
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO. —Determinacion de las coordenadas jeográficas de algunas ciudades de la provincia de Aconcagua (continuacion), por José del C. Fuenzalida G. i Manuel A. Rojas N. —La Industria i su relacion íntima con las Escuelas profesionales, i de Artes i Oficios, por M. Dorlhac. —Bibliografía.

DETERMINACION

de las coordenadas jeográficas de algunas ciudades de la provincia de Aconcagua

(Continuacion)

LONGITUD (1)

La determinacion de las longitudes se ha hecho por la trasmision telegráfica de la hora, para lo cual se cambiaban señales telegráficas con el Observatorio Astronómico de Santiago.

Para esta clase de trabajo, disponíamos de dos cronómetros, facilitados por el Depósito de Cartas e Instrumentos de la Marina de Chile. Uno de estos cronómetros, Leroy N.º 692, es de tiempo medio i servia para las alturas del sol; el otro sidereal, Poole N.º 4047, para el paso de estrellas por el meridiano.

La determinacion de la hora, para tener la correccion de los cronómetros, se ha hecho por alturas simples de sol, por alturas correspondientes i por el paso de estrellas por el meridiano. Tambien se ha ensayado el método de ocultaciones de estrellas por un objeto terrestre; pero, el horizonte, mui amenudo brumoso, no permitia

(1) Careciendo, por ahora, de tipo griego, hemos reemplazado la letra *delta* por la *d*.—I. M.

las observaciones con la regularidad requerida para determinar la marcha de los cronómetros i, aun cuando este método es el mas sencillo, al mismo tiempo que muy exacto, no hemos creído conveniente aplicarlo por ahora, hasta no encontrar lugares en donde sea mas espedita su aplicacion.

Ademas de determinar la hora por los diferentes medios indicados, se hacian comparaciones diarias de ámbos cronómetros, a las doce del dia, poco mas o ménos; estas comparaciones permitian trasformar una hora en otra i deducir la correccion de uno de ellos, cuando se conocia la del otro; servian tambien para comprobar si las observaciones del sol marchaban de acuerdo con las de estrellas i deducir la bondad de las observaciones.

Las horas calculadas por los diferentes métodos debian ser concordantes i dar la misma correccion i la misma marcha por los diferentes métodos.

Cuando el tiempo no permitia practicar observaciones, la comparacion de cronómetros nos permitia tambien calcular si marchaban con regularidad o no, puesto que si la marcha era regular, la diferencia diaria guardaba cierta proporcion

Indiquemos ahora cómo se practican las observaciones en los diferentes casos que hemos apuntado, i cómo se establece el cálculo.

1.º *Alturas simples de sol*

La observacion de la altura de una estrella conocida, o del sol en un lugar donde se conoce la latitud, permite calcular el ángulo horario. Si consideramos el triángulo esférico determinado por el polo el zenit i el astro (fig. 12), tendremos:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - d) - \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - d) \cos t$$

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \phi \sin d}{\cos \phi \cos d}; \text{ fórmula en la que } t, \text{ es el ángulo horario,}$$

h , la altura observada; ϕ , la latitud del lugar de observacion i d , la declinacion del astro.

Esta fórmula puede aplicarse tal como se presenta, aun cuando no es aplicable a los logaritmos. Para esto, se tomarán los logaritmos de las cantidades h , ϕ i d , i se ejecutarán aisladamente las operaciones de multiplicacion i division; en seguida se toman los números correspondientes a los logaritmos que resulta de dichas operaciones aisladas, con los que se efectuarán las operaciones de suma o resta; se buscará, finalmente, el logaritmo correspondiente al último resultado i éste será el logaritmo de $\cos t$. Encontrado t , se transforma en tiempo, lo que dará *la hora verdadera de la observacion*; para tener el tiempo medio, habrá que tomar en cuenta la ecuacion del tiempo.

Procedamos al cálculo ahora:

El día 14 de Setiembre de 1896 se tomó una altura de $\odot$ en San Felipe, i la observacion dió (fig. 13):

Tiempo medio
h. m. s.

Hora del cronómetro Leroy N.º 692 = 2 20 15,5.

Distancia zenital $\odot Z = 49^\circ 34' 40'', 0$.

Nivel del círculo vertical $\left\{ \begin{array}{l} \text{al oeste... } 4.5 \\ \text{al este ... } 4.0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Div.} \\ \text{Div.} \end{array} 1, = 15''$

Altura barométrica, 0.^m7057.

Temperatura, termómetro centígrado + 21°,00.

Latitud del lugar de observacion, $\phi = 32^\circ 44' 51'', 61$.

Lonjitud de San Felipe, $L = 4^h, 87$ O. de Paris.

El Conocimiento de los tiempos da, por otra parte:

Semi-diámetro $\odot$	15' 56'',85
Paralaje de altura $\odot$	6'',53
Declinacion $\odot$ a medio día medio de Paris	$d = + 3^\circ 7' 22'', 60$
Variacion de la declinacion por hora.....	-57'',77

Con estos datos dispondremos el cálculo de este modo:

NIVEL....	Div 1 = 15"	Altura h
Oeste	Div. 4,5	Dis. zenital $\overline{O}$ $DZ_o = 49^{\circ}34'40''$
Este	4,0	Altura..... $h_o = 40^{\circ}25'20''$
Diferencia	0,5	Correccion nivel.. $+ = 3'',75$
0,25 inclinacion		Altura corregida
$= 0,25 \times 15'' = 3'',75$		del nivel..... $= 40^{\circ}25'23'',75$
		Corr. refraccion.. $- = 1' 1'',27$
		$40^{\circ}24'22'',48$

REFRACCION

Barómetro 0. ^m 7057, factor 0.932	Semi-diám. $\bigcirc$	15'56'',20
Termómetro + 21°, id. 0.961		40° 8'26'',28
	Paralaje, altura	+ 6'',53
	Alt. $\diamond$	$h = 40^{\circ} 8'32'',81$

Producto de los factores = 0,896.

Refraccion para $40^{\circ} = 1'9'',40$.

Id. id. $25'23'',75 = -1'',02$.

Refr. no corregida = $1'8'',38$.

$68'',38 \times 0,896 = 61'',27$.

Refraccion corregida de la temperatura i la presion = $1'1'',27$

Variacion de Declinacion

Lonj. O. San Felipe respecto a Paris..... = 4, ^h87

Hora observacion..... 2, 33

Suma..... 7, ^h20

Tiempo trascurrido entre el paso del $\clubsuit$ por el meridiano de Paris i la hora de la observacion = 7, ^h20.

Variacion de declinacion por 1 ^h = $-57'',77$.

Variacion para 7, ^h20 = $7, ^h20 \times -57'',77 = -4'15'',94 = -6'55'',94$.

Declinacion d

Paris a medio dia medio:

$d = 3^{\circ}7'22'',60$.

Variacion para San Felipe hora observacion = $-6'55'',94$

$d = + 3^{\circ}0'26'',66$

Los valores de h i d , corregidas serán:

$h = 40^{\circ}8'32'',81$

$\clubsuit d = 3^{\circ}0'26'',66$

Hagamos ahora aplicacion de la fórmula

$$\cos t = \frac{\text{sen } h - \text{sen } \phi \text{ sen } d}{\cos \phi \cdot \cos d} = \frac{\text{sen } h}{\cos \phi \cos d} - \frac{\text{sen } \phi \text{ sen } d}{\cos \phi \cos d}$$

tendremos:

$$\cos t = \frac{\text{sen } 40^{\circ}8'32'',81}{\cos 32^{\circ}44'51'',61 \times \cos 3^{\circ}0'26'',66} - \frac{\text{sen } 32^{\circ}44'51'',61 \times \text{sen } 3^{\circ}0'26'',66}{\cos 32^{\circ}44'51'',61 \times \cos 3^{\circ}0'26'',66}$$

Calculemos separadamente por logaritmos cada uno de los términos del segundo miembro; así obtendremos:

$$\log. \text{sen } h = \log. \text{sen } 40^{\circ}8'32'',81 = \overline{1},8093510,$$

$$\text{sen } h = 0,64469.$$

$$\log. \text{sen } \phi = \log. \text{sen } 32^{\circ}44'51'',61 = \overline{1},7331493$$

$$+ \log. \text{sen } d = + \log. \text{sen } 3^{\circ}0'26'',66 = \overline{2},7198700$$

$$\log. \text{sen } \phi + \log. \text{sen } d = \overline{2},4530193$$

$$\text{sen } \phi \cdot \text{sen } d = \underline{0,02283845}.$$

$$\log. \cos \phi = \overline{1},9248265$$

$$+ \log. \cos d = \overline{1},9993949$$

$$\log. \cos \phi + \log. \cos d = \overline{1},9242214$$

$$\text{sen } h = 0,6446900$$

$$- \text{sen } \phi \text{ sen } d = 0,0283845$$

$$\text{sen } h - \text{sen } \phi \text{ sen } d = \underline{0,6730745}$$

$$\log. (\text{sen } h - \text{sen } \phi \text{ sen } d) = \overline{1},8281277$$

$$- (\log. \cos \phi + \log. \cos d) = \overline{1},9242214$$

$$\log. \cos t = \overline{1},9039063$$

$$t = 36^{\circ} 43' 33'',31$$

$$t = 2^{\text{h}} 26^{\text{m}} 54^{\text{s}},22$$

Este valor de t , da el *tiempo verdadero* de la observacion; habrá que trasformarlo en tiempo medio, para compararlo con la hora marcada por el reloj que está espresada en tiempo medio.

Como la ecuacion del tiempo para ese dia era de $4^{\text{m}}42^{\text{s}},72$, para el medio dia medio de Paris, i la variacion por hora igual a

0^s,882 tendremos, que, habiendo trascurrido 7, ^h20 despues del paso por el meridiano de Paris, habrá que multiplicar la variacion por hora por 7,20, lo que nos da -6^s,35 los que, sumados con -4^m42, ^s72 nos da la ecuacion del tiempo para el momento de la observacion igual a -4^m49^s,07.

Luego tendremos, finalmente:

Hora verdadera.....	= 2 ^h 26 ^m 54 ^s ,22
Ecuacion del tiempo.....	= - 4 49 , 07
Tiempo medio de observacion.....	= 2 ^h 22 ^m 5 ^s ,15
Hora del reloj.....	= 2 20 15 , 50
Correccion o diferencia.....	= + 1 ^m 49 ^s ,65
Luego el estado del reloj era:.....	= - 1 ^m 49 ^s ,65

A este mismo resultado habríamos podido llegar, trasformando la fórmula que hemos aplicado en otra aplicable a logaritmos, introduciendo la distancia cenital Z i designando los demas datos con las mismas letras, se obtendrá:

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \phi \sin d}{\cos \phi \cos d}$$

$$1 + \cos t = 1 + \frac{\sin h - \sin \phi \sin d}{\cos \phi \cos d}$$

$$1 + \cos t = \frac{\cos \phi \cos d - \sin \phi \sin d + \sin h}{\cos \phi \cos d}$$

$$(1) \dots \dots \dots 1 + \cos t = \frac{\cos (\phi + d) + \sin h}{\cos \phi \cos d}$$

$$1 - \cos t = 1 - \frac{\sin h - \sin \phi \sin d}{\cos \phi \cos d}$$

$$1 - \cos t = \frac{\cos \phi \cos d + \sin \phi \sin d - \sin h}{\cos \phi \cos d}$$

$$(2) \dots \dots \dots 1 - \cos t = \frac{\cos (\phi - d) - \sin h}{\cos \phi \cos d}$$

dividiendo miembro a miembro la ecuacion (2) de la (1) tenemos:

$$\frac{1-\cos t}{1+\cos t} = \frac{\sin^2 \frac{1}{2} t}{\cos^2 \frac{1}{2} t} = \tan^2 \frac{1}{2} t = \frac{\cos (\phi-d) - \cos Z}{\cos (\phi+d) + \cos Z}$$

como $\sin h = \cos Z$, se ha reemplazado uno por otro, se tiene así:

$$\tan^2 \frac{1}{2} t = \frac{\cos (\phi-d) - \cos Z}{\cos (\phi+d) + \cos Z}$$

trasformando en producto la diferencia i la suma de cosenos se tendrá:

$$\tan^2 \frac{1}{2} t = \frac{2 \sin \frac{1}{2} (Z-\phi+d) \sin \frac{1}{2} (Z+\phi-d)}{2 \cos \frac{1}{2} (Z+\phi+d) \cos \frac{1}{2} (\phi+d-Z)}$$

Hagamos $\frac{1}{2} (Z+d+\phi) = S$, se tendrá la fórmula mas simplificada

$$(3) \dots \dots \tan^2 \frac{1}{2} t = \frac{\sin (S-\phi) \sin (S-d)}{\cos S \cos (S-Z)}$$

Pero, como siempre es mejor tomar una serie de alturas para obtener un resultado mas exacto, seria mui largo calcular cada altura simple por este método, puesto que S , está espresado en funcion de la distancia cenital i ésta varía a cada observacion. Aplicando la fórmula

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \phi \sin d}{\cos \phi \cos d}$$

del modo que se ha indicado, bastará calcular una sola vez $\sin \phi$ $\sin d$ i $\cos \phi \cos d$, puesto que durante las observaciones se puede considerar sin error sensible que la declinacion no ha variado, solo habrá que calcular h para cada caso particular. Procediendo de este modo, se calculará rápidamente una série de valores de t , cada uno de los cuales dará una correccion para el cronómetro; si estos valores se aproximan bastante uno al otro, se tomará el término medio de todos para obtener la correccion del reloj. Se desecharán los que se alejen del término medio que dan jeneralmente el mayor número de las observaciones.

(Continuará)