

7A590

pg

RESEÑA

TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

DE LA SIERRA DE GUADALUPE

D. GUILLERMO B. Y PUGA



FONDO EMETERIO
VALVERDE Y TELLEZ

RESEÑA

DE LA

TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA DE LA SIERRA DE GUADALUPE

POR EL INGENIERO

D. GUILLERMO B. Y PUGA.

SOCIO FUNDADOR Y DE NÚMERO.

(Sesión de Marzo 25 de 1888.)

Existía en la Carta Hidrográfica del Valle de México, no sé por qué causa, un hueco, correspondiente á la parte que ocupa la Sierra de Guadalupe. Ese hueco es el que se ha ido llenando gracias á los trabajos topográficos ejecutados por los alumnos de la Escuela de Ingenieros en sus prácticas de Topografía, bajo la acertada dirección del Sr. Ingeniero D. Leandro Fernández. Tres de esas prácticas se han ejecutado en esa misma región, con las que sucesivamente se ha podido llegar á configurar y detallar, casi en su totalidad, el terreno ocupado por la Sierra.

A dos de estas prácticas he tenido la fortuna de asistir, en una, como Ayudante del Director el Sr. Fernández, debida á la elección que hizo en mi favor y por lo cual me es grato manifestarle públicamente mi gratitud.

Con las dos ocasiones que me he encontrado en la Sierra que nos ocupa, creo poder dar una idea de su configuración, así como de los trabajos ejecutados por los practicantes y de los resultados obtenidos.

Tom. II. - 4.

011213

La primera práctica se hizo á fines de 1885, en ella se formaron 10 triángulos que cubrían una extensión de 3 sitios aproximadamente, que se apoyaban sobre una base de 900 metros, medida con cintas de acero de 25 metros cada una; los ángulos se midieron con un teodolito inglés que daba una aproximación de 10". Esta triangulación comprendió los terrenos que se encuentran al SE. de la Sierra, llegando la triangulación secundaria hasta México y el Peñón de los Baños.

La última práctica que comenzó á fines de 1887 comprendió toda la Sierra y pasó hasta el otro lado, habiéndose fijado puntos de los que se encuentran al N. y ya en el Valle. Los trabajos principiaron por hacer un reconocimiento del terreno para formar de él un croquis que pudiera guiar nuestros trabajos. Nos valimos para esto de una pequeña brújula prismática, que desde cada punto culminante nos permitió medir el azimut magnético de todos los puntos visibles. Una vez formado el croquis se escogieron en él los puntos propios para servir de vértices y el lugar más propio para medir la base. Para ejecutar esta última operación se escogió la llanura que se encuentra al pie de los cerros Petlalca y Guerrero, terreno bastante plano y extenso y que no presenta sino una insignificante inclinación.

Para medir la base se tomaron todas las precauciones que requiere esta delicada é importante operación, ejecutándola con dos cintas de acero de 25 metros, comparadas de antemano con el metro patrón que posee el Ministerio de Fomento. Tanto al hacer la comparación, como al medir la base, se les dió á las cintas una tensión de 10 k., medida con dinamómetros convenientemente colocados en sus extremos; igualmente se tomó en ambas operaciones la temperatura, para llevar en cuenta las dilataciones.

Los ángulos se midieron con un teodolito inglés de la fábrica de Troughton & Simms, cuya aproximación era de 20". En cada estación se dieron cuatro vueltas de horizonte, dos en posición directa y dos en inversa, leyendo además, en ambas posiciones, una vez las indicaciones del círculo vertical.

Los datos recogidos por los medios anteriores son los siguientes:

Comparación de las cintas de acero.

$$\text{Metro patrón} = 1.^m 0006 \text{ á } 0^\circ$$

$$\text{Cinta núm. 1} = 25 \text{ metros patrones} - 0.^m 0075 \text{ á } 22^\circ$$

$$\text{,, núm. 2} = 25 \text{ ,, ,,} - 0.^m 0075 \text{ á } 22^\circ$$

Medida de la base.

$$\text{Con el resorte núm. 1} = 36 \text{ resortes} \quad \text{á } 25^\circ 5$$

$$\text{,, ,, núm. 2} = 36 \text{ ,,} \quad + 0. 038 \text{ á } 23 \quad 0$$

$$\text{,, ,, núm. 1} = 36 \text{ ,,} \quad + 0. 109 \text{ á } 18 \quad 5$$

Cálculo de la longitud de la base.

Siendo las cintas iguales á 25 metros patrones tendremos que deducir cuanto vale esta cantidad

$$1.^m 0006 \times 25 = 25.^m 015 \text{ á } 0^\circ$$

La comparación se hizo á la temperatura de 22° por lo que habrá que corregir por temperatura; el coeficiente de dilatación de la madera con que está formado el metro patrón que es igual á 0.000042, por consiguiente para reducir los 25.^m 015 á 22° pondremos:

$$25.^m 015 (1 + 0.000042 \times 22) = 25.^m 0173.$$

Así, pues, á 25. 0173 hay que restar 0. 0075 para tener la longitud de los resortes:

$$25. 0173 - 0. 0075 = 25. 0098 \text{ á } 22^\circ.$$

Con estos datos se midió la base tres veces, obteniendo los resultados que se manifestaron anteriormente. Con los mismos

podremos determinar la longitud de la base, reduciendo la longitud de los resortes de la longitud que tenían á 22°, á la que tuvieron á la temperatura cuando se midió la base con cada uno de ellos.

Siendo el coeficiente de dilatación del acero = 0.0000124, los cálculos son los siguientes:

Primer Resorte.

$$\text{Base} = 36 \text{ resortes } \text{á } 25^{\circ} 5$$

$$25.0098 \times 36 = 900.3528$$

$$1 + 0.0000124 (25.5 - 22) = 1.0000434$$

$$\log. 1.0000434 = 0.00001884$$

$$\log. 900.3528 = 2.95441279$$

$$\underline{2.95443163}$$

$$\text{corresponde á} \dots\dots\dots 900.^m 39188$$

$$\text{corrección} \dots\dots\dots 0.00000$$

$$\text{Base} \dots\dots\dots \underline{900.39188}$$

Segundo Resorte.

$$\text{Base} = 36 \text{ resortes } + 0.038 \quad \text{á } 23^{\circ} 0$$

$$900.3528$$

$$1 + 0.0000124 (23 - 22) = 1.0000124$$

$$\log. 1.0000124 = 0.00000538$$

$$2.95441279$$

$$\underline{2.95441817}$$

$$\text{corresponde á} \dots\dots\dots 900.^m 36396$$

$$\text{corrección} \dots\dots\dots 0.03800$$

$$\text{Base} \dots\dots\dots \underline{900.4020}$$

Tercer Resorte.

$$\text{Base} = 36 \text{ resortes } + 0.109 \quad \text{á } 18^{\circ} 5$$

$$900.3528$$

$$1 + 0.0000124 (18.5 - 22) = 0.9999566$$

$$\log. 0.9999566 = 9.99998116$$

$$2.95441279$$

$$\underline{2.95439395}$$

$$\text{corresponde á} \dots\dots\dots 900.^m 31372$$

$$\text{corrección} \dots\dots\dots 0.10900$$

$$\text{Base} \dots\dots\dots \underline{900.4227}$$

Comparando entre sí estos valores, encontramos las siguientes diferencias:

$$\text{Entre } 1^a \text{ y } 2^a = 0.000011$$

$$,, \quad 2^a \text{ y } 3^a = 0.000022$$

$$,, \quad 3^a \text{ y } 4^a = 0.000034$$

En las tres comparaciones se ha tomado como unidad el valor menor de la base de las dos que se comparan. Siendo el valor tolerable en la medida de una base con resorte de acero de 0.00025 podemos tomar el promedio de los tres valores encontrados y nuestra base será = 900.^m 40553.

TRIANGULACIÓN.

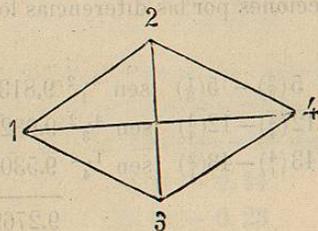
El valor de los ángulos medidos en cada vértice es el que da la tabla siguiente:

VÉRTICES.	ÁNGULOS.	VÉRTICES.	ÁNGULOS.
Extremo E.	58° 54' 36" 25	Cerro Gordo	56° 41' 31" 25
Extremo O.	75 7 12. 50	Chiquihuite	51 35 55. 00
Risco	45 58 12. 00	Reloj	71 42 19. 16
	180 0 0. 75		179 59 45. 41
Extremo E.	70 29 18. 75	Risco	53 45 8. 75
Extremo O.	68 50 52. 50	Reloj	37 8 51. 00
Guerrero	40 39 50. 00	Cerro Gordo	89 6 5. 00
	180 0 1. 25		180 0 4. 75
Guerrero	76 19 57. 50	Cerro Gordo	38 58 18. 33
Chiquihuite	29 13 15. 00	Reloj	54 7 16. 25
Risco	74 26 25. 00	Cruz	86 54 40. 00
	179 59 37. 50		180 0 14. 58
Risco	112 53 16. 25	Chiquihuite	78 18 22. 50
Chiquihuite	34 43 0. 00	Reloj	46 25 56. 00
Cerro Gordo	32 24 33. 75	Tesoro	55 16 7. 50
	180 0 50. 00		180 0 26. 00
Risco	59 8 7. 50	Cruz.	72 4 55. 00
Chiquihuite	86 18 55. 00	Reloj	62 29 56. 25
Reloj	34 33 12. 50	S. Lorenzo*	45 24 41. 60
	180 0 15. 00		179 59 32. 85

El ángulo en San Lorenzo se midió fuera del centro de la estación, pero el que se pone en la tabla anterior es ya el reducido al centro.

Para hacer el cálculo de la triangulación comenzaremos por corregir los triángulos, de los pequeños errores que contienen, empleando el método de los mínimos cuadrados y corrigiendo, no los ángulos, sino las direcciones de las dos visuales que forman á cada uno de ellos. Primeramente corregiremos el cuadrilátero formado en la base, para poder pasar á lados mayores, y después compensaremos la cadena de triángulos.

El cálculo para el cuadrilátero es el siguiente:



La línea 2, 3 (Fig. 1) es la base medida. Los ángulos son:

1. 40° 39' 50" 00	2. 75° 7' 12" 50	1. 16° 12' 41" 25
2. 68 50 52. 50	3. 58 54 36. 25	2. 143 58 5. 00
3. 70 29 18. 75	4. 45 58 12. 00	4. 19 49 15. 00
<u>180 0 1. 25</u>	<u>180 0 0. 75</u>	<u>180 0 1. 25</u>

$$1. 24^{\circ} 27' 8'' 75$$

$$3. 129 23 55. 00$$

$$4. 26 8 57. 50$$

$$180 0 1. 25$$

Ecuaciones de condición.

$$1. 25 + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{2}{1}\right) + \left(\frac{2}{3}\right) - \left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{2}{2}\right) = 0$$

$$0. 75 + \left(\frac{2}{1}\right) - \left(\frac{2}{1}\right) + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{2}{3}\right) + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{1}{1}\right) = 0$$

$$1. 25 + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{2}{1}\right) + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{1}{1}\right) + \left(\frac{1}{1}\right) - \left(\frac{1}{1}\right) = 0$$

$$-2.00 + 13 \left(\frac{2}{3}\right) - 5 \left(\frac{1}{3}\right) - 23 \left(\frac{2}{4}\right) - 12 \left(\frac{3}{4}\right) + 43 \left(\frac{1}{4}\right) - 58 \left(\frac{2}{1}\right) - 15 \left(\frac{3}{1}\right) - 8 \left(\frac{4}{3}\right) + 35 \left(\frac{1}{4}\right) = 0.$$

Para establecer la última ecuación procedimos así: De la identidad

$$\frac{1.2}{3.2} \times \frac{3.2}{4.2} \times \frac{4.2}{1.2} = 1$$

se deduce que

$$\text{sen } \frac{1.2}{3} \times \text{sen } \frac{3.2}{4} \times \text{sen } \frac{4.2}{1} = \text{sen } \frac{3.2}{1} \times \text{sen } \frac{4.2}{3} \times \text{sen } \frac{1.2}{4}$$

tomando los logaritmos con 5 cifras y multiplicando las correcciones de las direcciones por las diferencias logarítmicas por 1' resulta así:

$$\begin{array}{r} \text{sen } \frac{1.2}{3} \quad 9.97432 + 5 \left(\frac{2}{3}\right) - 5 \left(\frac{1}{3}\right) \quad \text{sen } \frac{3.2}{1} \quad 9.81399 + 15 \left(\frac{3}{1}\right) - 15 \left(\frac{2}{1}\right) \\ \text{sen } \frac{3.2}{4} \quad 9.85671 + 12 \left(\frac{2}{4}\right) - 12 \left(\frac{3}{4}\right) \quad \text{sen } \frac{4.2}{3} \quad 9.93266 + 8 \left(\frac{4}{3}\right) - 8 \left(\frac{3}{3}\right) \\ \text{sen } \frac{4.2}{1} \quad 9.44589 + 43 \left(\frac{1}{1}\right) - 43 \left(\frac{2}{1}\right) \quad \text{sen } \frac{1.2}{4} \quad 9.53029 + 35 \left(\frac{2}{4}\right) - 35 \left(\frac{1}{4}\right) \\ \hline 9.27692 \qquad \qquad \qquad 9.27694 \end{array}$$

$$-2.00 + 13 \left(\frac{2}{3}\right) - 5 \left(\frac{1}{3}\right) - 23 \left(\frac{2}{4}\right) - 12 \left(\frac{3}{4}\right) + 43 \left(\frac{1}{4}\right) - 58 \left(\frac{2}{1}\right) - 15 \left(\frac{3}{1}\right) - 8 \left(\frac{4}{3}\right) + 35 \left(\frac{1}{4}\right) = 0.$$

De las ecuaciones de condición resultan las siguientes correlativas:

$$\begin{array}{r} \left(\frac{3}{1}\right) = + k_1 \qquad \qquad \qquad - 15 k_4 \\ \left(\frac{2}{1}\right) = - k_1 \qquad \qquad \qquad - k_3 + 58 k_4 \\ \left(\frac{2}{3}\right) = + k_1 - k_2 \qquad \qquad \qquad + 13 k_4 \\ \left(\frac{1}{3}\right) = - k_1 \qquad \qquad \qquad - 5 k_4 \\ \left(\frac{1}{2}\right) = + k_1 \qquad \qquad \qquad + k_3 \\ \left(\frac{3}{2}\right) = - k_1 - k_2 \qquad \qquad \qquad \\ \left(\frac{2}{4}\right) = \qquad \qquad \qquad + k_2 + k_3 - 23 k_4 \\ \left(\frac{3}{4}\right) = \qquad \qquad \qquad - k_2 \qquad \qquad \qquad + 12 k_4 \\ \left(\frac{4}{3}\right) = \qquad \qquad \qquad + k_2 \qquad \qquad \qquad - 8 k_4 \\ \left(\frac{4}{2}\right) = \qquad \qquad \qquad - k_2 + k_3 \qquad \qquad \qquad \\ \left(\frac{4}{1}\right) = \qquad \qquad \qquad + k_3 + 43 k_4 \\ \left(\frac{1}{4}\right) = \qquad \qquad \qquad - k_3 - 35 k_4 \end{array}$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones de condición, se encuentran las ecuaciones normales, que son las siguientes:

$$\begin{array}{r} 1.25 + 6 k_1 \qquad \qquad \qquad - 65 k_4 = 0 \\ 0.75 - 2 k_1 + 4 k_2 \qquad \qquad \qquad - 56 k_4 = 0 \\ 1.25 + 2 k_1 + 2 k_2 + 2 k_3 - 3 k_4 = 0 \\ -2.00 + 61 k_1 - 32 k_2 - 73 k_3 - 1922 k_4 = 0 \end{array}$$

La eliminación da los valores siguientes:

$$\begin{array}{l} k_1 = -0.3935 \\ k_2 = -0.6236 \\ k_3 = +0.3664 \\ k_4 = -0.0171 \end{array}$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones correlativas se encuentran los valores de la corrección para cada visual ó dirección, limitando hasta los centésimos de segundo, encontramos

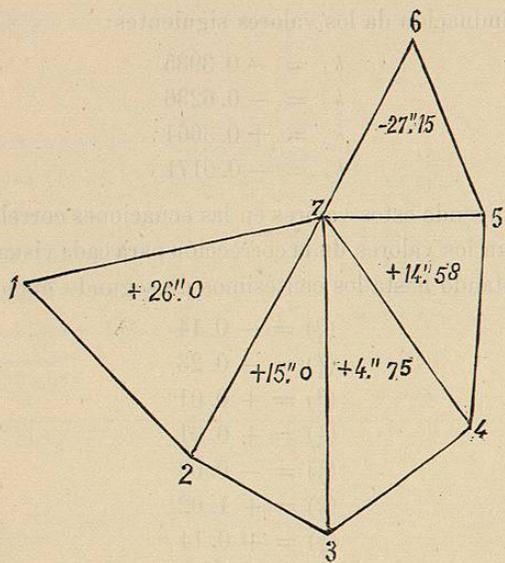
$$\begin{array}{l} \left(\frac{3}{1}\right) = -0.14 \\ \left(\frac{2}{1}\right) = -0.23 \\ \left(\frac{2}{3}\right) = +0.01 \\ \left(\frac{1}{3}\right) = +0.31 \\ \left(\frac{1}{2}\right) = -0.03 \\ \left(\frac{3}{2}\right) = +1.02 \\ \left(\frac{2}{4}\right) = +0.14 \\ \left(\frac{3}{4}\right) = +0.42 \\ \left(\frac{4}{3}\right) = -0.49 \\ \left(\frac{4}{2}\right) = +0.99 \\ \left(\frac{4}{1}\right) = -0.37 \\ \left(\frac{1}{4}\right) = +0.23 \end{array}$$

Aplicando estas correcciones se encuentra para los ángulos los valores siguientes:

1. Guerrero	40° 39' 50" 09	2. Extremo O	75° 7' 12" 22
2. Extremo O	68 50 52 20	3. Extremo E	58 54 35 75
3. Extremo E	70 29 17 70	4. Risco	45 58 12 03
	<hr/>		<hr/>
	178 59 59 99		180 0 0 00

1. Guerrero	16° 12' 41".11	1. Guerrero	24° 27' 8".98
2. Extremo O	143 58 4 .91	3. Extremo E	129 23 52 .98
4. Risco	19 49 13 .98	4. Risco	26 8 58 .05
	<hr/>		<hr/>
	180 0 0 .00		180 0 0 .00

Compensación de la triangulación.



1, Tesoro. — 2, Chiquihuite. — 3, Risco. — 4, Cerro Gordo. — 5, Cruz. — 6, S. Lorenzo. — 7, El Reloj.

Los números que se encuentran en el interior de los triángulos son los errores de cada uno de ellos.

Ecuaciones de condición.

$$\begin{aligned}
 26.00 + \binom{2}{1} - \binom{7}{1} + \binom{7}{2} - \binom{1}{2} + \binom{1}{7} - \binom{2}{7} &= 0 \\
 15.00 + \binom{3}{2} - \binom{7}{2} + \binom{7}{3} - \binom{2}{3} + \binom{2}{7} - \binom{3}{7} &= 0 \\
 4.75 + \binom{4}{3} - \binom{7}{3} + \binom{7}{4} - \binom{3}{4} + \binom{3}{7} - \binom{4}{7} &= 0 \\
 14.58 + \binom{5}{4} - \binom{7}{4} + \binom{7}{5} - \binom{4}{5} + \binom{4}{7} - \binom{5}{7} &= 0 \\
 -27.15 + \binom{6}{5} - \binom{7}{5} + \binom{7}{6} - \binom{5}{6} + \binom{5}{7} - \binom{6}{7} &= 0
 \end{aligned}$$

Ecuaciones correlativas.

$$\begin{aligned}
 \binom{2}{1} &= +k_1 \\
 \binom{3}{2} &= +k_2 \\
 \binom{4}{3} &= +k_3 \\
 \binom{5}{4} &= +k_4 \\
 \binom{6}{5} &= +k_5 \\
 \binom{7}{1} &= -k_1 \\
 \binom{7}{2} &= +k_1 - k_2 \\
 \binom{7}{3} &= +k_2 - k_3 \\
 \binom{7}{4} &= +k_3 - k_4 \\
 \binom{7}{5} &= +k_4 - k_5 \\
 \binom{7}{6} &= +k_5 \\
 \binom{1}{2} &= -k_1 \\
 \binom{2}{3} &= -k_2 \\
 \binom{3}{4} &= -k_3 \\
 \binom{4}{5} &= -k_4 \\
 \binom{5}{6} &= -k_5 \\
 \binom{1}{7} &= +k_1 \\
 \binom{2}{7} &= -k_1 + k_2 \\
 \binom{3}{7} &= -k_2 + k_3 \\
 \binom{4}{7} &= -k_3 + k_4 \\
 \binom{5}{7} &= -k_4 + k_5 \\
 \binom{6}{7} &= -k_5
 \end{aligned}$$

Coefficientes sumatorios.

$$\begin{aligned}
 [aa] &= 6 \\
 [ab] &= -2 & [bb] &= 6 \\
 [ac] &= 0 & [bc] &= -2 & [cc] &= 6 \\
 [ad] &= 0 & [bd] &= 0 & [cd] &= -2 & [dd] &= 6 \\
 [ae] &= 0 & [be] &= 0 & [ce] &= 0 & [de] &= -2 & [ee] &= 6
 \end{aligned}$$

Ecuaciones normales.

$$\begin{aligned}
 26.00 + 6k_1 - 2k_2 &= 0 \\
 15.00 - 2k_1 + 6k_2 - 2k_3 &= 0 \\
 4.75 - 2k_2 + 6k_3 - 2k_4 &= 0 \\
 14.58 - 2k_3 + 6k_4 - 2k_5 &= 0 \\
 -27.15 - 2k_4 + 6k_5 &= 0
 \end{aligned}$$

De estas ecuaciones se deducen los siguientes valores para las k_s .

$$\begin{aligned}
 k_1 &= -6''.248 \\
 k_2 &= -5.745 \\
 k_3 &= -3.488 \\
 k_4 &= -2.345 \\
 k_5 &= +3.743
 \end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en las correlativas resulta:

$$\begin{array}{ll}
 (\frac{2}{1}) = -6.25 & (\frac{1}{2}) = +6.25 \\
 (\frac{3}{2}) = -5.75 & (\frac{2}{3}) = +5.75 \\
 (\frac{4}{3}) = -3.49 & (\frac{3}{4}) = +3.49 \\
 (\frac{5}{4}) = -2.35 & (\frac{4}{5}) = +2.35 \\
 (\frac{6}{5}) = +3.74 & (\frac{5}{6}) = -3.74 \\
 (\frac{7}{6}) = +6.25 & (\frac{6}{7}) = -6.25 \\
 (\frac{8}{7}) = -0.50 & (\frac{7}{8}) = +0.50 \\
 (\frac{9}{8}) = -2.26 & (\frac{8}{9}) = +2.26 \\
 (\frac{10}{9}) = -1.14 & (\frac{9}{10}) = +1.14 \\
 (\frac{11}{10}) = -6.09 & (\frac{10}{11}) = +6.09 \\
 (\frac{12}{11}) = +3.74 & (\frac{11}{12}) = -3.74
 \end{array}$$

Conociendo las correcciones de las direcciones formaremos las de los ángulos así:

$$\begin{aligned}
 \Delta &= +(\frac{2}{1}) - (\frac{1}{2}) = -12''.50 & \Delta^2 &= 156.250 \\
 +(\frac{3}{2}) - (\frac{2}{3}) &= -6.75 & &= 45.563 \\
 +(\frac{4}{3}) - (\frac{3}{4}) &= -6.75 & &= 45.563
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 +(\frac{3}{2}) - (\frac{2}{3}) &= -5.24 & & 27.458 \\
 +(\frac{4}{3}) - (\frac{3}{4}) &= -8.01 & & 64.160 \\
 +(\frac{5}{4}) - (\frac{4}{5}) &= -1.75 & & 3.063 \\
 +(\frac{6}{5}) - (\frac{5}{6}) &= -1.23 & & 1.513 \\
 +(\frac{7}{6}) - (\frac{6}{7}) &= -4.63 & & 21.437 \\
 +(\frac{8}{7}) - (\frac{7}{8}) &= +1.12 & & 1.254 \\
 +(\frac{9}{8}) - (\frac{8}{9}) &= -1.21 & & 1.465 \\
 +(\frac{10}{9}) - (\frac{9}{10}) &= -8.43 & & 71.065 \\
 +(\frac{11}{10}) - (\frac{10}{11}) &= -4.95 & & 24.503 \\
 +(\frac{12}{11}) - (\frac{11}{12}) &= +9.84 & & 96.629 \\
 +(\frac{13}{12}) - (\frac{12}{13}) &= +7.48 & & 55.950 \\
 +(\frac{14}{13}) - (\frac{13}{14}) &= +9.83 & & 96.826
 \end{aligned}$$

$$[\Delta^2] = 722.698$$

$$\log. [\Delta^2] = 2.85896$$

$$\log. 5 = 0.69897$$

$$2.15999$$

$$1.07999$$

$$\varepsilon = \pm 12''.02$$

Con estos valores podemos ya corregir los ángulos para obtener sus valores más probables y con los cuales se calcularán los ángulos. Los ángulos corregidos son los siguientes:

Tesoro	55° 15' 55''.00	Risco	53° 45' 7''.52
Chiquihuite	78 18 15.75	Cerro Gordo	89 6 0.37
Reloj	46 25 49.25	Reloj	37 8 52.11
	<hr/>		<hr/>
	180 0 00.00		180 0 00.00
Chiquihuite	86 18 49.76	Cerro Gordo	38 58 17.12
Risco	59 7 59.49	Cruz	86 54 31.58
Reloj	34 33 10.75	Reloj	54 7 11.30
	<hr/>		<hr/>
	180 0 0.00		180 0 0.00

Cruz	72°	5'	4".84
Reloj	62	30	6. 08
S. Lorenzo	45	24	49. 08
	180	0	0. 00

Los primeros triángulos que se deben calcular son los formados sobre la base, para conocer los lados que forman el cuadrilátero y deducir después, por dos triángulos, la diagonal mayor. Para calcular esta diagonal conocemos dos lados del cuadrilátero y el ángulo comprendido, y aplicando el principio de que la suma de dos lados es á su diferencia, como la tangente de la mitad de la suma de los ángulos opuestos comparados, es á la tangente de la mitad de la diferencia de los mismos, para encontrar los valores de cada uno de los dos ángulos desconocidos y poder determinar el ángulo que buscamos. Resolviendo así los triángulos Guerrero, Risco y Extremo O, Guerrero, Risco y Extremo E, se encontrará para el lado Guerrero Risco 2258.^m 57325.

La resolución de todos los demás triángulos da los valores de los lados que en seguida se expresan:

Base (medida)	=	900. ^m 4055
Extremo E — Risco	=	1210. 3484
Extremo E — Guerrero	=	1288. 6961
Extremo O — Risco	=	1072. 4533
Extremo O — Guerrero	=	1302. 4417
Guerrero — Risco	=	2959. 5733
Guerrero — Chiquihuite	=	4458. 7185
Risco — Chiquihuite	=	4497. 2791
Chiquihuite — Tesoro	=	6000. 7246
Risco — Cerro Gordo	=	4779. 0099
Cerro Gordo — Cruz	=	5178. 7702
Cruz — S. Lorenzo	=	5006. 7115
Reloj — S. Lorenzo	=	5370. 7074

Reloj — Cruz	=	4019. 8963
Reloj — Cerro Gordo	=	6382. 3164
Reloj — Risco	=	7912. 9509
Reloj — Chiquihuite	=	6806. 2625
Reloj — Tesoro	=	8110. 1981

Además de las observaciones hechas en cada vértice se hicieron otras en cuatro puntos que deberían quedar ligados á la red general; esos puntos fueron los cerros de Tenayo, el de Corona, el del Panal y el de la Cañada. Aplicando á cada uno de éstos la resolución que se da al problema de los tres vértices se obtienen los valores siguientes para las distancias á los vértices.

Tenayo — Chiquihuite	=	3370. ^m 5
Reloj — Panal	=	4877. 2
Chiquihuite — Panal	=	4465. 8
Reloj — Cañada	=	4819. 0
Reloj — Corona	=	6608. 5
Chiquihuite — Corona	=	3971. 3

Los lados se aproximaron poco, como se vé, porque los ángulos fueron medidos con instrumento que aproximaba minutos, y los cálculos fueron ejecutados con logaritmos de 5 cifras.

TRIANGULACIÓN SECUNDARIA.

Desde cada uno de los vértices que se ocuparon, se visaron todos los puntos que debían de quedar fijos en el plano y que pudieran servir para enlazar las operaciones de detalle, como picos de los cerros, cruces de las torres, etc.

A los cerros se les dirigían las visuales al punto más alto, y no se anotaba sino hasta los minutos en el círculo horizontal. A las cruces sí se les dirigían visuales cuidadosas en ambas posiciones del instrumento, y anotando tal como las daba su aproximación.

Los datos que resultaron de la observación son los siguientes: