

la nueva posición; se tenían así dos puntos, el promedio de los cuales era el punto de la tangente, exenta su colocación de los errores de colimación y falta de perpendicularidad de los ejes. Otros pares de puntos se marcaban también y el promedio de todos se consideraba como el punto alineado.

El otro método consistía en colocar aproximadamente la señal en la tangente y tomar el ángulo entre ella y el origen. Con ese ángulo y la distancia se calculaba el desalojamiento que había que darle para colocarla en la tangente, y así se continuaba hasta el extremo de ésta.

Este último método fué exclusivamente empleado en el trazo de la 3ª tangente del paralelo 31° 47' y 1ª del paralelo 31° 20'. En la 1ª y 2ª tangentes del paralelo 31° 47' se empleó de preferencia el primero y en la 3ª, 4ª y 5ª del 31° 20' se empleó exclusivamente el segundo.

En la 1ª tangente del paralelo 31° 20', se hizo uso de un teodolito de 5 pulgadas de "Fauth." En las otras se emplearon dos altazimutes de "Troughton & Simms" de 8 pulgadas.

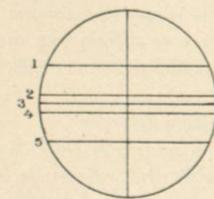
Los puntos alineados como va dicho, y que se procuraba estuviesen á la mayor distancia posible, servían á su vez de estación para prolongar el alineamiento al Oeste. Entre esos puntos se intercalaban otros en los lugares dominantes para que sirviesen como señales de alineamiento al hacer las medidas ó para el caso en que se colocase en ellos algun monumento. Como el error cometido en el alineamiento de éstos no se propagaba más adelante, se alineaban con un instrumento más pequeño como los que se usaban para las medidas. En las tres últimas tangentes del paralelo 31° 20', se empleó exclusivamente para este efecto un pequeño altazimut de Troughton & Simms de 10 segundos. Además y una vez alineados estos puntos intermedios, se les visaba desde alguna de las estaciones principales y se les corregía si se les encontraba fuera de la tangente.

Las señales más generalmente empleadas fueron banderas á cuyas astas se les dió el espesor correspondiente á las distancias desde donde se iban á ver, y se les forró de lienzo blanco y rojo para que pudiesen verse en todas las condiciones de luz, sea que se proyectaran sobre el cielo ó sobre el suelo. En algunas ocasiones se emplearon señales análogas á las que se han descrito á propósito de las observaciones de azimut. Sólo en el alineamiento de la 4ª tangente del paralelo 31° 20' se consiguió hacer un alineamiento con heliotropo á más de 30k., pero la mayor parte de las veces no fué posible el uso de éstos, por ser necesario emplear para su manejo un ingeniero, pues la gente del servicio no estaba suficientemente diestra en ello. Con las señales antes descritas, la mayor distancia á la que se consiguió hacer un alineamiento, fué de 16 kilómetros.

Con el fin de cerciorarse si no se había cometido alguna desviación muy fuerte en la tangente y aun para determinar la corrección necesaria debida á los errores inevitables en los alineamientos, en el extremo de cada tangente se tomaba su azimut, el que se comparaba con el que debía tener, atendida la distancia al origen.

### III.

Las medidas lineales fueron hechas con telémetro, y con cadena cuando el terreno lo permitía. El instrumento empleado fué un teodolito italiano de la forma llamada "Cleps" y de las dimensiones que su autor llama "modelo pequeño." Estos instrumentos son contruidos especialmente para telémetros y están provistos de una retícula de vidrio dividida de la manera que indica la figura.



Á los hilos 1 y 4, 2 y 5 corresponde la constante 100, á los 2 y 4, la constante 250. El anteojo, según su constructor, tiene un poder separador de 4". Siendo el ángulo subtendido por los espacios entre los hilos 1 y 4, y 2 y 5 de 2063" resulta que pueden obtenerse las distancias con un error de 4/2063 ó próximamente 1/500.

Pero hay otra causa de error inherente á las determinaciones telemétricas, que es la precisión con que puede estimarse el intervalo entre un hilo y la próxima división de la mira, y esta precisión depende en gran parte del ángulo bajo el cual se vea la menor división de la mira; la práctica nos enseñó pronto que la distancia más conveniente era entre 100 y 150; menos de 100, la estima se hace difícil porque la división se ve bajo un ángulo de una magnitud bastante grande, y un mismo

error en la estima produce un error relativo tanto mayor cuanto más pequeña es la distancia. A esta causa de error hay que agregar otras: la vibración del aire, en ciertas horas del día, cuyo efecto se atenúa reduciendo las distancias; otra, peculiar quizá al instrumento, es que los hilos extremos de la retícula por encontrarse muy lejos del centro del campo se ven vagamente desdoblados, lo que produce incertidumbre en las lecturas. Á pesar de todo esto en la 1ª parte de la línea y en general siempre que el terreno era plano, pudimos cerciorarnos de que dos medidas de un mismo tramo nunca diferían más de 1/300 de la distancia; pero cuando el terreno se hacía mas quebrado y la inclinación del anteojo pasaba de 10° ó 12°, la diferencia entre las dos medidas de un mismo tramo era á veces mayor; más aun, pudimos notar muchas veces que la indicación de la mira cambiaba constantemente, siendo imposible hacer las lecturas con certeza; estos cambios eran debidos á los movimientos de la mira; pero era imposible muchas veces conseguir que el que la llevaba la mantuviera siempre vertical.

Se empleó también para medir las distancias un método que consistía en medir una pequeña base á partir de un punto de la línea, tomando el ángulo de ésta con aquella y el ángulo bajo el cual se veía la base del otro punto de la línea cuya distancia al 1º se quería determinar; este ángulo, siempre muy pequeño, se repetía muchas veces hasta que su error probable fuese menos de 1/1000 de su valor; el otro ángulo, que se procuraba se acercase á 90° lo más posible, no se necesitaba con mucha aproximación y bastaba tomarlo con el pequeño instrumento empleado como telémetro.

Al trazar la tangente se referían á ella todos los antiguos monumentos frente á los que pasaba, así como las estaciones astronómicas, por medio de sus coordenadas polares á partir del punto alineado más próximo á ellas.

Para el paralelo 31° 47' se trazaron tres tangentes. Las dos primeras tuvieron una extensión de 80 k. y 21 k. respectivamente, y fueron trazadas por el Ingeniero Camilo A. González, Adjunto Astrónomo de la Comisión, auxiliado por el que suscribe, Ingeniero Ayudante entonces y el de igual clase, Luis R. Servín.

El levantamiento topográfico de la zona de dos y media millas al Sur de la línea quedó á cargo del Sr. Servín casi exclusivamente.

La tercera tangente fué trazada por el Ingeniero Felipe Valle, Adjunto Astrónomo, auxiliado por los Ayudantes antes citados. En esta parte también quedó á cargo del Sr. Servín la parte topográfica de la zona de dos y media millas al Sur de la línea.

Para el paralelo 31° 20' se trazaron 5 tangentes. Las dos primeras, con extensiones de 46 k. y 73 k. respectivamente, estuvieron á cargo del Sr. Valle auxiliado en la primera por el Ingeniero que suscribe, Ayudante entonces de la Comisión, y los Ingenieros Auxiliares, oficiales del E. M. E., Gaspar Martínez Ceballos y Carlos Kurezyn. Este último y el Ingeniero Ayudante M. Bancalari quedaron encargados especialmente de la parte topográfica.

En la segunda tangente, el que suscribe no tomó parte por haber pasado por orden de la Dirección á ocuparse de la colocación de los monumentos en el paralelo 31° 47'.

La 3ª, 4ª y 5ª tangentes fueron trazadas por el Adjunto Astrónomo Antonio R. Flores, Auxiliado por los Ingenieros auxiliares y ayudantes antes citados y por el Sr. Capº de E. M. E. José M. Bocanegra.

La topografía en la tercera tangente estuvo principalmente á cargo de los Sres. Martínez y Bocanegra, y en la cuarta al de los Sres. Martínez y Bancalari.

En todas las tangentes, los azimutes fueron observados por el Sr. Valle que durante todo ese tiempo estuvo encargado de la parte astronómica.

## DETALLES DE LAS TANGENTES.

PARALELO 31° 47'.

Observación de azimut para el trazo del primer vertical de la Estación Astronómica N° 1.—Observador Felipe Valle.—Instrumento empleado, altazimut de Troughton & Simms, de 12 pulgadas.

Estación á 14.13m. al Este y 14.12m. al Sur del Monumento I.	
Azimut de la señal.....	11° 31' 31.49" N. E.
	30.73 " "
	31.36 " "
	31.68 " "
	30.71 " "
Promedio.....	11° 31' 31.19" ± 0.13"
Ángulo entre la señal azimutal y la colocada cerca del primer vertical á 712.07m. al Oeste.....	101° 31' 21.95"
Azimut de la señal cerca del primer vertical.....	89 59 50.76

Se desalojó la señal 0.032 al Sur, correspondientes á 9.24" á 712m., para colocarla en el primer vertical de la Estación Astronómica, quedando en su posición definitiva á 47.02m. al E. y 1.05m. al S. del origen de la 1ª Tangente.

1ª Tangente, del Monumento I al Monumento V.—Observador Sr. Camilo A. González.—Instrumento empleado altazimut de "Troughton & Simms" de 8 pulgadas.

Estación, origen de la tangente, á 15 metros al Sur y 32.9m. al Oeste del Monumento II.

Azimut de la señal.....	53° 33' 21.5" N. E.
	53 33 24.5 " "
	53 33 23.3 " "
	53 33 23.5 " "
Promedio.....	53° 33' 23.2" ± 0.42"
Ángulo entre la señal azimutal y la del alineamiento.....	143° 32' 32.6"
Azimut del punto del alineamiento.....	89 59 9.4" N. O.
El punto del alineamiento se colocó á 11154ms. del origen.	

El punto de alineamiento se desalojó 2.80ms. al Sur para corregir su posición y colocarlo sobre la tangente y desde él se prosiguió el alineamiento hacia el Oeste, colocando diversos puntos que servían de estaciones para situar el instrumento. En la número 7 de éstas, se tomó el azimut de la línea, encontrándose:

Azimut de los puntos 6 á 7.....	89° 50' 59.1" N. E.
Azimut que debía tener.....	89 50 35.8 " "
Error en azimut.....	23.3"

Al prolongar la tangente se corrigió su dirección.

2ª Tangente del Monumento V al Monumento VI.—Observador Camilo A. González.—Instrumento, altazimut de "Troughton & Simms" de 8 pulgadas.

ESTACIÓN AZIMUTAL N° 3.

El origen de la tangente quedó á 10.5 metros al Sur y 3.4 m. al Oeste del Monumento V.

Azimut de la señal.....	1° 29' 13.2" N. O.
	18.5 " "
	13.5 " "
	13.0 " "
	14.4 " "
	14.4 " "
Promedio.....	1° 29' 14.5" N. O.
Ángulo entre la señal azimutal y la de alineamiento.....	88° 30' 59.4" " "
Azimut de la señal de alineamiento.....	90° 0' 13.9" " "

La señal de alineamiento quedó á 1658.0 metros al Oeste.

Á partir del punto así marcado, sin corregirlo por los 13.9" de desviación, se continuó el trazo hasta el Monumento VI, cuya ordenada respecto á la tangente fué de 32.57 metros.

Se tomó también el azimut de una señal colocada al Sur del Monumento VI, encontrándose para dicho azimut 89° 59' 47.05".

Corregida por su desviación de 12.95", se encontró que quedaba 35.7 metros al Sur del Monumento VI.

3ª Tangente del Monumento VI al Monumento IX. —Observador Felipe Valle.—Instrumento.—El mismo que en las anteriores.

El origen de esta tangente quedó 9.02 m. al Oeste y 0.95 m. al Sur del Monumento VI.

La señal azimutal fué el Monumento V y sus azimutes fueron:

	89° 56' 38.8" N. E.
	36.8"
	38.1"
Promedio.....	89° 56' 37.9" ± 0.46" N. E.
Ángulo entre Monumento V y VII.....	180° 5' 56.6"
Azimut del Monumento VII.....	270° 2' 34.4"

La tangente pasó 8.74 metros al Sur del Monumento VII.

En la estación astronómica N° 4 se hizo una observación de azimut y se colocó una señal en el meridiano de la estación; en seguida en la estación 9 del alineamiento, situada en el meridiano de la estación astronómica se tomó, sirviéndose de la marca meridiana, el azimut de la estación N° 8 de alineamiento, encontrándose:

Azimut en estación 9 de la N° 8.....	90° 18' 59.7"
Debido á la distancia.....	90° 19' 13.9"
Error de azimut de la tangente.....	14.2"

Coordenadas medidas sobre las tangentes anteriores para la referencia de los monumentos antiguos.

Tangentes.	Puntos.	Distancias al origen.	Ordenadas + N. - S
		m.	m.
1ª Tangente .....	Monumento I.....	-745,0	15,19
	Monumento II.....	- 32,90	15,0
	Origen.....	0,0	0,0
	Monumento III.....	4226,0	16,2
	Est <sup>n</sup> Ast <sup>a</sup> 2.....	28188,0	40,6
	Monumento IV.....	59131,9	157,1
2ª Tangente .....	Monumento V.....	79092,2	296,1
	Monumento V.....	- 3,4	10,5
	(Est <sup>n</sup> Ast <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 3) Origen..	0,0	0,0
3ª Tangente .....	Monumento VI.....	21488,0	35,7
	Monumento V.....	-21500,4	21,1
	Origen.....	0,0	0,0
	Monumento VI.....	- 9,0	0,9
	Monumento VII.....	13196,9	9,9
	*Monumento.....	33668,4	57,0
	Monumento VIII.....	34813,7	60,7
Monumento IX.....	57639,2	163,3	

\*Este monumento fué un monton de piedras de forma muy regular que se tomó como uno de los monumentos dejados por la Comisión Mexicana de 1854, por concordar muy bien su colocación con la que debía tener y se le tuvo en cuenta para la interpolación de los monumentos nuevos.

SECCIÓN MERIDIANA.

Detalles de trazo de la Sección Meridiana comprendida entre los paralelos 31° 47' y 31° 20'. Estación astronómica N° 5, 35.57 ms. al Sur y 2.99 m. al Este del Monumento IX. La señal azimutal quedó colocada á 3292 metros al Sur.

Azimutes encontrados.....	180° 0' 1.87''
	0.81
	6.60
	1.83

Promedio..... 180° 0' 2.65'' ± 0.9'' del N. al E.

Se estacionó, para prolongar el alineamiento, 0.096 m. al Oeste de la señal azimutal y como 0.096 m. á 3292 ms. corresponden á 6'', resulta que la línea trazada tenía una desviación de 3.29'' al S. O.

Al pasar frente á los Monumentos X y XI se tomaron sus ordenadas á la línea, que están corregidas ya por la desviación de ésta:

Monumento X	2.7 metros al Oeste.
Monumento XI	3.1 metros al Oeste.

PARALELO 31° 20'.

1ª Tangente del Monumento XI al Monumento XIII.—Observador Felipe Valle.—Instrumento empleado.—Altaímut de "Troughton & Simms" de 12 pulgadas.

Estación.	Señal azimutal.	Azímüt.
2.34 ms. al Oeste y 3.23 al S. del Monumento XI.	12880 ms. al Oeste.....	89° 59' 58,75" N. O.
		89 59 63,82
		89 59 66,40
		89 59 65,21
		89 59 59,29
Promedio .....	89° 59' 62,69" N. O. + 0,96	

El Primer Vertical de la estación pasa 0.15 ms. al N. de la señal; el del Monumento X que fué el que se trazó, á 3.23 m. -0.15 m. al N. de la misma.

En la estación astronómica No. 6, 99.52 m. al N. de la estación 5 de alineamiento y 7450 al Oeste de la Estación 4 de alineamiento se tomó el azímüt de (4), encontrándose:

Azímüt en Est <sup>n</sup> Ast <sup>a</sup> 6, de la 4 de alineamiento .....	90° 29' 59.0''
Corrección para tener el azímüt de 4 á 5 de alineamiento.....	- 45 2.5
Azímüt de 4 en 5.....	89° 44' 56.5''
Azímüt debido á la distancia.....	89 44 53.8
Error de azímüt.....	2.7''

2ª Tangente del Monumento XIII á la Estación Astronómica No. 7.—Observador é instrumento, los mismos que en la anterior.

Estación.	Señal azimutal.	Azímüt.
Est <sup>n</sup> Ast <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 6..... 12340 ms. al Oeste y 0.55 m. al Sur del Monumento XIII.	6054 ms. al Oeste.....	89° 59' 53,36" N. O.
		89 59 53,35
		89 59 54,35
		Promedio.....

La tangente se trazó 0.184 m. al Sur de la señal azimutal.

En el extremo de la tangente, sirviéndose del azímüt de una señal observada en la estación astronómica No. 7, se determinó el azímüt de la tangente, encontrándose:

Azímüt de la tangente al Este, desde su extremo.....	89° 47' 51.1''
Azímüt debido á la distancia.....	89 46 12.0
Error de azímüt.....	1' 39.1''

3ª Tangente de la Estación Astronómica N° 7 (cerca de 2 kilómetros al Oeste del Monumento XX) á Monumento XXI.

Observador é instrumento empleado, los mismos que en las anteriores.

Estación.	Señal azimutal.	Azímüt.
Est <sup>n</sup> Ast <sup>n</sup> N° 7. ....	16440 ms. al Oeste.....	90° 0' 30.81" del N. al O.
		90 0 33.84
		90 0 28.91
		90 0 32.39
		Promedio .....

La tangente se trazó 2.53 metros al Norte de la señal azimutal.

En la Estación Astronómica N° 8 (junto al Monumento XXI) se hizo una observación de azimut y se trazó su tangente, tomándose después el ángulo que hacía con la tercera, el que se encontró ser de 0° 21' 24.3".

El ángulo debido á las distancias entre los orígenes de las dos tangentes es 0° 21' 58.7", de donde resulta que la tercera tangente está desviada 0° 0' 34.4" al Norte.

4ª Tangente del Monumento N° XXI al Monumento N° XXIV.

El mismo observador y el mismo instrumento que en las anteriores.

Estación.	Señal azimutal.	Azímüt.
Estación Astronómica N° 8 10.33 m. al Este y 0.33 m. al Sur del Monumento XXI.	2.5 kil. al Sur de Est <sup>n</sup> Ast <sup>n</sup> (Próximamente).	193° 36' 17.83" del N. al E.
		16.94
		19.98
		20.40
		18.52
		Promedio .....

En la Estación Astronómica N° 9 se hizo una observación de azimut y se trazó su tangente, tomándose después el ángulo que hacía con la 1ª y la 4ª se encontró ser: 14' 28.6".

El ángulo debido á la distancia entre los orígenes de las tangentes es 13' 49.9", resultando que la 4ª tangente se desvió 38.7" al Sur.

5ª Tangente del Monumento XXIV al extremo del paralelo 31° 20', intersección con la línea azimutal de Sonora.

El mismo observador y el mismo instrumento que en las anteriores.

Estación.	Señal azimutal.	Azímüt.
Estación Astronómica N° 9 4,0 ms. al Oeste y 3,43 m. al Sur del Monumento N° XXIV.		0° 24' 0,92"
		0,14
		0,09
		23 59,91
		24 2,89
		Promedio.....



ANTIGUO MONUMENTO XVI, VISTA AL ESTE.

Coordenadas medidas sobre las tangentes anteriores para la referencia de los monumentos.

Tangentes.	Puntos.	Distancias al origen.	Ordenadas + N - S.
		<i>m.</i>	<i>m.</i>
1 <sup>a</sup> .....	Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 5.....	0,0	0,0
	Monumento XI.....	2,34	00,00
	Monumento XIII.....	45067,45	+ 98,64
2 <sup>a</sup> .....	Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 6.....	0,0	0,0
	Monumento N <sup>o</sup> XIII.....	- 123,40	- 0,57
	Monumento N <sup>o</sup> XIV.....	6045,00	-129,29
	Monumento N <sup>o</sup> XV.....	11446,90	-118,80
	Monumento N <sup>o</sup> XVI.....	16249,90	-108,56
	Monumento N <sup>o</sup> XVII.....	37614,52	- 44,54
	Monumento N <sup>o</sup> XVIII.....	54592,82	+196,30
	Monumento N <sup>o</sup> XIX.....	54592,82	+198,17
3 <sup>a</sup> .....	Mojonera al N. de Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 7.....	72211,43	+276,60
	Mojonera al Norte de Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 7.....	- 41,30	+132,80
	Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 7.....	0,0	0,0
	Monumento N <sup>o</sup> XX.....	- 1838,30	+157,14
4 <sup>a</sup> .....	Monumento N <sup>o</sup> XXI.....	67042,51	+379,78
	Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 8.....	0,0	0,0
	Monumento N <sup>o</sup> XXI.....	10,33	+ 0,33
	Monumento N <sup>o</sup> XXII.....	28733,99	- 97,04
	Monumento N <sup>o</sup> XXIII.....	33206,65	- 89,19
5 <sup>a</sup> .....	Monumento N <sup>o</sup> XXIV.....	42109,00	- 43,91
	Monumento N <sup>o</sup> XXIV.....	- 4,00	+ 3,43
	Est. <sup>n</sup> Ast. <sup>a</sup> N <sup>o</sup> 9.....	0,0	0,0
	Monumento N <sup>o</sup> XXVI.....	23684,27	+117,66
	Monumento N <sup>o</sup> XXVII.....	32623,34	+ 29,70
	Monumento del meridiano 111°.....	45305,98	+ 32,86

IV.

DEMARCACIÓN DE LOS PARALELOS POR MEDIO DE ORDENADAS Á LA TANGENTE.

El diagrama siguiente muestra la manera como los nuevos monumentos fueron intercalados entre los existentes.

