

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:

Tabla de los triángulos secundarios que se pueden formar.

VÉRTICES.	ÁNGULOS.	VÉRTICES.	ÁNGULOS.
Sta. Clara.	63° 59' 23'' 00	S. Bartolo.	93° 38' 42'' 5
Chiquihuite	55 45 27.	Tesoro.	42 34 45. 0
Reloj	60 15 10.	Chiquihuite	43 46 32. 5
S. Pedro.	53 32 27. 5	Tultepec.	35 51 48. 0
Chiquihuite	29 34 37. 5	Reloj	91 2 25. 0
Risco	96 52 55.	Tesoro.	53 5 47. 0
H. del Risco.	29 46 17. 5	Cuautitlán.	50 16 28. 0
Risco	139 47 17. 5	Reloj	63 10 05.
Guerrero	10 26 25. 0	Tesoro.	66 33 27.
R. de S. José.	71 13 10.	Jajalpa.	73 50 40.
Extremo O.	54 43 10.	Cruz	78 22 30.
Risco	54 3 40.	Cerro Gordo	27 46 50.
Tlalnepantla	51 6 57. 5	Tonanitla.	18 53 32. 5
Chiquihuite	35 19 42. 5	Cruz.	103 27 37. 5
Tesoro	93 33 20. 0	Reloj	57 38 50. 0
Sta. Cecilia.	113 10 12. 5	Chalmita.	120 42 7.
Tesoro.	49 28 17. 5	Corona.	37 3 0.
Chiquihuite	17 21 30. 0	Chiquihuite.	22 14 3.

VÉRTICES.	ÁNGULOS.	VÉRTICES.	ÁNGULOS.
Magdalena	37° 22' 55'' 0	Petlalcal 2°	78° 49' 00'' 00
Reloj	76 18 10. 0	Cerro Gordo	55 23 —
Cruz	66 18 55. 0	Reloj	45 48 —
Huacalco.	92 25 —	Coahuis 1°	45 18 —
S. Lorenzo.	59 46 —	Guerrero	22 23 —
Reloj	27 49 —	Chiquihuite	112 19 —
S. Pablo.	27 1 50. 0	Coamilpa	131 40 —
Cruz.	78 49 0. 0	Reloj.	33 33 —
Reloj.	74 9 10. 0	Cruz.	14 47 —
Jagüey.	146 29 —	Cabeza Blanca.	84 5 —
Reloj.	15 35 —	Cruz.	32 46 —
Cruz.	17 56 —	Cerro Gordo	63 9 —
Cañada Coamilpa.	123 43 —	Petlalcal 1°	76 59 —
Reloj.	27 50 —	Cerro Gordo	50 25 —
Cruz.	28 27 —	Reloj.	52 36 —
Chiquihuite.	150 35 —	Petlalcal 3°	78 18 —
Cruz.	22 27 —	Cerro Gordo	46 36 —
Cerro Gordo	6 58 —	Reloj.	55 6 —

VÉRTICES.	ÁNGULOS.	VÉRTICES.	ÁNGULOS.
Coahuis 2°	73° 58' 00".00	Mina.	55° 45' 00".00
Cerro Gordo	38 31 —	Chiquihuite.	53 11 —
Reloj.	67 31 —	Tesoro.	71 4 —
Coahuis 3°	77 19 —	Esmeralda.	60 10 —
Cerro Gordo	39 44 —	Extremo O.	37 11 —
Reloj.	62 57 —	Risco.	82 39 —
Encinos.	53 16 —	Contra.º Pe- tlalcal.	29 43 —
Chiquihuite.	64 13 —	Extremo O.	87 3 —
Tesoro.	62 31 —	Risco.	63 14 —
Cerro (A).	34 31 —	Puerto de Vacas.	119 43 —
Risco	97 26 —	Reloj.	44 51 —
Extremo O.	48 3 —	Tesoro.	15 26 —
Puerto de Lobos.	37 46 —	Tierra Ama- rilla.	91 48 —
Risco	46 57 —	Chiquihuite.	45 50 —
Cerro Gordo	95 17 —	Cerro Gordo	42 22 —
Acetiado.	94 28 —		
Reloj.	60 34 —		
Cerro Gordo	24 58 —		

El tercer ángulo de todos estos triángulos está deducido; los quince primeros son para fijar los pueblos que figuran como primer vértice en cada uno de ellos, y los otros se refieren á picos de montañas que también están como primer vértice en cada triángulo. Su resolución da, para las distancias respectivas, los resultados siguientes:

Lados.	Valor.
Chiquihuite — Tierra Amarilla	5213. ^m 1
” — Mina	6866. 7
” — Encinos	6642. 3
” — Coahuis 1°	2888. 6
” — Sta. Clara	6575. 3
” — Tlalnepantla	7694. 2
” — S. Pedro	5551. 3
” — Sta. Cecilia	4961. 1
” — S. Bartolo	4068. 3
Tesoro — Tlalnepantla	4457. 7
” — Cuautitlán.	9409. 5
” — Sta. Cecilia	1947. 3
” — S. Bartolo	4159. 5
” — Tultepec	13841. 0
” — Mina	5811. 6
” — Encinos	6742. 1
” — Puerto de Vacas	6586. 0
Reloj — Huacalco	4644. 3
” — S. Pablo	8677. 4
” — La Magdalena	6063. 4
” — Tonanitla	12073. 3
” — Cuautitlán	9674. 4
” — Sta. Clara	6260. 7
” — Tultepec	11069. 5
” — Jagüey	2241. 5
” — Coamilpa	1373. ^m 0

Lados.	Valor.
Reioj — Cañada de Coamilpa	2302. 2
„ — Petlalcal 1°	5048. 5
„ — Petlalcal 2°	5354. 1
„ — Petlalcal 3°	4735. 6
„ — Coahuis 2°	4135. 4
„ — Coahuis 3°	4181. 8
„ — Acetiado	2702. 1
„ — Puerto de Varas	2485. 0
Risco — S. Pedro	2759. 9
„ — Hacienda del Risco	824. 1
„ — Rancho de S. José	924. 7
„ — La Esmeralda	747. 1
„ — Puerto de Lobos	7770. 0
„ — Cerro (A)	1407. 6
„ — Contrafuerte Petlalcal	2160. 6
Cerro Gordo — Jajalpa	5881. 1
„ „ — Cabeza Blanca	2817. 8
„ „ — Chiquihuite 2°	4026. 5
„ „ — Petlalcal 1°	5204. 0
„ „ — Petlalcal 2°	4664. 2
„ „ — Petlalcal 3°	4735. 6
„ „ — Coahuis 2°	6135. 9
„ „ — Coahuis 3°	5826. 3
„ „ — Puerto de Lobos	5702. 1
„ „ — Acetiado	5575. 5
„ „ — Tierra Amarilla	5549. 2
La Cruz — Jajalpa	2513. 1
„ — Tonanitla	10488. 0
„ — La Magdalena	6433. 0
„ — S. Pablo	8509. 2
„ — Jagüey	1955. 6
„ — Coamilpa	2973. 9
„ — Cañada de Coamilpa	2256 ^m .3

Lados.	Valor.
La Cruz — Cabeza Blanca	4645. 2
„ — Chiquihuite 2°	1278. 9
Guerrero — Hacienda del Risco	2938. 6
„ — Coahuis 1°	2388. 6
Extremo O — Rancho de S. José	917. 1
„ — La Esmeralda	1226. 1
„ — Cerro (A)	1876. 7
„ — Contrafuerte Petlalcal	1931. 5
San Lorenzo — Huacalco	2508. 4

Coordenadas de los vértices.

Orientación.

Para conocer las coordenadas de los vértices hay necesidad de conocer los azimuts de los lados que los ligan; y estos se deducen de los ángulos de los lados entre sí y el azimut de uno de ellos.

El lado que se escogió para determinar su azimut, fué Extremo E — Risco. En el Extremo F de la base se hizo estación colocando allí un teodolito inglés de 20'' y en el Risco se colocó, en el día, una bandera y en la noche un fanal. El método empleado para medir el azimut consistió en medir, en el día, el ángulo entre la señal del Risco y los limbos O y E del sol, anotando las horas al hacer las observaciones al sol, y en la noche en medir el ángulo entre el fanal y la estrella polar, tomando igualmente la hora al visar á la polar. Los datos que resultaron de las observaciones son los siguientes:

Distancias zenitales del Sol. — Tiempo.

1. ^{er} Limbo 10 ^h 22 ^m 23 ^s . 4	} 41° 8' 30'' directa	Barómetro á 0° 584 ^{mm} . 8
2. ^o „ 10 26 46. 3		t ₁ 17° 2

1. ^{er} Limbo	10 27 48. 2	} 48 1 0 inversa
2. ^o „	10 32 24. 3	

Distancias zenitales de α Aurigae al E. — Tiempo

6 ^h 47 ^m 31. ^s 4	41° 13' 50"	Directa	Barómetro = 583 ^{mm} 6 $t_1 = 16^\circ. 2$
6 51 22. 3	47 49 15	Inversa	
6 53 24. 0	42 12 10	Directa	
6 55 8. 9	47 11 50	Inversa	

Angulo entre la polar y el Risco.

Lectura para el Risco	92° 5' 30"	Directa
	272 5 15	Inversa

α Ursa Minoris.

		Círculo horizontal.	Círculo vertical.	
P. M.	11 ^h 3 ^m 41. ^s 2	257° 33' 35"	69° 53' 30"	Inversa
„ „	12 5 49. 2	77 33 20	19 46 50	Directa

El instrumento daba en su posición directa alturas y distancias zenitales en la inversa. Con los primeros datos se determinó la corrección del cronómetro se encontró por las observaciones del Sol de $-0^m 02$ y por las observaciones de α Aurigae de $-0^m 45$.

Atendiendo á la exactitud de las observaciones, que fueron hechas con un teodolito topográfico y á la aproximación llevada en los cálculos (se calculó con 5 cifras), no se debe ver la diferencia de correcciones como debida á la marcha del cronómetro, que la tiene casi insignificante, sino más bien á la imperfección de los métodos empleados. Por lo expuesto, y atendiendo al objeto para el cual se quieren estas observaciones, creo que será

suficiente corregir las horas por una cantidad igual al promedio de las dos correcciones halladas. Hechas estas advertencias se puede pasar al cálculo del azimut del Risco. Como se vé el ángulo entre este punto y la polar fué de $14^\circ 31' 55''.0$ estando el Risco al E. de la polar, para esa hora resulta del cálculo que la polar tenía un azimut igual á $+1^\circ 18' 6''.27$, de donde resulta que el azimut del Risco es igual á $-13^\circ 13' 48''.73$. Durante el día se tomó varias veces el azimut magnético del Risco usando una brújula que permitía leer un minuto y resultó dicho azimut de $+4^\circ 47' 18''$, esta cantidad restada del azimut astronómico nos da la cantidad $8^\circ 26' 38''.73$ como declinación de la aguja magnética en aquel lugar.

Para ejecutar los cálculos anteriores se tomó una latitud aproximada de $19^\circ 31'$, y después con las observaciones de la polar se calculó la latitud, encontrando que la calculada de la supuesta sólo difieren unos segundos; no nos pareció conveniente por lo tanto modificar por esta cantidad los cálculos del azimut, pues introduciendo la nueva latitud casi no sufren cambio los valores anteriormente encontrados.

Conociendo el valor del azimut de un lado se puede pasar á calcular el de cada uno de los otros, para esto tomamos los valores de los ángulos tales como los dá la observación y no los compensados.

La tabla siguiente da los azimuts de los lados:

Lados.	Azimuts.
Reloj — Tesoro	106° 3' 47''. 77
„ — Chiquihuite	152 29 43 77
„ — Risco	— 172 57 3. 77
„ — Cerro Gordo	— 135 48 12. 77
„ — Cruz	— 81 40 56. 52
„ — S. Lorenzo	— 19 11 0. 27
Tesoro — Chiquihuite	— 129 11 53. 73
Chiquihuite — Risco	— 113 49 11. 23

Lados.	Azimuts.		
Risco — Cerro Gordo	— 46	42	12. 52
Cerro Gordo — Cruz	5	13	28. 90
Cruz — S. Lorenzo	26	14	8. 48
Risco — Guerrero	140	37	13. 77
Risco — Extremo E	166	46	11. 27
Risco — Extremo O	120	47	59. 27

Con estos azimuts se pueden determinar las coordenadas de cada vértice respecto del cual está tomado el azimut, para referirlas después á un solo punto.

La tabla siguiente contiene las coordenadas de cada punto referidas al meridiano que pasa por Cerro Gordo y su perpendicular que pasa por Guerrero.

Coordenadas de los vértices.

Vértices.	x	y
Tesoro	12242. ^m 123	7355. ^m 533
Chiquihuite	7591. 781	3563. 040
Risco	3477. 580	1746. 561
Guerrero	4911. 175	0. 0
Extremo E	3754. 585	568. 340
Extremo O	4398. 776	1197. 423
Cerro Gordo	0. 0	5023. 883
Cruz	470. 504	10181. 137
S. Lorenzo	2683. 794	14672. 073
Reloj	4448. 571	9599. 614

Pongo en seguida la tabla que contiene los azimuts de los vértices secundarios, que resultan de combinar el azimut del lado trigonométrico que sirvió para fijarlos con alguno de los dos ángulos medidos en uno de sus extremos.

Lados.	Azimuts.	
Chiquihuite — Tierra Amarilla	— 33°	14'. 9
„ — Mina	— 2	22. 9
„ — Encinos	— 13	24. 9
„ — Coahuis 1°	— 30	43. 9
„ — Sta. Clara	— 83	15. 7
„ — Tlalnepantla	86	7. 8
„ — S. Pedro	— 84	14. 5
„ — Sta. Cecilia	68	9. 6
„ — S. Bartolo	94	34. 6
Tesoro — Cuautitlán	— 7	22. 8
„ — Tultepec	— 20	50. 4
„ — Puerto de Vacas	— 89	22. 2
Reloj — Huacaleo	8	38. 0
„ — S. Pablo	— 7	31. 8
„ — La Magdalena	— 5	22. 8
„ — Tonanitla	— 24	2. 1
„ — Jagüey	— 66	5. 9
„ — Coamilpa	— 115	13. 9
„ — Cañada Coamilpa	— 109	30. 9
„ — Petlalcal 1°	171	35. 8
„ — Petlalcal 2°	178	23. 8
„ — Petlalcal 3°	169	5. 8
„ — Coahuis 2°	156	40. 8
„ — Coahuis 3°	161	14. 8
„ — Acetiado	163	37. 8
Risco — Hacienda del Risco	0	50. 0
„ — S. José	66	44. 3
„ — La Esmeralda	38	8. 9
„ — Puerto de Lobos	0	14. 8
„ — Cerro (A)	23	21. 9
„ — Contrafuerte Petlalcal	57	33. 9
Cerro Gordo — Jajalpa	22	33. 4
„ „ — Cabeza Blanca	68	22. 4
„ „ — Chiquihuite 2°	— 1	44. 6

Lados.	Azimuts.
Chiquihuite — Tenayo	77° 53'. 5
„ — Corona	42 34. 2
Reloj — Panal	111 34. 7
„ — Cañada	107 36. 5

Con estos datos se calcularon las coordenadas de los puntos respecto al vértice desde el cual se tomó el azimut, y agregándoles á esas coordenadas las del vértice á que están referidas, se obtuvieron las coordenadas absolutas referidas á los ejes Cerro Gordo — Guerrero. La tabla siguiente da esas coordenadas.

Vértices.	x	y
Sta. Clara	1061. ^m 8	4334. ^m 5
S. Pedro	2068. 6	4119. 9
Hacienda del Risco	3489. 5	2570. 6
Rancho de S. José	4327. 1	2102. 5
Jajalpa	— 2025. 8	9901. 1
Tonanitla	— 468. 7	20626. 1
La Magdalena	3880. 3	15636. 3
S. Pablo	3311. 5	18202. 2
Huacalco	5145. 7	14191. 2
Tultepec	7318. 1	20290. 9
Cuautitlán	11033. 5	16686. 7
Tlalnepantla	15268. 4	4082. 3
Sta. Cecilia	12196. 8	5406. 5
S. Bartolo	11647. 1	3238. 4
Mina	7306. 5	10423. 7
Encinos	6050. 8	10024. 2
Puerto de Lobos	3511. 0	9516. 6
Cañada de Coamilpa	2278. 7	8830. 6
Coamilpa	3206. 5	9014. 3
Jagüey	2399. 3	10507. 8
Chiquihuite 2°	— 122. 4	9048. 6
Cabeza Blanca	2619. ^m 5	6062. ^m 5
La Esmeralda	3939. 1	2334. 1

Vértices.	x	y
Cerro (A)	4035. 8	3038. 7
Contrafuerte Petlalcal	5301. 2	2905. 4
Petalcal 1°	5186. 6	4605. 2
„ 2°	4598. 4	4247. 6
„ 3°	5343. 6	4949. 4
Acetiado	5210. 2	7007. 0
Puerto de Vacas	5656. 6	7427. 9
Tierra Amarilla	4733. 6	7922. 7
Coahuil 2°	6371. 2	5616. 2
„ 1°	6085. 6	5800. 3
„ 3°	5793. 0	5639. 9
Corona	10277. 5	6488. 5
Panal	8984. 0	7805. 9
Cañada	9041. 8	8141. 8
Tenayo	10887. 3	4270. 0

NIVELACIÓN.

En cada uno de los vértices que se ocuparon se tomaron las indicaciones del círculo vertical en ambas posiciones, cuando el hilo horizontal del retículo era tangente al perfil de la montaña y la visual se dirigía á punto trigonométrico, y simplemente en una posición cuando se dirigía á un punto que no era vértice principal.

En el polígono que forma la triangulación se tomaron más datos de los indispensables, lo que nos permite hacer una compensación de desniveles por el método de los mínimos cuadrados, y respecto á esos vértices referiremos todos los desniveles de los otros puntos para después reducirlos todos ellos á un plano de comparación común.

El plano á que referiremos todas nuestras alturas será el que pasa por el extremo E. de la base, por ser el más bajo y cuya acotación respecto de México es aproximadamente conocida.

La tabla siguiente contiene las distancias zenitales de los puntos desde cada uno de los que se expresan.