

CDU: 528.48:69.059:22

CONTENTS

Guenadi Andreevich Golovin y Juan F. Yolf M. OBSERVATIONS ON THE SETTING OF FOUNDATIONS FOR ENGINEERING STRUCTURES OF "ERNESTO GUEVARA" NICKEL PLANT ..... 3

Roberto Blanco T., Gilberto Sargentón, Elio Rodríguez y Roberto Watson Q. : VARIATION OF ROCK STRENGTH CHARACTERISTICS WITH TIME AND UNDER THE ACTION OF DIFFERENT LIQUIDS .. .....14

Norberto Ferrera A. y Alejandro Chibunichev : TREATMENT OF MEASUREMENTS OF ANGLE WITH UNLEVELLED THEODOLITE .....25

Elsy Ferrer G. y Guillermo Rosario A. : CUASI-LINEAR SPECTRA AS A METHOD FOR IDENTIFYING AND DETERMINING AROMATIC HYDRO-CARBONS IN ROCKS AND WASTES FROM PRODUCTION .....31

Evelio Evans G., Odalys Ramos R. : CONSIDERATIONS ON SEMI-INDUSTRIAL GRINDING OF IRON ORES FROM SANTIAGO DE CUBA .....43

Antonio R. Chang C. y Armin Mariño P. : CONSIDERATIONS ON THE THERMODYNAMICS OF THE AMMONIA-CARBONATE LEACHING. I<sup>st</sup> PART .....55

OBSERVACIONES DE LOS ASENTAMIENTOS EN LOS CIMIENTOS DE LOS OBJETOS INGENIERILES DE LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO GUEVARA, MOA

Ing. Guenadi Andreevich Golovin, Instituto Superior Minero Metalúrgico.  
Ing. Juan F. Yoli Mateos, Instituto Superior Minero Metalúrgico.

RESUMEN

ABSTRACT

*Se informan los resultados de las investigaciones realizadas en los asentamientos de los cimientos de los objetos ingenieriles (08 y 08-2) por el método de nivelación geométrica, según el programa de segundo orden.*

*Se exponen las exigencias fundamentales que presenta la creación de la red de nivelación en cada objeto ingenieril, la metodología de nivelación y la elaboración de los resultados de las mediciones de campo.*

*This work describes the results of research works dealing with settling of foundations for engineering structures (No. 08 and 08-2) by the geometrical leveling method, according to the second order program.*

*Also, major requirements to establish the leveling network of each engineering structure, the methodology for such leveling, as well as, processing of field measurements are put forth.*

Para observar los asentamientos de los cimientos en los objetos ingenieriles (08 y 05-2) por el método de nivelación geométrica, según el programa de segundo orden, se han colocado marcas especiales de asentamientos. La cabeza esférica de las marca de asentamiento asegura la colocación de la mira siempre en la misma posición. En las losas del objeto 08 se han colocado 126 marcas de asentamientos y 8 en la losa del objeto 05-2.

Los datos iniciales para la elaboración del método de observaciones para los asentamientos son: objetos de observación, objetivo de las observaciones, exactitud necesaria y prioridad de las observaciones.

Un aspecto muy importante para la elaboración de la metodología de las observaciones es la determinación de la exactitud de la mediación del asentamiento. De acuerdo con la exactitud exigida es la magnitud del error admisible en la determinación del asentamiento, con relación al punto de apoyo estable, el cual se toma como inicial. La magnitud de los errores admisibles en las mediciones se da en forma de errores medios cuadráticos o errores límites.

Teniendo en cuenta que las observaciones de los asentamientos en los cimientos de los objetos 08 y 05-2 comenzaron unos años después de su construcción, el error medio cuadrático de la determinación de los asentamientos de las marcas con respecto al punto de apoyo de partida es igual a  $\pm 0,8$  mm (de acuerdo con

las exigencias de la organización del proyecto, este error debe ser igual  $\pm 2$  mm).

La vinculación entre el error medio cuadrático de la unidad de peso  $\mu$  y la exactitud requerida en las observaciones se determina con la magnitud del error medio cuadrático  $m_s$  de la medición del asentamiento  $S_1$ , y puede ser escrita con la ayuda de la expresión (1).

$$\mu \leq \frac{m_s}{\sqrt{2} \Pi_H}$$

donde:

$\Pi_H$  - peso inverso de la cota del punto determinado, más débil, de la red.

Para la magnitud  $l = 10$  m del rayo de la visual, que es el más utilizado en la medición del asentamiento de los cimientos.  $\mu_{10}$  es igual a 0,2 mm [1].

De la desigualdad (1) vemos que la tarea principal, la cual se resuelve en la esquema proyectado de medición, es la obtención del valor más pequeño del peso inverso  $\Pi_H$ . Cuanto menor sea el peso inverso tanto menor serán las exigencias de la exactitud de las mediciones para el error admisible dado en la determinación del asentamiento.

El esquema aprobado para las mediciones debe asegurar el mínimo de los trabajos, el control independiente de las mediciones y la obtención de los datos para la valoración correcta de la exactitud. Esas exigencias se cumplen muy bien en

la red de nivelación construida en forma de polígonos cerrados de dimensiones pequeñas [3]. Para calcular el peso inverso es racional utilizar el método de la sustitución equivalente. La ventaja de este método con respecto a otros es la utilización de fórmulas que simplifican el proceso de cálculo. Además de eso, se determina con mayor rapidez la posición del punto débil.

Según se ha dicho, calculamos la exactitud constructiva de la fundamentación altimétrica para observar los asentamientos de los cimientos del objeto 08 con el error medio cuadrático de 08 mm. El esquema de la red de nivelación con las indicaciones del número de trípodes por recorridos se muestra en la figura 1.

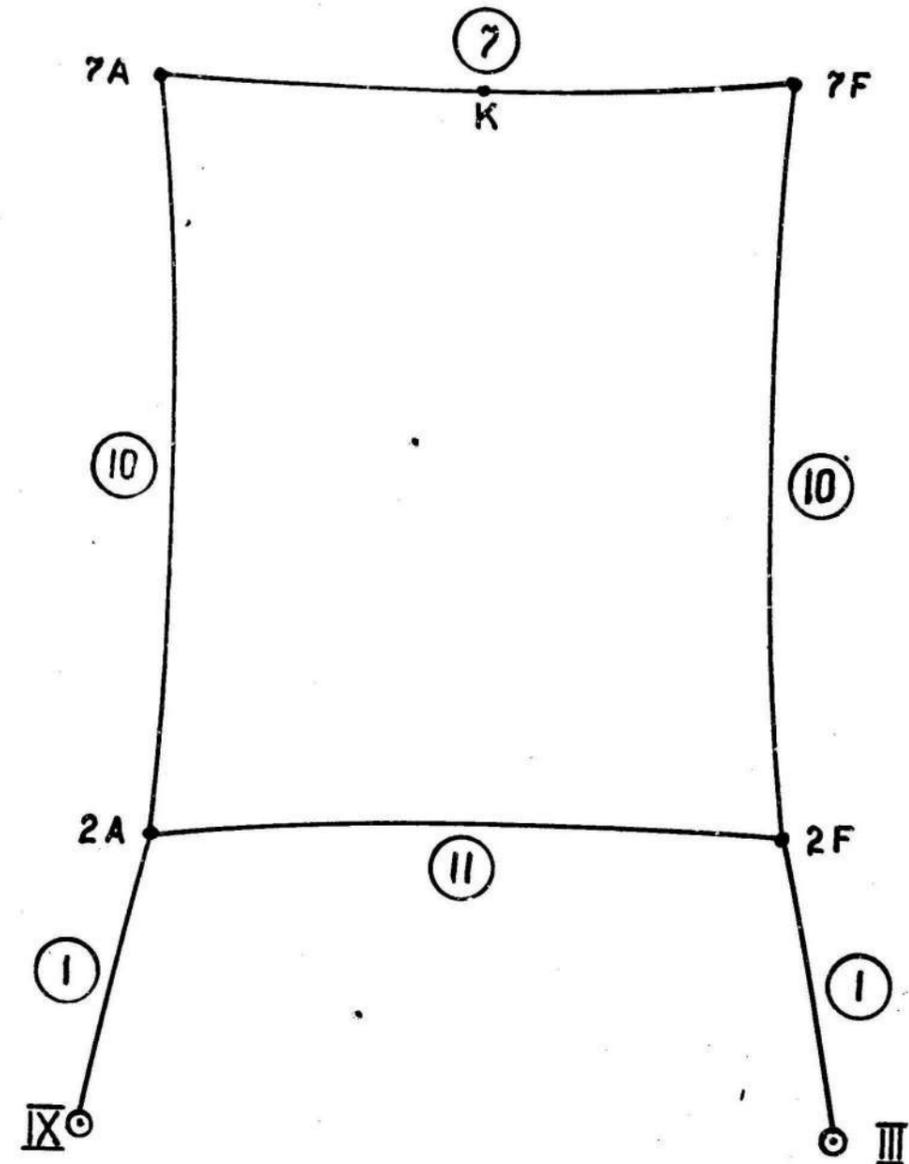


Fig. 1 Esquema de nivelación con el número de trípode

¿ Pueden asegurar dos puntos de apoyo instalados en la plataforma industrial una exactitud dada en las observaciones con cuya nivelación geométrica de segundo orden tenga un error medio cuadrático en la determinación del desnivel  $\mu = 0,2$  mm? En el esquema de las poligonales el lugar más débil es el centro de la poligonal 2AK2F. El cálculo preliminar de la exactitud de la cota con la marca de asentamiento K en la poligonal se realiza según la fórmula (1).

$$M = \sqrt{\frac{1}{2} (\mu_{2A}^2 + \mu_{2F}^2) + \frac{1}{4} \cdot n \mu^2}, \quad (2)$$

donde:

n - número de tripodes de la poligonal 2AK2F;

$M_{2A}$ ,  $M_{2F}$  - errores medios cuadráticos en la determinación de las cotas en las marcas de asentamiento 2A y 2F, calculadas según la fórmula:

$$M_{2A(2F)} = \mu \sqrt{n_{2A(2F)}} \quad (3)$$

Para determinar  $\Pi_{2A}$  y  $\Pi_{2F}$  sustituimos los poligonales equivalentes G. El peso de esta poligonal es:

$$P_G = P_{2A2F} + P_{2AK2F} = \frac{1}{11} + \frac{1}{27} = 0,13,$$

y el peso inverso

$$\Pi_G = \frac{1}{P_G} = \frac{1}{0,13} = 8,$$

Teniendo en cuenta esto obtendremos que:

$$P_{2A} = P_{2F} = P_{IX2A} + P_{III2F} + G = \\ = P_{III2F} + P_{IX2A} + G = \frac{1}{1} + \frac{1}{9} = 1,1,$$

y el peso inverso

$$\Pi_{2A} = \Pi_{2F} = \frac{1}{P_{2A}} = \frac{1}{P_{2F}} = \frac{1}{1,1} = 0,9$$

Al sustituirlo en la fórmula (3) obtendremos:

$$M = M_{2F} = 0,2 \sqrt{0,9} = \pm 0,2 \text{ mm}$$

De la fórmula (2) encontramos que:

$$M = \sqrt{\frac{1}{2} (0,2^2 + 0,2^2) + \frac{27}{2} \cdot 0,04} = \sqrt{0,31} = \\ = 0,55 \text{ mm}$$

El error medio cuadrático de la determinado del asentamiento es:

$$m_s = M \cdot \sqrt{2} = 0,55 \cdot 1,42 = 0,8 \text{ mm}$$

Ya que el error medio cuadrático de terminación en el asentamiento establecido por nosotros es igual a 0,8 mm, la red establecida con dos puntos de apoyo garantiza la exactitud de las observaciones. Para dar mayor rigidez a la red, y utilizar el trazado a una distancia mayor de los puntos de apoyo, proyectamos en la red un punto de apoyo más.

Para los siguientes cálculos sustituimos el sistema de polígonos cerrados por el sistema equivalente, formando un nudo en el punto D (fig. 2). El número de tripodes en los poligonales equivalentes serán iguales a:

$$n'_{7A} = \frac{n_{7F} \cdot n_{2A}}{[n]} = \frac{7 \cdot 10}{38} = 1,8;$$

$$n'_{7F} = \frac{n_{7A} \cdot n_{2F}}{[n]} = \frac{7 \cdot 10}{38} = 1,8;$$

$$n'_{2F} = \frac{n_{7F} \cdot n_{2A}}{[n]} = \frac{10 \cdot 11}{38} = 2,9;$$

$$n'_{2A} = \frac{n_{7A} \cdot n_{2F}}{[n]} = \frac{10 \cdot 11}{38} = 2,9$$

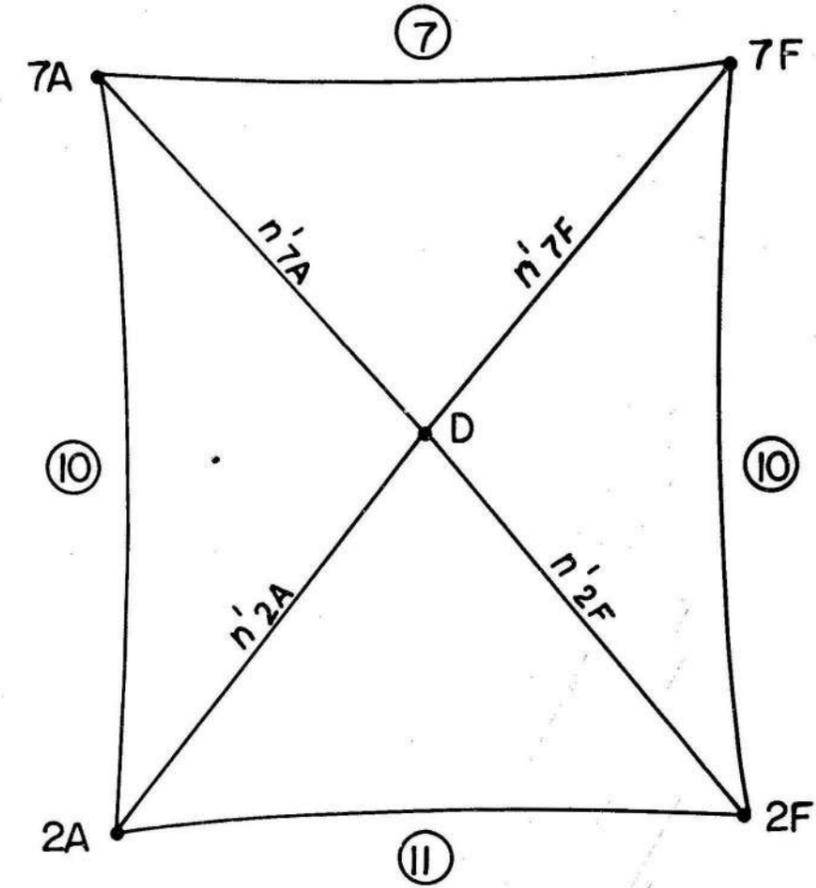


Fig. 2 Sistema equivalente de los recorridos

Como resultado, consideramos el sistema de poligonales (fig. 3) donde es necesario calcular la exactitud en la determinación de las cotas de los puntos 2A, 2F, 7A y 7F.

Para calcular el peso de la determinación de la cota del punto 2A sustituimos los poligonales XID y IIID por la poligonal equivalente OD, el peso de la cual es:

$$P_{OD} = P_{XID} + P'_{XID} + P_{IIID} = \frac{1}{4,8} + \frac{1}{5,8} + \\ + \frac{1}{3,9} = 0,64,$$

donde:

$$P_{XID} = \frac{1}{n_{XIA} + n'_{7A}} = \frac{1}{3 + 1,8} = \frac{1}{4,8};$$

$$P'_{XID} = \frac{1}{n_{XIF} + n'_{7F}} = \frac{1}{4 + 1,8} = \frac{1}{5,8};$$

$$P_{IIID} = \frac{1}{n_{III2F} + n'_{2F}} = \frac{1}{1 + 2,9} = \frac{1}{3,9};$$

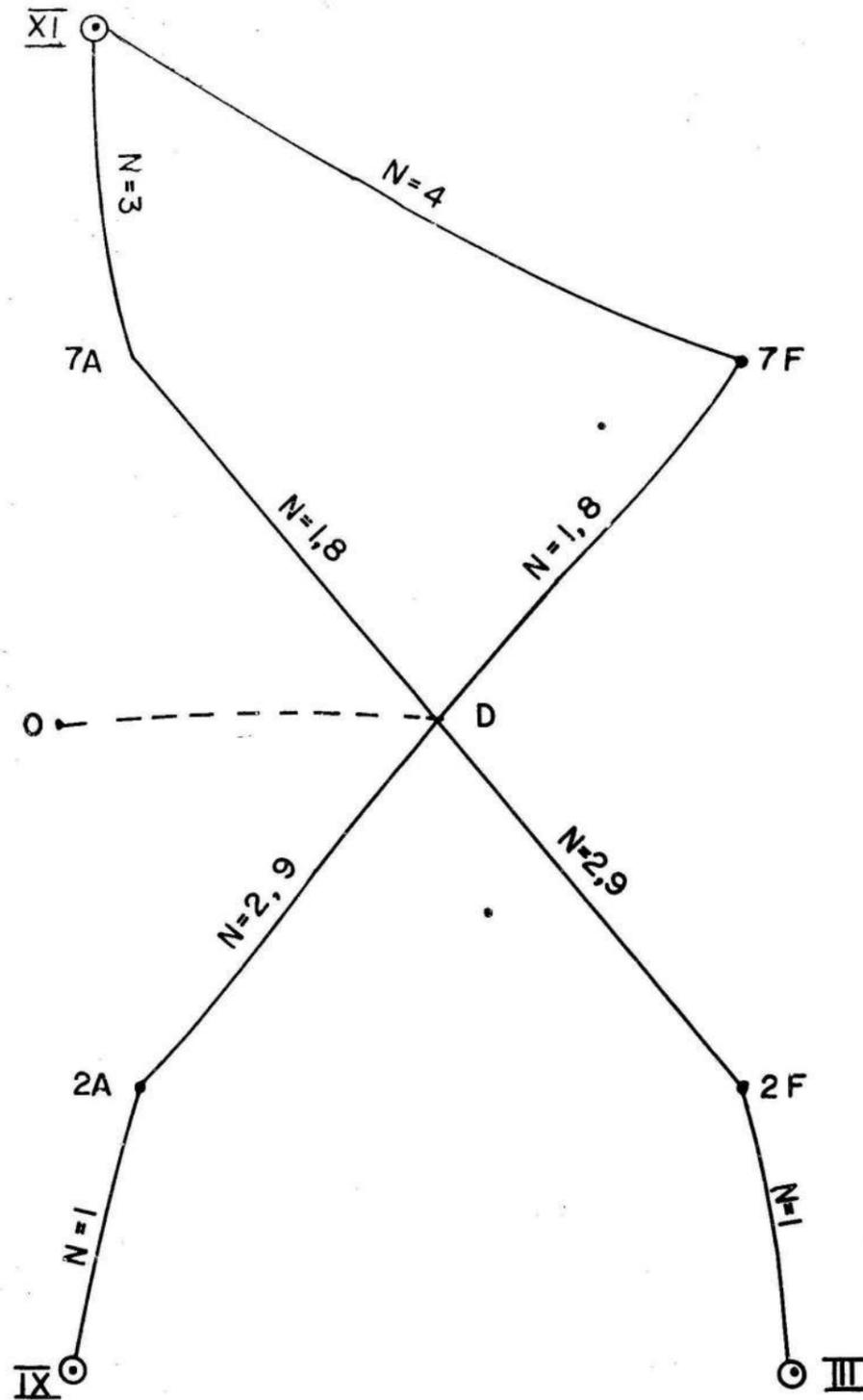


Fig.3 Sistema de los recorridos para calcular la exactitud de las cotas

El peso inverso  $T_{10D} = 1,56$

Teniendo en cuenta esto obtendremos que:

$$P_{2A} = P_{IX2A} + P_{OD2A} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1,56+2,9} = 1,22$$

El peso inverso

$$\Pi_{2A} = 0,82$$

Buscamos análogamente

$$M_{2F} = 0,2 \text{ mm}; M_{7A} = 0,2 \text{ mm}; \text{ y}$$

$$M_{7F} = 0,3 \text{ mm}$$

Según la fórmula (2) calculamos la exactitud en la determinación de la cota en el medio de la poligonal 2A2F:

$$M = \sqrt{\frac{1}{2}(0,2^2+0,2^2) + \frac{11}{4} \cdot 0,04} = 0,4 \text{ mm}$$

Para las otras poligonales obtenemos análogamente  $M = 0,4 \text{ mm}$ .

Al sustituir  $M$  en la fórmula (1), encontramos el error en la determinación del asentamiento:

$$m_s = M \cdot \sqrt{2} = 0,4 \cdot 1,42 = 0,66 \text{ mm}$$

El valor  $m_s$  es menor que el error medio cuadrático determinado en las cotas de las marcas de asentamiento con relación a los puntos de apoyo. Es decir, la red de tres puntos de apoyo garantiza la exactitud para observar los asentamientos de las losas de los cimientos en los objetos 03 y 05-2. Estas observaciones en el objeto 08 se realizaron por el método de nivelación geométrica de segundo orden, con ayuda del trazado

de las poligonales entre los puntos de enlace y los puntos de apoyo (Fig. 4 y 5).

Los puntos de enlace para la losa del cimiento número 1 fueron las marcas de los asentamientos 2A, 2F, 7A y 7F, para la losa del cimiento número 2 las 7A, 7F, 12A y 12F. La nivelación se realizó con una puesta del instrumento en las direcciones de ida y vuelta por el método de la coincidencia. Para el trabajo se utilizó un nivel con compensador Ni 007 y dos miras graduadas con una cinta de invar. La longitud de las miras es de 3 m. El nivel y las miras antes del inicio de cada ciclo de trabajo se controlaron y se investigaron en concordancia con las exigencias de las instrucciones [2].

En la estación se realizaron los siguientes trabajos:

1. Instalación del trípode y preparación del instrumento para el trabajo.

El trípode en las estaciones se instala sin deformaciones ni tensiones.

2. Lectura en la mira según el siguiente orden:

MEp ; MFp ; MFC ; MEC ,

donde MEp- lectura en la escala principal de la mira de espalda

MFp- lectura en la escala principal de la mira de frente.

MFC- lectura en la escala complementaria de la mira de frente.

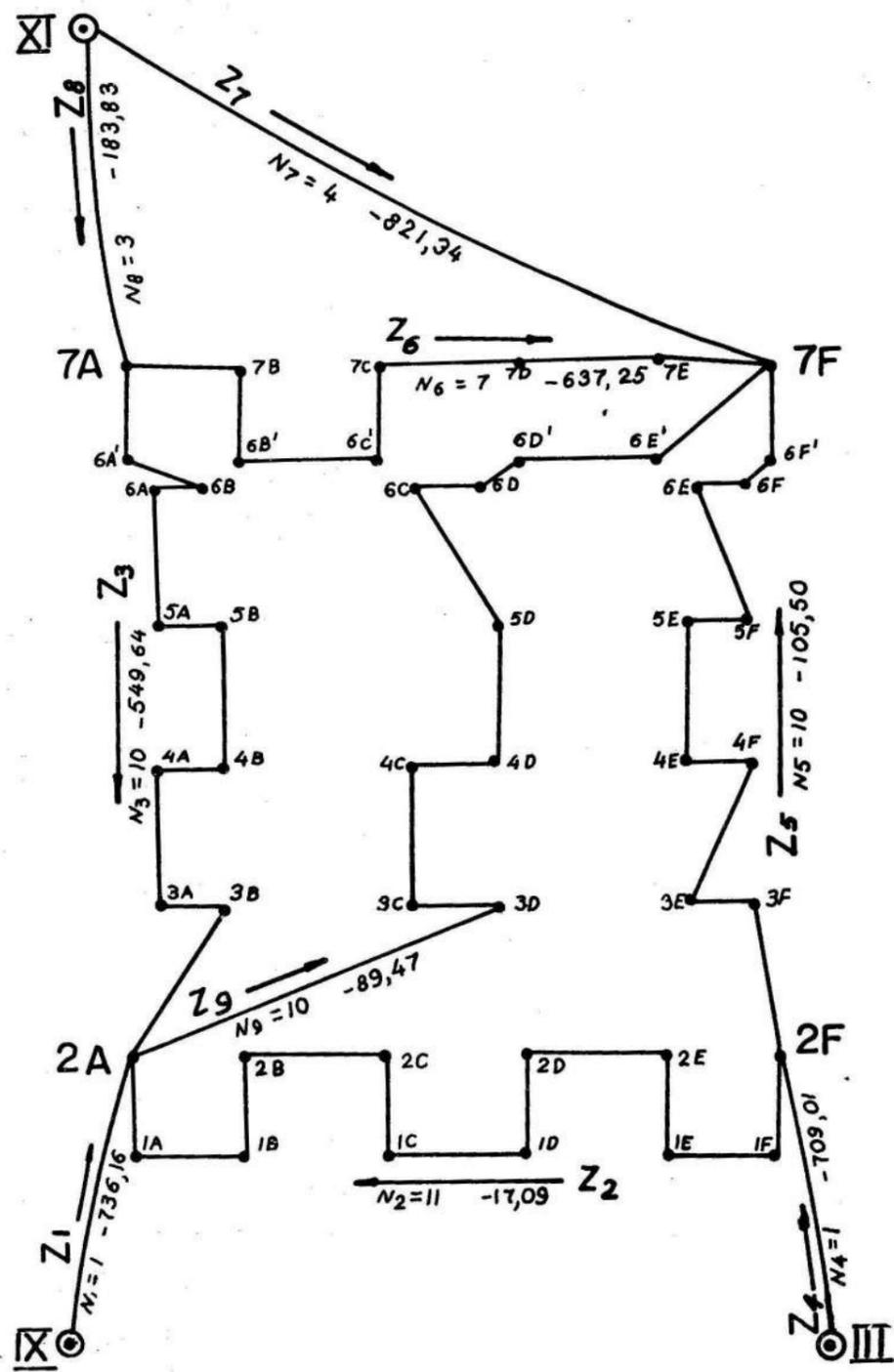


Fig. 4 Esquema de nivelación de la fosa 1

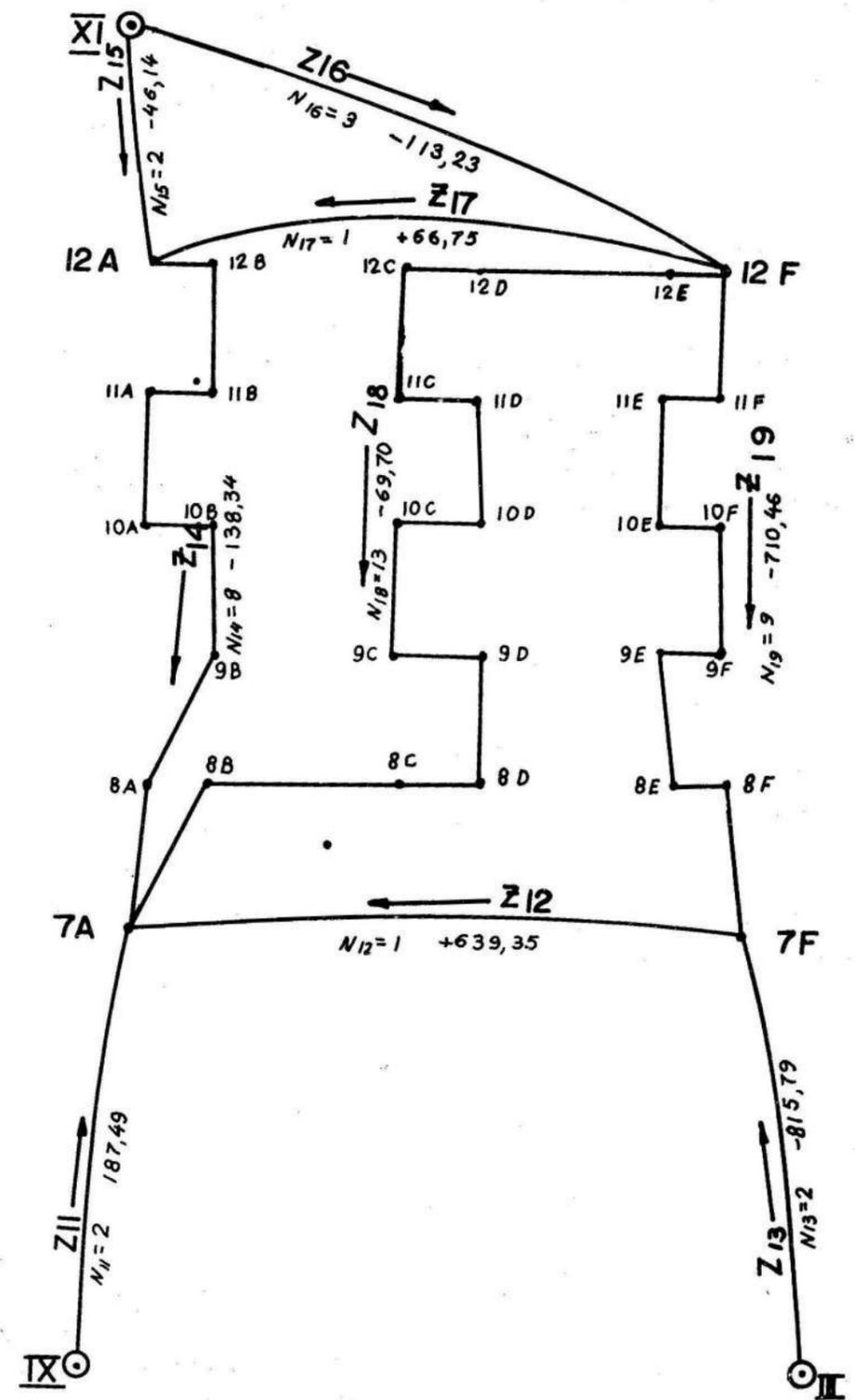


Fig. 5 Esquema de nivelación de la fosa 2

MEc- lectura en la escala complementaria de la mira de espalda.

En cada estación se realizó un control de las observaciones de campo en el siguiente orden:

1. Cálculo de la diferencia de las escalas principal y complementaria en las miras; divergencia de las diferencias del número constante determinado durante las investigaciones de las miras, se admitieron no más de 3 divisiones del tambor (0,15 mm). Si existe gran diferencia en las observaciones en la estación estas se repiten.

2. Cálculo de los desniveles dobles según las lecturas en las escalas principal y complementaria de las miras de espalda y de frente. La diferencia de los desniveles dobles según las escalas principal y complementaria se admitió dentro de un límite no mayor de 6 divisiones del tambor (0,3 mm). Si hay mucha diferencia en las observaciones de la estación, éstas se realizarán de nuevo.

3. Cálculo del desnivel.

Después de realizada la nivelación en dirección de ida y vuelta se calculó la diferencia en la suma de los desniveles del recorrido, la cual se comprobó con el error admisible.

$$f_n = \pm 0,5 \sqrt{n} \text{ mm},$$

donde:

n - número de tripodes en el recorrido de nivelación.

Si la diferencia de sumas de los desniveles en el recorrido de nivelación es mayor que la admisible, se debe realizar de nuevo la nivelación del recorrido.

Las marcas de asentamientos en la estación de nivelación son de enlace. La desigualdad de las distancias del nivel hasta las miras no fueron mayores de 1 m.

El ajuste de la red de nivelación se realizó en el siguiente orden:

1. Cálculo de las cotas altimétricas de los puntos de enlace en la red de nivelación.

2. Cálculo de las correcciones del desnivel en cada estación del recorrido.

3. Cálculo de las cotas altimétricas de las marcas de asentamientos.

El cálculo de las cotas altimétricas de los puntos de enlace de la red de nivelación se realizó según el método de aproximaciones sucesivas. Las correcciones del desnivel de cada recorrido de la red se hicieron en partes iguales para cada estación.

La magnitud de los asentamientos se determinó por la diferencia de las cotas en las marcas de asentamientos con dos ciclos contiguos. Los asentamientos a partir de las observaciones se determinaron por la diferencia entre las cotas de las marcas de asentamiento en el último y primer ciclos.

El análisis de las mediciones realizadas permite llegar a las siguientes conclusiones

La mayoría de las marcas de asentamientos colocadas en la losa del cimiento No. 1 del objeto 08 en las observaciones tienen asentamiento pequeño. El asentamiento máximo (3 mm) pertenece a las marcas de asentamiento 7D y 5E.

Todas las marcas del objeto 05-2 en el tercer ciclo de las observaciones obtuvieron un asentamiento desde 1 mm hasta 2 mm.

A causa de la continuación del montaje de las construcciones, equipamiento tecnológico, revestimiento retractario y realización de los di-

ferentes trabajos de movimientos de tierra, las cargas en los cimientos de los objetos que se observan crecerán, lo que puede provocar un asentamiento o elevación mayor de lo permisible. Estas deformaciones pueden provocar la inclinación del equipamiento tecnológico, y perturbar la continuidad del trabajo de todo el proceso tecnológico. Por esta causa las observaciones de los asentamientos y elevaciones de los cimientos de los objetos indicados hay que hacerlas por lo menos cuatro veces al año.

#### REFERENCIAS

1. GANCHIN, V. N. y otros: Medición de Los desplazamientos verticales de las obras y análisis de la estabilidad de los puntos de apoyo. Moscú, Nedra, 1981 (ruso)

3. MICHILEV, D.S. y otros: Mediciones geodésicas en el estudio de las deformaciones de grandes obras ingenieriles. Moscú, Nedra, 1977 (ruso)

2. Instrucción para la nivelación de I, II III y IV orden. Moscú, Nedra, 1974 (ruso).