO COMISION	MESES COMISION			
		JEFE	AYTE	CHOFER	PEON		JEFE	AYTE	CHOFER	PEON
CONVENCO - NAL	Reconoc. de triang.	1	3	4	9	4 meses	4	12	16	36
	Medic. ang. y lineal	1	2	3	7	4,5	4,5	9	13,5	31,5
	Montaje y desman.	1	-	2	10	2,5	2,5	-	5	25
TOTAL CONVENCIONAL		3	5	9	26	11	11	21	34,5	92,5
POLIGONAL DE ALTA PRECISION	Reconocimiento - Medición angular y lineal - Mont. y desmontaje de to- rres.	1	5	5	16	2,5	2,5	12,5	12,5	40
DFERENCIA		2	-	4	10	8,5	8,5	8,5	22	52,5
% EN MENOS		66%	0%	44%	38%	77%	77%	40%	64%	57%

GRAFICO DEMOSTRATIVO DE CANTIDAD DE TRABAJO POR CADA FIGURA DE AVANCE

METODO TRIANGULACION CON LADOS MEDIDOS

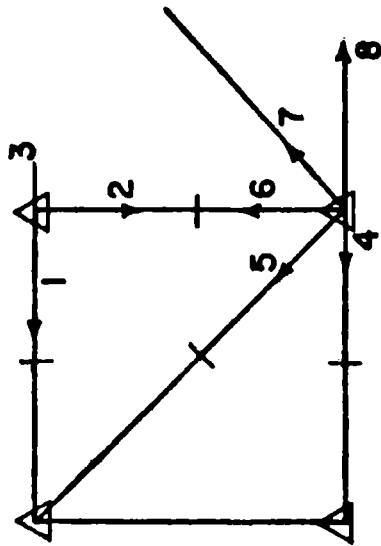


FIGURA ESTRUCTURAL

METODO DE POLIGONAL DE ALTA PRECISION

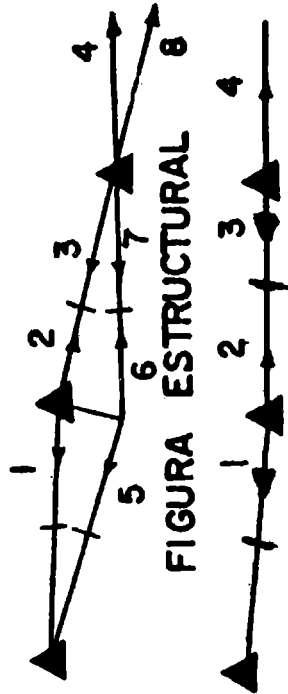


FIGURA EQUIVALENTE POR MAGNITUD DE TRABAJO

→ dirección acimutal medida.

┆ lado medido.

Peso de medición angular: 9

LAMINA N° 4

PLANILLA COMPARATIVA DE CANTIDAD DE TRABAJO EN UN
TROZO DE CADENA DE 200 km

METODO	PUNTOS A DETERMINAR	DIRECCIONES NUEVAS A RECON. Y MEDIR	LADOS A MEDIR	FIGURAS DE AVANCE
CONVENCIONAL	22	88	44	11
POLIGONAL DE ALTA PRECISION	16	32	16	8
DIFERENCIA % EN MENOS	6 27%	56 64%	28 64%	3 27%

PLANILLA COMPARATIVA DE COSTOS DE
VIATICOS Y SUELDOS

FUNCION	VALOR MENSUAL		TIEMPO EN MESES		COSTO		
	VIATICOS	SUELDOS	TOTAL	METODO CONVENCIONAL	POLIG. ALTA PREC.	METODO CONVENCIONAL	POLIG. ALTA PREC.
JEFE	60 000	70 000	130 000	11	2,5	1 430 000	325 000
AYTE	51 000	60 000	111 000	21	12,5	2 331 000	1 387 500
CHOFER	45 000	35 000	80 000	34,5	22,5	2 760 000	1 000 000
PEONES	—	20 000	20 000	92,5	40	1 850 000	800 000
DIFERENCIA						8 371 000	3 512 500
% EN MENOS						485 000	58 %

ADEMAS SE DEBE CONSIDERAR : MENOR GASTO EN MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES.

MENOR GASTO DE COMBUSTIBLE Y MANTENIMIENTO.

AMORTIZACION DE EQUIPOS Y VEHICULOS.

MENORES GASTOS GENERALES.

