
Anexo No. XIV

DETERMINACIONES ASTRONÓMICAS
HECHAS Á LO LARGO DE LA LÍNEA DIVISORIA ENTRE
MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS POR LA SECCIÓN MEXICANA
DE LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

RELACIÓN FORMADA POR EL INGENIERO
GUILLERMO B. Y PUGA
ADJUNTO ASTRÓNOMO DE LA COMISIÓN

WASHINGTON, D. C.
1896

DETERMINACIONES ASTRONÓMICAS HECHAS Á LO LARGO DE LA LÍNEA
DIVISORIA ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS POR LA
SECCIÓN MEXICANA DE LA COMISIÓN INTER-
NACIONAL DE LÍMITES.

Para las determinaciones astronómicas que debían hacerse á lo largo de la línea divisoria en su parte comprendida entre el Río Bravo y la costa del Pacífico, se establecieron por la Sección Mexicana de la Comisión Internacional de Límites trece estaciones: una en la población de Paso del Norte, y doce á lo largo del límite denominadas sucesivamente con los números del 1 al 12. La colocación de estas doce estaciones fué en los puntos que sigue:

- Nº 1 En el monumento Nº 1 del límite.
- „ 2 En un punto del paralelo $31^{\circ} 47'$ colocado 28 kilómetros al Oeste de la estación Nº 1.
- „ 3 En el monumento antiguo Nº VI, actualmente Nº 21.
- „ 4 En el monumento que marca el extremo Occidental del paralelo $31^{\circ} 47'$.
- „ 5 En el monumento que marca el extremo Oriental del paralelo $31^{\circ} 20'$.
- „ 6 En el antiguo monumento Nº XIII, actualmente Nº 64.
- „ 7 Cerca del monumento Nº 83 de los actuales.
- „ 8 En el monumento Nº XXI, actualmente Nº 98, cerca del río de S. Pedro.
- „ 9 En el monumento Nº XXIV actualmente Nº 111, cerca del pueblo de La Noria.
- „ 10 En la villa de Nogales.
- „ 11 En la población de Yuma.
- „ 12 En el pueblo de Tijuana.

En la estación de Paso del Norte y en las Nº 1, 10 y 11 se hicieron observaciones para determinar longitud. En todas las estaciones excepto en la de Paso del Norte se determinó la latitud.

Azimutes astronómicos se observaron también á lo largo de la línea, en las nueve estaciones primeras y en algunos puntos más de las líneas de Sonora y California; estos azimutes así como sus detalles se consignan en la parte relativa á los trabajos geodésicos, por formar sus resultados parte integrante del trazo de las tangentes y alineamientos con cuyo objeto fueron determinados.

Los instrumentos usados y sus instalaciones se describen en seguida:

INSTRUMENTOS USADOS Y SUS INSTALACIONES.

Las observaciones de estrellas para determinar las correcciones y marchas de los cronómetros se hicieron con un pequeño anteojo de pasos en las estaciones de: Paso del Norte, Nogales, Yuma y Tijuana; en las demás estaciones se empleó un altazimut de 12 pulgadas. En Nogales, Yuma y Tijuana se registraron las observaciones por medio de un cronógrafo antiguo de tira conectado con un cronómetro interruptor, cuyo estado no era muy satisfactorio á causa del desarreglo de su máquina; sólo en Tijuana se usó después que hubo sido compuesto por persona competente. En las demás estaciones todas las observaciones se registraron al oído.

Para las observaciones de latitud en las estaciones Nº 1, 2, 5 y 8 se empleó un altazimut de 12 pulgadas, y en las demás estaciones un anteojo zenital.

Anteojo de Pasos.—El anteojo de pasos es de la fábrica de "Troughton & Simms." Su ocular está provisto de micrómetro y su retícula tiene 5 hilos verticales y dos horizontales; para la inclinación del eje de rotación se le adapta un nivel montante cuyas divisiones tienen por valor angular un segundo; sus círculos buscadores son de 5 pulgadas y dan las lecturas aproximadas hasta $20''$.

La instalación de este instrumento se hizo en postes mampuestos de ladrillo, sobre los que se fijaban las piezas especiales de bronce destinadas á recibir los tres tornillos en los cuales se sienta el instrumento; estos tornillos tienen por objeto nivelarlo y moverlo en azimut para la colocación del eje de rotación en el primer vertical.

En las estaciones de Paso del Norte y Tijuana los postes no quedaron tan sólidamente colocados como se deseaba por la naturaleza del terreno, esencialmente arenoso y suelto.

Altazimut.—El altazimut usado es de 12 pulgadas de la fábrica de "Troughton & Simms," su anteojo tiene 46c° de distancia focal y 5c° de abertura, está provisto su ocular de un micrómetro; sus círculos tienen doce pulgadas y se leen por medio de dos microscopios micrométricos cada uno de ellos, además del pequeño anteojo que lleva el índice. Los micrómetros permiten obtener las lecturas con una aproximación directa de 1 segundo y por estimación sobre las divisiones de las cabezas de los tornillos se pueden obtener décimos de segundo.

Está provisto el altazimut de dos niveles fijos en la plataforma horizontal; uno paralelo al plano vertical, y uno móvil que se monta sobre el eje de rotación del anteojo; en los niveles del plano horizontal, las divisiones valen 1.3"; en el paralelo y en el montante valen 1". Las divisiones de los niveles horizontales y las del paralelo son corridas del 0 al 60 teniendo sus extremos en los límites del tubo; en el nivel montante las divisiones tienen su origen en la parte media y son simétricas.

La instalación del altazimut generalmente se hizo sobre su tripié especial, formado por una plataforma de hierro sobre tres barras de madera ligadas entre sí por tirantes de hierro; para su colocación se enterraban tres grandes estacas en el suelo y en ellas se atornillaba el tripié.

Anteojo Zenital.—El anteojo zenital es de la fábrica de "Troughton & Simms," su anteojo tiene 75c° de distancia focal y 6.5° de abertura. El círculo buscador leído con microscopio simple y estimando sus lecturas con vernier se aproximan hasta 10". Los niveles de que está provisto el instrumento son: dos pequeños y de muy corta aproximación en el plano horizontal, uno igual á los anteriores montante para rectificar la horizontalidad del eje de rotación del anteojo y uno muy fino fijo á los vernieres con los que se lee el buscador. Este último nivel se cambió después por otro comprado y comparado especialmente para este zenital; el primero tenía por valor angular de sus divisiones 2.23" y el último tenía por valor 1". El primero se empleó en las estaciones 3 y 4 y el segundo en todas las demás.

La instalación del zenital se hizo en postes de ladrillo en las estaciones: N° 4, Nogales, Yuma y Tijuana.

En las tres primeras de estas estaciones los postes fueron construídos por la sección americana y sobre ellos verificaron sus observaciones anteriormente á la sección mexicana.

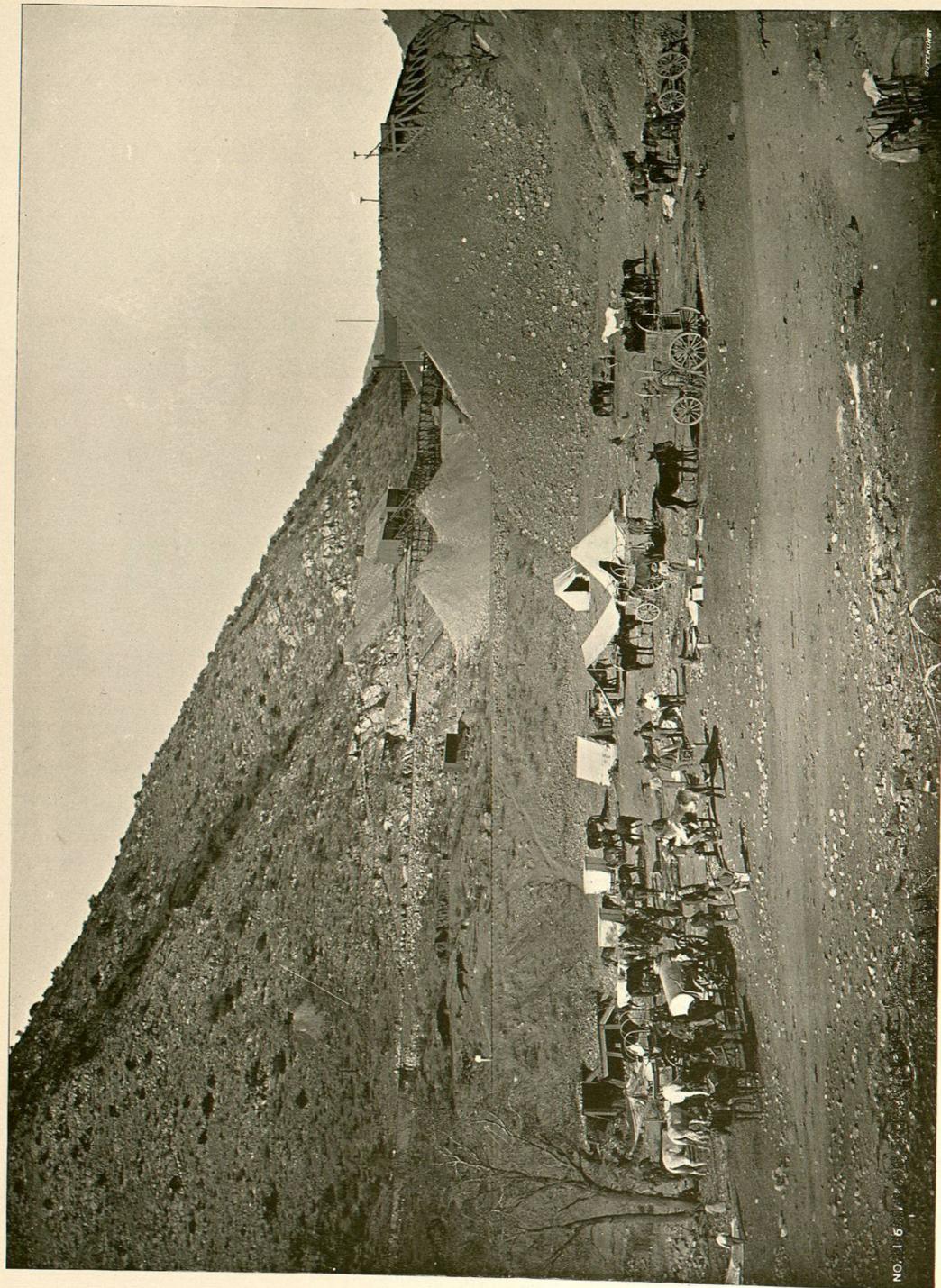
En las demás estaciones el zenital se instaló sobre su tripié especial igual al descrito, al tratar del altazimut, colocándolo con iguales precauciones que las dichas allí.

Las instalaciones en casi todas las estaciones se hicieron lo más cerca posible del punto por determinar tomando en todas ellas los datos necesarios para referirlas á dicho lugar, excepto en Nogales y en Yuma en cuyos puntos las observaciones se ejecutaron en la población y después se ligaron por operaciones geodésicas á los monumentos por determinar. En Nogales se observó en el patio del hotel Moctezuma, edificio que se encuentra en el lado americano de la población; en Yuma las observaciones se hicieron en el antiguo edificio del cuartelmaestre del fuerte, en una de las galeras que se dispuso convenientemente para el objeto.

MÉTODOS EMPLEADOS EN LAS DETERMINACIONES.

Longitudes.—Las longitudes de Paso del Norte, Nogales y Yuma se determinaron directamente por cambio de señales telegráficas con los observatorios de Tacubaya y México: por el mismo procedimiento usado en la Comisión Geográfica Exploradora de México, el cual consiste en el envío





CAMPAMENTO DE LOS MONUMENTOS, EN BISBEE.

NO. 16

de señales telegráficas de un punto al que se quiere determinar é inversamente, distribuidas esas señales en grupos de diez, espaciadas cada diez segundos.

Las horas de envío y llegada de las señales en Tacubaya y en México se registraron en sus respectivos cronógrafos, y en Paso del Norte y Nogales se registraron al oído transportando los cronómetros empleados del lugar de observación á la oficina telegráfica conectada con los observatorios. En Yuma se construyó una línea especial para conectar la oficina telegráfica con el lugar de observación lo cual permitió registrar las horas de las señales en el cronógrafo. En Tijuana se construyó igual conexión, pero no se empleó.

La longitud del monumento N° 1 se determinó refiriéndolo primero á Paso del Norte por medio de señales luminosas, hechas en una de las alturas cercanas al Paso y observadas por los observadores del monumento y por los del Paso. Las horas de estas observaciones también se registraron en ambos puntos al oído.

Las correcciones de los cronómetros se determinaron en Paso del Norte, Nogales y Yuma por pasos meridianos de estrellas, para cuya reducción se determinó en cada observación la inclinación del eje de rotación por el nivel montante y por observaciones combinadas de estrellas circumpolares y australes, las correcciones de desviación azimutal y colimación del eje óptico del antejo.

En la estación N° 1 así como en las demás estaciones se determinaron las correcciones y marchas de los cronómetros por observaciones de distancias zenitales ó por el método de alturas iguales observadas con el altazimut de 12 pulgadas.

Latitud.—La latitud se determinó de diversas maneras :

- | | |
|---------------------|--|
| En la estación N° 1 | Por distancias meridianas de estrellas. |
| „ „ „ 2 | Por distancias zenitales, tomadas con altazimut, de pares de estrellas combinables por el método “Talcott.” |
| „ „ „ 3 | Por observaciones con el zenital. |
| „ „ „ 4 | Por observaciones con el zenital. |
| „ „ „ 5 | Por observaciones de pares con altazimut y calculados por el método “Talcott.” |
| „ „ „ 6 | Por observaciones con el zenital. |
| „ „ „ 7 | Por observaciones con el zenital, y por observaciones con el altazimut y calculadas por el método “Talcott.” |
| „ „ „ 8 | Por distancias zenitales observadas con el altazimut y calculadas por el método “Talcott.” |
| „ „ „ 9 | Por observaciones con zenital. |
| „ „ „ 10 | Por observaciones con zenital. |
| „ „ „ 11 | Por observaciones con el zenital. |
| „ „ „ 12 | Por observaciones con el zenital. |

Todos los cálculos y resultados de las determinaciones dichas se encuentran detallados en las tablas que acompañan á esta relación.

Los ingenieros que ejecutaron los trabajos anteriores fueron: en Paso del Norte Sr. D. Valentín Gama, Ingeniero Auxiliar de la Comisión ;

En las estaciones 1 á 10 Sr. D. Felipe Valle, Adjunto Astrónomo de la Comisión ; y

En las estaciones N° 11 y 12 el que suscribe comisionado especialmente para el objeto.

Las tablas siguientes muestran en resumen las observaciones hechas, los métodos empleados y los nombres de quien las ejecutó.

LONGITUD.

Estaciones.	Lugares.	Método.	Tiempo determinado por	Nº de series x de 10 señales.	Noches de obs. ^s	Observador.
Paso del Norte.....		Telégrafo.....	Pasos meridianos.....	12	2	V. Gama.
Estación N.º 1.....	Mon.º N.º 1.....	Señales luminosas.....	Distancias zenitales.....	9	3	F. Valle.
Estación 10.....	Nogales.....	Telégrafo.....	Pasos meridianos.....	35	6	F. Valle.
Estación 11.....	Yuma.....	Telégrafo.....	Pasos meridianos.....	12	3	G. B. Puga.

LATITUDES.

Estaciones.	Lugares.	Instrumento empleado.	Nº de observaciones	Nº de noches.	Observadores.
1	Mon.º N.º 1	Altazimut	28	1	F. Valle
2		Altazimut	26	9	F. Valle.
3	Mon.º N.º 21	Zenital	63	3	F. Valle.
4	Mon.º N.º 40	Zenital	34	3	F. Valle.
5	Mon.º N.º 53	Altazimut	24	3	F. Valle.
6	Mon.º N.º 64	Zenital	44	3	F. Valle.
7	Mon.º N.º 83	Zenital	41	3	F. Valle.
8	Mon.º N.º 98	Altazimut	69	3	F. Valle.
9	Mon.º N.º 111	Zenital	78	4	F. Valle.
10	Nogales	Zenital	98	3	F. Valle.
11	Yuma	Zenital	28	3	G. B. Puga.
12	Tijuana	Zenital	31	6	G. B. Puga.

FÓRMULAS EMPLEADAS Y SISTEMAS DE CÁLCULO.

Longitudes.—Para las determinaciones de las longitudes se cambiaron, como se ha dicho antes, señales luminosas ó telegráficas registrando la hora correspondiente á cada señal recibida ó remitida. Las correcciones de esas indicaciones debidas al error inicial y marcha en los cronómetros se dedujeron de observaciones de pasos meridianos hechas con el anteojo descrito en la página 307 de esta relación y se calcularon por la fórmula (5) de la página 375 del tomo II del “Tratado Elemental de Topografía, Geodesia y Astronomía Práctica” de D. Francisco Díaz Covarrubias, segunda edición.

En dichos cálculos se usaron valores de las cantidades *a* y *c* deducidos por observaciones de cuatro estrellas, en ambas posiciones del instrumento, dos al N. y dos al S. lo más lejos posible del zenit; excepto en Paso del Norte en cuyo punto se observaron pasos inferiores de estrellas circumpolares para el mismo fin. La cantidad *b* se determinó directamente en cada serie de observaciones y para cada una de las posiciones del instrumento por medio del nivel montante correspondiente.

Para reducir las observaciones de tránsitos incompletos se determinaron los intervalos ecuatoriales de los hilos de la retícula en cada uno de los puntos donde se usó el anteojo de pasos, encontrando los valores que se ponen en seguida:

Luz al 0.	I.	II.	III.	IV.	V.
	<i>s.</i>	<i>s.</i>	<i>s.</i>	<i>s.</i>	<i>s.</i>
En Paso del Norte.....	27,884	13,835	-0,040	-13,898	-27,859
„ Nogales.....	27,879	13,835	-0,042	-13,850	-27,871
„ Yuma.....	27,813	13,835	-0,082	-13,724	-27,815

En las estaciones en las que sólo se observó latitud las correcciones de los cronómetros se dedujeron siempre por observaciones, con altazimut, de distancias zenitales de estrellas á uno y otro lado

del meridiano, ó bien por alturas iguales de estrellas. Unas y otras han sido calculadas por las fórmulas correspondientes que respectivamente se encuentran desarrolladas en las páginas 326 y 339 de la obra ya citada del Sr. Covarrubias.

Latitudes.—Las latitudes de las estaciones en las que se observaron pares de estrellas con el anteojo zenital, así como aquellas en las que se tomaron con el altazimut estrellas á las cuales se les pudiera aplicar el método Talcott, se han calculado por dicho método empleando al efecto las fórmulas y sistema de discusión que se encuentra en las páginas 340 á 367 del tomo II, quinta edición, de la obra titulada. “*A Manual of the Spherical and Practical Astronomy by William Chauvenet.*”

Las estrellas observadas fueron, además, de algunas fundamentales, de los catálogos de Safford, Yarnal ó de la Asociación Británica y para reducir sus posiciones medias á las aparentes del día de la observación se emplearon las fórmulas de los números independientes que para ese objeto se encuentran en los almanaques náuticos.

Las latitudes para cuya determinación no se empleó el método Talcott se fijaron por la observación de distancias zenitales circunmeridianas ó por distancias zenitales absolutas de estrellas circumpolares aplicando al cálculo las fórmulas que para tales casos se encuentran en las páginas 428 y 442 de la obra citada del Sr. Covarrubias.

Las explicaciones anteriores más el índice general que acompaña al legajo de los cálculos son suficientes, sin duda, para comprender el arreglo y distribución de las tablas que acompañan esta relación teniendo además cada una de ellas su respectivo encabezado y las indicaciones necesarias para poder identificar fácilmente cualquier dato ó encontrar con facilidad los resultados.

WASHINGTON, D. C., Mayo 1º de 1896. = Firmado = Guillermo B. y Puga.

Es copia.

WASHINGTON, D. C., Octubre 21 de 1896.

JACOBO BLANCO,
Ingeniero en Jefe.