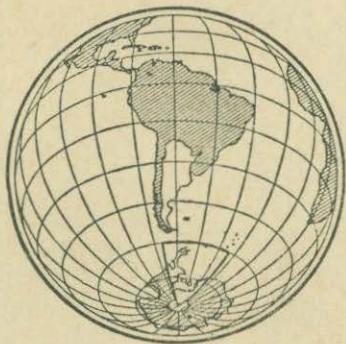


EJERCITO



ARGENTINO

## INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR



METODO PARA CONOCER LA LONGITUD Y LATITUD  
ASTRONOMICA DE UN LUGAR Y EL ACIMUT DE UNA  
DIRECCION MEDIANTE OBSERVACIONES DE SOL

NAVEGACION ASTRONOMICA MEDIANTE MEDICION  
DE SOL Y ESTRELLAS

PUBLICACIONES  
VARIAS \$2

BUENOS AIRES

1 9 7 2



MFN 2144

EJERCITO



ARGENTINO

## INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

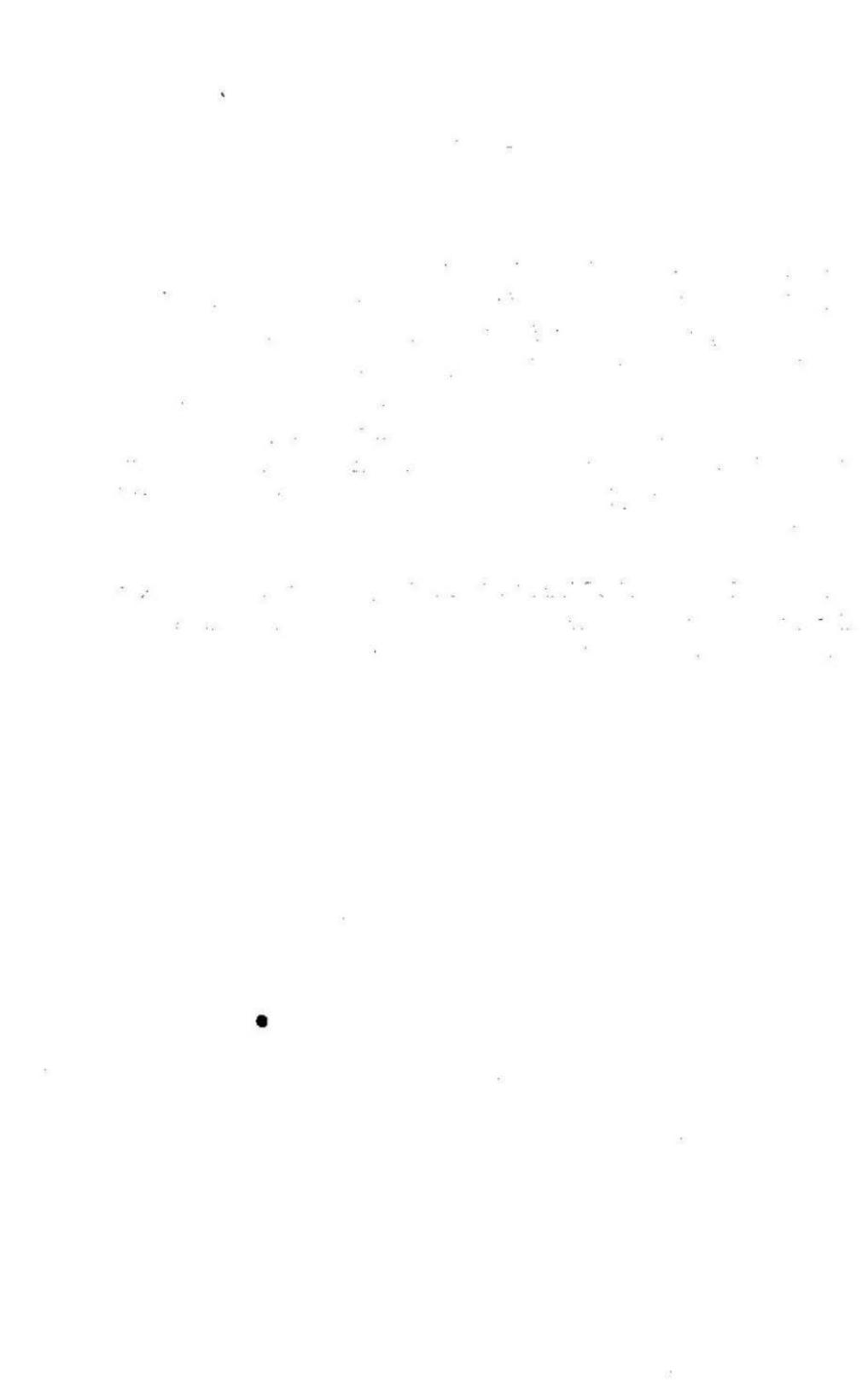


METODO PARA CONOCER LA LONGITUD Y LATITUD  
ASTRONOMICA DE UN LUGAR Y EL ACIMUT DE UNA  
DIRECCION MEDIANTE OBSERVACIONES DE SOL

NAVEGACION ASTRONOMICA MEDIANTE MEDICION  
DE SOL Y ESTRELLAS

BUENOS AIRES

1 9 7 2



# **METODO PARA CONOCER LA LONGITUD Y LATITUD ASTRONOMICA DE UN LUGAR Y EL ACIMUT DE UNA DIRECCION MEDIANTE OBSERVACIONES DE SOL**

**Autor del Trabajo: Prof. de Geografía**

**Prof. MIGUEL A. FERNANDEZ**

**Revisores: Agrimensor ENRIQUE M. T. SPIESS**

**Ag. Civ. LUIS R. ALFONSIN**

**Ag. Civ. LUIS SPANDONARI**

## **BIBLIOGRAFIA**

**ASTRONOMIA PRACTICA: Ing. NORBERTO B. COBOS**

**LECCIONES DE GEODESIA: Ing. FELIX AGUILAR**

THE BOSTONIAN SOCIETY

## PROLOGO

La Dirección del INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR respondiendo al interés que suscitó el trabajo titulado: "Método para conocer la longitud y latitud astronómica de un lugar y el acimut de una dirección mediante observaciones de Sol" y a la utilidad que presta a los integrantes de los sucesivos cursos que se dictan en este Organismo, así como aquellos que deben realizar mediciones astronómicas expeditivas, dispone su reimpresión y le agrega el trabajo titulado: "Navegación astronómica mediante medición de Sol y estrellas", método éste que fuera aplicado con éxito, durante la navegación realizada por la: "Expedición Terrestre al Polo Sur".

Con ello, el INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR, quiere rendir un modesto pero sentido homenaje a los heroicos argentinos que integrando aquella expedición, alcanzaron físicamente el Polo Sur, el 10 de diciembre de 1965.



En primer lugar, el operador debe conocer la hora sidérea local, o el tiempo oficial de culminación del astro, cálculo éste que se realiza, previo a la observación, mediante la longitud y latitud aproximada del lugar, que se saca de la carta geográfica.

Las tablas para los distintos cálculos se encuentran en el suplemento del "Almanaque Náutico y Aeronáutico", editado por el Observatorio Naval Argentino, como así también en "The American Ephemeris and Nautical Almanac" y "Connaissance des Temps".

a) Determinar la hora sidérea local, mediante la recepción de una señal radio-horaria, o un top. radial.

Ejemplo:

El 1º de enero de 1964 se recibió una señal horaria emitida a las 10 hs.

Top. hora oficial	=	10 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> , 0
Huso Arg. de verano	= +	3 00 00, 0
Tiempo Universal (TU)	=	13 00 00, 0
Corrección de T. medio a sidéreo	= +	2 08, 1
Intervalo sidéreo	=	13 02 08, 1
T. Sidéreo a 0 <sup>h</sup> TU (1-I-64)	= +	6 38 44, 7
T. Sidéreo en Greenwich	=	19 40 52, 8
Longitud aproximada	= -	3 54 04, 0
T. Sidéreo local a las 10 <sup>h</sup> oficial	=	15 46 48, 8

b) Determinar la hora oficial Argentina de culminación del sol para el lugar de Observación.

En el Almanaque Náutico figuran los valores de la ecuación del tiempo para cada día del año, valor éste que representa la diferencia entre el tiempo verdadero y el tiempo medio.

El tiempo Universal es igual al tiempo verdadero menos la ecuación del tiempo.

$$TU = TV - Ec$$

**Ejemplo:**

1º de enero de 1964.

Hora verdadera a medio día	=	12h 00m 00s, 0
Longitud aproximada	= +	3 54 04 , 0
Hora verdadera en Greenwich	=	15 54 04 , 0
Ecuación del tiempo	= —	2 59 , 9
Tiempo Universal (TU = TV — Ec)	=	15 51 04 , 1
Huso Argentino de verano	= —	3 00 00 , 0
Hora oficial de culminación	=	12 51 04 , 1

**CORRECCION DEL CRONOMETRO POR  
ALTURAS DEL SOL**

La corrección del reloj es la diferencia entre la hora que debiera marcar si conservase el tiempo con rigurosa exactitud y la que indica en realidad en un instante determinado.

La marcha diaria del reloj es la variación de su corrección en 24 horas.

Las observaciones de tiempo en las determinaciones astronómicas consisten generalmente en la medición con ayuda de un reloj del instante del paso de un astro, por el hilo horizontal del retículo (distancias cenitales).

La determinación de la corrección del reloj ( $\Delta T$ ) utilizado en la observación puede realizarse midiendo la altura ( $h$ ) o la distancia cenital ( $Z$ ) que en el lugar de observación y en un dado instante alcanza un astro de posición conocida (Coordenadas ecuatoriales celestes del astro).

El ángulo horario ( $t$ ), la ascensión recta ( $\alpha$ ) y el tiempo sidéreo local ( $\theta$ ), están vinculados por la ecuación:

$$\theta = \alpha + t$$

Si  $T$  es la hora sidérea que marca el reloj en el instante de la observación e indicamos con  $\Delta T$  la correspondiente corrección, podremos escribir:

$$\theta = T + \Delta T$$

$$\Delta T = \alpha + t - T$$

Es decir, que el método consiste en calcular el valor del ángulo horario ( $t$ ) para cada distancia cenital observada, siendo de signo negativo, si la observación fue hecha antes del paso del astro por el semimeridiano y de signo positivo cuando lo ha cruzado.

En las observaciones solares se mide la altura o distancia cenital del centro del astro si se utiliza **prisma solar**, en caso contrario, se bisecta uno o ambos bordes.

Si se mide un solo borde se reducen al centro las observaciones, aplicando la corrección por semidiámetro del sol, que es dada en las efemérides para cada día del año.

## DESARROLLO DE LA OBSERVACION

- 1) Nivelar correctamente el teodolito Wild T2, teniendo en cuenta que no se hundan las zapatas del trípode, en caso de estacionar sobre el hielo, mediante soportes de madera, interpuestos en dichas zapatas.
- 2) Determinar el error de cenit del instrumento, valor que se obtiene bisectando un punto elevado en posición I del teodolito, previa centraación del nivel testigo; se efectúa la lectura vertical, luego se bisecta el mismo punto en posición II, y se vuelve a leer. La suma de las dos lecturas tendrá que dar  $360^\circ$  si carece de error; en caso contrario la diferencia de  $360^\circ$ , ya sea en más o menos, se la divide por 2, y el resultado nos hace conocer el error cenital con su signo.

Ejemplo:

$$\text{Posición I} = 220^\circ 30' 56''$$

+

$$\text{Posición II} = \underline{139^\circ 29' 14''}$$

$$360^\circ 00' 10''$$

$$\underline{\underline{E = + 5''}} \quad \text{La corrección a aplicar es } \epsilon = - 5''$$

- 3) Se toma la temperatura y presión.

4) Se enfoca el sol con prisma solar y acodados colocados, aproximando la imagen del mismo al centro del retículo.

5) Cuando son dos los operadores, uno en el teodolito y otro en el cronómetro, el del teodolito da la voz de atención unos 10 segundos antes de que se produzca el paso y en el instante del mismo da un top... El que observa el cronómetro aprecia el momento del top. dentro del medio segundo más próximo marcado por el cronómetro y lo anota en una planilla especial que se prepara de antemano. En seguida anota el minuto correspondiente al top., y finalmente la hora.

El Observador luego de dar el top. centra los meniscos de la burbuja del nivel del círculo vertical, y efectúa la lectura cenital, que anotará el ayudante.

Esta operación se repite por lo menos cuatro veces en posición I y otro tanto en posición II del teodolito.

**6) Modelo de planilla para anotar los datos observados.**

Lugar:	Presión:			
Fecha:	Temperatura:			
Observador:	e :			
Observ. del Sol al:	Ayudante:			
LECTURA				
Posición	Hora	Vertical	Horizontal	Observaciones
I				
II				

**FORMULARIO DE CALCULO**  
Corrección del cronómetro por alturas de Sol

Lugar: Nunatak Bertrab

Fecha: 2 Enero 1964

Observador: M. A. Fernández

Instr.: Wild T. 44330

Reloj: U.N. 127.995

$\epsilon: + 4''$

$t: - 2'' .2$  ap:  $-77^\circ 54' 40''$

p: 730.2 mm  $\lambda p: -34^\circ 58' 50''$

$$2\sigma = Z + \delta + \varphi$$

$$\operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} t = \operatorname{sen}(\sigma - \delta) \operatorname{sen}(\sigma - \varphi) \operatorname{sec} \sigma \operatorname{sec}(\sigma - Z)$$

$$\begin{array}{r} 14h \quad 12m \\ 14 \quad 37 \\ 14 \quad 24 \\ 2 \quad 20 \\ 16 \quad 44 \\ 6 \quad 43 \\ \hline 10h \quad 01m \end{array}$$

$t: 18h 48m 00s$ , 1  $\delta: -22^\circ 58' 01''$ , 1

$$A = + 0,0085$$

$$B = - 0,0392$$

$$(1 + A)(1 + B) = a = 0.97$$

$$R = a \cdot R_n$$

	I	I	I	II	II	II	II
(1)	$Z_0$	$63^\circ 10' 16''$	$63^\circ 03' 20''$	$62^\circ 56' 23''$	$297^\circ 14' 38''$	$297^\circ 19' 35''$	$297^\circ 23' 47''$
(2)	$\epsilon$	$+ 4$	$+ 4$	$+ 4$	$+ 4$	$+ 4$	$+ 4$
(3)	$Z_e$	$63 10 20$	$63 03 24$	$62 56 27$	$62 45 16$	$297 19 39$	$297 23 49$
(4)	$h_e$	$26 48 40$	$26 56 36$	$27 03 33$	$27 14 42$	$62 40 21$	$62 36 09$
(5)	$R$	$- 1 55$	$- 1 54$	$- 1 54$	$- 1 53$	$- 1 52$	$- 1 52$
(6)	$h_r$	$26 47 45$	$26 54 42$	$27 01 39$	$27 11 49$	$27 17 47$	$27 21 59$
(7)	$p$	$+ 8$	$+ 8$	$+ 8$	$+ 8$	$+ 8$	$+ 8$
(8)	$h$	$26 47 53$	$26 54 50$	$27 01 47$	$27 12 57$	$27 17 55$	$27 22 07$
(9)	$Z$	$63 12 07$	$63 05 10$	$62 58 13$	$62 47 03$	$62 42 05$	$62 37 53$
(10)	$\delta$	$- 22^\circ 58' 01''$					
(11)	$\varphi$	$- 77^\circ 54' 40''$					
(12)	$2\sigma$	$- 37^\circ 38' 31.1$	$- 37^\circ 48' 31.1$	$- 37^\circ 55' 28.1$	$- 38^\circ 06' 38.1$	$- 38^\circ 11' 38.1$	$- 38^\circ 18' 20.1$
(13)	$\sigma - \varphi$	$- 18^\circ 54' 47$	$- 18^\circ 54' 46$	$- 18^\circ 57' 44$	$- 19^\circ 03' 19$	$- 19^\circ 05' 48$	$- 19^\circ 07' 54$
	$\sigma - \varphi$	$+ 59 03 53$	$+ 59 00 24$	$+ 58 56 56$	$+ 58 51 21$	$+ 58 48 52$	$+ 58 46 46$
	$\sigma - Z$	$+ 58 08 14$	$+ 4 04 45$	$+ 4 01 17$	$+ 3 55 42$	$+ 3 53 13$	$+ 3 49 51$
		$- 82 02 54$	$- 81 59 26$	$- 81 55 57$	$- 81 50 22$	$- 81 47 53$	$- 81 44 31$
	$\log \operatorname{sen}(\sigma - \varphi)$	9.9334	9.9331	9.9328	9.9324	9.9322	9.9321
	$\log \operatorname{sen}(\sigma - \delta)$	8.8582	8.8521	8.8459	8.8358	8.8311	8.8272
	$\log \operatorname{sec} \sigma$	0.9238	0.9241	0.9242	0.9245	0.9246	0.9247
	$\log \operatorname{sec}(\sigma - Z)$	0.8590	0.8559	0.8529	0.8478	0.8457	0.8438
	$\log \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} t$	9.6745	9.6632	9.6558	9.6405	9.6336	9.6278
	$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} t$	9.6372	9.6226	9.6279	9.6202	9.6168	9.6122
	$\frac{1}{2} t$	$- 34^\circ 30' 28''$	$- 34^\circ 13' 20$	$- 33^\circ 56' 00$	$- 33^\circ 28' 00$	$- 33^\circ 15' 30$	$- 33^\circ 05' 00$
(14)	$t$	$- 69 00 40$	$- 68 26 40$	$- 67 52 00$	$- 66 56 00$	$- 66 31 00$	$- 66 10 00$
(15)	$t^h$	$- 4h 36m 02s.7$	$- 4 33 46.7$	$- 4 31 28.0$	$- 4 27 44.0$	$- 4 26 04.0$	$- 4 24 40.0$
(16)	$a$	$18 48 00.1$	$18 48 00.1$	$18 48 00.1$	$18 48 00.1$	$18 48 00.1$	$18 48 00.1$
(17)	$T$	$14 11 57.4$	$14 14 13.4$	$14 16 32.1$	$14 20 16.1$	$14 21 56.1$	$14 23 20.1$
(18)	$T$	$14 12 04.5$	$14 14 20.0$	$14 16 40.5$	$14 20 14.5$	$14 21 52.5$	$14 23 22.0$
(19)	$\Delta T$	$-$	$07s.1$	$-$	$6s.6$	$-$	$1s.9$
				$- 8s.4$	$+ 1s.6$	$+ 3s.6$	$- 1s.9$

Se deja constancia que la época T, crón. prom. y  $\Delta T$ , prom., no corresponde a los tiempos cronométricos que figuran en la planilla, por ser ésta, parte del cálculo de una observación, razón por la cual la cantidad de posiciones I, no es igual a la de posiciones II.

T. crón. prom. 14h 25m 08s. 4

$\Delta T$  prom.  $- 2s.8$

## CALCULO DE LAS OBSERVACIONES

- 1-2) Las distancias cenitales (Z) observadas deben ser en primer lugar corregidas del error de cenit instrumental  $\epsilon$ , obteniendo así distancias cenitales aparentes.
- 3) Con la distancia cenital corregida por  $\epsilon$ , se calcula las correcciones por refracción y paralaje.
- 4) Si a  $90^\circ$  le restamos la  $Z_e$ , obtendremos la altura  $h_e$ .
- 5) Refracción astronómica.

El índice de refracción en la superficie terrestre depende de la presión atmosférica y de la temperatura del aire, y debido a la conti-

nuidad de la variación de la densidad de la atmósfera terrestre el fenómeno se desarrolla en forma continua y el camino del rayo lumí-noso es una curva.

Por efecto de la refracción las distancias cenitales vienen dismi-nuidas y las alturas aumentadas.

El cálculo de la corrección por refracción se efectúa aplicando la fórmula:

$$R = (R_n) (1 + A) (1 + B)$$

En la que:

$R_n$  = Refracción normal, que es la que corresponde a:

Presión 760 mm

Temperatura 0° C

Latitud 45°

La ( $R_n$ ) se la encuentra en la Tabla de Refracción Astronómica Normal ( $R_o$ ), en base a la distancia cenital aparente medida, suplemento al "Almanaque Náutico y Aeronáutico", (pág. 128).

(A): Este factor depende de la temperatura medida y se encuentra el valor correspondiente en la Tabla del Argumento A (pág. 129 del mismo Almanaque).

(B): Depende de la presión medida y se encuentra el valor correspondiente en la Tabla del Argumento B, (pág. 129 del mismo Almanaque).

6) Altura del sol corregida por refracción.

7) Paralaje del sol.

Para los cuerpos celestes cercanos a la Tierra, tales como el sol, la dirección en que puede ser observado, desde dos lugares distintos de la superficie terrestre en un instante dado, forman un ángulo apre-ciable, denominado **ángulo paraláctico**. Para lograr la uniformidad en las observaciones y poder compararlas, se hizo necesario reducirlas a un mismo punto de referencia, que es el centro de la Tierra. La paralaje del sol es una de las constantes fundamentales de la astro-nomía. La corrección por paralaje se obtiene de la Tabla adjunta, pág. 16.

8) Despues de estas correcciones obtenemos la altura (h) verdadera.

9) Si a 90° le restamos esta altura, tenemos la distancia cenital verda-dera del centro del sol.

10) El valor de la declinación ( $\delta$ ) y de la ascensión recta ( $\alpha$ ) del Sol para el momento de observación se calcula por interpolación de los valores

correspondientes, que se encuentran para cada día del año en el Suplemento al Almanaque Náutico.

Ejemplo:

Enero 1/2 de 1964

Principio de la observación	=	18 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> (hora sidérea local)
Fin de la observación	=	19 05
Promedio	=	18 51
Longitud aproximada	=	+ 03 54
Tiempo sidéreo en Greenwich	=	22 45
Tiempo sidéreo a 0 <sup>h</sup> TU (día 1)	=	06 39
Intervalo transcurrido desde la 0 <sup>h</sup> de TU	=	16 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>

T S S

TU

### ASCENSION RECTA

Enero 1/2 de 1964

Ascensión Recta para la 0 <sup>h</sup>	=	18 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> , 61
Corrección del intervalo	=	+ 2 57 , 77
Ascensión recta buscada	=	18 44 42 , 38
		Diferencia para 24 <sup>h</sup>
		1440 <sup>m</sup> = + 265 <sup>s</sup>
		Para 16 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>
		966 <sup>m</sup> = + 2 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> , 77

### DECLINACION

Enero 1/2 de 1964

Declinación para la 0 <sup>h</sup>	=	— 23° 05' 47", 00
Corrección del intervalo	=	+ 3 06", 69
Declinación buscada	=	— 23° 02' 40", 31
		Diferencia para 24 <sup>h</sup>
		1440 <sup>m</sup> = + 278", 3
		Para 16 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>
		966 <sup>m</sup> = + 3 <sup>m</sup> 06", 69

11) Latitud aproximada sacada de la carta geográfica.

12) 
$$2\sigma = Z + \delta + \varphi$$
 (con sus signos)

13)  $\frac{1}{2}$  del valor de  $2\sigma$ .

14) Valor del ángulo horario en grados.

- 15) Valor del ángulo horario en horas.
- 16) Valor de la ascensión recta explicado en (10).
- 17) Valor del tiempo sidéreo local, según la fórmula

$$\theta = \alpha + t$$

- 18) Valor del tiempo leído en el cronómetro para cada bisección del sol.
- 19) Valor de la corrección del reloj, llamada  $\Delta T$ , de acuerdo a la fórmula:

$$\Delta T = \alpha + t - T$$

El valor definitivo resulta del promedio de los distintos valores obtenidos, que depende del número de bisecciones al sol realizadas, pudiéndose calcular el error medio del promedio, de acuerdo a la fórmula:

$$M = \sqrt{\frac{[V \cdot V]}{n(n-1)}}$$

En donde  $V$  es el resultado de la diferencia del promedio contra cada uno de los valores del  $\Delta T$  y  $n$  corresponde al número de valores obtenidos.

#### **DETERMINACION DE LA LONGITUD MEDIANTE LA RECEPCION DE SEÑALES HORARIAS RADIOTELEGRAFICAS**

Por acuerdo internacional se ha adoptado el meridiano del Observatorio de Greenwich como meridiano origen para fines horarios y cartográficos.

En la comparación del reloj se pueden utilizar en la actualidad las señales horarias radiotelegráficas o moduladas, transmitidas por poderosas estaciones de diversos países, como la de EE. UU., que lleva las letras **WWV** y se transmite en 5.000, 10.000 y 15.000 kilociclos durante las 24 horas del día.

Es decir que el problema comprende dos operaciones:

- a) Leer en el reloj utilizado en la observación la hora de una señal radio-horaria recibida, antes y después de la observación solar, para poder conocer la marcha del reloj.
- b) Determinar en el lugar de observación la corrección del reloj ( $\Delta T$ ) para un instante dado. Se corrige la hora tomada aplicando el  $(\Delta T + \text{marcha})$ , obteniendo así la hora sidérea local de la señal.

Conocida la hora sidérea en Greenwich de la emisión de la señal, por diferencia entre ambas obtendremos la longitud del punto medido referida a Greenwich.

## CALCULO DE LA MARCHA

Antes de la observación Solar.

T.U. señal radiohoraria	2 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .5
Corrección de T. medio a sidéreo	+ 24 .4
T. sidéreo a 0 <sup>h</sup> T.U.	6 42 41 .3
T. sidéreo Greenwich (señal)	9 11 22 .2 (A)
H. sidérea Local (señal)	6 53 10 .0 (B)
Long. sin corrección (B-A) =	— 2 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .2 (C)

Después de la observación Solar.

T.U. señal radiohoraria	16 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0
Corrección de T. medio a sidéreo	+ 2 37 .7
T. sidéreo a 0 <sup>h</sup> T.U.	6 42 41 .3
T. sidéreo Greenwich (señal)	22 45 19 .0 (A')
H. sidérea Local (señal)	20 27 06 .9 (B')
Long. sin corrección	(B' - A') = — 2 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .1 (D)

(A'-A) = Intervalo de las dos señales

$$(A) = 9^h 11^m 22^s .2$$

$$(A') = 22 45 19 .0$$

$$(A'-A) = 13^h 33^m 56^s .8 = 814^m$$

(C-D) = Diferencia del valor de las longitudes que llamamos marcha

$$(C) = — 2^h 18^m 12^s .2$$

$$(D) = — 2 18 12 .1$$

$$(D-C) = + 0^s .1$$

$$\text{Marcha por minuto} = \frac{+ 0^s .1}{814^m} = + 0^s .000\ 123$$

## CALCULO DE LA CORRECCION POR MARCHA PARA SER APLICADA AL $\Delta T$ PROMEDIO OBTENIDO EN LA OBSERVACION

$$\text{Hora sidérea local de la señal} = 6^h 53^m 10^s .0 \text{ (B)}$$

$$T. \text{ cron. prom. de la observación} = 14 25 08 .4$$

$$\text{Intervalo entre hora señal y hora obser.} = 7^h 31^m 58^s .4 = 452^m$$

$$\text{Corrección} = \text{Marcha} \times (— \text{Intervalo})$$

$$\text{Corrección} = + 0^s .000\ 123 \times — 452^m = — 0^s .1$$

$$\Delta T \text{ prom.} = — 2^s .8$$

$$\text{Correc.} = — 0 .1$$

$$\Delta T \text{ prom. corregido} = — 2^s .9$$

## CALCULO DE LA LONGITUD

Hora sidérea señal	=	6h 53m 10s. 0
ΔT prom. correg.	=	— 2 . 9
T. sidéreo señal	=	6 53 07 . 1
T. sidéreo Greenwich	=	9 11 22 . 2
λ	=	2 18 15 . 1
λ	=	34° 33'. 8

## DETERMINACION DEL ACIMUT DE UNA DIRECCION TERRESTRE POR OBSERVACIONES DE ALTURAS AISLADAS DEL SOL A TIEMPO CONOCIDO

Si en un instante dado se mide el ángulo horizontal entre un astro de posición conocida y un punto terrestre (Mira), se puede obtener el acimut de la dirección determinada por el lugar de observación y dicho punto terrestre (Mira), cuando se conoce la corrección del reloj (ΔT) empleado en la observación.

### DESARROLLO DE LA OBSERVACION

Se tienen que tener en cuenta las precauciones explicadas para la corrección del reloj.

Se anota el tiempo de paso del centro del Sol por el hilo vertical y se lee el círculo horizontal, repitiendo esta operación varias veces en posición I y II del teodolito, sin olvidar de efectuar lecturas horizontales sobre la Mira.

Los datos observados se anotan en una planilla similar a la explicada para corrección del reloj, siguiendo este orden:

Posición: I

Mira - Sol - Sol - Mira.

### CALCULO DE LA PLANILLA

Mediante el tiempo sidéreo leído en el reloj (T) y el ΔT conocido por el procedimiento anterior, se obtiene el ángulo horario (t) del sol mediante su ascensión recta (α), que se saca por interpolación para el instante de observación, lo mismo que la declinación (δ) según se explicó anteriormente.

$$t = T + \Delta T - \alpha$$

Con el ángulo horario (t), la declinación (δ), la ascensión recta (α) y la latitud aproximada del lugar, se tienen todos los elementos necesarios para calcular el acimut del sol.

Efectuando los cálculos detallados en la planilla de "Determinación del acimut por medio del instrumento Universal" (expeditivo), según las fórmulas que figuran en la misma, se obtienen valores del acimut buscado, adoptándose el promedio de ellos.

DETERMINACION DEL ACIMUT POR MEDIO DEL INSTRUMENTO UNIVERSAL (Expeditivo)

Lugar: Nunatak Bertrab       $\varphi = -77^\circ 51' 58''$        $t = T + \Delta T - a$        $\log (-\sec \varphi) = 0.677373 n$        $\log (-\sec \varphi \operatorname{ctg} \delta) = 1.049911$   
 Fecha: 2 Enero 1964      Estrella: Sol       $\operatorname{tg} a = \frac{-\sec \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{sen} t}{1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{cos} t}$        $\log \operatorname{ctg} \delta = 0.372538$   
 Instr.: Wild T, 44.390       $a = 18^\text{h} 48^\text{m} 06^\text{s}.7$        $\log (-\operatorname{tg} \varphi) = 0.667561$        $\log (-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \delta) = 1.040099 n$   
 Reloj: U.N. 127.995  
 Obs.: M.A. Fernández       $\delta = -22^\circ 58' 53''.4$

Posición		I	II	III	IV	V	VI	VII
14h 49m	T	14h 49m 05s.5	14h 50m 45s.0	14h 58m 08s.5	14h 59m 22s.5			
15 15	$\Delta T$	— 2.8	— 2.8	— 2.8	— 2.8			
15 02	$T + \Delta T$	14 49 02 .7	14 50 42 .2	14 58 05 .7	14 59 19 .7			
2 18	$a$	18 48 06 .7	18 48 06 .7	18 48 06 .7	18 48 06 .7			
17 20	$\operatorname{th}$	— 3 59 04 .0	— 3 57 24 .5	— 3 50 01 .0	— 3 48 47 .0			
06 43	$t^o$	— 59° 46' 30"	— 59° 21' 08"	— 57° 30' 15"	— 57° 11' 45"			
10h 37m	$\log \operatorname{sen} t^o$	9.936542 n	9.934659 n	9.926050 n	9.924552 n			
	$\log (-\sec \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{sen} t)$	0.986453 n	0.984570 n	0.975961 n	0.974463 n			
	$\log \operatorname{cos} t^o$	9.701911	9.707365	9.730166	9.733814			
	$\log (-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{cos} t)$	0.742010 n	0.747464 n	0.770265 n	0.773913 n			
	$1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{cos} t$	— 4.520900	— 4.590675	— 4.892029	— 4.941729			
	$\log (-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \delta \operatorname{cos} t)$	0.655225 n	0.661876 n	0.689489 n	0.693879 n			
	$\log \operatorname{tg} a$	0.331228	0.322694	0.286472	0.280584			
	$Im$	0° 00' 35"	0 00 35	180 00 48	180 00 48			
	$ x $	228 50 26	228 24 31	46 30 03	46 11 10			
	$Im -  x $	131 10 09	131 36 04	133 30 45	133 49 38			
	$a$	— 64 59 42	— 64 33 39	— 62 39 32	— 62 20 27			
	Acimut de la mira	196° 09' 51"	196° 09' 43"	196° 10' 17"	196° 10' 05"			
	V							
	Promedio: 196° 09' 59" desde el Norte							

\* Se deja constancia que la época no corresponde a los tiempos cronométricos que figuran en la planilla, por ser ésta parte del cálculo de una observación.

## LATITUD POR DISTANCIAS CENITALES CIRCUNMERIDIANAS DEL SOL

La latitud de un lugar se puede conocer midiendo la distancia cenital (Z) del sol en el momento de su culminación, cuya declinación ( $\delta$ ) podemos calcular para el momento de observación.

$$\varphi = Z + \delta$$

Cuando el astro pasa por su culminación inferior, es visible sólo en el caso que su distancia polar ( $90^\circ - \delta$ ), sea mayor que la latitud.

$$\varphi = 180^\circ - (Z - \delta)$$

Con el método del epígrafe, un mismo astro (Sol) puede dar un gran número de valores con más exactitud que el obtenido en el instante de su culminación.

El método se reduce a bisectar varias veces el centro del Sol con el hilo horizontal del retículo desde unos 20 minutos antes de cruzar el semimeridiano del lugar, hasta 20 minutos después, anotando la hora y la distancia cenital de cada biseción.

## DESARROLLO DE LA OBSERVACION

Las características previas son iguales a las explicadas para corrección del reloj.

Las distancias cenitales y los tiempos cronométricos correspondientes, se anotan en una planilla similar a la explicada anteriormente.

## PLANILLA DE CALCULO

Latitud por alturas circummeridianas de Sol

Lugar: Nunatak Bertrab

Fecha: 2 Enero 1964

Obs.: M. A. Fernández

Instr.: Wild T, 44390

Reloj: U.N. 127.995

e: + 4°

t: - 2°.2

p: 730.2 mm

$$h_i - h = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cos h_i} \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t}{\operatorname{sen} 1^\circ}$$

$$m = \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t}{\operatorname{sen} 1^\circ} \text{ en tabla V Chauvenet}$$

18h 34m
19 13
18 54
2 20
21 14
6 43
14h 31m

e: 18h 40m 49s. 7 δ: - 22° 58' 03". 7

	A = + 0.0085	B = - 0.0392	(1 + A) (1 + B) = a = 0.97				R = a. Rn.			
	I	I	I	II	II	II	II	II	II	
Zo	54° 54' 38" 4	+ 54 53 51 4	+ 54 53 47 4	305 07 01 4	+ 305 07 10 4	+ 305 07 20 4	+ 305 07 22 4	+ 305 07 32 4	+ 305 07 10 4	
Ze	54 54 42	54 53 55	54 53 51	305 07 05	305 07 14	305 07 24	305 07 25	305 07 36	305 07 14	
h <sub>e</sub>	35 05 18	35 06 05	35 06 09	35 07 05	35 07 14	35 07 24	35 07 25	35 07 36	35 07 14	
R	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	- 1 23	
hr	35 03 55	35 04 42	35 04 46	35 05 42	35 05 51	35 06 01	35 06 03	35 06 13	35 05 51	
p	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	+ 7	
h <sub>i</sub>	35 04 02	35 04 49	35 04 53	35 05 49	35 05 58	35 06 08	35 06 10	35 06 20	35 05 58	
cos φ	+ 0.20943									
cos δ	+ 0.92072									
cos h <sub>i</sub>	+ 0.81847	+ 0.81835	+ 0.81834	+ 0.81818	+ 0.81816	+ 0.81813	+ 0.81812	+ 0.81809	+ 0.81816	
cos φ, cos δ	+ 0.23559	+ 0.23563	+ 0.23563	+ 0.23568	+ 0.23568	+ 0.23569	+ 0.23569	+ 0.23570	+ 0.23568	
cos h <sub>i</sub>										
(1) T crón	18h 34m 15.5	18 36 36.0	18 38 13.0	18 42 11.5	18 44 02.0	18 45 34.0	18 46 46.5	18 47 53.0	18 53 46.0	
(2) AT	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	- 2.8	
(3) TS	18 34 12.7	18 38 33.2	18 38 10.2	18 42 08.7	18 43 59.2	18 45 31.2	18 46 43.7	18 47 50.2	18 53 43.2	
(4) ε	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	18 48 49.7	
(5) th	- 14m 37s. 0	- 12m 16s. 5	- 10m 39s. 5	- 8 41.0	- 4 50.5	- 3 18.5	- 2 06.0	- 0 59.5	+ 4 53.5	
(6) m	419°.4	295.8	228.0	87.7	46.0	21.5	8.7	1.9	47.0	
(7) h <sub>i</sub> - h	1° 39"	1° 10"	53"	21"	11"	5"	2"	0"	11"	
(8) h	35 05 41	35 05 59	35 05 46	35 06 10	35 06 09	35 06 13	35 06 12	35 06 20	35 06 08	
(9) Z	54 54 19	54 54 01	54 54 14	54 53 50	54 53 47	54 53 43	54 53 44	54 53 36	54 53 47	
(10) δ	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	- 22 58 04	
(11) φ	- 77° 52' 23"	- 77° 52' 05"	- 77° 52' 18"	- 77° 51' 54"	- 77° 51' 51"	- 77° 51' 47"	- 77° 51' 46"	- 77° 51' 40"	- 77° 51' 51"	

Se deja constancia que la época no corresponde a los tiempos cronometrados que figuran en la planilla, por ser ésta parte del cálculo de una observación, razón por la cual la cantidad de posiciones I, no es igual a la de posiciones II.

## DESARROLLO DEL CALCULO

Lo mismo que en la corrección del reloj, las distancias cenitales, se corri-  
gen por error de cenit; refracción, paralaje y semidiámetro, anulándose este  
último cuando se usa prisma solar, que centraliza la imagen del Sol.

El ángulo horario ( $t$ ) del astro en el instante de su observación permite  
calcular la distancia cenital exacta que corresponde a su culminación.

- 1) Valor del tiempo leído en el cronómetro para cada biseción del Sol.
- 2) Valor de la corrección del reloj.
- 3) Valor del tiempo sidéreo local, según la fórmula  $\theta = \alpha + t$ .
- 4) Ascensión recta del Sol, obtenida de la misma forma que se explicó  
para la determinación de la corrección del reloj.
- 5) Ángulo horario del Sol,  $t = \theta - \alpha$ ; obteniéndose así un ángulo horario  
para cada biseción del Sol, siendo negativo, si el Sol no ha pasado  
por el meridiano, y positivo en caso contrario.
- 6) Valor tomado de la Tabla V de Chauvenet (Manual of Spherical and  
Practical Astronomy, se adjunta dicha Tabla en págs. 17 a 20), para  
cada ángulo horario nos da un valor expresado en segundos que nos  
permite reducir cada observación al meridiano del lugar.
- 7) Como está indicado en el formulario es el producto de  $\frac{\cos \varphi \cos \delta}{\cosh}$   
por la corrección  $m$ ; el producto así obtenido se transforma en mi-  
nutos y segundos para ser sumado a  $h_1$ .
- 8) Altura corregida por reducción al meridiano.
- 9) Si a  $90^\circ$  le restamos  $h$  obtenemos  $Z$ .
- 10) Declinación del Sol obtenida de la misma forma que se explicó para  
la determinación de la corrección del reloj.
- 11)  $\varphi = \delta + Z$ .

Al efectuarse la suma algebráica de  $\delta$  y  $Z$  debe tenerse en cuenta, que  
cuando el astro culmina al Norte del cenit, como en el caso del ejemplo el  
valor de  $Z$  se considera negativo.

VALORES DE LA PARALAJE EN FUNCION DE ALTURAS  
DEL SOL

Altura	1º Ene.	1º Feb.	1º Mar.	1º Abr.	1º May.	1º Jun.	1º Jul.
	1º Dic.	1º Nov.	1º Oct.	1º Sep.	1º Ago.		
0°	8". 95	8". 93	8". 87	8". 80	8". 73	8". 67	8". 65
2	8 . 94	8 . 92	8 . 86	8 . 79	8 . 72	8 . 66	8 . 65
4	8 . 93	8 . 91	8 . 85	8 . 78	8 . 71	8 . 65	8 . 63
6	8 . 90	8 . 88	8 . 82	8 . 75	8 . 68	8 . 62	8 . 60
8	8 . 86	8 . 84	8 . 78	8 . 71	8 . 65	8 . 59	8 . 57
10	8 . 81	8 . 79	8 . 74	8 . 67	8 . 60	8 . 54	8 . 52
12	8 . 75	8 . 73	8 . 68	8 . 61	8 . 54	8 . 48	8 . 46
14	8 . 68	8 . 66	8 . 61	8 . 54	8 . 47	8 . 41	8 . 39
16	8 . 60	8 . 58	8 . 53	8 . 46	8 . 39	8 . 33	8 . 32
18	8 . 51	8 . 49	8 . 44	8 . 37	8 . 30	8 . 25	8 . 23
20	8 . 41	8 . 39	8 . 34	8 . 27	8 . 20	8 . 15	8 . 13
22	8 . 30	8 . 28	8 . 22	8 . 16	8 . 09	8 . 04	8 . 02
24	8 . 18	8 . 16	8 . 10	8 . 04	7 . 98	7 . 92	7 . 90
26	8 . 04	8 . 03	7 . 97	7 . 91	7 . 85	7 . 79	7 . 77
28	7 . 90	7 . 88	7 . 83	7 . 77	7 . 71	7 . 66	7 . 64
30	7 . 75	7 . 73	7 . 68	7 . 62	7 . 56	7 . 51	7 . 49
32	7 . 59	7 . 57	7 . 52	7 . 46	7 . 40	7 . 35	7 . 34
34	7 . 42	7 . 40	7 . 35	7 . 29	7 . 23	7 . 18	7 . 17
36	7 . 24	7 . 22	7 . 18	7 . 12	7 . 06	7 . 01	7 . 00
38	7 . 05	7 . 04	6 . 99	6 . 94	6 . 88	6 . 83	6 . 82
40	6 . 86	6 . 84	6 . 79	6 . 74	6 . 69	6 . 64	6 . 63
42	6 . 65	6 . 64	6 . 59	6 . 54	6 . 49	6 . 44	6 . 43
44	6 . 44	6 . 42	6 . 38	6 . 33	6 . 28	6 . 24	6 . 22
46	6 . 22	6 . 20	6 . 16	6 . 11	6 . 06	6 . 02	6 . 01
48	5 . 99	5 . 97	5 . 94	5 . 89	5 . 84	5 . 80	5 . 79
50	5 . 75	5 . 74	5 . 70	5 . 66	5 . 61	5 . 57	5 . 56
52	5 . 51	5 . 50	5 . 46	5 . 42	5 . 37	5 . 34	5 . 33
54	5 . 26	5 . 25	5 . 21	5 . 17	5 . 13	5 . 10	5 . 09
56	5 . 00	4 . 99	4 . 96	4 . 92	4 . 88	4 . 85	4 . 84
58	4 . 74	4 . 73	4 . 70	4 . 66	4 . 63	4 . 59	4 . 58
60	4 . 47	4 . 46	4 . 44	4 . 40	4 . 37	4 . 33	4 . 32
62	4 . 20	4 . 19	4 . 16	4 . 13	4 . 10	4 . 07	4 . 06
64	3 . 92	3 . 91	3 . 89	3 . 86	3 . 83	3 . 80	3 . 79
66	3 . 64	3 . 63	3 . 61	3 . 58	3 . 55	3 . 53	3 . 52
68	3 . 35	3 . 34	3 . 32	3 . 30	3 . 27	3 . 25	3 . 24
70	3 . 06	3 . 05	3 . 03	3 . 01	2 . 99	2 . 97	2 . 96
72	2 . 77	2 . 76	2 . 74	2 . 72	2 . 70	2 . 68	2 . 67
74	2 . 47	2 . 46	2 . 44	2 . 42	2 . 41	2 . 39	2 . 38
76	2 . 17	2 . 16	2 . 14	2 . 13	2 . 11	2 . 10	2 . 09
78	1 . 86	1 . 86	1 . 84	1 . 83	1 . 82	1 . 80	1 . 80
80	1 . 55	1 . 55	1 . 54	1 . 53	1 . 52	1 . 51	1 . 50
82	1 . 25	1 . 24	1 . 23	1 . 22	1 . 21	1 . 21	1 . 20
84	0 . 94	0 . 93	0 . 93	0 . 92	0 . 91	0 . 91	0 . 90
86	0 . 62	0 . 62	0 . 62	0 . 61	0 . 61	0 . 61	0 . 60
88	0 . 31	0 . 31	0 . 31	0 . 31	0 . 31	0 . 30	0 . 30
90	0 . 00	0 . 00	0 . 00	0 . 00	0 . 00	0 . 00	0 . 00

TABLA V — Reducción al meridiano

$$m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$$

t	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m
s	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0	0.00	1.96	7.85	17.67	31.42	49.09	70.68	96.20	125.65
1	0.00	2.03	7.98	17.87	31.68	49.41	71.07	96.66	126.17
2	0.00	2.10	8.12	18.07	31.94	49.74	71.47	97.12	126.70
3	0.00	2.16	8.25	18.27	32.20	50.07	71.86	97.58	127.22
4	0.01	2.23	8.39	18.47	32.47	50.40	72.26	98.04	127.75
5	0.01	2.31	8.52	18.67	32.74	50.73	72.66	98.50	128.28
6	0.02	2.38	8.66	18.87	33.01	51.07	73.06	98.97	128.81
7	0.02	2.45	8.80	19.07	33.27	51.40	73.46	99.43	129.34
8	0.03	2.52	8.94	19.28	33.54	51.74	73.86	99.90	129.87
9	0.04	2.60	9.08	19.48	33.81	52.07	74.26	100.37	130.40
10	0.05	2.67	9.22	19.69	34.09	52.41	74.66	100.84	130.94
11	0.06	2.75	9.36	19.90	34.36	52.75	75.06	101.31	131.47
12	0.08	2.83	9.50	20.11	34.64	53.09	75.47	101.78	132.01
13	0.09	2.91	9.64	20.32	34.91	53.43	75.88	102.25	132.55
14	0.11	2.99	9.79	20.53	35.19	53.77	76.29	102.72	133.09
15	0.12	3.07	9.94	20.74	35.46	54.11	76.69	103.20	133.63
16	0.14	3.15	10.09	20.95	35.74	54.46	77.10	103.67	134.17
17	0.16	3.23	10.24	21.16	36.02	54.80	77.51	104.15	134.71
18	0.18	3.32	10.39	21.38	36.30	55.15	77.93	104.63	135.25
19	0.20	3.40	10.54	21.60	36.58	55.50	78.34	105.10	135.80
20	0.22	3.49	10.69	21.82	36.87	55.84	78.75	105.58	136.34
21	0.24	3.58	10.84	22.03	37.15	56.19	79.16	106.06	136.88
22	0.26	3.67	11.00	22.25	37.44	56.55	79.58	106.55	137.43
23	0.28	3.76	11.15	22.47	37.72	56.90	80.00	107.03	137.98
24	0.31	3.85	11.31	22.70	38.01	57.25	80.42	107.51	138.53
25	0.34	3.94	11.47	22.92	38.30	57.60	80.84	107.99	139.08
26	0.37	4.03	11.63	23.14	38.59	57.96	81.26	108.48	139.63
27	0.40	4.12	11.79	23.37	38.88	58.32	81.68	108.97	140.18
28	0.43	4.22	11.95	23.60	39.17	58.68	82.10	109.46	140.74
29	0.46	4.32	12.11	23.82	39.46	59.03	82.52	109.95	141.29
30	0.49	4.42	12.27	24.05	39.76	59.40	82.95	110.44	141.85
31	0.52	4.52	12.43	24.28	40.05	59.75	83.38	110.93	142.40
32	0.56	4.62	12.60	24.51	40.35	60.11	83.81	111.43	142.96
33	0.59	4.72	12.76	24.74	40.65	60.47	84.23	111.92	143.52
34	0.63	4.82	12.93	24.98	40.95	60.84	84.66	112.41	144.08
35	0.67		13.10	25.21	41.25	61.20	85.09	112.90	144.64
36	0.71	5.03	13.27	25.45	41.55	61.57	85.52	113.40	145.20
37	0.75	5.13	13.44	25.68	41.85	61.94	85.95	113.90	145.76
38	0.79	5.24	13.62	25.92	42.15	62.31	86.39	114.40	146.33
39	0.83	5.34	13.79	26.16	42.45	62.68	86.82	114.90	146.89
40	0.87	5.45	13.96	26.40	42.76	63.05	87.26	115.40	147.46
41	0.91	5.56	14.13	26.64	43.06	63.42	87.70	115.90	148.03
42	0.96	5.67	14.31	26.88	43.37	63.79	88.14	116.40	148.60
43	1.01	5.78	14.49	27.12	43.68	64.16	88.57	116.90	149.17
44	1.06	5.90	14.67	27.37	43.99	64.54	89.01	117.41	149.74
45	1.10	6.01	14.85	27.61	44.30	64.91	89.45	117.92	150.31
46	1.15	6.13	15.03	27.86	44.61	65.29	89.89	118.43	150.88
47	1.20	6.24	15.21	28.10	44.92	65.67	90.33	118.94	151.45
48	1.26	6.36	15.39	28.35	45.24	66.05	90.78	119.45	152.03
49	1.31	6.48	15.57	28.60	45.55	66.43	91.23	119.96	152.61
50	1.36	6.60	15.76	28.85	45.87	66.81	91.68	120.47	153.19
51	1.42	6.72	15.95	29.10	46.18	67.19	92.12	120.98	153.77
52	1.48	6.84	16.14	29.36	46.50	67.58	92.57	121.49	154.35
53	1.53	6.96	16.32	29.61	46.82	67.96	93.02	122.01	154.93
54	1.59	7.09	16.51	29.86	47.14	68.35	93.47	122.53	155.51
55	1.65	7.21	16.70	30.12	47.46	68.73	93.92	123.05	156.09
56	1.71	7.34	16.89	30.38	47.79	69.12	94.38	123.57	156.67
57	1.77	7.46	17.08	30.64	48.11	69.51	94.83	124.09	157.25
58	1.83	7.60	17.28	30.90	48.43	69.90	95.29	124.61	157.84
59	1.89	7.72	17.47	31.16	48.76	70.29	95.74	125.13	158.43

$$m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$$

t	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m
s	"	"	"	"	"	"	"	"
0	159.02	196.32	237.54	282.68	331.74	384.74	441.63	502.46
1	159.61	196.97	238.26	283.47	332.59	385.65	442.62	503.50
2	160.20	197.63	238.98	284.26	333.44	386.56	443.60	504.55
3	160.80	198.28	239.70	285.04	334.29	387.48	444.58	505.60
4	161.39	198.94	240.42	285.83	335.15	388.40	445.56	506.65
5	161.98	199.60	241.14	286.62	336.00	389.32	446.55	507.70
6	162.58	200.26	241.87	287.41	336.86	390.24	447.54	508.76
7	163.17	200.92	242.60	288.20	337.72	391.16	448.53	509.81
8	163.77	201.59	243.33	289.00	338.58	392.09	449.51	510.86
9	164.37	202.25	244.06	289.79	339.44	393.01	450.50	511.92
10	164.97	202.92	244.79	290.58	340.30	393.94	451.50	512.98
11	165.57	203.58	245.52	291.38	341.16	394.86	452.49	514.03
12	166.17	204.25	246.25	292.18	342.02	395.79	453.48	515.09
13	166.77	204.92	246.98	292.98	342.88	396.72	454.48	516.15
14	167.37	205.59	247.72	293.78	343.75	397.65	455.47	517.21
15	167.97	206.26	248.45	294.58	344.62	398.58	456.47	518.27
16	168.58	206.93	249.19	295.38	345.49	399.52	457.47	519.34
17	169.19	207.60	249.93	296.18	346.36	400.45	458.47	520.40
18	169.80	208.27	250.67	296.99	347.23	401.38	459.47	521.47
19	170.41	208.94	251.41	297.79	348.10	402.32	460.47	522.53
20	171.02	209.62	252.15	298.60	348.97	403.26	461.47	523.60
21	171.63	210.30	252.89	299.40	349.84	404.20	462.48	524.67
22	172.24	210.98	253.63	300.21	350.71	405.14	463.48	525.74
23	172.85	211.66	254.37	301.02	351.58	406.08	464.48	526.81
24	173.47	212.34	255.12	301.83	352.46	407.02	465.49	527.89
25	174.08	213.02	255.87	302.64	353.34	407.96	466.50	528.96
26	174.70	213.70	256.62	303.46	354.22	408.90	467.51	530.03
27	175.32	214.38	257.37	304.27	355.10	409.84	468.52	531.11
28	175.94	215.07	258.12	305.09	355.98	410.79	469.53	532.18
29	176.56	215.75	258.87	305.90	356.86	411.73	470.54	533.26
30	177.18	216.44	259.62	306.72	357.74	412.68	471.55	534.33
31	177.80	217.12	260.37	307.54	358.62	413.63	472.57	535.41
32	178.43	217.81	261.12	308.36	359.51	414.59	473.58	536.50
33	179.05	218.50	261.88	309.18	360.39	415.54	474.60	537.58
34	179.68	219.19	262.64	310.00	361.28	416.49	475.62	538.67
35	180.30	219.88	263.39	310.82	362.17	417.44	476.64	539.75
36	180.93	220.58	264.15	311.65	363.07	418.40	477.65	540.83
37	181.56	221.27	264.91	312.47	363.96	419.35	478.67	541.91
38	182.19	221.97	265.68	313.30	364.85	420.31	479.70	543.00
39	182.82	222.66	266.44	314.12	365.75	421.27	480.72	544.09
40	183.46	223.36	267.20	314.95	366.64	422.23	481.74	545.18
41	184.09	224.06	267.96	315.78	367.53	423.19	482.77	546.27
42	184.72	224.76	268.73	316.61	368.42	424.15	483.79	547.36
43	185.35	225.46	269.49	317.44	369.31	425.11	484.82	548.45
44	185.99	226.16	270.26	318.27	370.21	426.07	485.85	549.55
45	186.63	226.86	271.02	319.10	371.11	427.04	486.88	550.64
46	187.27	227.57	271.79	319.94	372.01	428.01	487.91	551.73
47	187.91	228.27	272.56	320.78	372.91	428.97	488.94	552.83
48	188.55	228.98	273.34	321.62	373.82	429.93	489.97	553.93
49	189.19	229.68	274.11	322.45	374.72	430.90	491.01	555.03
50	189.83	230.39	274.88	323.29	375.62	431.87	492.05	556.13
51	190.47	231.10	275.65	324.13	376.52	432.84	493.08	557.24
52	191.12	231.81	276.43	324.97	377.43	433.82	494.12	558.34
53	191.76	232.52	277.20	325.81	378.34	434.79	495.15	559.44
54	192.41	233.24	277.98	326.66	379.26	435.76	496.19	560.55
55	193.06	233.95	278.76	327.50	380.17	436.73	497.23	561.65
56	193.71	234.67	279.55	328.35	381.08	437.71	498.28	562.76
57	194.36	235.38	280.33	329.19	381.99	438.69	499.32	563.87
58	195.01	236.10	281.12	330.04	382.90	439.67	500.37	564.98
59	195.66	236.82	281.90	330.89	383.82	440.65	501.41	566.08

$$m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$$

t	17m	18m	19m	20m	21m	22m	23m	24m	25m
s	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0	567.2	635.9	708.4	784.9	865.3	949.6	1037.8	1129.9	1225.9
1	568.3	637.0	709.7	786.2	866.6	951.0	1039.3	1131.4	1227.5
2	569.4	638.2	710.9	787.5	868.0	952.4	1040.8	1133.0	1229.2
3	570.5	639.4	712.1	788.8	869.4	953.8	1042.3	1134.6	1230.8
4	571.6	640.6	713.4	790.1	870.8	955.3	1043.8	1136.2	1232.5
5	572.8	641.7	714.6	791.4	872.1	956.7	1045.3	1137.8	1234.1
6	573.9	642.9	715.9	792.7	873.5	958.2	1046.8	1139.3	1235.7
7	575.0	644.1	717.1	794.0	874.9	959.6	1048.3	1140.9	1237.3
8	576.1	645.3	718.4	795.4	876.3	961.1	1049.8	1142.5	1239.0
9	577.2	646.5	719.6	796.7	877.6	962.5	1051.3	1144.0	1240.6
10	578.4	647.7	720.9	798.0	879.0	963.9	1052.8	1145.6	1242.3
11	579.5	648.9	722.1	799.3	880.4	965.4	1054.3	1147.2	1243.9
12	580.6	650.0	723.4	800.7	881.8	966.9	1055.9	1148.8	1245.6
13	581.7	651.2	724.6	802.0	883.2	968.3	1057.4	1150.4	1247.2
14	582.9	652.4	725.9	803.3	884.6	969.8	1058.9	1152.0	1248.9
15	584.0	653.6	727.2	804.6	886.0	971.2	1060.4	1153.6	1250.5
16	585.1	654.8	728.4	806.0	887.4	972.7	1062.0	1155.2	1252.2
17	586.2	656.0	729.7	807.3	888.8	974.1	1063.5	1156.8	1253.8
18	587.4	657.2	730.9	808.6	890.2	975.5	1065.0	1158.3	1255.5
19	588.5	658.4	732.2	809.9	891.6	977.0	1066.5	1159.9	1257.1
20	589.6	659.6	733.5	811.3	893.0	978.5	1068.1	1161.5	1258.8
21	590.8	660.8	734.7	812.6	894.4	979.9	1069.6	1163.1	1260.5
22	591.9	662.0	736.0	813.9	895.8	981.4	1071.1	1164.7	1262.2
23	593.0	663.2	737.3	815.2	897.2	982.9	1072.6	1166.3	1263.8
24	594.2	664.4	738.5	816.6	898.6	984.4	1074.2	1167.9	1265.5
25	595.3	665.6	739.8	817.9	900.0	985.8	1075.7	1169.5	1267.1
26	596.5	666.8	741.1	819.2	901.4	987.3	1077.2	1171.1	1268.8
27	597.6	668.0	742.3	820.5	902.8	988.8	1078.7	1172.7	1270.5
28	598.7	669.2	743.6	821.9	904.2	990.3	1080.3	1174.3	1272.1
29	599.9	670.4	744.9	823.2	905.6	991.8	1081.8	1175.9	1273.7
30	601.0	671.6	746.2	824.6	907.0	993.2	1083.3	1177.5	1275.4
31	602.2	672.8	747.4	825.9	908.4	994.7	1084.8	1179.1	1277.1
32	603.3	674.1	748.7	827.3	909.8	996.2	1086.4	1180.7	1278.8
33	604.5	675.3	750.0	828.6	911.2	997.6	1087.9	1182.3	1280.4
34	605.6	676.5	751.3	829.9	912.6	999.1	1089.5	1183.9	1282.1
35	606.8	677.7	752.6	831.2	914.0	1000.6	1091.0	1185.5	1283.8
36	607.9	678.9	753.8	832.6	915.5	1002.1	1092.6	1187.1	1285.5
37	609.1	680.1	755.1	833.9	916.9	1003.5	1094.1	1188.7	1287.1
38	610.2	681.3	756.4	835.3	918.3	1005.0	1095.7	1190.3	1288.8
39	611.4	682.6	757.7	836.6	919.7	1006.5	1097.2	1191.9	1290.5
40	612.5	683.8	759.0	838.0	921.1	1008.0	1098.8	1193.5	1292.2
41	613.7	685.0	760.2	839.3	922.5	1009.4	1100.3	1195.1	1293.8
42	614.8	686.2	761.5	840.7	923.9	1010.9	1101.9	1196.7	1295.5
43	616.0	687.4	762.8	842.0	925.3	1012.4	1103.4	1198.3	1297.2
44	617.2	688.7	764.1	843.4	926.8	1013.9	1105.0	1199.9	1298.9
45	618.3	689.9	765.4	844.7	928.2	1015.4	1106.5	1201.5	1300.0
46	619.5	691.1	766.7	846.1	929.6	1016.9	1108.1	1203.1	1302.2
47	620.6	692.4	768.0	847.5	931.0	1018.4	1109.6	1204.7	1303.9
48	621.8	693.6	769.3	848.9	932.4	1019.9	1111.2	1206.4	1305.6
49	623.0	694.8	770.6	850.2	933.8	1021.4	1112.7	1208.0	1307.3
50	624.1	696.0	771.9	851.6	935.2	1022.8	1114.3	1209.6	1309.0
51	625.3	697.3	773.1	852.9	936.6	1024.3	1115.8	1211.2	1310.7
52	626.5	698.5	774.5	854.3	938.1	1025.8	1117.4	1212.9	1312.4
53	627.6	699.7	775.7	855.7	939.5	1027.3	1118.9	1214.5	1314.1
54	628.8	701.0	777.1	857.1	940.9	1028.8	1120.5	1216.1	1315.7
55	630.0	702.2	778.4	858.4	942.3	1030.3	1122.0	1217.7	1317.4
56	631.2	703.5	779.7	859.8	943.8	1031.8	1123.6	1219.4	1319.1
57	632.3	704.7	781.0	861.1	945.2	1033.3	1125.1	1221.0	1320.8
58	633.5	705.9	782.3	862.5	946.6	1034.8	1126.7	1222.6	1322.5
59	634.7	707.1	783.6	863.9	948.1	1036.3	1128.3	1224.2	1324.2

m = $\frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$					m = $\frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$					For rate.		
t	26m	27m	28m	29m	t	n	t	n	Rate.	Log k		
s	"	"	"	"	m	s	"	m	s	"	s	
0	1325.9	1429.7	1537.5	1649.0	0	0	0.00	20	0	1.49	— 30	9.999 6985
1	1327.6	1431.4	1539.3	1650.9	1	0	0.00	10		1.54	29	7085
2	1329.3	1433.2	1541.1	1652.8	2	0	0.00	20		1.60	28	7186
3	1331.0	1434.9	1542.9	1654.7	3	0	0.00	30		1.65	27	7286
4	1332.7	1436.7	1544.8	1656.6	4	0	0.00	40		1.70	26	7387
					5	0	0.01	50		1.76		
5	1334.4	1438.5	1546.6	1658.5							25	7487
6	1336.1	1440.3	1548.4	1660.4	6	0	0.01	21	0	1.82	24	7588
7	1337.8	1442.1	1550.2	1662.3	7	0	0.02	10		1.87	23	7688
8	1339.5	1443.9	1552.1	1664.2	8	0	0.04	20		1.93	22	7789
9	1341.2	1445.6	1553.9	1666.1	9	0	0.06	30		1.99	21	7889
					10	0	0.09	40		2.06	20	
10	1342.9	1447.4	1555.8	1668.0	11	0	0.14	50		2.12	19	7990
11	1344.6	1449.2	1557.6	1669.9							18	8090
12	1346.3	1451.0	1559.5	1671.9	12	0	0.19	22	0	2.19	17	8191
13	1348.0	1452.8	1561.3	1673.8	10		0.20	10		2.25	17	8291
14	1349.7	1454.5	1563.2	1675.7	20		0.22	20		2.32	16	8392
					30		0.23	30		2.39	15	
15	1351.4	1456.3	1565.0	1677.6	40		0.24	40		2.46	14	8492
16	1353.2	1458.1	1566.9	1679.5	50		0.25	50		2.54	13	8593
17	1354.9	1459.9	1568.7	1681.4							12	8693
18	1356.6	1461.6	1570.5	1683.3	13	0	0.26	23	0	2.61	12	8794
19	1358.3	1463.4	1572.4	1685.2	10		0.28	10		2.69	11	8894
					20		0.30	20		2.77	10	
20	1360.1	1465.2	1574.3	1687.2	30		0.31	30		2.85	9	8995
21	1361.8	1466.9	1576.1	1689.1	40		0.33	40		2.93	8	9095
22	1363.5	1468.7	1578.0	1691.0	50		0.34	50		3.01	7	9196
23	1365.2	1470.5	1579.8	1692.9							6	9296
24	1367.0	1472.3	1581.7	1694.8	14	0	0.36	24	0	3.10		
					10		0.38	10		3.18	5	
25	1368.7	1474.1	1583.5	1696.7	20		0.39	20		3.27	4	9497
26	1370.4	1475.9	1585.3	1698.6	30		0.41	30		3.36	3	9598
27	1372.1	1477.7	1587.2	1700.5	40		0.43	40		3.45	2	9698
28	1373.9	1479.5	1589.1	1702.5	50		0.45	50		3.55	1	9.999 9899
29	1375.6	1481.3	1590.9	1704.4								
					15	0	0.47	25	0	3.64	0	0.000 0000
30	1377.3	1483.1	1592.7	1706.3	10		0.49	10		3.74	+	0101
31	1379.0	1484.9	1594.6	1708.2	20		0.52	20		3.84	2	0201
32	1380.8	1486.7	1596.5	1710.2	30		0.54	30		3.94	3	0302
33	1382.5	1488.5	1598.3	1712.1	40		0.56	40		4.05	4	0402
34	1384.2	1490.3	1600.2	1714.0	50		0.59	50		4.15	5	0503
35	1385.9	1492.1	1602.1	1715.9	16	0	0.61	26	0	4.26	6	0603
36	1387.7	1493.9	1604.0	1717.9	10		0.64	10		4.37	7	0704
37	1389.4	1495.7	1605.9	1719.8	20		0.67	20		4.48	8	0804
38	1391.2	1497.5	1607.7	1721.7	30		0.69	30		4.60	9	0905
39	1392.9	1499.3	1609.6	1723.6	40		0.72	40		4.72	10	1005
					50		0.75	50		4.83	11	
40	1394.7	1501.1	1611.5	1725.6							11	1106
41	1396.4	1502.9	1613.3	1727.5	17	0	0.78	27	0	4.96	12	1206
42	1398.2	1504.7	1615.2	1729.5	10		0.81	10		5.08	13	1307
43	1399.9	1506.5	1617.1	1731.5	20		0.84	20		5.20	14	1407
44	1401.7	1508.4	1619.0	1733.4	30		0.88	30		5.33	15	1508
					40		0.91	40		5.46	16	
45	1403.4	1510.2	1620.8	1735.3	50		0.95	50		5.60	17	1608
46	1405.2	1512.0	1622.7	1737.2							17	1709
47	1406.9	1513.8	1624.6	1739.2	18	0	0.98	28	0	5.73	18	1809
48	1408.7	1515.6	1626.5	1741.2	10		1.02	10		5.87	19	1910
49	1410.4	1517.4	1628.3	1743.1	20		1.06	20		6.01	20	2010
					30		1.09	30		6.15	21	
50	1412.2	1519.2	1630.2	1745.1	40		1.13	40		6.30	22	2111
51	1413.9	1521.0	1632.1	1747.0	50		1.18	50		6.44	23	2212
52	1415.7	1522.9	1634.0	1749.0							24	2312
53	1417.4	1524.7	1635.9	1750.9	19	0	1.22	29	0	6.59	25	2412
54	1419.2	1526.5	1637.7	1752.8	10		1.26	10		6.75	26	2513
					20		1.30	20		6.90	27	
55	1420.9	1528.3	1639.6	1754.8	30		1.35	30		7.06	28	2714
56	1422.7	1530.2	1641.5	1756.8	40		1.40	40		7.22	29	2814
57	1424.4	1532.0	1643.3	1758.7	50		1.44	50		7.38	29	2915
58	1426.2	1533.8	1645.2	1760.7								
59	1427.9	1535.6	1647.1	1762.6	20	0	1.49	30	0	7.55	+	30 0.000 3015



AUTOR DEL TRABAJO:

*Sarg Ay Técnico del Servicio Geográfico*  
**ADOLFO OSCAR MORENO**

REVISOR:

*Profesor Miguel Angel Fernández*

BIBLIOGRAFIA:

H. O. Publication Nro 214

Tablas of computed Altitude and Azimuth  
United States Navy Departament Hydrographic Office  
Almanaque Náutico y Aeronáutico  
Observatorio Naval Argentino



## NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA

### Líneas de Posición por observaciones astronómicas

Si desde un cuerpo celeste se traza una línea recta perpendicular a la superficie terrestre, la intersección con ésta, es denominada P.G. (Posición Geográfica).

Un observador situado en este punto, tendrá el astro en su cenit y la altura (h) del mismo será 90°.

Si se desplaza en cualquier dirección, hasta 1 milla de P.G. se habrá desplazado 1 minuto de arco, sobre la superficie terrestre.

Como el cenit del observador se desplaza con él, también se habrá desplazado 1 minuto de arco, de la estrella.

Por consiguiente, desde cualquier punto de un círculo, de radio igual a 1 milla, la distancia cenital (Z) de la estrella, es igual a 1 minuto de arco.

Asimismo, la h de la estrella es igual a 89° 59'.

Este círculo se denomina: Círculo de igual altura.

Comprobamos así, que en cualquier posición el radio de un círculo de igual h, es igual a la Z del astro.

Por lo tanto, conocida la Z de un astro, es posible determinar el radio del círculo de igual h y luego una línea de posición circular, con centro en P.G.

El ploteo del círculo es factible si el astro está cerca del cenit del observador, o sea cuando estén dadas las siguientes condiciones favorables:

$$\varphi = \delta$$

$$\lambda_w = A.H.G. \text{ (ángulo horario de Greenwich)}$$

$$\lambda_E = 360^\circ - A.H.G.$$

En tales condiciones si se plotean 2 círculos de igual altura, se puede determinar una posición fija por intersección.

Pero en la mayoría de los casos, debido a la posición de los astros observados, resulta impracticable el ploteo del círculo, por la escala de la carta. El radio del círculo, es de una magnitud tal, que sería difícil, en la mayoría de las cartas de navegación el trazado de los círculos de igual altura.

Esta circunstancia obliga a adecuar el método, prescindiendo del trazado de los círculos y de P.G.

## RECTAS DE ALTURA

Para tal fin entran en el cálculo otros tres elementos, que posibilitan la solución gráfica en cualquier carta de navegación: P.A.,  $\Delta h$  y Az.

Reducen las magnitudes de las líneas a graficar por cuanto:

1º Se determina por cálculo la altura  $h_c$  de un astro, observado hipotéticamente desde el esquinero de cuadrícula más próximo a la posición geográfica estimada.

P A = Posición asumida para el cálculo (esq de Cuadrícula).

2º Determinada dicha altura calculada o de tabla, se establece la diferencia contra la altura observada y corregida  $h_v$ :

$$\Delta h = h_v - h_c$$

Si  $\Delta h$  igual a  $0^{\circ} 00' 0$ , quiere decir que las coordenadas geográficas correspondientes al esquinero de cuadrícula elegido como P A para el cálculo, son el G P del observador.

En cambio, la diferencia que resulte —magnitud que será pequeña, cuanto más próximo se halle la posición estimada P E, de la posición asumida P A— será igual a la diferencia en arco de ambas posiciones. Si tenemos en cuenta que 1 minuto de arco es igual a 1.852 mts, tendremos 1 de los 2 datos necesarios para la solución gráfica.

La  $\Delta h$  según resulte positiva o negativa, será rotulada hacia o contra el astro respectivamente. (Ver fig. 2)

3º El segundo dato, el que nos da la dirección, para la solución gráfica está dada por:

Az = Acimut del astro (N ó S) que se obtiene de la conversión del ángulo acimutal de tabla, —calculado para el esquinero de cuadrícula en cuestión— en acimut verdadero.

## CONVERSIÓN DEL ÁNGULO ACIMUTAL DE TABLA EN Az VERDADERO

Como veremos más adelante, las Tablas de navegación HO 214, se utilizan indistintamente en el Hemisferio Norte o Sur.

Pero siempre el origen del ángulo acimutal estará dado según  $\varphi$  o sea, depende del Polo más cercano.

El sentido depende de la dirección en que se encuentra el astro, en el momento de la observación (E u W), para concordar con el ángulo en el Polo.

Sentido del Az calculado, según el A.H.L. del astro:

A.H.G.	→ Si es menor que $\lambda_a$ ; A.H.G. + 360°.
$\lambda_a$	→ Longitud asumida o adoptada.
A.H.L.	→ Si es mayor de 360°; A.H.L. — 360°. Astro al W.
	→ Si es mayor de 180°; 360° — A.H.L. Astro al E.
	Si está entre 0° y 180°; directo para entrar en Tabla, Astro al W.

Como vemos el sentido del Az del cálculo, se determina por simple observación de la posición del astro en el momento de la observación, o por cálculo.

Luego, conocido el origen y el sentido del ángulo acimutal de tabla, se convierte en Az verdadero origen N ó S, y en el sentido de las agujas del reloj. (Fig. 1)

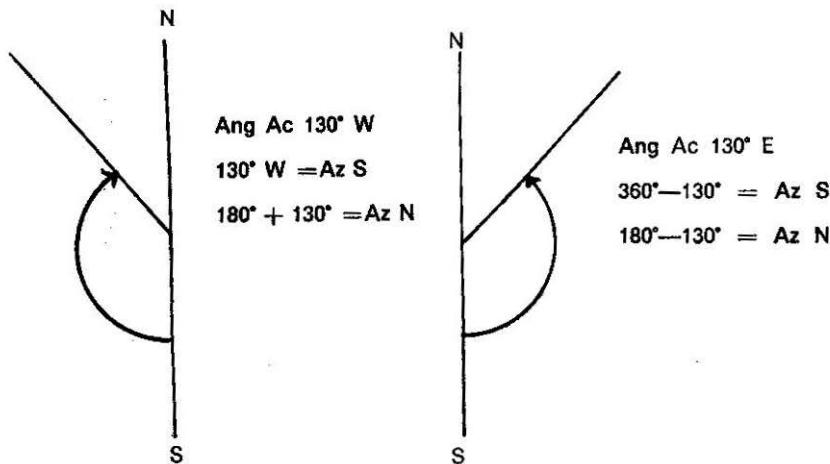


Fig. 1 - Acimutes.

#### PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA

1. Fije en la carta, la posición asumida PA.
2. Desde PA trace la línea de acimut Az, hacia o contra el astro.  
El trazado se efectúa con transportador sobre PA, con origen 0° en el meridiano (N ó S).
3. A lo largo de la línea de acimut, mida la diferencia de altura  $\Delta h$ , en millas convertidas según la escala de la carta de navegación, en milímetros.
4. En el punto encontrado, trace una perpendicular a la línea de acimut.

Tendrá así una recta de altura.

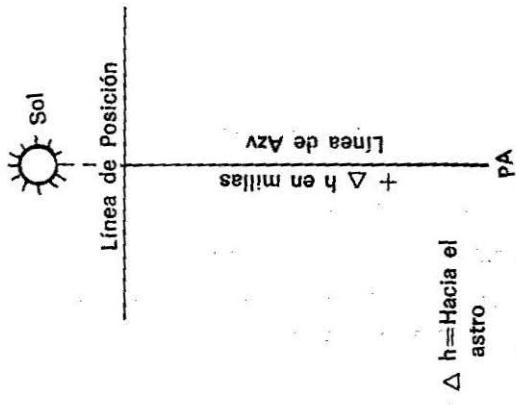
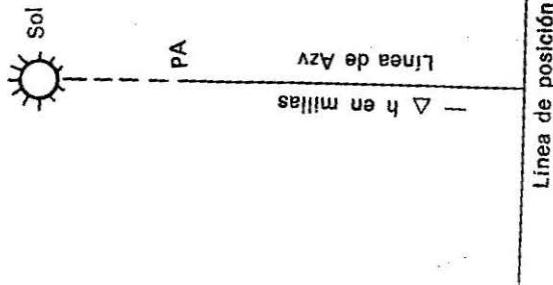


Fig. 2 - Rectas de altura.

## UNA POSICION FIJA POR OBSERVACIONES SIMULTANEAS

Una sola observación determina una línea de Posición.

Si se desea obtener una posición fija, es necesario cruzar la línea de posición así obtenida, con otra línea de posición resultante de la observación de otro astro (caso observación de estrellas), siendo preferible determinar 3 líneas de posición.

Si no se cortaran en un punto, el centro del pequeño triángulo, debe considerarse como posición fija.

Como el desplazamiento de patrullas en la Antártida se realiza durante el día (o día Polar), daremos preferente atención a la solución con Sol.

En este caso para obtener una intersección definida de 2 ó más líneas de posición, es conveniente que el intervalo de tiempo transcurrido entre 2 observaciones, sea de 2 horas aproximadamente.

Debemos tener en cuenta algunos pequeños detalles referentes a la elección del instante de observación más conveniente, que no caben en este párrafo, pero que consideraremos al referirnos a Programa de Observación.

## INSTRUMENTAL

Los ejemplos prácticos del presente trabajo, fueron realizados con Teodolito WILD T 2 que se utiliza normalmente en las Bases de Ejército en la Antártida, para determinaciones astronómicas expedicionarias. Le daremos preferente atención, pero basta cualquier teodolito, incluso sextante a burbuja y sextante marino. Variará la precisión a obtener que está en función de la precisión del instrumento utilizado.

**1er. caso:** — Distancias cenitales observadas con Teodolito:

- Se corregirán en la forma habitual.
- Error de índice, cuando supere 1 décimo de minuto.
- Semidiámetro, cuando se carece de prisma solar.
- Refracción, en base a presión y temperatura.
- Paralaje del Sol en altura.

Finalmente se determina la  $h_v$  ( $90 - Z_v$ ).

- Cronómetro de bolsillo con H.O.A. o reloj pulsera con segundero.

En ambos casos debe conocerse su  $\Delta T$  aproximado  $\pm 2^s$ , que tan sólo significarían un error de  $\pm 0'5$  en la determinación del A.H.G.

Esto requiere efectuar un control diario del estado del reloj, con cualquier señal radio horaria y por interpolación el  $\Delta T$  para la hora de observación.

**2do. caso:** — Alturas observadas con sextante marino.

- Correcciones, las especificadas en el almanaque Náutico y Aeronáutico, Capítulo Corrección de Alturas.
- Para el registro del tiempo, mismo proceder ya citado.

**3er. caso:** — Alturas observadas con sextante a burbujas.

IDEIM.

## OBSERVACION

Bastará disponer de 10 minutos previos al instante de observación pre-fijado.

Se instala el trípode, se fija el teodolito y se procede a nivelarlo. Nivel horizontal, paralelo a dos tornillos nivelantes.

Centrar el nivel esférico, luego apreciar la posición ocupada por la burbuja (basta la de un extremo de la burbuja), gírese el soporte 180°, vuélvase a apreciar la posición de la burbuja (misma extremidad que antes). Con los dos tornillos nivelantes, sitúese la extremidad de la burbuja en el centro, entre las dos posiciones apreciadas antes.

Gírese el soporte en 90° y ajuste el nivel en el valor medio obtenido antes, utilizando esta vez el tercer tornillo nivelante.

Proceda luego a centrar el nivel del limbo cenital. Bisecte el Sol, alerte al ayudante para que, a ojo y oído, tome el tiempo cronométrico, mida la distancia cenital  $Z_0$ .

Registre una  $Z_0$  en posición I del anteojos y el TOP correspondiente, con lo cual dará por finalizada la observación.

Durante una marcha, se detiene solamente el vehículo del navegador, reintegrándose luego a la columna de marcha.

## PRECISION

Por tratarse de un método tabular, internacionalmente conocido, citaremos una apreciación general relativa a la precisión en la determinación geográfica.

En navegación de superficie (alta mar), la imprecisión en la determinación de la altura, del orden del minuto de arco, ya introduce en el cálculo un error de aproximadamente 1 milla (1.852 mts) que se traduce en la posición determinada, en  $\pm 2$  Km.

En navegación aérea, con rectas de altura únicamente, —tal el caso de un avión en vuelo transpolar— por el desplazamiento del puesto de observación dado la velocidad, el uso de sextante, el escaso intervalo de tiempo entre dos determinaciones (que hace que la intersección de las líneas de posición no sea bien definida en un punto), la precisión se considera oscila entre 5 y 10 Km.

Cabe agregar que las correcciones en ambos casos, se hacen en base a tablas tabuladas para encontrar correcciones totales, al décimo de minuto de arco, entrando con la altura observada, o con la altura observada y la altura de vuelo respectivamente.

Para sus fines es suficiente.

En cambio en navegación terrestre, en zonas polares, son necesarias determinaciones más precisas, para un mejor aprovechamiento de los reconocimientos de aéreos de grietas, realizados y actualizados anualmente por las distintas dotaciones antárticas de las Bases de Ejército.

Un observador en piso firme, con instrumental de mayor precisión, con datos meteorológicos, tales como presión atmosférica y temperatura ambiente, puede efectuar correcciones más precisas que disminuyen los errores a introducir en el cálculo.

Considerando un error final en la solución del  $\Delta$  de posición, del orden de los 2 décimos de minuto de arco, tendremos una imprecisión del orden de los 400 metros como máximo.

## TABLAS DE NAVEGACION

### HO 214 — TABLA DE ALTURAS Y ACIMUTES CALCULADOS

La Tabla H.O. 214 está publicada en nueve volúmenes cubriendo cada uno de ellos una zona de  $10^\circ$  de latitud. La altura calculada y el acimut vienen dados para intervalos de  $1^\circ$  de latitud,  $30'$  de declinación y  $1^\circ$  de ángulo en el polo (A.H.L.).

Como las tablas pueden ser usadas para cualquier latitud NORTE o SUR, son igualmente útiles para cualquier astro, no se hacen inexactas a medida que el astro cambia su posición en la esfera celeste y son convenientes y fáciles de usar.

Este método tabular es universal y más ampliamente usado, que cualquier otro.

### DESCRIPCION

En cada página hay ocho columnas de alturas y acimutes y cada una de estas columnas está encabezada por la declinación  $\delta$ . Para valores menores de declinación, vienen tabulados cada medio grado.

Al abrir cada volumen, la página de la izquierda es para la declinación del mismo signo que la latitud. Este es el caso, para cuando tanto  $\varphi$  como  $\delta$ , son Nortes o Sur.

Cuando uno de los valores es N y el otro S, se dice son de signo contrario y se utiliza la página de la derecha, en donde las declinaciones tabuladas son iguales que aquellas que aparecen en la página de la izquierda.

En ángulo horario local, rotulado H.A., se da a intervalos de  $1^\circ$ , tanto en las páginas de la derecha como en las de la izquierda y a ambos lados de las mismas.

Los valores tabulados vienen para alturas de  $5^\circ$  como mínimo, de los astros observados. Vale decir que condición para su uso, es de que los astros observados se encuentren hasta una altura mínima de  $5^\circ$ , sobre el horizonte.

Cuando el ángulo horario local es menor de  $90^\circ$  se utilizan los valores tabulados desde  $0^\circ$  a  $90^\circ$  de la página de la izquierda, rotulados H.A. Cuando es mayor de  $90^\circ$ , se utilizan los valores de  $90^\circ$  a  $180^\circ$  tabulados en la página de la derecha.

Para las declinaciones menores, estos valores adicionales, vienen tabulados en la página de la derecha, debajo de las declinaciones de signo contrario.

A medida que la declinación aumenta, hay menos valores tabulados para las declinaciones de signo contrario y para las del mismo signo. Para declinaciones mayores, puede no haber ningún valor tabulado para las declinaciones de signo contrario.

Las alturas calculadas para los astros de signo contrario, nunca requieren ángulos en el polo mayores de  $90^\circ$ .

Dentro de los límites de cada columna de declinación, hay cuatro grupos de números que representan, de izquierda a derecha: la altura tabulada (rotulada ALT.); el multiplicador ( $\Delta d$ ) usado para la diferencia en declinación; el multiplicador para diferencia de ángulo en el polo (rotulado  $\Delta t$ ); y el ángulo acimutal (rotulado Az).

$\Delta d$ , es el cambio en altura, para cada cambio de  $1'$  en la declinación. Este factor de interpolación es siempre un decimal, aunque aparezca en tabla como un número entero. Recuerde siempre ponerle el punto decimal a dicho valor  $\Delta d$  y no interpole para el mismo. Cuando el astro se encuentre cerca del meridiano, el valor  $\Delta d$  es 1,0.

$\Delta t$  es el cambio de altura, para cada cambio de  $1'$  del ángulo en el polo. Este factor de interpolación es también siempre un decimal.

En la parte posterior de cada volumen, vienen dos páginas con una tabla de multiplicación para efectuar la interpolación, por declinación y por ángulo en el polo. También dos páginas con valores tabulados para corregir la altura en función de la latitud.

Para la determinación del acimut (ang. acimutal) es práctica común, tomarlo directamente de la tabla, sin efectuar interpolación.

## SOLUCION DEL $\Delta$ DE POSICION

Los navegantes usan casi invariablemente uno de los métodos tabulares que desarrollaremos, para la resolución del  $\Delta$  de posición. La resolución trigonométrica ya ha sido hecha.

### 1. SOLUCION USANDO $\Delta d$ SOLAMENTE

Comúnmente se usa la Tabla H.O. 214, seleccionando la P.A., más cercana de la posición de estima P.E. para la cual la  $\varphi$  asumida y el A.H.L. tengan un valor de un número entero de grados, eliminando así la necesidad de interpolar debido a estos factores, siendo necesarias solamente la interpolación por diferencia en declinación.

Para lograr  $\varphi$  asumida redonda en grados, considerando la estimada, se adopta la  $\varphi$  redonda en grados más próxima.

Para lograr el A.H.L., tenga un número entero de grados, se adopta una  $\lambda$  próxima a la P.E., con los minutos que posea el A.H.G.

Cuando se utiliza este método, el Azv. debe ser ploteado desde la P.A. escogida para la solución.

Prescindiendo de los cálculos previos para determinar el A.H.L. y la  $\delta$  y al solo efecto de desarrollar un ejemplo del uso de Tabla H.O. 214: halle la altura y el acimut calculado, si  $\varphi$  asumida es de  $83^{\circ} 00' S$ , A.H.L. del astro observado es de  $140^{\circ} 00' E$  y  $\delta$  del mismo astro  $19^{\circ} 10'.5 S$ .

**SOLUCION:**

A.H.L.	$140^{\circ} 00' E$
$\delta$	$19^{\circ} 10'.5 S$
$\varphi$	$83^{\circ} 00' S$
	Ad (+) 1.0
ht	$13^{\circ} 35'.0$
correc	$+ 10'.5$
hc	$13^{\circ} 45'.5$
Az	$38^{\circ}.7$
	$Az = 180^{\circ} + 38^{\circ}.7 = 218^{\circ}.7$ Az origen N.

**EXPLICACION**

Utilice el formato del formulario ANEXO 1, llénelo con los datos suministrados, prescindiendo de los cálculos previos.

Diferencia en  $\delta$ ; ésta es la diferencia en minutos y décimos de minuto entre la declinación y el valor tabulado de  $\delta$  más próximo. Este valor no se rotula.

Abra el volumen IX (de  $80^{\circ}$  a  $89^{\circ}$ ), por la latitud  $83^{\circ}$  y busque la página para la declinación tabulada más próxima ( $19^{\circ} 00'$ ). Asegúrese que está usando la página correcta (del mismo signo o signo contrario). En este problema use la página de la derecha que es también del mismo signo, debido a que tanto  $\delta$  como  $\varphi$  son Sur (negativas).

Sobre la línea para  $t$  (H.A.) igual a  $140^{\circ}$ , tome los valores para la altura (Alt), y  $\Delta d$  y ángulo acimutal (Az)

El signo de  $\Delta d$ , se determina observando si la altura aumenta o disminuye con un cambio en el valor de la declinación. En este problema entramos en la tabla de la columna de  $\delta$  igual a  $19^{\circ} 00'$  que es el valor tabulado más próximo al valor conocido de declinación igual a  $19^{\circ} 10'.5$ , por lo tanto tenemos que interpolar entre el valor tabulado de declinación igual a  $19^{\circ} 00'$  y el inmediato superior  $19^{\circ} 30'$ .

La altura que se halla tabulada entrando por la columna de declinación  $19^{\circ} 00'.0$  es de  $13^{\circ} 35'.0$ .

Observando que este valor de la Alt aumenta con un crecimiento de la declinación y debido a que el valor dado en el problema  $19^{\circ} 10'.5$  es mayor que el tabulado que se tomó  $19^{\circ} 00'.0$ , el factor de interpolación  $\Delta d$  será positivo ( $\Delta d + 1.0$ ).

Tome el valor de Az directamente de la tabla, sin interpolar, recuerde que este valor tiene origen en el polo más cercano (en este caso Sur) y anote a continuación de dicho valor la letra E, para que concuerde con el ángulo en el polo:  $Az = 38^{\circ}.7 E$ .

La corrección que aparece debajo de la altura de tablas (ht) en el formato, es el valor co regido que se le aplica a dicha altura, por la diferencia en declinación. Debido a que  $\Delta d$  es el cambio en Alt para 1' de cambio en la declinación, la corrección se halla multiplicando  $\Delta d$  por la diferencia en declinación (dif.  $\delta$ ). Esta operación se puede abreviar utilizando la tabla de multiplicación que se halla al final de la tabla H.O. 214, lo cual se realiza de la siguiente manera.

Entre a la tabla con el valor  $\Delta d$ , por el margen izquierdo y con el valor en minutos enteros de diferencia en declinación (dif.  $\delta$ ), por la parte superior o inferior de la página y encontrará el valor parcial de la corrección. Siguiendo por la misma línea atravesando la página hacia la derecha hallará la corrección para el décimo de dif.  $\delta$ . La corrección total por  $\Delta d$  será la suma de ambas correcciones parciales halladas y llevará siempre el mismo signo que  $\Delta d$ .

Ya hemos visto que cuando el astro se encuentra cerca del meridiano, el valor  $\Delta d$  es 1.0, como en nuestro ejemplo. Téngase cuidado de no confundirlo al usarlo, anotando 0.1 en lugar de 1.0.

No existe corrección en la tabla de multiplicación para el valor  $\Delta d$  igual a 1.0, toda vez que no se necesita tabla alguna para multiplicar un número cualquiera, por la unidad.

Aplique la corrección total con su signo, hallada para este ejemplo ( $10.5 \times 1.0 = 10.5$ ) a la altura tabulada Alt, para determinar el valor de la altura calculada (hc).

Si la  $\delta$  tiene un valor igual al tabulado no se necesita aplicar corrección alguna a la altura tabulada y por consiguiente la ht sería la hc buscada.

Finalmente convierta el ang. acimutal Az de tabla, siguiendo las indicaciones de su rótulo.

## APLICACION DEL METODO

### EJERCICIO PRACTICO N° 1 A RESOLVER:

Hallar la altura y el acimut calculados, si  $\varphi$  es de  $33^{\circ} 00'$  N, el A.H.L.  $15^{\circ} 00'$  W y  $\delta$   $17^{\circ} 22'.6$  N. Convertir el ang. acimutal en Az verdadero origen N. Haga primero el formato del problema y llénelo con los datos suministrados, teniendo cuidado de incluir los rótulos de los mismos.

**Respuesta:** hc  $69^{\circ} 21'.3$ ; Ang. acimutal de tabla  $224^{\circ}.9$  W; Az verdadero  $135^{\circ}.1$  N.

### 2. SOLUCION USANDO $\Delta d$ y $\Delta t$

Algunas veces se usa  $\Delta d$  y  $\Delta t$ , para reducir el valor de  $\Delta h$  final del cálculo, y por ende reducir el graficado de las rectas en sus magnitudes, como así también para ser posible el uso de la misma P.A. para todos los astros. Como en la solución anterior vamos a utilizar el A.H.L. y  $\delta$  ya calculados para el instante de la observación, dando por ahora preferente atención al uso de la tabla H.O. 214.

**Problema:** Hallar la altura y el acimut calculados si  $\varphi$  es  $33^\circ 00' 0S$ ;  $t 36^\circ 34' 1E$  y  $\delta$  es  $16^\circ 43' 3N$ .

**SOLUCION:**

(A.H.L.)t	$36^\circ 34' 1E$	dif t	25.9	$\Delta t + 0.56$	correc t	$+ 14' 5$
$\delta$	$16^\circ 43' 3N$	dif d	13.3	$\Delta d - 0.82$	correc d	$- 10' 9$
$\varphi$	$33^\circ 00' 0S$			correc Total $+ 3' 6$		

ht	$29^\circ 10' 7$		
correc	$+ 3' 6$		
hc	$29^\circ 14' 3$		
Az	$041^\circ .4 E$	Az verdadero	$= 360^\circ - 41^\circ .4 = 318^\circ .6 S$
			$180^\circ - 41^\circ .4 = 138^\circ .6 N$

**SOLUCION:** Tabla H.O. 214 — Volumen IV.

La dif t es la diferencia entre el A.H.L. (ángulo en el polo) conocido y el más próximo valor tabulado, rotulado H.A.

La dif d, similarmente, es la diferencia en declinación.

Debido a que  $\delta$  es N y  $\varphi$  es S, use la página de signo contrario. Tome de la tabla los valores de Alt,  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  y Az sin efectuar interpolaciones entrando con los valores tabulados más próximos; A.H.L.  $37^\circ$ ; declinación  $\delta 16^\circ 30'$ ;  $\varphi 33^\circ$ .

$\Delta d$  y  $\Delta t$  se toman por decimales.

$\Delta d$  es negativo ( $-$ ) debido que la altura disminuye con un aumento de la declinación (como se puede observar en la tabla) y que el valor de la declinación dada es mayor que el valor tabulado más próximo escogido de la declinación.

En forma similar,  $\Delta t$  es positivo ( $+$ ) debido a que la altura aumenta con el decrecimiento del ángulo en el polo A.H.L. y el valor dado del ángulo en el polo es menor que el valor tabulado más próximo escogido.

Rotule Az de acuerdo con la latitud y el ángulo en el polo y conviértalo en Az verdadero de la manera anteriormente mencionada.

Las correcciones por t y d se hallan multiplicando  $\Delta t$ , por la diferencia en el ángulo polo (dif t) y  $\Delta d$  por la diferencia de la declinación (dif d) respectivamente, usando la tabla de multiplicación que se halla al final del volumen.

Las correcciones llevan el mismo signo, que los valores de  $\Delta$ .

Obsérvese que primero se da la dif t, pero en tablas hallamos que  $\Delta d$  precede en orden a  $\Delta t$ , tenga cuidado y evite cometer errores en este punto.

La corrección total, que hay que aplicar a la altura tabulada (Alt = ht), para hallar la altura calculada (hc), es igual a la suma algebraica de estas correcciones individuales.

## APLICACION DEL METODO

### EJERCICIO PRACTICO N° 2 A RESOLVER

Hallar la altura y acimut calculados si  $\varphi$  es  $86^{\circ} 00'.0$  S, el A.H.L. es  $0^{\circ} 59'.5$  E y  $\delta$   $21^{\circ} 50'.0$  S.

Convierta el Az de tabla en Az verdadero N.

Respuesta: hc  $25^{\circ} 50'.0$ ; Az de tabla  $179^{\circ}.0$ ; Az verd  $1^{\circ}$  N.

### 3. SOLUCION USANDO $\Delta d$ , $\Delta t$ y $\Delta \varphi$

Si se desea plotear una recta de altura desde la P.E. o del más próximo esquinero de cuadrícula —lo cual agiliza el trazado de las rectas porque adopta un P.A. ya fijado en la carta cuyas coordenadas  $\varphi$  y  $\lambda$  están dadas por el paralelo y el meridiano del esquinero en cuestión— es necesario hacer interpolaciones para los tres valores dados.

Como en las soluciones anteriores, vamos a prescindir de los cálculos previos que veremos más adelante.

**Problema:** Hallar la altura y acimut calculados si  $\varphi$  es de  $33^{\circ} 21'.2$  S, A.H.L.  $24^{\circ} 18'.6$  W y  $\delta$   $18^{\circ} 50'.7$  S.

#### SOLUCION:

A.H.L.	$24^{\circ} 18'.6$ W	dif t 18.6	$\Delta t$ — 0.75 correc t — $14'.0$
$\delta$	$18^{\circ} 50'.7$ S	dif d 9.3	$\Delta d$ — 0.62 .. d — $5'.8$
$\varphi$	$33^{\circ} 21'.2$ S	dif $\varphi$ 21.2	.. por dif $\varphi$ $9'.7$
<hr/>			
			correc — $29'.5$

ht  $64^{\circ} 23'.3$

correc —  $29'.5$

hc  $63^{\circ} 53'.8$

Az  $117^{\circ}.2$  W

$$\text{Az verdadero } 180 + 117.2 = 297^{\circ}.2 \text{ N}$$

$$117.2 = 117^{\circ}.2 \text{ S}$$

**Explicación:** H.O. 214 vol IV.

Las dif en t, d y  $\varphi$ , son las diferencias entre el ángulo en el polo, la declinación y la latitud asumida respectivamente y los valores tabulados más próximos. Tome de tabla los valores ht,  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  y Az sin hacer interpolaciones para el valor tabulado más próximo; t  $24^{\circ}$ , d  $19'$  y  $\varphi$   $33^{\circ}$ , usando la página correspondiente al mismo signo, ya que los valores de la declinación  $\delta$  y la latitud  $\varphi$  asumida son SUR.

Los signos de  $\Delta d$  y  $\Delta t$ , se determinan por la simple inspección de las tablas. Róture Az de acuerdo con la latitud y el ángulo en el polo y conviértalo en Az verdadero, de la manera usual.

Busque las correcciones de t y d por medio de la tabla de multiplicar que viene al final del volumen.

La corrección por latitud se halla de la siguiente manera: Aunque el término  $\Delta L$  ( $\Delta\varphi$ ) se usa en conexión con este método de la Tabla H.O. 214, el valor  $\Delta L$ , como tal, no se usa.

Busque la corrección en la tabla que está casi al final del libro, entrando con los valores del Az (acimut de tabla) y la dif  $\varphi$ , interpolando si es necesario hallar el valor con aproximación a  $0'.1$ .

Determine el signo de corrección por  $\varphi$ , por medio de la regla que aparece en la parte inferior de la página de corrección. También encontrará en otro párrafo reglas en castellano.

Debido a que el ang. acimutal Az es mayor de  $90^\circ$  y la latitud dada es mayor que la latitud tabulada, la corrección es negativa.

Obsérvese que se usa Az de tabla y no Az verdadero, al aplicar esta regla.

La corrección total que hay que aplicar a la altura tabulada para hallar la altura calculada, es la suma algebraica de las tres correcciones individuales.

## APLICACION DEL METODO

### EJERCICIO PRACTICO N° 3 A RESOLVER

Halle la altura y acimut calculados si  $\varphi$  es  $87^\circ 50'.0$  S el A.H.L. es  $81^\circ 23'.1$  E y la  $\delta$   $22^\circ 29'.4$  S, luego convierta el ángulo acimutal en Az verdadero origen N.

**Respuesta:** hc  $22^\circ 48'.0$ ; Ang Ac  $98^\circ.2$  E; Az v  $81^\circ.8$  N.

### DETERMINACION DEL SIGNO PARA $\Delta\varphi$

La corrección por  $\Delta\varphi$  se halla al final del libro, entrando con el ángulo acimutal de tabla, por la izquierda o derecha de la página donde se hallan tabulados valores de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Con la diferencia  $\varphi$  en minutos enteros, por arriba o por abajo, determinamos una corrección parcial.

En la segunda mitad de la página encontramos las correcciones para el decimal de la diferencia en  $\varphi$ , que se encuentra encasillada siguiendo la línea horizontal equivalente al valor del ángulo acimutal.

La suma de ambas correcciones nos da la corrección total a aplicar a la hc, con el signo que resulte de considerar las siguientes reglas:

Si el AZ < de  $90^\circ$  y  $\varphi <$  que  $\varphi$  de tabla:  $\Delta\varphi$  es (-)

si  $\varphi >$  que  $\varphi$  de tabla:  $\Delta\varphi$  es (+)

Si el AZ > de  $90^\circ$  y  $\varphi >$  que  $\varphi$  de tabla:  $\Delta\varphi$  es (-)

si  $\varphi <$  que  $\varphi$  de tabla:  $\Delta\varphi$  es (+)

## ALMANAQUE NAUTICO Y AERONAUTICO

Comprende 2 volúmenes editados por el Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina. El primero, ALMANAQUE NAUTICO Y AERONAUTICO, está destinado esencialmente a la solución de los problemas de la navegación astronómica. El segundo volumen, que se editó como Suplemento, contiene los elementos del Sol, planetas y estrellas para observaciones de precisión en tierra.

## DESCRIPCION:

Cada página contiene para cada día del año, todos los elementos astronómicos requeridos para la solución de los problemas de la Navegación marítima o aérea, idem para navegación terrestre.

Una hoja provee los datos para cada dos días consecutivos, transcurridos los cuales deberá ser arrancada para mayor comodidad.

Se dan para cada 20 minutos de Tiempo Universal, los ANGULOS HORARIOS referidos al primer Meridiano (A.H.G.), del Sol, del Punto Vernal, de tres planetas y la Luna. Las DECLINACIONES se proveen para cada hora entera de T.U., excepto para la Luna que se da a intervalos de 20 minutos.

A.H.G., es en todos los casos el arco occidental de Ecuador comprendido entre el meridiano de Greenwich y el meridiano celeste del astro, contándose de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

El ángulo horario con respecto a Greenwich puede obtenerse para cualquier T.U. de observación mediante el empleo de tablas de interpolación I y II con  $0'.1$  para sol y  $\gamma$  Aries y de  $1'$  para planetas y Luna. Se hallan en la cara interior de la tapa.

La Tabla I: es prácticamente exacta para interpolar el horario del Sol. Para interpolar el Horario del Punto Vernal al  $0'.1$  debe sumársele una segunda corrección, la que se da para cada minuto de intervalo tabular en la Columna C<sub>T</sub> y cuyo valor se sumará directamente, a la corrección que se obtenga para el minuto entero, por el que se va a interpolar.

Declinaciones, se dan para cada cuerpo celeste en la columna correspondiente. La frecuencia de los datos permite su interpolación directa con aproximación de  $0'.1$  para sol, y de  $1'$  para planetas y Luna.

### Ejemplo 1:

Obtener para el instante  $12^h 32^m 38^s.5$  T.U., del día 30 de diciembre de 1971 el A.H.G. del Sol, Aries, Martes y la DECLINACION de los cuerpos celestes.

		SOL	ARIES	VENUS
para T.U.	$= 12^h 20^m$	$AHG = 4^\circ 25'.1$	$AHG = 283^\circ 17'.4$	$AHG = 331^\circ 24'$
tabla I por	$12^m$	$3 00.0$	$(+ C_t)$	$3 00.5$
tabla I por	$38^s.5$	$9.6$		$10$
para T.U.	$= 12^h 32^m 38^s.5$	$AHG = 7^\circ 34'.7$	$AHG = 286^\circ 27'.5$	$AHG = 334^\circ 34'$
		$\delta = -23^\circ 11'.6$		$\delta = -19^\circ 45'$

### Ejemplo 2:

Para un punto de  $\lambda = 51^\circ 37'.0$  W obtener el A.H.L. y la declinación ( $\delta$ ) del sol observado a  $21^h 17^m 24^s.5$  T.U. el día 30 de diciembre de 1971.

		SOL
para T.U.	$= 21^h 00^m$	$AHG = 134^\circ 22'.6$
tabla I por	$17^m$	$4^\circ 15'.0$
tabla I por	$24^s.5$	$6'.1$
para T.U.	$= 21^h 17^m 24^s.5$	$AHG = 138^\circ 43'.7$
		$\lambda = 51^\circ 37'.0$
		$AHL = 87^\circ 06'.7$
		$\delta = -23^\circ 10'.2$

**ESTRELLAS:** Se han tabulado al final del Almanaque Náutico las coordenadas de 54 estrellas distribuidas por su nombre en orden alfabético.

Las planillas dan para cada estrella los valores del Ángulo Horario Sidéreo (A.S.) y a renglón seguido el valor de la declinación, para el día 15 de cada mes.

$$A.S. = 360^\circ - \alpha^\circ \text{ y } AHG^* = AHG \gamma + A.S.^*$$

Para hallar el AHG de una estrella, bastará obtener para T.U. de observación el AHG de Aries y sumárselo al A.S. de la estrella ( $360^\circ - \alpha^\circ$ ), sacado de las tablas de coordenadas de estrellas, para el mes de la fecha de observación. La declinación de la estrella se obtiene directamente de dichas tablas.

### Ejemplo 3:

Obtener el ángulo horario local y la declinación de Sirius observada a  $15^h 56^m 13^s.3$  T.U. observado el día 30 de diciembre en longitud  $\lambda = 32^\circ 45'.$  W.

SIRIUS		
para T.U.	$= 15^h 40^m$	AHG $\gamma = 333^\circ 25'.6$
tabla I por	$16^m (+ C\gamma)$	$4^\circ 00'.7$
tabla I por	$13^s.3$	$3'.3$
para T.U.	$= 15^h 56^m 13^s.3$	AHG $\gamma = 337^\circ 29'.6$
		A.S. $= 259^\circ 00'.9$
		AHG $^* = 236^\circ 30'.5$
		$\lambda = -32^\circ 45'.8$
		AHL $^* = 269^\circ 16'.3$
		$\delta = -16^\circ 40'.5$

Hallado el A.H.L. de la estrella proceda en el cálculo en forma análoga a la indicada para observaciones de Sol, recordando que las distancias cenitales de estrellas no se corrigen por refracción ni paralaje.

### PROGRAMA DE OBSERVACION

Cuando se trate de una marcha de varias jornadas, es muy conveniente utilizar rectas de altura, cuyas líneas de posición, sean paralelas a los meridianos o paralelas o los paralelos. Preferentemente en navegación, en zonas polares, donde sólo se cuenta con el astro Sol.

Ello a la par que agiliza la marcha, permite conocer la longitud o latitud, en forma alternada; y por traslado de rectas, ambas coordenadas en forma gráfica, en cualquier momento.

En las culminaciones superior e inferior del astro, las líneas de posición resultan paralelas a los paralelos, lo que nos hace prescindir de una intersección para conocer  $\varphi$ , dado que para cualquier punto de dicha línea de posición, la  $\varphi$  será la misma.

En las elongaciones Este u Oeste del astro, las líneas de posición resultan paralelas a los meridianos, lo que también nos hace prescindir de una intersección para conocer  $\lambda$ , dado que para cualquier punto de dicha línea de posición, la  $\lambda$  será la misma.

Considerando esta condición favorable, todo se reduce a prefijar la hora, para la observación del astro en proximidades de sus culminaciones o elongaciones.

#### 1er. Caso:

Si la marcha se efectúa a caballo de un meridiano, bastará fijarnos en el Almanaque Náutico y Aeronáutico el año de observación, el T.U., para el instante en que el A.H.G. es igual a  $\lambda$ . Para ese instante, sea por ejemplo T.U. 14 horas, esa será la hora T.U. de culminación superior del astro; 6 horas antes y 6 horas después se producirá la elongación E y W respectivamente y 12 horas después la culminación inferior.

El programa de observación será:

8h T.U.	para corregir la P.E. por $\lambda$
14h T.U.	" " " " " $\varphi$
20h T.U.	" " " " " $\lambda$
2h T.U.	" " " " " $\varphi$

Por traslado de rectas, obtendremos intersecciones para conocer  $\varphi$  y  $\lambda$  simultáneamente, en un momento dado, como veremos gráficamente en otro párrafo.

#### 2º Caso:

Si la dirección de marcha a cumplir, obliga a desplazamientos de E a W o viceversa, variando la  $\lambda$ , bastará buscar en el Almanaque Náutico y Aeronáutico el T.U., para el instante en que el astro tiene un A.H.G. igual a la longitud determinada con la Navegación por Estima y así adecuar el programa prefijado.

#### 3er. Caso:

Si se desea determinar la posición geográfica alcanzada al fin de la jornada de marcha o en un alto prolongado de la misma, antes de armar campamento o pasar al descanso, realice una observación. Dos horas más tarde, aproximadamente una segunda observación. Ya tiene elementos para una fija por intersección. Si desea controlar la posición obtenida realice una tercera observación.

Si las tres líneas de posición, no se cortaren en un punto, el centro del pequeño triángulo que se formare es la P.G.

Generalmente los lados de este triángulo, cuando las observaciones y cálculos son correctos, son de escasos milímetros. Si así no fuera, realice más de tres observaciones y deseche la línea de posición, causante del error.

Cabe insistir en la conveniencia de que entre dos observaciones, el intervalo de tiempo, —tratándose de sol— no sea inferior a 2 horas, lo que equivale a un desplazamiento del astro, de más o menos  $30^\circ$ , suficientes para lograr una intersección bien definida de las líneas de posición y por ende asegurar la precisión de la terminación gráfica.

## CALCULO:

El cálculo de la observación realizada para la solución del  $\Delta$  de posición es sumamente rápido y sencillo.

Con el fin de que sirva de guía, se incluye un ejemplo de cálculo efectuado en el formulario para solución con  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  y  $\Delta L$ .

Se comienza por detallar los datos generales sobre lugar de observación, fecha, astro observado y posición geográfica asumida para el cálculo y también para el posterior ploteo de la recta de altura (Lat. a y Long. a).

- Se anota luego el error de índice del instrumento, la temperatura ambiente y presión atmosférica, como así también los factores A y B, en base a la temperatura en grados C y presión en mm, respectivamente. Recordando que la fórmula para el cálculo de la refracción es:

$$\text{Refracc.} = \text{Ref. normal } (1 + A) (1 + B)$$

se anota el resultado parcial de su aplicación  $(1 + A) (1 + B)$  como así también la refracción normal para  $Z_e$  o  $h$ . Es conveniente el registro de estos datos dado que este formulario está concebido para prescindir de planilla de campo o cualquier otra anotación paralela, simplificando la documentación a llevar de la navegación. Finalmente se anota el huso horario correspondiente, el  $\Delta T$  del cronómetro, la distancia cenital  $Z_0$  y el top. correspondiente.

A continuación se pasa a calcular la hora de observación expresada en tiempo universal (T.U.) para poder interpolar linealmente en el Almanaque Náutico y Aeronáutico y obtener el Ángulo Horario de Greenwich (A.H.G.) y la declinación ( $\delta$ ) del astro.

Para agilizar el cálculo, entre con la hora y minuto, anterior más próximo al T.U. de observación en la página correspondiente de día y mes, columna izquierda Rotulada T.U.

Anote el A.H.G. para dicha hora. Para los 02<sup>m</sup> 44<sup>s</sup> de diferencia extraiga directamente las correcciones de la "Tabla I Interpolación del Ángulo Horario", que se halla en el reverso de la tapa del Almanaque Náutico.

Para arribar al H.A. —que es el A.H.L. convertido para entrar en la Tabla H.O. 214— tenga en cuenta que, si el A.H.G. es menor que la "Long. a", deberá sumarle 360° (impreso en formulario) para lograr que el A.H.L. sea el arco occidental de Ecuador comprendido entre el meridiano de la longitud asumida y el meridiano celeste del astro, contándose de 0 a 360°.

El A.H.L. debe ser convertido en H.A. para entrar en tabla, de allí que, cuando es mayor de 180°, deberá restarle de 360°, el astro está al ESTE y cuando está entre 0 y 180° deberá tomarse directamente el astro está al OESTE.

En la determinación de diferencias, primero se registraron datos para tabla, o sea la latitud, al grado, más próxima a la latitud asumida; el H.A. al grado más próximo a H.A. calculado y la declinación, al medio grado más próximo a la declinación del astro. No se hace referencia a utilizar la página del mismo signo contrario porque en el Volumen IX, para latitudes entre 80° y 89° todas son para declinaciones del mismo signo que la latitud, ya que astros con declinaciones positivas no son observables.

Los segundos valores, los reales, a continuación de los datos para entrar en tabla y luego las diferencias entre ambos, sin rotular signo para las mismas.

Se registran a continuación los datos extraídos de la tabla H.O. 214, tales como Alt,  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  y el ángulo acimutal AZ.

Se deberá tener en cuenta que el  $\Delta d$  y  $\Delta t$ , se rotulan con su signo que se determina por simple observación del comportamiento de la Alt ante variaciones en declinación o H.A.

En nuestro ejemplo hemos entrado en tabla con una declinación mayor que la real, entonces vemos si la altura (Alt) aumenta (+) o disminuye (-) ante un decrecimiento de la declinación. Disminuye de allí el signo negativo para el factor de interpolación  $\Delta d$ .

También disminuye la Alt, ante un crecimiento de H.A., de allí que el  $\Delta t$ , resulte negativo.

El AZ se rotuló, en este caso ESTE para que concuerde con el ángulo en el polo (H.A.).

En el cálculo del hc, las correcciones rotuladas con su signo resultan de la multiplicación de los factores de interpolación y de las diferencias correspondientes para lo cual se dispone de tablas, al final de la H.O. 214.

El signo para la corrección por  $\Delta L$  ya se ha visto que resulta de considerar que:

Si el AZ de tabla es mayor de  $90^\circ$ ; siendo la latitud asumida mayor que la de tabla, el  $\Delta L$  es negativo y a la inversa, positivo. En cambio si el AZ de tabla es menor de  $90^\circ$ , cuando la latitud es mayor que la de tabla, el  $\Delta L$  es positivo y a la inversa, será negativo. En nuestro caso tendremos un AZ de tabla mayor de  $90^\circ$  y una lat mayor que la lat de t tabla de allí su signo negativo.

La suma algebraica de la Alt y correcciones nos da la hc (Altura calculada).

Resta aplicar las correcciones habituales a la Zo, para lograr la hv, y luego establecer la  $\Delta h$ , por diferencia de ambas, alturas (hv - hc), y en milímetros. Para ello, primero se ha convertido el  $\Delta h$  en metros ( $1' = 1.852$  m) y luego según la escala de la carta a utilizar. Para este ejemplo se consideró una carta de 1: 200 000.

El  $\Delta h$  es negativo, por lo tanto se rotula CONTRA el astro.

Como el AZ de tabla es desde el Sur por el Este se convierte AZv restándolo de  $180^\circ$  para origen N y en el sentido de las agujas del reloj.

En la parte inferior está la determinación de la variación magnética, dato de real importancia para la navegación por Estima.

En el momento de la observación, se toma el rumbo magnético del Sol en forma simultánea.

Si la diferencia entre AZ y el rumbo magnético es (+), como en el caso en cuestión, a todo rumbo magnético deberá sumarse la variación magnética para convertirlo en rumbo geográfico, si es negativo a la inversa.

En "Posición Geográfica", se anota la coordenada hallada y cuando se trate de una fija por intersección de 2 o más líneas de posición, o por traslado de las mismas, ambas.

No creemos necesario insistir, sobre el proceso de cálculo, sólo resta plotear la resta de altura con los datos así obtenidos.

## FÓRMULARIO PARA SOLUCION CON $\Delta d$ , $\Delta t$ y $\Delta L$

LUGAR: ANTARTIDA ASTRO: SOL TEMP:  $-28^{\circ}.0\text{C}$   
 FECHA: 19-XI-65 Lat. a:  $83^{\circ}20'.0$  PRES: 607,6 mm  
 HUSO:  $+3^{\text{h}}$  Long. a:  $-37^{\circ}30'.0$  ERROR IND:  $+18''$  Ref Normal:  $149''$   
 $\Delta T.C. = -06^{\text{s}}.0$  A:  $+0.12$  B:  $-0.20 (1+A)(1+B): 0.9$

### DETERMINACION T.U. DE OBSERVACION

TOP:  $06^{\text{h}}42^{\text{m}}50^{\text{s}}$   
 $\Delta T: -06^{\text{s}}$   
 HUSO:  $+3^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}$

T.U.:  $9^{\text{h}}42^{\text{m}}44^{\text{s}}$

### DETERMINACION DEL ANGULO HORARIO

$9^{\text{h}}40^{\text{m}}: 328^{\circ}39'.3$   
 $2^{\text{m}}: 30'.0$   
 $44^{\text{s}}: 11'.0$

$360^{\circ}00'.0$

A.H.G. :  $329^{\circ}20'.3$  Declin:  $-19^{\circ}27'.5$   
 Long a :  $-37^{\circ}30'.0$

A.H.L. :  $291^{\circ}50'.3$

$360^{\circ}00'.0$

H. A. :  $68^{\circ}09'.7$  E

### DETERMINACION DE DIFERENCIA

P/H.O. 214 REALES DIF  
 Lat a :  $83^{\circ}$  Lat a:  $-83^{\circ}20'.0$   $20'$   
 H.A. :  $68^{\circ}$  H.A. :  $68^{\circ}09'.7$   $09'.7$   
 Declin:  $19^{\circ}30'$  Declin:  $-19^{\circ}27'.5$   $02'.5$

### DETERMINACION $\Delta h$

Zo :  $68^{\circ}09'.25''$   
 E. Ind. :  $+18''$

Ze :  $68^{\circ}09'.43''$

h :  $21^{\circ}50'.17''$

Ref :  $-2'.14''$

Par :  $+08''$

hv :  $21^{\circ}48'.2$

hc :  $21^{\circ}48'.8$

$\Delta h = -0'.6$  CONTRA

1 milla:  $1852$

mts :  $1111,2\% 200 = 5,5 \text{ mm}$

### CALCULO DE AZ VERDADERO

AZ :  $109^{\circ}.5$   
 $180^{\circ}.0$   
 AZ verd:  $70^{\circ}.5$  ORIGEN N

### DATOS

CALCULO hc	
Alt : $21^{\circ}59'.1$	Alt : $21^{\circ}59'.1$
$\Delta d : -0.99$	$-2'.5$
$\Delta t : -0.12$	$+1'.2$
AZ : $109^{\circ}.5\text{ E}$	$-6'.6$
<hr/>	
hc : $21^{\circ}48'.8$	

correc. por  $\Delta d$

correc. por  $\Delta t$

correc. por  $\Delta L$

### VARIACION MAGNETICA

AZ verdadero :  $70^{\circ}.5$   
 Rumbo del astro :  $57^{\circ}.1$

Variación Magnet:  $13^{\circ}.4$  E

### POSICION GEOGRAFICA

LATITUD S :  $83^{\circ}23'.2$   
 LONGITUD W :  $37^{\circ}30'.0$

### OBSERVACIONES:

OBSERVADOR: A. O. MORENO  
 AYUDANTE: J. C. ORTIZ

CALCULADO POR: A. O. MORENO

## **SOLUCIÓN GRAFICA:**

Con los datos obtenidos del Cálculo de ejemplo  $\Delta h$ , 5,5 mm CONTRA el astro, y el AZ verdadero  $70^{\circ}.5$  origen N, iniciamos el ploteo de la recta de altura, ubicando primero la P.A., lat. S  $83^{\circ} 20'$ , long. W  $37^{\circ} 30'$ , luego con origen cero sobre el meridiano y desde el norte, se materializa la línea de acimut.

El  $\Delta h$  está rotulado "CONTRA" el astro, entonces prolongamos la línea del acimut en sentido contrario, a la posición del astro (en el gráfico la línea HACIA, en línea de puntos) y sobre ella, desde la P.A. se materializa el  $\Delta h$  en mm.

En el punto hallado se traza la perpendicular, que es la línea de posición, concluyendo así el proceso de observación, cálculo y ploteo de la recta:

## **CORRECCION A LA NAVEGACION POR ESTIMA:**

Efectuado el trazado de la recta, se procede a corregir la posición estimada P.E. de la siguiente manera:

a. Si se dispone tan sólo de una línea de posición, sea la de nuestro caso (1) se desplaza el itinerario realizado en base a la Navegación por estima, haciéndolo pivotear en el control anterior, hasta que el P.E. corte la línea de posición. El punto hallado es la P.G. Es práctico valerse de un recorte de papel transparente, hacer una copia del tramo a corregir y hacerlo pivotear en la última P.G. Cuando P.E. corte la línea de posición, asiente en la carta, la nueva posición del itinerario, indicada por el papel transparente.

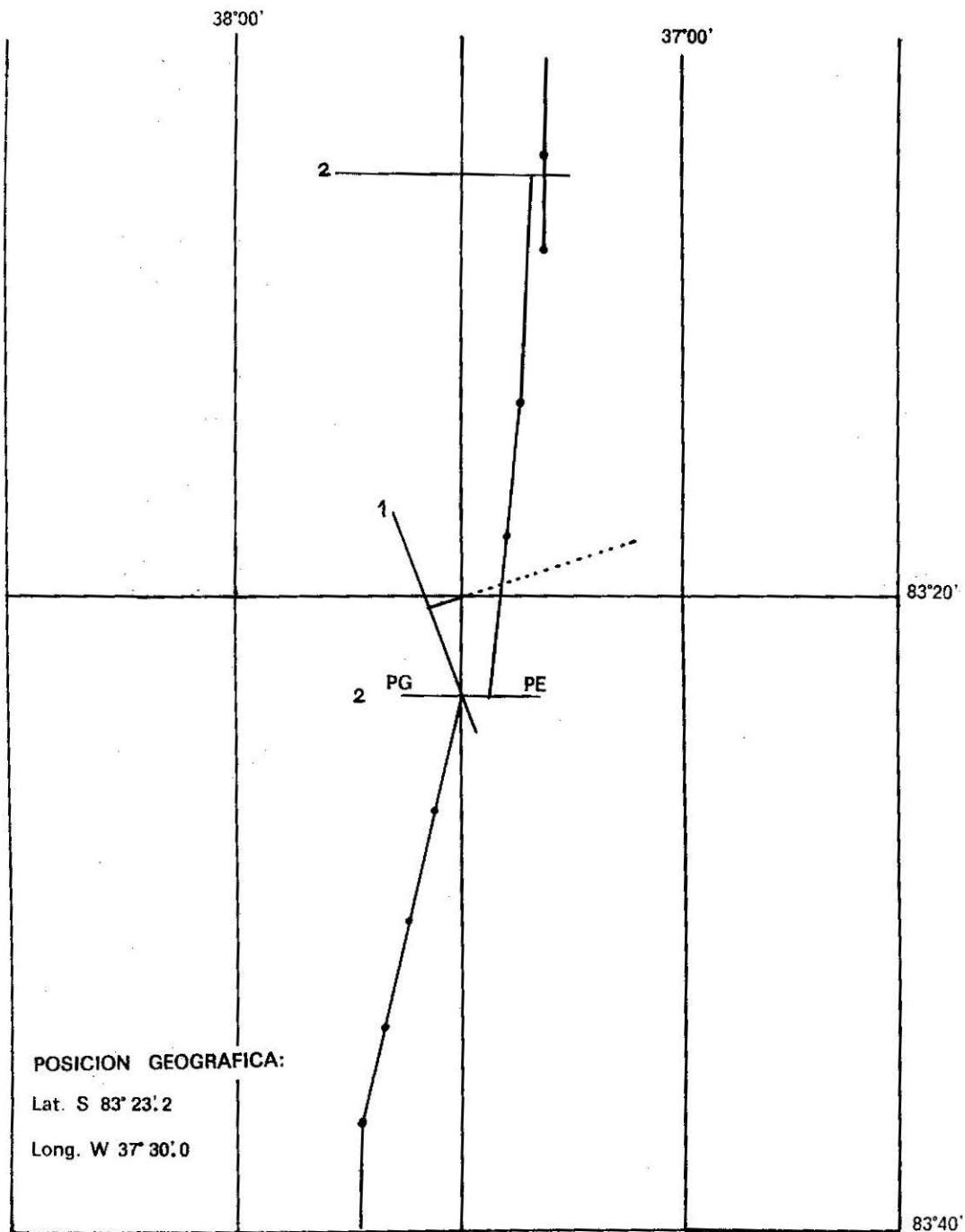
De esta manera corrige todas las posiciones de las marcas o banderolas, junto con la P.E.

También suele tomarse la distancia entre la última P.G. y la P.E. por medio de un compás y trazar la porción de círculo necesario, hasta lograr la intersección con la línea de posición.

b. Si se dispone de una línea de posición anterior (2) haciendo uso de una regla paralela o simplemente de dos escuadras se traslada una paralela a la misma, que pase por la posición estimada P.E. La intersección de las líneas 1 y 2 es también la P.G.

De allí en adelante la navegación por estima, prosigue desde la P.G. hallada.

Gráficamente podemos determinar las coordenadas gráficamente de P.G., por simple interpolación.



## GENERALIDADES:

Cabe un párrafo más, en la pretensión de un mejor aprovechamiento del método.

Durante la marcha (en Navegación por estima) y para agilizar la misma, no es conveniente graficar tramos parciales entre marcas o banderolas. Bastará llevar actualizada permanentemente la planilla de rumbos y distancias y en los altos volcar a la carta varios tramos parciales.

Cuando se realiza una observación astronómica para una recta, hay que dejar constancia en la planilla de navegación por estima. Es fundamental, para no equivocar cuál es la P.E. que se debe corregir. Generalmente es al lado de una marca.

Al finalizar la jornada de marcha; se podrá con mayor comodidad, calcular, graficar y corregir el itinerario.

De esta manera, al proseguir la marcha, se tendrá por arranque la P.G. hallada en la jornada anterior.

La práctica permite comprobar la sencillez del método y la elección del momento oportuno para corregir la P.E., según las exigencias y características topográficas de la zona, en que se desplaza.

Es aconsejable llevar en forma paralela, un Diario de Navegación que será de inestimable valor para ampliar detalles sobre depósitos de víveres y combustibles, áreas de grietas, tipo de marcación especial, fechas, etc.

Es en definitiva un fiel complemento de la Navegación Astronómica.

## PLANILLA PARA NAVEGACION POR ESTIMA:

### PLANILLA DE RUMBOS Y DISTANCIAS DESDE BASE G. BELGRANO HASTA BASE SOBRAL

Desde - Hasta	Distancia en m		Rumbo Magnético		Marcación	Observaciones
	Parcela	Total	Ida	Vuelta		
BGB a Band 1	3.850	3.850	175°,5	355°,5	Band Azul	
Band 1 a Band 2	2.670	6.520	177°,0	357°,0	Band Azul	Area de Grietas
Band 2 a Band 3	3.500	10.020	175°,0	355°,0	Band Roja	Area de Grietas
Band 3 a Dep	4.500	14.520	175°,0	355°,0	Tambor y Band	Fin Area de Grietas - Observación Recta Altura
Band 85 a Base "SOBRAL"	5.250	450.320	170°,0	350°,0	Instalaciones de Base "SOBRAL"	

FECHA:

FIRMA:

## NAVEGACION POR ESTIMA

### Variaciones Magnéticas o Declinaciones

La Navegación por Estima en zonas polares requiere el permanente conocimiento de la declinación magnética del lugar. Existen cartas magnéticas del Antártico, pero debido a la escasez de estaciones de medición directa de la declinación, en el interior del Continente, el trazado de las isogonas está realizado en base a interpolación, extrapolación y de la teoría del potencial. Si además tenemos en cuenta la fuerte variación magnética diurna propia de las zonas polares, que oscila entre 12° en más y 12° en menos, se comprenderá la necesidad de conocer permanentemente la variación magnética o declinación de la zona de operaciones, determinándola por lo menos una vez al día, al iniciar el avance.

Es práctica común en una marcha determinarla simultáneamente con la observación astronómica para rectas de altura.

Para tal fin se estaciona la brújula al lado del instrumento de observación y para un mismo instante se toma el rumbo magnético al astro. El acimut de dicho astro para el mismo instante (rumbo verdadero), se toma de la tabla de Navegación H.O. 214, directamente sin hacer interpolación.

La diferencia angular entre el acimut (rubro verdadero) y el rumbo magnético será la variación magnética o declinación del lugar, y será Este u Oeste según sea positiva o negativa.

Vale decir se denomina ESTE la declinación magnética y se indica con la letra E, cuando la aguja de la brújula o compás magnético apunta a la derecha del norte verdadero, o simplemente hacia el Este. A la inversa será Oeste.

### DESVIO

En un hipotético vehículo de madera, la rosa del compás magnético, se alinea de manera que su Norte apunta en la dirección del Norte Magnético, por lo tanto los rumbos que tal compás señala son rumbos magnéticos. En un vehículo de hierro y acero, el caso es diferente, las propiedades magnéticas de estos metales son notables y su magnetismo afecta al compás de manera que el eje de la rosa (aguja), no coincide con el meridiano magnético, que pasa por el Norte Magnético.

Aunque el DESVIO difiere de la variación en que esta es debido al magnetismo terrestre, los dos se rotulan y nombran de la misma manera.

Por lo tanto si no existe desvío, la rosa del compás tiene su eje en el meridiano magnético y su norte apunta en la dirección Norte Magnético (N. M.).

Si existe desvío y el N del compás señala hacia el ESTE del N.M. se dice que el desvío es ESTE y se indica con la letra E. En caso de que señale al Oeste, se dice que es OESTE y es conveniente indicarlo con la letra W.

De lo anterior se infiere que existen tres formas de expresar un rumbo.

- a. Como VERDADERO, cuando la medición se hace con relación al meridiano verdadero (geográfico).
- meridiano magnético.
- b. Como MAGNETICO, cuando la medición se hace con relación al meridiano magnético.
- c. Como COMPAS, cuando la medición se hace con relación al eje de la rosa del compás.

## ERROR DEL COMPAS

La suma algebraica de la VARIACION y del DESVIO recibe el nombre de "ERROR DEL COMPAS".

Cualquier rumbo dado puede ser expresado en una de las tres formas mencionadas anteriormente si se comprende que:

- La diferencia entre los rumbos verdaderos y magnéticos es la variación.
- La diferencia entre el rumbo magnético y el rumbo compás es el desvío.
- Que el rumbo compás difiere del rumbo verdadero por el error del compás.

Obsérvese la Fig. 3 en la que está representado un vehículo, donde O.C. representa la dirección de la aguja del compás (meridiano del compás), O.M. es el meridiano magnético y O.V. el verdadero.

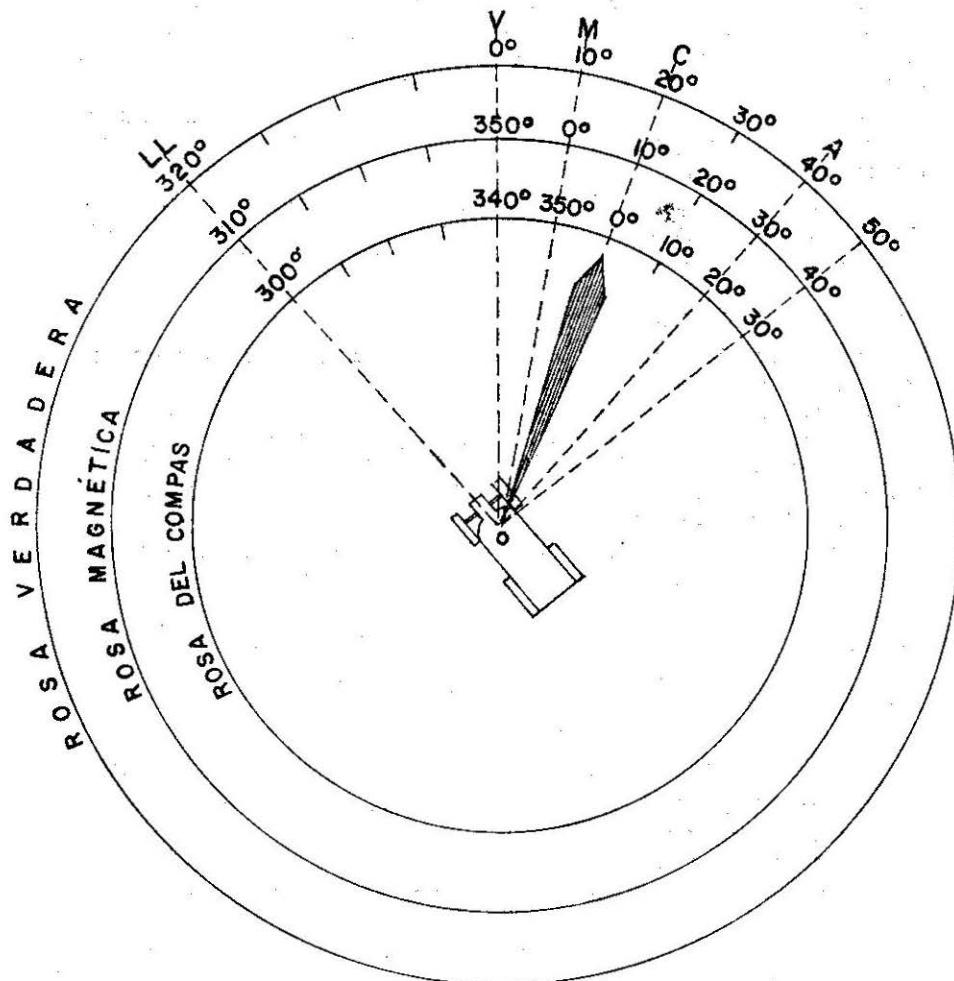


FIG. 3

Los dos círculos exteriores que son concéntricos con la rosa del compás, representan las rosas magnéticas y verdadera del compás, indicando por tanto, rumbos magnéticos y verdaderos respectivamente. El observador se encuentra situado en O.

El meridiano magnético se encuentra a  $10^{\circ}$  hacia el ESTE (derecha), del meridiano verdadero. La variación magnética o declinación del lugar es de  $10^{\circ}$  E.

Esta se suma al rumbo magnético de M ( $0^{\circ}$  en la rosa magnética) para obtener el rumbo verdadero de M ( $10^{\circ}$  en la rosa verdadera). La aguja del compás se encuentra a  $10^{\circ}$  hacia el ESTE (derecha), del meridiano magnético, de manera que para la dirección que tiene el vehículo el desvío es de  $10^{\circ}$  E.

Este valor se suma al rumbo compás de C ( $0^{\circ}$  en la rosa del compás) para obtener el rumbo magnético de C ( $10^{\circ}$  en la rosa magnética).

El error del compás es la suma algebraica de la variación y el desvío igual a  $20^{\circ}$  E, este valor se suma a la dirección de la aguja de C ( $0^{\circ}$  en la rosa del compás), para obtener el rumbo verdadero de C ( $20^{\circ}$  en la rosa verdadera).

La marcación del objeto A, desde el vehículo, se representa como  $20^{\circ}$  compás,  $30^{\circ}$  magnético y  $40^{\circ}$  verdadero.

La dirección del vehículo (O.LL.) es de  $300^{\circ}$  rumbo compás,  $310^{\circ}$  magnético y  $320^{\circ}$  verdadero.

Como ya hemos observado el desvío ESTE se suma (+) al rumbo compás cuando se quiere convertirlo en rumbo magnético.

La variación E se suma al rumbo magnético, cuando se convierte en verdadero y el error E del compás, se suma al rumbo compás cuando se quiere convertir a verdadero.

Inversamente se restan cuando la conversión es en sentido opuesto al mencionado, es decir W.

Puede dibujarse una figura similar para demostrar el desvío W, lo que demostraría que las reglas anteriores deben invertirse para errores al OESTE.

Es conveniente tener un recurso nemotécnico que ayude a memorizar los principios citados.

El siguiente puede servir: Cuando se estén aplicando correcciones, los errores E se suman o simplemente al corregir sume los Estes.

Al aplicar la regla anterior hay que considerar un rumbo compás como el menos correcto, ya que el mismo contiene dos errores, la variación y el desvío. Los rumbos magnéticos se consideran más correctos que los rumbos compás, debido a que en los mismos se ha eliminado el error por desvío, quedando solamente el de variación o declinación magnética.

Esto es cierto aún en el caso en que el eje de la rosa del compás se encuentre más próximo al meridiano verdadero, que al magnético.

Una vez que se elimina el error residual se obtiene la dirección verdadera correcta.

Por lo tanto, el proceso de convertir un rumbo compás a magnético o verdadero o de convertir un rumbo magnético a verdadero se reduce a "corregir" o eliminar errores.

Si los errores al E se suman, se hace evidente que los errores al W se restan, por lo que no es necesario una regla independiente para cada uno de ellos.

El opuesto a corregir, es aplicar a la inversa la corrección.

El proceso de aplicar a la inversa la corrección consiste en convertir un rumbo verdadero a un magnético o compás; o un magnético a un compás, mediante la aplicación de errores.

Si los errores al E son aditivos al efectuar la corrección, deberán ser sustractivos cuando la corrección se aplique a la inversa y los errores al W, serán aditivos.

Por lo tanto la simple regla de: AL CORREGIR SUME LOS ESTES, es suficiente para cubrir las cuatro situaciones posibles.

Para corregir:

Las correcciones al ESTE se suman.

Las correcciones al OESTE se restan.

Cuando se aplican correcciones (a la inversa):

Las correcciones al ESTE se restan.

Las correcciones al OESTE se suman.

#### Ejemplos prácticos:

1. El rumbo compás de la dirección de marcha de un vehículo es 127°. Para esta dirección el desvío es 16° E y la variación 4° W, en la zona.

— Determinar el rumbo magnético y el rumbo verdadero.

— **Respuesta:** RM 143° RV 139°.

2. El rumbo compás de la dirección de marcha de un vehículo es 347°. El desvío es 4° W y la variación 12° E.

— Determinar el rumbo magnético y el rumbo verdadero.

— **Respuesta:** RM 343° RV 355°.

3. El rumbo compás de la dirección de marcha de un vehículo es 9°. El desvío es de 2° W y la variación es 19° W.

— Determinar el rumbo magnético y el rumbo verdadero.

— **Respuesta:** RM 7° RV 348°.

4. De una carta topográfica se halla el rumbo verdadero 221° entre dos puntos del terreno. El desvío del compás para esa dirección es 2° W y la variación magnética de la zona es de 9° E.

— Determinar el rumbo magnético y el rumbo compás con que deberá avanzar el vehículo que unirá dichos puntos.

— **Respuesta:** RM 212° RC 214°.

## INSTALACIÓN DEL COMPAS MAGNETICO

La instalación de una brújula compensada para vehículo, o compás magnético, en el interior del mismo, debe realizarse teniendo presente que deberá ocupar un lugar de fácil localización visual de las lecturas por parte del conductor.

Se materializa con brújula, la línea NORTE-SUR, con dos jalones, en un lugar, libre de material con propiedades magnéticas (vehículos, generadores, antenas, etc.).

Luego se desplaza el vehículo enfrentando las marcas hasta que su dirección de avance, coincida con dicha línea.

La posición de los tornillos de compensación del compás deberán estar colocados en su punto neutro. Para tal fin se llevan a coincidencia los índices (generalmente puntos de color blanco) de los indicadores "N.S." o "E.O.", con sus correspondientes de los tornillos de compensación, utilizando destornillador de bronce.

A continuación tomando con la mano el compás magnético, se recorre lentamente los probables lugares para su instalación. Es necesario realizar esta operación, quitándose, anillo, reloj, pulsera de identificación o anteojos de armazón metálica.

El lugar adecuado será aquel en donde la lectura del compás, más se aproxime a la real materializada en el terreno (360°).

Es práctica común colocarlo a la altura de la cabeza del conductor y al frente, aunque puede ello a veces, no ser posible debido a los artefactos eléctricos instalados en la cabina de los vehículos que operan en el Antártico.

No obstante, cuando la desviación provocada por dichos artefactos, está dentro de los límites de compensación, es suficiente.

Para verificar esta capacidad de corrección de los tornillos, se procede a comprobarlo simultáneamente, con destornillador de bronce. Vale decir, llevar con el tornillo de corrección N.S. la lectura del compás a 360° para que coincida con la línea materializada en el terreno.

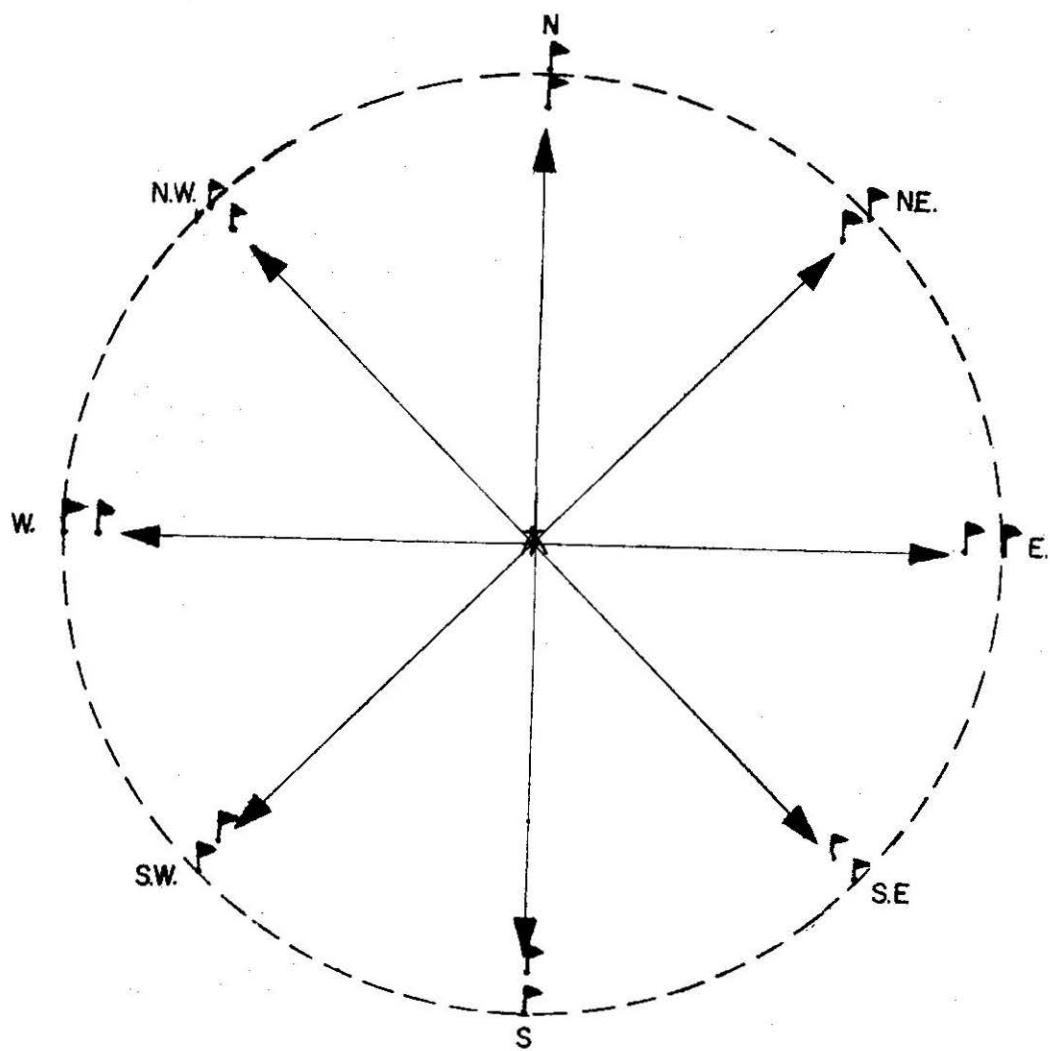
Generalmente alejándose del tablero del vehículo, hacia el techo de la cabina, se encuentra la menor influencia o desvío.

Para centralizar en una sola persona la conducción y el mantenimiento de una dirección de marcha elegida, no es conveniente colocar el compás magnético, frente del acompañante. Además se logra luego un descanso racional, por turnos de conducción entre conductor y acompañante.

No es necesario amurarlo a la carrocería en forma directa.

Una vez encontrado el lugar óptimo, se procede a fijarlo en el espacio por medio de soportes de cobre o bronce, fijados al techo o pared de la cabina.

Cumplida esta etapa, se traslada el vehículo a una zona en donde previamente se materializó una rosa de los vientos (ver figura 4), de un diámetro no mayor a 100 metros.



■ Marcación

★ Brújula

FIG. 4

Se hace desplazar el vehículo de manera tal, que cruzando por el centro de la rosa, avance a cubierto de las marcas que señalan el NORTE, logrado lo cual se detiene el avance del vehículo, y con motor funcionando a unas 2.500 R.P.M. (las necesarias en un avance normal del vehículo) se procede a compensar el desvío total del compás, con el tornillo de corrección "N.S."

A continuación repitiendo el proceso anterior se lo enfrenta a las marcas que señalan el ESTE (90°) corrigiendo el desvío total con el tornillo de corrección "E.O".

Repetiendo siempre el proceso de enfrentar correctamente las marcas, detener el avance, y con motor a un número de revoluciones similar al exigido en un avance normal, se efectúa la tercera corrección al SUR (180°), pero solamente la mitad del desvío (Ejem. desvío 10°, corregir 5°) con el tornillo "N.S".

Finalmente al OESTE, se corrige también solo la mitad del desvío con tornillo "E.O".

Se cierra la tapa-cubierta, de los tornillos de corrección. En el supuesto caso de que los errores o diferencias entre el NORTE y el SUR o el ESTE y OESTE supere los 20°, deberá reemplazarse el compás magnético.

Realizadas las correcciones sobre los cuatro cuadrantes, que se efectúan en la zona a operarse y con todos los accesorios completos que llevará el vehículo, se procede a tomar nota de los desvíos.

Para ello, llevar el vehículo nuevamente sobre la línea que materializa el NORTE y con vehículos en las mismas condiciones, detenido, pero a 2.500 R.P.M. aproximadamente, tomar nota del desvío. (Ejem. sobre rumbo magnético 360° se lee rumbo compás 356°, el desvío será 4° E, la aguja del compás se halla 4° al ESTE del meridiano magnético).

De igual forma se procede sobre las restantes direcciones, para posteriormente confeccionar la tabla de corrección, que se deberá ubicar en lugar visible cerca del compás.

Finalizado el registro de desvíos, se recomienda no agregar posteriormente accesorios metálicos en la cabina, en particular.

Si el vehículo sufriera modificación, en la disposición de sus accesorios (calefactores, equipo de radio) o agregados, deberá ser verificado nuevamente el compás magnético.

## TABLA DE CORRECCION

Generalmente los vehículos que operan en el Antártico, llevan accesorios, tales como calefactores, equipos receptor-trasmisor, cargador de batería, descongelador de parabrisa, y otros. Accesorios más complejos llevan los vehículos especialmente equipados, para desarrollar durante la marcha actividades de carácter científico, además de los comunes. Es por ello, que para un uso correcto y permanente del compás magnético, bajo cualquier circunstancia durante una marcha, debemos verificar sus desvíos con todos y cada uno de los accesorios funcionando.

La experiencia indica también, la necesidad de que en el Antártico, para una marcha, todos los vehículos deben estar equipados de manera similar en lo que a instrumental para orientación se refiere. Asimismo, los vehículos equipados con compás magnético, para estar en condiciones de navegar, deberán tener su "Tabla de Corrección" de los desvíos. Ver ejemplo.

RM	RC	RC 1	RC 2	RC 3	RC 4	RC 5	OBS
000°	003	005	001	008	002	Ejemplo	
045°							
090°							
135°							
180°							
225°							
270°							
315°							
VEHICULO: "CORDOBA"							
FECHA COMPROBACION: FECHA							

En el ejemplo:

RM significa rumbo magnético.

RC significa rumbo compás.

RC 1-2-3... significa rumbo compás con los distintos accesorios en funcionamiento.

En la columna RC se asienta el rumbo compás correspondiente a cada rumbo magnético RM (sin accesorios en funcionamiento) a 2.500 R.P.M. aproximadamente.

En RC1, será rumbo compás con el motor a 2.500 R.P.M. más el descongelador de parabrisa conectado.

En RC2, será rumbo compás con motor a 2.500 R.P.M., descongelador de parabrisa y calefactor funcionando.

RC3, será rumbo compás con motor a 2.500 R.P.M., descongelador calefactor y radio funcionando.

RC4, RC5 con otros.

De esta manera, para una dirección dada, el conductor tendrá un rumbo compás equivalente al rumbo magnético de tal dirección.

Para rumbos magnéticos no tabulados, tomar en cuenta el desvío del más próximo tabulado, para determinar el rumbo compás correspondiente.

Durante la marcha, el resto se reduce a mantener en coincidencia con el índice, el rumbo compás correcto.

## NAVEGACION EN PROXIMIDADES DE UN POLO GEOGRAFICO

### METODO POR EQUIDISTANCIA ACIMUTAL

En general el navegador mide la distancia cenital de un astro y luego de la corrección determina la altura verdadera. Si se traslada hacia un polo geográfico, la altura  $h_v$  se aproximará a la declinación del cuerpo celeste y en el polo ambas serán exactamente iguales, por cuanto el Ecuador celeste y el horizonte celeste, son paralelos.

Por la convergencia de meridianos, el acimut de un astro en el polo, con referencia a un meridiano específico, (el meridiano de Greenwich) es igual al ángulo horario del astro, referido a Greenwich (A.H.G.).

Esta relación de coordenadas, permite que un navegador próximo al polo, habiendo determinado la altura de un astro puede plotear su línea de posición, desde el polo (P.A. 90°) con el conocimiento adicional de la declinación y ángulo horario de Greenwich; datos que obtiene del Almanaque Náutico y Aeronáutico, para la hora de observación.

Por lo tanto, la  $\Delta h$ , será la diferencia entre la altura  $h_v$  y la declinación, considerando a ésta como altura calculada  $h_c$  para determinar si  $\Delta h$  debe ser medida HACIA o CONTRA el astro.

Sobre la línea de acimut del astro, que se materializa considerando el A.H.G. y con origen en el meridiano de Greenwich, se mide la distancia que resulta de convertir el  $\Delta h$  en metros.

En el punto hallado, se traza la perpendicular a la línea de acimut del astro, obteniendo la línea de posición que, en definitiva, es la tangente al círculo de igual altura. Se puede observar que otra tangente al mismo círculo, pero perpendicular al círculo horario del astro, es prácticamente idéntica con la anterior, en proximidades del polo.

Por tal circunstancia, no es recomendable que este método sea utilizado a gran distancia del Polo, excepto que el astro esté próximo al meridiano del lugar del observador, ya sea en culminación superior o inferior, dado que el círculo de igual altura puede alejarse demasiado de su tangente, la línea de posición.

Cabe resumir, para destacar la sencillez del método, que se prescinde de las Tablas de Navegación, empleando solamente el Almanaque Náutico o Aeronáutico, y un canevá producto de una proyección ortográfica, para un determinado paralelo.

La red de paralelos y meridianos se confecciona de la siguiente manera: con el polo como centro se traza un círculo exterior, para nuestro caso, el paralelo 88°, de radio arbitrario, pero considerando la conveniencia de materializar luego sobre el mismo, a escala distancias en millas.

Los paralelos 88° 30', 89° 00' y 89° 30' serán círculos concéntricos al anterior y separados entre sí, por la distancia a escala entre paralelos.

Se completa el canevá teniendo en cuenta que las trazas de los semimeridianos sobre el círculo exterior, son radios de este círculo, con igual separación angular, destacándose el que se designe como semimeridiano de Greenwich.

**CALCULO:****Formulario para navegación por equidistancia acimutal**

LUGAR: ANTARTIDA	ASTRO: Sol	Temp: $-28^{\circ}.4$ C
FECHA: 9-XII-65	Lat. a: $-90^{\circ}$ Error Ind: $+ 15''$	Pres: 528.8 mm
HUSO: $+ 3^h$	Long. a: —	Ref. Norm: $139^{\circ}$
$\Delta T$ . C.: $- 25^{\circ}$	A $+ 0.12$ B: $- 0.30 \times 0.78$	

**DETERMINACION T.U. DE OBSERVACION:**TOP:  $9^h 12^m 19^s.5$  $\Delta T$ :  $- 25^s.0$ HUSO:  $3^h 00^m 00^s.0$ T.U.:  $12^h 11^m 54^s.5$ **DETERMINACION ANGULO Y HORARIO y** $12^h 00^m: 1^{\circ} 54'.9$  $11^m: 2^{\circ} 45'.0$  $54^s.5: 13'.6$ A.H.G. = AZ:  $4^{\circ} 53'.5$  S =  $- 22^{\circ} 49'.7$ Zo =  $66^{\circ} 49' 58''$ E. Ind =  $+ 15''$ Zc =  $66^{\circ} 50' 13''$ h =  $23^{\circ} 09' 47''$ Ref. =  $- 1' 48''$ Par. =  $+ 08''$ hv =  $23^{\circ} 08' 07''$ (hc) =  $22^{\circ} 49'.7''$  $\Delta h = 18'.4$  Hacia en  
millas**POSICION GEOGRAFICA:**

Observador: A. O. MORENO

Lat S:  $89^{\circ} 36'.4$ 

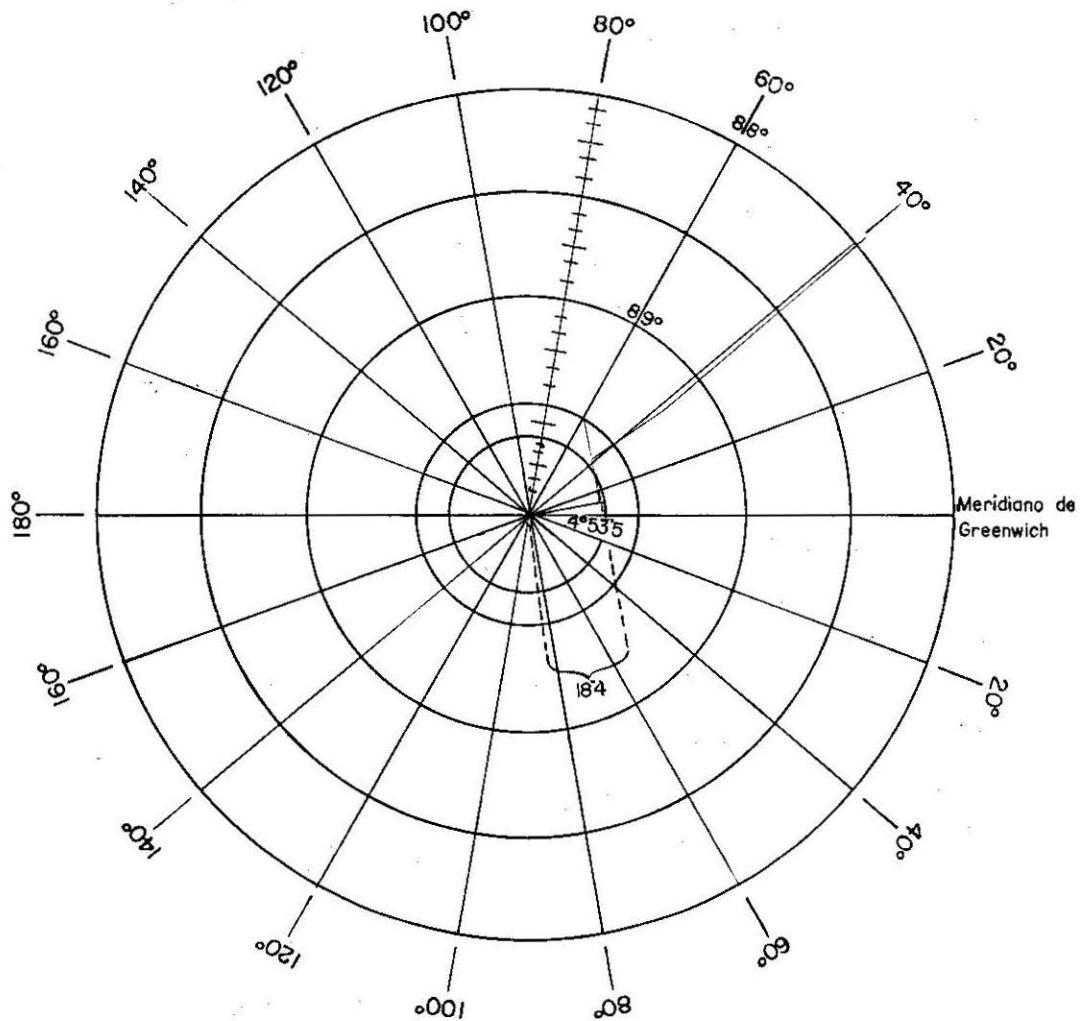
Ayudante: R. H. CARRION

Long W:  $40^{\circ} 50'.0$ 

Calculado por: A. O. MORENO

NOTA: Una intersección de dos líneas nos da la P.G.

SOLUCION GRAFICA DEL METODO POR EQUIDISTANCIA ACIMUTAL



FORMULARIO PARA SOLUCION CON  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  Y  $\Delta L$ 

Lugar :	Astro :	Temp. :
Fecha :	Lat. a :	Pres. :
Huso :	Long. a :	Error Ind. :
$\Delta T.C.$ :	F. A. :	F. B. :
		Ref. Norm. : (1 + A) (1 + B):

## DETERMINACION T.U. DE OBSERVACION

Top. :	
$\Delta T.$ :	
Huso :	_____
T. U. :	

DETERMINACION  $\Delta h$ 

Zo :	
E. Ind. :	_____
Ze :	_____
h :	
Ref. :	
Par. :	_____

## DETERMINACION DEL ANGULO HORARIO

h m :	
m :	
s :	
	360° 00' 00"

hv :	
hc :	
$\Delta h$ :	
Milla :	1852

Hacia/cont.

A.H.G. :	Declin:	mts.	% = mm
Long. a :			
A.H.L. :			
	360° 00' 00"		

H.A. :	E/W
--------	-----

## DETERMINACION DE DIFERENCIA

P/H.O. 214

REALES

DIF

## CALCULO DE AZ VERDAD.

Lat. :	Lat. :
H.A. :	H.A. :
Declin:	Declin.:

Angulo Ac:

180° 00'

## DATOS

## CALCULO DE hc

Az v : (1)

Alt. :	Alt. :
$\Delta d$ :	
$\Delta t$ :	+
Az :	

Correc. d

Correc t

Correc L (1) ORIGEN N.

hc :

## VERIFICACION VARIACION MAGNETICA

Az verd. :	
Rumbo al astro :	_____

## POSICION GEOGRAFICA

Lat. S :

Long. W:

Variación Magnét : E/W

OBSERVACIONES:

OBSERVADOR:

AYUDANTE:

CALCULADO POR:

Impreso en el  
INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR  
Cabildo 381 - Buenos Aires





