

SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN MEXICANA
ESTABLECIDA EN EL CERRO DEL METATE, OAX.,
PARA LA OBSERVACIÓN DEL ECLIPSE TOTAL
DE SOL DEL 7 DE MARZO DE 1970

INTRODUCCIÓN

MANUEL MEDINA PERALTA *

De acuerdo con el programa cooperativo de los Institutos de Geofísica y de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Sección de Geodesia del primero se hizo cargo de la situación geográfica de la Estación Mexicana para la observación del Eclipse Total de Sol del 7 de Marzo de 1970. Dicha estación está situada en el Cerro del Metate, próxima al kilómetro 15 de la carretera que corre de Miahuatlán, a Puerto Ángel, Oax. Entre la marca kilométrica y el sitio en que se instalaron los instrumentos astronómicos hay una distancia aproximada de 500 metros que se desarrollan en un contrafuerte irregular y pedregoso hasta llegar a un rancho de campesinos cerca del cual se encuentra un montículo en que se situó la estación.

La estación se instaló en este montículo a la menor distancia posible del pilar en que quedó establecido el antejo fotográfico, pero por lo reducido del espacio no se pudo montar la tienda de campaña que abrigó el equipo cronométrico y de radio. Por este motivo, la estación de observación geográfica quedó al pie del montículo, en un terreno de labor. Las condiciones atmosféricas que prevalecían en la región montañosa cuando se realizaron las operaciones no eran satisfactorias, por lo cual se aprovecharon los momentos del día en que fue visible el Sol para efectuar observaciones de latitud, lon-

* Sección de Geodesia, Instituto de Geofísica, UNAM.

gitud y azimut por métodos expeditos con el teodolito Wild T-2 del Servicio Magnético del Instituto de Geofísica, operado por el ingeniero Carlos Cañón Amaro.

Antes de iniciar las observaciones se pusieron en marcha los cronómetros de tiempo medio y sidereal, respectivamente, recibiendo las señales horarias de la estación WWV del Bureau of Standards de los EE.UU. de América. Se abrió, a partir de ese momento, un registro de "Comparaciones Cronométricas". La recepción de las señales se hizo al oído por la falta de cronógrafo, pero en la mayoría de las comparaciones apreciaron dos personas (Medina y Cañón) coincidiendo sus apreciaciones hasta el décimo de segundo.

El cronómetro de tiempo medio se hizo coincidir con las señales de tiempo universal referidas al meridiano 90 W.G. y por lo que respecta al cronómetro de tiempo sidereal, se calculó la indicación de dicho cronómetro para una hora determinada por medio de la fórmula $T_s = \text{Hora Sid. a las 0h medias del meridiano } 90^\circ \text{ Hora universal} + \text{Corrección para reducirlo a tiempo sidéreo-Diferencia de longitudes con el meridiano 90}$. La hora sidereal a las 0h del meridiano 90 se tomó del *Anuario del Observatorio Nacional de Tacubaya*, así como la corrección para conversión del tiempo medio en sidéreo.

La diferencia de longitudes entre el lugar ocupado (Cerro del Metate) y el meridiano 90 se tomó de una carta del Estado de Oaxaca editada por el Comité Coordinador de la Carta de la República Mexicana, a la escala de 1:500 000, encontrando el valor 26m 06segundos al Oeste de dicho meridiano. Las primeras observaciones nocturnas se efectuaron el 17 de enero, a partir de las 2 horas de tiempo sidereal y consistieron en la observación de zenitales absolutas de *Canis Minoris* al Este y de *Aquarii* al Oeste. Con los datos obtenidos en la primera estrella, se calculó una T para el cronómetro sidereal y con este valor y la comparación cronométrica a las 20h 15m de tiempo universal se calculó una primera longitud, resultando ésta de $6^h 26^m 04^s.6$ al W de Greenwich, lo que nos indicó que no andábamos muy lejos de la verdad con relación a la longitud determinada gráficamente.

La temperatura atmosférica bajó a 10 grados y el cielo se nubló rápidamente, por lo que suspendimos el trabajo esa noche. El día 18 se iniciaron las observaciones en forma sistematizada, como sigue: Observaciones Solares por la mañana, a partir de las 10 horas, para la determinación de azimut y longitud; fue especialmente importante la primera porque serviría para orientar la línea 0-180 del limbo azimutal del instrumento con el objeto de hacer posible las observaciones nocturnas de pares de estrellas para tiempo. Observaciones circunmeridianas y meridianas para la determinación de la

latitud. Por la tarde, a partir de las 15 horas, se repetía la observación solar para azimut y longitud. Por la noche, a partir de las 20 horas, se hacía la observación de pares de estrellas para la determinación del "tiempo" por el método de Díaz Covarrubias y se terminaba con observaciones de la estrella polar para la determinación de la latitud. Se describe en lo que sigue la forma en que pudo realizarse este programa.

OBSERVACIONES SOLARES

Enero 18. Tomando como "marca" de partida la torre del reloj de la parroquia de Miahuatlán, se midió repetidas veces el ángulo horizontal entre la torre y el Sol, en ambas posiciones instrumentales y anotando la hora cronométrica media en cada puntería. Se alteraba la observación de los limbos del Sol para eliminar el semidiámetro. Además, en cada visual al Sol se leía el círculo vertical. Con los datos de esta observación era posible calcular, al terminar la observación, la longitud y el "azimut" convirtiendo la hora cronométrica en hora universal, mediante las comparaciones que frecuentemente se hacían en el transcurso del día. Antes y después del paso meridiano del Sol, se hacían 16 observaciones solares, en rápida sucesión, para la determinación de la latitud. Observaciones de este género se practicaron los días 18, 19 y 20 de enero, con cuyos resultados se obtuvieron los siguientes valores para las dos coordenadas, latitud y longitud y para el azimut de la línea Estación de Instrumento-Torre del reloj de la parroquia de Miahuatlán.

LATITUD:	Enero 19	=	16°15'33".6	
	20	=	16 15 46. 0	
	Promedio =		16°15'40".0	
AZIMUT:	Enero 18	=	139°17'04"	Del S al W
	19	=	139 18 04	
	Promedio =		139°17'34"	
LONGITUD:	Enero 18	=	6 ^h 26 ^m 08 ^s .5	
	19	=	6 26 10.1	
	Promedio =		6 ^h 26 ^m 09 ^s .3	

OBSERVACIONES ESTELARES

Las observaciones preliminares de zenitales absolutas de estrellas, se efectuaron la noche del 17 de enero, con cuyos resultados se calculó una longitud aproximada del lugar.

En la noche del 18 de enero se observaron dos pares de estrellas numeradas en el catálogo de Toscano con las cifras 50 y 53. Las cuatro estrellas de dichos pares: α Geminorum, μ Pegasi, α Canis Minoris y ω Piscium entraron al campo del anteojo correctamente, en la hora sidereal, azimut y distancia zenital precalculadas, lo que comprobó la correcta posición del instrumento con relación al meridiano local.

El día 19 de enero fue totalmente perdido, pues tanto en la mañana como en la tarde y noche, el cielo estuvo nublado. Sólo se lograron dos observaciones Solares a través de las nubes.

El día 20 fue espléndido y se lograron observaciones solares y estelares. Se observaron seis pares de estrellas, de 4ª magnitud en su mayoría, a través de las cinco marcas reticulares del instrumento. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Par Núm. 40	.....	$\Delta T = + 1^m 43^s.58$	a las	$2^h 43^m 46^s.17$
„ 50	.....	„ = + 1 43 .57	„	3 13 52 .34
„ 52	.....	„ = + 1 43 .24	„	3 25 57 .60
„ 64	.....	„ = + 1 44 .39	„	4 24 24 .24
„ 70	.....	„ = + 1 47 .14	„	4 56 44 .77
„ 74	.....	„ = + 1 45 .55	„	5 16 19 .22

A primera vista se ve la necesidad de suprimir el par # 70, quedando cinco pares cuyo promedio y error probable son:

$$\Delta T = + 1^m 44^s.07 \pm 0^s.27$$

Se calcularon estas observaciones empleando las conocidas fórmulas de Díaz Covarrubias.

Con los valores anteriores y las comparaciones cronométricas efectuadas dentro de las observaciones, se hicieron los siguientes cálculos de “longitud”.

Primer cálculo:

Promediando los resultados de los pares 40, 50, 64 y 74, se obtiene:

$$\Delta T = + 1^m 44^s.272 \text{ a las } 3^h 54^m 35^s.49 \text{ (cronométricas).}$$

La comparación de tiempos se hizo a las $21^h 05^m$ en cuyo momento el cronómetro sidereal marcaba las $4^h 37^m 24^s.1$. La marcha horaria del cronómetro

sidéreo, calculada con todas las comparaciones cronométricas, resultó igual a + 1s.476.

Reduciendo la hora cronométrica $4^h37^m24^s.1$ en hora sideral local se tendrá:
 $\Delta T' = \Delta T + (\text{diferencia de horas}) \times \text{marcha horaria}$.

Sustituyendo valores: $\Delta T' = + 1^m44^s.272 \times 0^h.7135 \times 1^s.476 = + 1^m45^s.325$

$$\text{Hora sideral local} = 4^h37^m24^s.1 + 1^m45^s.325 = 4^h39^m09^s.424$$

$$\text{idem en el merid. 90} \dots\dots\dots = 5 \ 05 \ 16.91$$

$$\text{Diferencia de longitudes} = 0^h26^m07^s.49$$

$$\text{Longitud} = 6^h26^m07^s.49 \text{ peso } 4$$

Segunda solución:

Promediando todos los resultados de la hora, se tiene:

$$\Delta T = + 1^m44^s.58 \text{ a las } 4^h00^m14^s.06 \text{ cronométricas.}$$

Comparación de tiempos: Hora Universal (90) 21^h05^m Hora cronóm.
 $4^h37^m24^s.1$

El cálculo de $\Delta T'$ para una diferencia de horas de $0^h.61945$, usando la marcha horaria + 1s.476, da por resultado: $\Delta T' = + 1^m45^s.494$

Con los datos anteriores, se tiene:

$$\text{Hora sideral local} = 4^h37^m24^s.1 + 1^m45^s.494 = 4^h39^m09^s.594$$

$$\text{Hora sideral en el meridiano 90} \dots\dots\dots = 5 \ 05 \ 16.91$$

$$\text{Diferencia de longitudes} = 0^h26^m07^s.32$$

$$\text{Longitud} = 6^h26^m07^s.32 \text{ peso } 6$$

Promediando estos resultados se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{LONGITUD} &= 6^h26^m07^s.39 \pm 0^s.05 \\ &= 96^\circ 31' 50''.8 \pm 0''.8 \end{aligned}$$

LATITUD

La determinación de esta coordenada se hizo por el método de observaciones de la estrella polar en cualquier posición.

En la noche del 20 de enero, después de las observaciones de alturas iguales de estrellas para "tiempo", se hicieron 18 punterías a la estrella polar agrupadas en tres series, con los resultados siguientes:

SERIE	CRONÓMETRO	C. VERTICAL	REFRACC.	DIST. ZENITAL
1	5 ^h 32 ^m 12 ^s .94	73°10'43".15	+ 2'27".51	73°13'10".66
2	5 37 29 .73	73 11 41 .48	+ 2 27 .66	73 14 09 .14
3	5 41 48 .45	73 12 26 .02	+ 2 27 .78	73 14 53 .80

El cálculo de estas observaciones se hizo aplicando la fórmula de Litrow:

$$\varphi = a - p \cos H + \frac{1}{2} p^2 \operatorname{sen}^2 H \operatorname{tang} a \operatorname{sen} 1''$$

cuyas literales tienen la siguiente significación:

- a) Altura de la estrella polar corregida por nivel y refracción
- p) Distancia angular al polo de la estrella polar = $90^\circ - \delta$
- H) Ángulo horario de la polar en el momento de la observación

Se extracta, a continuación, el cálculo de cada uno de los tres términos de la fórmula.

1er. término: Restando de 90° las distancias zenitales corregidas que figuran en la tabla anterior, se tiene los siguientes resultados:

Series	1	2	3
Dist. Zenitales	73°13'10".66	73°14'09".14	73°14'53".80
Alturas	16°46'49".34	16°45'50".86	16°45'06".20

2o. término: Cálculo de ángulos horarios.

$$\text{Fórmula: } H = T_c + \Delta T - \alpha$$

SERIES	1	2	3
Hora de observación	5 ^h 32 ^m 12 ^s .94	5 ^h 37 ^m 29 ^s .73	5 ^h 41 ^m 48 ^s .45
ΔT	+ 1 46.44	+ 1 46.58	+ 1 46.68
Horas siderales	5 33 59.38	5 39 16.31	5 43 35.13
α Polar	2 02 59.07	2 02 59.07	2 02 59.07
Ángulos Horarios (H)	3 31 00.31	3 36 17.24	3 40 36.06
<i>idem</i> en arco	52°45'04".65	54°04'18".60	55°09'00".90

Cálculo del 2o. término (pcosh)

SERIES	1	2	3
log p	3.4939360	3.4939360	3.4939360
log cos H	9.7819535	9.7684683	9.7569603
log p cos H	3.2758895	3.2624043	3.2508963
-p cos H	- 31'27".51	- 30'29".80	- 29'41".95

Cálculo del 3er. término ($\frac{1}{2} p^2 \text{sen}^2 H \text{tang } a \text{ sen } 1''$)

SERIES	1	2	3
log 0.5 p ² sen 1''	1.37242	1.37242	1.37242
log sen ² H	9.80182	9.81668	9.82832
log tan a	9.47936	9.47890	9.47856
log 3er. término	0.65360	0.66800	0.67930
3er. término	+4".50	+4".65	+4".79

CÁLCULO FINAL DE LA LATITUD

Serie	1	2	3	v	vv
1er. término	16°46'49".34	16°45'50".86	16°45'06".20	+0".37	0.1369
2o. término	- 31 27 .51	- 30 29 .80	- 29 41 .95	+1 .49	2.2201
3er. término	+ 4 .50	+ 4 .65	+ 4 .79	-1 .84	3.2856
LATITUD	16°15'26".83	16°15'25".71	16°15'29".04	Suma	5.6426

PROMEDIO = 16° 15' 27".2 ± 0".6

Conclusión: Los resultados finales obtenidos en las observaciones Solares y Estelares difieren 12" en latitud y 28" en longitud. Estas diferencias son explicables debido a que la observación del Sol es mucho menos precisa que la de una estrella. No creemos que ambos resultados deban promediarse, por no ser homogéneos, dada la dificultad para determinar sus pesos relativos. Por otra parte, la duplicidad de la situación obedeció a que en vista del mal tiempo atmosférico, se agotaron todas las posibilidades para evitar un fracaso en el desarrollo del programa.