



**PRIMER TALLER DE BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE**

FIRST SCIENTIFIC AND TECHNICAL WORKSHOP OF LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN UNIVERSITY LIBRARIES

UNIVERSIDAD DE LA HABANA CUBA.

CDU : 528, 521

**TRATAMIENTO DE LAS MEDICIONES ANGULARES REALIZADAS CON UN TEODOLITO DESNIVELADO**

Ing. Norberto Ferrera Alba, Instituto Superior Minero Metalúrgico, C.Dr .  
Alejandro Chibunichev, Instituto de Minas de Leningrado.

**DIRECCION DE INFORMACION CIENTIFICO TECNICA**  
UNIVERSIDAD DE LA HABANA, Habana 4, Cuba.

**DIRECTION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION**  
HAVANA UNIVERSITY, Habana 4, Cuba

Telex: 051-2210

Telf: 7-5573

RESUMEN

ABSTRACT

*En este trabajo está representada la teoría de las intersecciones geodésicas inversa y directa, para las mediciones angulares realizadas con el teodolito inclinado (desnivelado). Se demuestra con los resultados experimentales que la inclinación del teodolito no influye en la precisión de la determinación de las coordenadas de los puntos. Para resolver este problema solamente hay que introducir en el programa de mediciones no menos de tres puntos de apoyo que permitan determinar la posición espacial del teodolito.*

*This paper presents the Geodesic theory of inverse and direct intersections, for measurements of angle realized with an inclined (unlevelled) theodolite. It is shown, by experimental results, that inclining the theodolite does not affect the coordinates determination accuracy. For solving this problem, it must only be introduced, in the program of measurements, at least three supporting points that allow determining the theodolite spatial position.*

*Este método puede ser aplicado en todos los casos cuando se realizan las mediciones de los ángulos horizontales y verticales y sobre todo en los casos en que hace falta realizar mediciones bajo un gran ángulo de inclinación del tubo visual del teodolito (en minería subterránea), ó cuando es imposible nivelar el equipo por ejemplo, en el borde de una nave.*

*This method can always be applied when measuring horizontal and vertical angles, and above all, when it is necessary to realize measurements under a large angle of inclination of the theodolite viewing-tube (in underground mining), or when it is impossible to level the equipment, for example, on the verge of a nave.*

.....  
SI USTED ESTA INTERESADO EN PARTICIPAR ENVIENOS ESTE TALON

Nombre \_\_\_\_\_

Dirección postal \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_

Tengo interés en presentar ponencia Si  No

Tengo interés en presentar un curso postevento Si  No

A veces en la práctica surge la necesidad de realizar mediciones con gran ángulo de inclinación de rayo visual del teodolito (por ejemplo, en la minería subterránea). Actualmente estas mediciones se efectúan con ayuda de unos teodolitos especiales que tienen el dispositivo para realizar las observaciones con gran inclinación del tubo visual del teodolito; pero estas mismas mediciones se pueden llevar a efecto con teodolito normal inclinado a cualquier ángulo (es decir sin nivelarlo) y aplicando la teoría del tratamiento de tal tipo de mediciones que aparece a continuación. En algunos casos es imposible realizar las mediciones con teodolitos nivelados cuando el teodolito está instalado en una base móvil (por ejemplo en una nave). En estos casos también se pueden realizar con dicha teoría.

El sentido de esta teoría [1], está en lo siguiente: a la hora de realizar las mediciones con teodolito inclinado se miden los ángulos horizontales  $\beta$  y verticales  $\gamma$ , hacia los puntos de apoyo con las coordenadas  $X, Y, Z$ . A partir de esta información se halla la posición y la orientación angular del teodolito en el momento de medición, es decir se resuelve la intersección inversa. Después conociendo esta orientación para dos posiciones del teodolito, se resuelve la intersección directa para todos los puntos a determinar

que fueron medidos con teodolito inclinado.

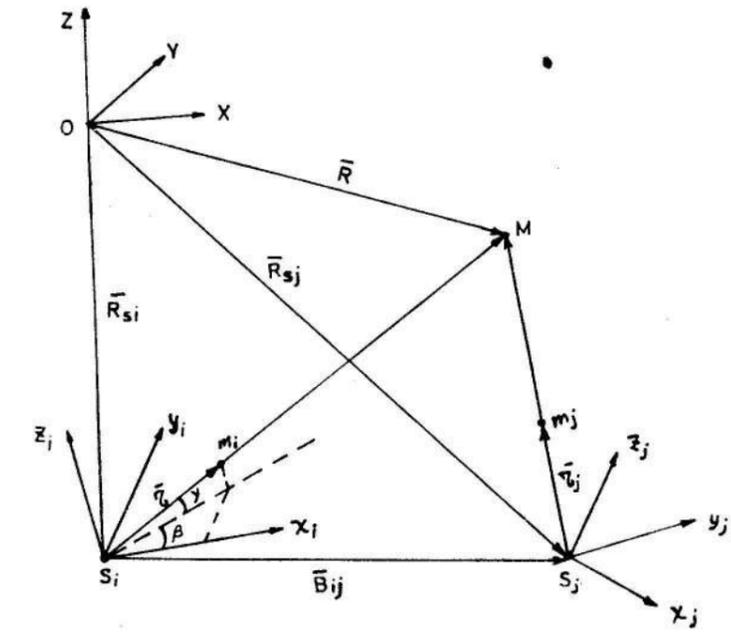
Vamos a considerar brevemente la teoría de estas intersecciones. Esta teoría está basada en las vinculaciones geométricas que existen entre los puntos y líneas de diferentes sistemas de coordenadas.

Estas vinculaciones aparecen en la Fig. 1

En la Fig. 1  $S_i X_i Y_i Z_i; S_j X_j Y_j Z_j$  son sistemas de coordenadas de los teodolitos instalados en los puntos  $S_i$  y  $S_j$ ;  $OXYZ$  es el sistema de coordenadas del objeto. Los vectores  $\vec{R}_{S_i}$  y  $\vec{R}_{S_j}$  determinan la posición de  $S_i$  y  $S_j$  puntos  $S_i$  y  $S_j$  respecto al sistema de coordenadas  $OXYZ$  y el vector  $\vec{B}_{ij}$  - su posición recíproca. El vector  $\vec{R}$  define la posición del punto del objeto  $M$ , con relación al sistema de coordenadas  $OXYZ$ .

En los sistemas de coordenadas  $S_i X_i Y_i Z_i$  y  $S_j X_j Y_j Z_j$  de los teodolitos, se efectúan las mediciones de los ángulos horizontal  $\beta$  y vertical  $\gamma$  sobre un punto del terreno  $M$ . El origen de cualquiera de estos sistemas  $S$ , coincide con el punto de intersección del eje de rotación del tubo visual y del eje visual. El eje "Z" coincide con el eje de rotación del teodolito, el eje "X" está en el plano del limbo horizontal del teodolito y coincide con la dirección inicial; el eje "Y" completa el sistema de coordenadas hasta el derecho.

Los ángulos  $\beta$  y  $\gamma$  son las coordena



das esféricas que determinan la dirección del vector  $\vec{SM}$ . La dirección de este vector se puede determinar también según las coordenadas rectangulares del vector unitario  $\vec{t}$ , que coincide con el vector  $\vec{SM}$ . Las coordenadas rectangulares del vector  $\vec{t}$  se pueden calcular según la fórmula (ver fig 1):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma \\ \sin \beta \cos \gamma \\ \sin \gamma \end{bmatrix} \quad (1)$$

De la figura 1 se desprende que los vectores  $\vec{SM}$  y  $\vec{t}$  son colineales, por eso para ellos debe cumplirse lo siguiente:

$$\vec{SM} = N \cdot A \cdot \vec{t} \quad (2)$$

donde  $N$  es un escalar,  $A_i$  es una matriz rotacional que determina la orientación angular del sistema de

coordenadas del teodolito  $S_{xyz}$ , respecto al sistema de coordenadas  $OXYZ$ . Los elementos de esta matriz rotacional son los cosenos directores que dependen de los ángulos de inclinación del teodolito ( $\alpha, \omega, \kappa$ ) respecto al sistema de coordenadas  $OXYZ$ .

De la ecuación (2), se obtiene el valor de  $\tau$  como:

$$\tau = N^{-1} A^T \cdot \vec{SM} \quad (3)$$

donde  $A^T$  es la matriz transpuesta de  $A$ .

Teniendo en cuenta que  $\vec{SM} = \vec{R} - \vec{R}_S$ , la expresión (3) se puede escribir en forma de coordenadas:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = N^{-1} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X - X_s \\ Y - Y_s \\ Z - Z_s \end{bmatrix} = N \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \end{bmatrix} \quad (4)$$

donde  $x, y, z$ , son componentes del vector  $\vec{r}$ , es decir, las coordenadas del punto  $m$  calculadas por la fórmula (1) XYZ, son los componentes del vector  $\vec{R}$ , es decir, las coordenadas del punto  $M$  en el sistema de coordenadas OXYZ;  $X_s, Y_s, Z_s$  son las coordenadas del punto  $S$  en el mismo sistema de coordenadas OXYZ;  $a_{ij}$  son cosenos directores que se calculan según las fórmulas conocidas de fotogrametría [2].

Resolviendo (4) por componentes, se puede eliminar el escalar desconocido  $N^{-1}$  y como resultado obtener:

$$\begin{aligned} x = y & \frac{a_{11}(X - X_s) + a_{21}(Y - Y_s) + a_{31}(Z - Z_s)}{a_{12}(X - X_s) + a_{22}(Y - Y_s) + a_{32}(Z - Z_s)} \\ z = y & \frac{a_{13}(X - X_s) + a_{23}(Y - Y_s) + a_{33}(Z - Z_s)}{a_{12}(X - X_s) + a_{22}(Y - Y_s) + a_{32}(Z - Z_s)} \end{aligned} \quad (5)$$

Estas fórmulas se pueden utilizar para resolver la intersección inversa, es decir, para calcular las coordenadas  $X_s, Y_s, Z_s$  y los ángulos  $\alpha, \omega, \mu$  de la orientación angular del teodolito en el espacio.

Para hallar estos seis elementos de

orientación del teodolito, las ecuaciones (5) desarrollan en serie Taylor y pasan de estas ecuaciones a las de corrección:

$$\begin{aligned} b_1 \delta X_s + b_2 \delta Y_s + b_3 \delta Z_s + b_4 \delta \alpha + b_5 \delta \omega + b_6 \delta \mu + l &= v \\ b_1^1 \delta X_s + b_2^1 \delta Y_s + b_3^1 \delta Z_s + b_4^1 \delta \alpha + b_5^1 \delta \omega + b_6^1 \delta \mu + l^1 &= v^1 \end{aligned} \quad (6)$$

donde  $b_1, b_2, \dots, b_6$  son derivadas parciales de las funciones (5) respecto a las variables correspondientes;  $\delta X_s, \delta Y_s, \dots, \delta \mu$  son las correcciones de los valores aproximados de los elementos de la orientación del teodolito;  $l, l^1$  son los términos libres, los cuales se calculan según las fórmulas:

$$\begin{aligned} l &= (x) - x \\ l^1 &= (z) - z \end{aligned}$$

$(x), (z)$  son las coordenadas del punto  $m$ , calculadas según (5) utilizando los valores aproximados de los elementos de orientación de teodolito.

$x, z$  Son las coordenadas del mismo punto  $m$ , calculadas por los ángulos medidos según (1).

Las ecuaciones (6) se forman para cada dirección medida hacia el punto de apoyo con las coordenadas XYZ conocidas. Después este sistema de ecuaciones se resuelve bajo la condición  $V^t V = \min$ , por el método de las aproximaciones sucesivas. Como resultado se obtienen los valores más probables de los elementos de

la orientación del teodolito. De esta manera se hallan estos elementos para dos puestas del teodolito  $S_i$  y  $S_j$ .

Al conocer los elementos de orientación de los teodolitos, se resuelve la intersección directa para determinar las coordenadas de los puntos a determinar. Para eso se puede utilizar la misma fórmula (5), como fue hecho en (1) o resolver este problema con otra vía, utilizando las siguientes fórmulas que se obtienen del análisis de la fig. 1:

$$X = NX_i', \quad Y = NY_i', \quad Z = NZ_i' \quad (7)$$

donde:

$$N = \sqrt{\frac{(B_{y_j} Z_j' - B_{z_j} Y_j')^2 + (B_{x_j} Y_j' - B_{y_j} X_j')^2 + (Y_i' Z_j' - Z_i' Y_j')^2 + (X_i' Y_j' - Y_i' X_j')^2 + (Z_i' X_j' - X_i' Z_j')^2}{(Y_i' Z_j' - Z_i' Y_j')^2 + (X_i' Y_j' - Y_i' X_j')^2 + (Z_i' X_j' - X_i' Z_j')^2}}$$

$$\begin{bmatrix} X_i' \\ Y_i' \\ Z_i' \end{bmatrix} = A_i \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} X_j' \\ Y_j' \\ Z_j' \end{bmatrix} = A_j \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \\ z_j \end{bmatrix}$$

$B_x, B_y, B_z$  son los componentes del vector  $B_{ij}$

$$\begin{aligned} B_x &= X_{sj} - X_{si}, \quad B_y = Y_{sj} - Y_{si}, \\ B_z &= Z_{sj} - Z_{si} \end{aligned}$$

La deducción de las fórmulas (7) se lleva a cabo análogamente a las fórmulas para intersección fotogramétrica directa [2].

Según la teoría antes mencionada de un algoritmo y programa para la computadora NEC, en lenguaje de programación BASIC.

Para investigar este método fue creado un polígono con 9 puntos. Las coordenadas de estos puntos se determinaron por las tradicionales intersecciones geodésicas directas. Para eso fue utilizado un teodolito de segundos THEO-010 y un programa específico confeccionado para eso. La precisión con que fueron obtenidas las coordenadas de estos puntos de apoyo, aparecen en las primeras dos columnas de la tabla No. 1.

Los puntos de este polígono fueron medidos con este mismo teodolito dos veces, primero con el instrumento nivelado y el segundo con el inclinado a unos  $3^\circ$  desde dos puntos de la base de 19 m. La distancia promedio entre los puestos del instrumento y los puntos del polígono fue de 50 m.

En la tabla No. 1 aparecen los resultados de valoración de precisión obtenida para dos casos. Los errores medio cuadráticos de los ángulos medidos fueron obtenidos a partir de las diferencias de los ángulos medi-

dos en dos series. Los errores medio cuadráticos de las coordenadas de los puntos, fueron calculados por las diferencias de estas coordenadas en los puntos de apoyo y de control.

"z" del teodolito (fig. 1), de una medición a otra. Pero según la teoría de este método, la posición en el espacio del eje "z" puede ser

CDU: 535. 372: 543. 862

TABLA 1

Precisión de las coordenadas de los ptos. de apoyo. (M)	Teodolito nivelado					Teodolito inclinado			
	Precisión de los ángulos medidos	Precisión de las coordenadas de los ptos. (M)	Precisión de los ángulos medidos	Precisión de las coordenadas de los ptos. (M)	Precisión de los ángulos medidos	Precisión de las coordenadas de los ptos. (M)	Precisión de los ángulos medidos	Precisión de las coordenadas de los ptos. (M)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_x$	0,001		"	$m_x$	0,003		"	$m_x$	0,004
$m_y$	0,004	$m_\beta$	16,1	$m_y$	0,0011	$m_\beta$	21,5	$m_y$	0,04
$m_z$	0,001	$m_\gamma$	6,6	$m_z$	0,002	$m_\gamma$	21,6	$m_z$	0,006

Como muestra esta tabla, la inclinación del teodolito no influye en la posición para determinar las coordenadas de los puntos. La precisión un poco reducida del teodolito inclinado en comparación con el teodolito nivelado, es provocada por la menor precisión de las mediciones de los ángulos (compara las columnas 4 y 8), que fueron realizadas con teodolito desnivelado. Todo eso conjuga con la teoría y muestra que el método es correcto y algoritmo y programa funcionan bien.

En conclusión hay que decir, que utilizando este método no se recomienda aplicar el teodolito con el nivel compensador de la visual, porque a la hora de inclinar el teodolito algunos grados y realizar las mediciones en diferentes direcciones, el compensador trata de cambiar la posición del eje vertical

cualquiera, pero estable durante todas las mediciones realizadas en la estación del teodolito.

REFERENCIAS

1. FORBIR N., Y. y OTROS : *Fotogrametría*. Moscú, Edit. Mir, 1982.
2. MIJAYLOV, A. y OTROS : "Método analítico del tratamiento de las observaciones angulares", en *Geodesia y aerofotolevantamiento*.

## LOS ESPECTROS CUASILINEALES COMO METODO DE IDENTIFICACION Y DETERMINACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS EN ROCAS Y RESIDUOS DE LA PRODUCCION

Lic. Elsy A. Ferrer G., Lic. Guillermo Rosario A., Instituto Superior Minero Metalúrgico.

RESUMEN

ABSTRACT

Se explican las posibilidades de empleo de los espectros cuasilineales en la determinación de hidrocarburos aromáticos presentes en rocas, minerales, aguas residuales y subterráneas, y en los residuos de la producción.

Se analizan los principios físicos de obtención de estos espectros y presentan los resultados experimentales obtenidos.

Here it is explained the use of quasi-linear spectra for determining the occurrence of aromatic hydrocarbons in rocks, ores, industrial wastes and underground water, and residues from production.

Physical principles for attaining these spectra, as well as, experimental results presented.